

629.11

К19

В.Є.КАНАРЧУК·О.А.ЛУДЧЕНКО·А.Д.ЧИГРИНЕЦЬ

ОСНОВИ

ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ

І РЕМОНТУ



АВТОМОБІЛІВ

3



У трьох книгах

КНИГА 3

РЕМОНТ

АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Затверджено
Міністерством освіти України
як підручник для студентів
автомобільно-дорожніх інститутів,
які вивчають дисципліну
«Технічна експлуатація автомобілів»

Київ
«Вища школа»
1994

ББК 39.33я73

К19

УДК 629.083.(075.8)

Рецензенти:

чл.-кор. Акад. аграрних наук, д-р техн. наук, проф. *Д. Г. Войтюк* (Український державний аграрний ун-т); чл.-кор. Українського транспортного ун-ту, д-р філософії (спец.— експлуатація автотранспорту) *М. М. Дмитрієв* (Український транспортний ун-т)

Редакція літератури з машинобудування і будівництва

Редактор *Г. Г. Телалова*

Канарчук В. Є. та ін.

К19 Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 3. Ремонт автотранспортних засобів: Підручник / В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко, А. Д. Чигринець.— К.: Вища шк., 1994.— 599 с.: іл.

ISBN 5-11-003743-4 (кн. 3)

ISBN 5-11-003742-6

У третій книзі викладено відомості про організацію, планування та керування процесами технічного обслуговування і ремонту автомобілів; контроль якості профілактичних і ремонтних робіт; організацію трудових процесів; розвиток виробничо-технічної бази; планувальне вирішення виробничих приміщень автомобільно-транспортних підприємств.

Для студентів автомобільно-дорожніх інститутів, які вивчають дисципліну «Технічна експлуатація автомобілів».

К $\frac{3203030000-106}{211-94}$ 45-95

ББК 39.33я73

ISBN 5-11-003743-4 (кн. 3)

ISBN 5-11-003742-6

© В. Є. Канарчук, О. А. Лудченко,
А. Д. Чигринець, 1994

Основне призначення транспорту—своєчасне, якісне і повне задоволення потреб народного господарства і населення у перевезеннях.

Автомобільний транспорт є найбільш мобільним і універсальним засобом комунікації і посідає важливе місце в транспортному комплексі України. На його частку припадає понад 80 % усіх вантажних і близько 80 % пасажирських перевезень, приблизно 70 % трудових ресурсів, понад 60 % палив нафтового походження, значна частина капітальних вкладень і основних виробничих фондів, понад 65 % усіх транспортних витрат.

Тепер автомобільний парк країни поповнюється автотранспортними засобами нової конструкції, що використовують альтернативні види палива, вдосконалюється структура рухомого складу, збільшується кількість дизельного парку, зростає кількість транспортних засобів великої вантажопідйомності і пасажиромісткості.

Однак на утримання автотранспортних засобів у технічно справному стані, що забезпечує ефективний процес, галузь має великі ресурсні витрати. Так, ускладнення конструкції автомобілів спричинює збільшення обсягу робіт на технічному обслуговуванні і ремонті, зростання затрат на забезпечення роботоздатності.

Збільшення кількості автомобілів на дорогах країни веде до забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами, а зниження токсичності відпрацьованих газів значною мірою забезпечується справністю системи живлення і запалювання та рівнем технології технічного обслуговування, засобів і методів діагностування цих систем.

Із зростанням швидкостей та інтенсивності руху підвищуються вимоги до надійності автотранспортних засобів, оскільки несправні автомобілі є джерелом дорожньо-транспортних пригод.

Економія паливних, енергетичних, матеріальних і сировинних ресурсів у процесі експлуатації автомобілів залежить від їхнього технічного стану, рівня організації матеріально-технічного постачання і процесів перевезення, зберігання і нормування витрат автоексплуата-

ційних матеріалів та запасних частин в автотранспортних підприємствах.

Хоронність автотранспортних засобів та їхня готовність здійснювати перевізні процеси багато в чому залежить від організації методів і засобів міжзмінного зберігання.

На рівень технічної готовності автотранспортних засобів, величину одночасних і поточних матеріальних затрат на утримання істотно впливають методи проектування нових об'єктів автомобільного транспорту, а також реконструкції і технічного переоснащення діючих автотранспортних, автообслуговуючих і авторемонтних підприємств.

Таким чином, у процесі технічної підготовки автотранспортних засобів до транспортного процесу забезпечується їхня надійність і передумови ефективної експлуатації. З метою глибшого і комплексного вивчення теоретичних основ забезпечення експлуатаційної надійності автомобілів, прогресивних технологій і форм організації виробництва щодо технічного обслуговування і ремонту, розвитку виробничо-технічної бази та інших питань і підготовлений цей підручник. У ньому зроблена спроба викласти в систематизованому вигляді основне коло проблем, розв'язання яких потрібно для кваліфікованого керівництва виробничими процесами підготовки автотранспортних засобів до експлуатації. Розглядувані в підручнику приклади різних вирішень не можуть використовуватись у різних випадках, що трапляються на практиці. Тому студент повинен виразно уявляти наскільки доцільно застосовувати ті чи інші рекомендації в умовах конкретного автотранспортного виробництва.

Підручник складається з трьох книжок. У першій книжці, що має 15 глав, викладені: теорія фізико-хімічного старіння автомобілів, статистична теорія надійності автотранспортних засобів, методи забезпечення надійності автотранспортних засобів в умовах експлуатації, технічне діагностування автомобілів, технологія технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Друга книжка складається з 22 глав, подає відомості щодо організації, планування й управління процесами технічного обслуговування, ремонту і зберігання автотранспортних засобів, технологічного планування підприємств автотранспорту.

Третя книжка, що має 17 глав, присвячена організації, плануванню, управлінню і технології виробничих процесів у капітальному ремонті автомобілів.

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН

Глава 38

ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

38.1. Предмет «Технологія ремонту машин»

Загальні відомості. Предмет «Технологія ремонту машин» — наука про проектування технологічних процесів ремонту (автомобілів та дорожніх машин) і ремонтних підприємств з певними якісними та техніко-економічними показниками. Предмет пов'язаний з технологією машинобудування і базується на передових досягненнях вітчизняної та зарубіжної науки і практики.

Значний вклад у створення вчення про ремонт машин внесли вітчизняні вчені В. В. Єфремов, В. І. Казарцев, В. О. Шадричев, К. Т. Кошкін, Ю. М. Петров, І. Н. Левитський, А. І. Селіванов, Г. І. Зеленков, Л. В. Дехтеринський, М. О. Масіно, В. С. Крамаров, М. М. Маслов.

Технологія ремонту машин має ряд особливостей, що визначають специфіку технологічного процесу ремонтного виробництва порівняно з виготовленням машин.

Виробництво машин починається з виготовлення заготовок, а ремонт — з *розбирання*.

Вивчення способів відновлення початкових властивостей машин має ґрунтуватися на точних уявленнях про стан машин, що надходять у ремонт. Тому наука про технологію має вивчати характер спрацювань і дефектів деталей, їх поєднання і залишкову довговічність. У ремонтному виробництві такі завдання розв'язують на подальшому етапі технологічного процесу — *дефектоскопії* деталей розібраної машини.

Технічні умови на складання нової машини в основному визначаються технічними умовами на виготовлення деталей (їх робочими кресленнями). Машини після ремонту здебільшого складають з деталей, які вже працювали (відновлених і придатних без ремонту) і за деякими параметрами відрізняються від нових. У зв'язку з цим кінцева ланка розмірного ланцюга змінюється в допустимих межах. Отже, *технічні умови на складання відновленої машини мають свою специфіку*.

Процес відновлення деталей розібраної машини або агрегату зводиться до ряду операцій, які повертають деталям їх початкову роботу-

здатність. Відмінність способів відновлення спрацьованих деталей від способів виготовлення їх — ще одна особливість технології ремонту.

Перспективи розвитку ремонту машин. Одне з важливих завдань ремонтного виробництва — модернізація машин, тобто усунення їх морального спрацювання з використанням ряду технічних досягнень, що є в машинах новітнього зразка (оновлення машин, які перебувають в експлуатації). Як одна з форм технічного прогресу, модернізація дає можливість при порівняно невеликих затратах удосконалювати конструкцію раніше випущених машин, підвищувати їхній технічний рівень і тим самим подовжувати строки служби.

Головні напрями розвитку технології ремонту машин:

1. Підвищення надійності відремонтованої техніки впровадженням різних методів відновлення спрацьованих деталей.

2. Механізація і автоматизація технологічних процесів.

3. Спеціалізація ремонтних підприємств, яка сприяє застосуванню прогресивних технологічних процесів і підвищенню якості відновлення деталей.

38.2. Причини зміни технічного стану

Експлуатаційні процеси. Під час експлуатації автомобілів і дорожніх машин їхні технічні характеристики постійно змінюються, що проявляється у зниженні динамічних якостей, витраті пального та мастил, погіршенні пуску двигунів, появі стуків та шумів. Це результат процесів, які відбуваються в агрегатах та системах машин у період експлуатації. До них належать спрацювання робочих поверхонь деталей, втомленість металу, вібрації вузлів та механізмів, внутрішні напруження в деталях, різні види корозії, старіння тощо. Шкідливі процеси можуть виникати через незрівноваженість оберткових мас, порушення взаємного розташування деталей у вузлах та механізмах, старіння корпусних деталей, температурні впливи навколишнього середовища, зміни навантажувальних режимів.

За швидкістю перебігу О. С. Проников поділяє шкідливі процеси на три групи: швидкі, середньої швидкості та повільні. До швидких належать вібрації вузлів, зміна сил тертя у рухомих спряженнях, коливання робочих навантажень та інші процеси, які впливають на взаємне положення деталей та вузлів, спотворюють цикл роботи автомобілів і машин. Тривалість їхньої дії становить частки секунди. До повільних процесів, які тривають дні й місяці, належать спрацювання деталей, втомленість металу, корозія тощо.

Дія кліматичних умов під час експлуатації (температура навколишнього середовища, вологість) належить до процесів середньої швидкості. Час зміни їх характеристик вимірюється годинами і хвилинами.

Аналіз результатів експлуатаційних випробувань машин показує, що основна причина їхніх відказів — передчасне спрацювання тертьо-

вих поверхонь деяких деталей. Тому підвищення надійності транспортних засобів зводиться до підвищення стійкості проти спрацювання окремих швидкоspraцьовуваних деталей. У процесі роботи будь-якої машини змінюються фізико-механічні, фізико-хімічні, геометричні та інші характеристики деталей і вузлів внаслідок їхнього спрацювання. Одна з причин спрацювання — тертя.

Технічні дослідження процесів тертя і спрацювання виконували видатні вчені М. М. Хрушов, І. В. Крагельський, Б. І. Костецький, В. Д. Кузнецов, В. С. Щедров та ін.

Тертя — це явище опору відносному переміщенню, що виникає між двома тілами у зонах контакту поверхонь по дотичних до них.

Згідно з молекулярно-механічною теорією тертя, процес спрацювання розглядається з позицій руйнування, зникнення зв'язків і деформування тонкого поверхневого шару контактуючих матеріалів. При цьому розрізняють номінальну 1, контурну 2 і фактичну 3 площі контактування (рис. 38.1). Номінальна площа контактування окреслена розмірами спряжених тіл. Контурна являє собою площу, утворену об'ємним змінанням тіл, зумовленим хвилястістю. Контурна площа залежить від геометричних обрисів і навантаження. На такій площі розташовані фактичні площадки контактування. Фактична площа контактування — сума фактичних малих площадок дотикання тіл. Загальна площа фактичного контакту — $0,01...0,0001$ видимої площі тертя.

Під час ковзання ділянки контакту утворюються в часі, а тертя і спрацювання металу розвиваються в мікрооб'ємах зон, в яких взаємодіють тертьові поверхні. Як правило, у процесі тертя на ділянках контакту виникає висока температура і змінюються механічні властивості металів. У процесі взаємодії поверхонь тертя втягуються підплівкові поверхневі шари твердих тіл. Деформування і формозміна вихідного металу, які відбуваються в умовах сухого і граничного тертя, залежать, як правило, від мікрогеометрії поверхонь тертя.

Процес тертя і спрацювання поділяють на три етапи: утворення фрикційного зв'язку — взаємодія поверхонь; існування фрикційного зв'язку, спричинене змінами, що відбуваються на контактуючих поверхнях у процесі тертя в результаті деформації і виникаючих температур; порушення фрикційного зв'язку і руйнування поверхонь. При цьому три види взаємодії поверхонь визначаються механічним зачепленням окремих шорсткостей і молекулярною взаємодією зближених

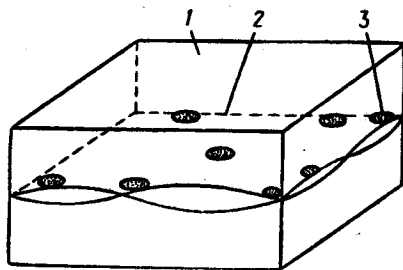


Рис. 38.1. Схема дотикання тертьових поверхонь:

1 — номінальна площа; 2 — контурна площа; 3 — фактична площа

твердих тіл, що являє собою адгезію, зумовлену силами зчеплення, які діють між молекулами та атомами. Вона проявляється тільки на ділянках контакту. Адгезія між пластичними тілами, які зазнають навантаження, більша, ніж між твердими.

Деформування і підвищення температури поверхневого шару сприяють перебігу дифузійних процесів і зміні фізико-механічних властивостей матеріалу. У деяких випадках пластичне деформування переохолоджених розчинів на основі заліза (аустенітна, підшипникова сталі) та інших металів з наступним старінням при температурі, нижчій від температури рекристалізації, приводить до значного підвищення показників ряду фізико-механічних властивостей, насамперед до підвищення зміцнення і опору згинанню.

Отже, тертя — результат поєднання різних видів взаємодії механічних, фізичних, хімічних, електричних та інших процесів, що виникають під час контактування і відносного переміщення тіл, тобто сила тертя є функцією процесів, які виникають від дії нормальної сили P_n , швидкості відносного переміщення v і вектора \bar{c} умов тертя (матеріалу, мастильного середовища, якості поверхонь тощо):

$$F = \varphi(P_n, v, \bar{c}).$$

Незважаючи на різноманітність умов тертя, можна виділити такі режими, при яких сила тертя досить стабільна (нормальний процес тертя). Під час тертя спостерігаються також патологічні процеси, як наслідок динамічних та інших факторів. Вони супроводяться руйнуванням захисних плівок, взаємним проникненням мікронерівностей, зближенням атомів і молекул на відстані, сумірні з параметрами кристалічної решітки, що призводить до захоплення, виривання мікроскопічних частинок і їхні диспергування (стирання).

Енергетичний бік тертя описується залежністю

$$A = Q + \Delta E, \quad (38.1)$$

тобто робота зовнішнього тертя A витрачається на утворення теплоти Q і вбирання енергії ΔE .

Відношення увібраної енергії до роботи зовнішнього тертя залежить від умов тертя:

$$\mu = \frac{\Delta E}{A} = \varphi_1(P_n, v, \bar{c}). \quad (38.2)$$

На рис. 38.2 відрізок 1 характеризує перехідну область при малих значеннях P_n , в якій процеси тертя ще не стабілізувалися. Ці значення P_n малі для зміцнення, подрібнення та орієнтації. Відрізок 2 характеризує нормальне зовнішнє тертя. На межі поділу поверхонь виникають складні механо-хімічні процеси: пластична деформація поверхонь шарів матеріалу, подрібнення, орієнтація структури. Основна частина енергії тертя перетворюється на теплоту: $A \approx Q$, тому для цього відрі-

ка спостерігається лінійна залежність коефіцієнта тертя від навантаження. З подальшим збільшенням навантаження (відрізок 3) відбувається спочатку плавне, а потім катастрофічне збільшення $\mu \rightarrow \text{тах}$, що супроводиться патологічними процесами: схоплюванням, зминанням, дряпанням, тобто спрацюванням поверхні.

Головний результат процесів тертя — спрацювання контактуючих поверхонь.

Види тертя. Види тертя класифікують за такими ознаками: наявністю відносного руху (тертя спокою, тертя руху); характером відносного руху (тертя ковзання, тертя кочення); наявністю мастила (тертя з мастилом і без нього).

Тертя руху — це тертя двох тіл, які рухаються одне відносно одного. Тертя двох тіл при наявності на поверхні тертя введеного мастила називається тертям з мастилом; при відсутності мастила йдеться про тертя без мастила.

Найчастіше контактуючі деталі у вузлах тертя розділяються введеним рідким мастилом. У цьому разі, якщо контактуючі деталі розділені стійкою масляною плівкою, що характеризується об'ємно-рідкими властивостями, говорять про *рідинне тертя*. При такому терті створюються умови для гідродинамічного контакту, і сила тертя за М. П. Петровим

$$F = \eta v S / h, \quad (38.3)$$

де η — абсолютна в'язкість масла; v — відносна швидкість переміщення тертьових поверхонь; S — площа контактуючих поверхонь; h — товщина масляного шару.

Під час зупинок і пусків (особливо у важко навантажених вузлах) надходження масла в зону тертя утруднюється, і контакт характеризується наявністю надзвичайно тонкої (завтовшки до 0,1 мкм) нестійкої плівки. Вона часто руйнується, і створюються умови для сухого (без мастила) контакту. Цей стан називається *граничним тертям*, і характеризується сприятливими умовами для інтенсивного спрацювання тертьових поверхонь.

Тертя ковзання — це тертя руху, при якому швидкості тіл у точці дотику різні за значенням і (або) напрямом.

Тертя кочення — це тертя руху, під час якого швидкості контактуючих тіл однакові за значенням і напрямом принаймні в одній точці зони контакту.

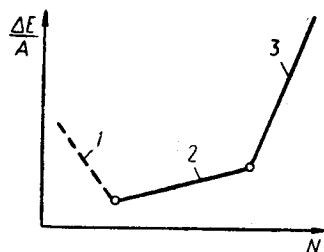


Рис. 38.2. Залежність відношення увібраної енергії до роботи зовнішнього тертя від номінального навантаження

38.3. Спрацювання матеріалів

Види спрацювання. Спрацьовування—процес відокремлення матеріалу з поверхні твердого тіла і (або) збільшення його залишкової деформації під час тертя, що проявляється в поступовій зміні розмірів і (або) форми тіла. Під час тертя металевих поверхонь види спрацювання визначаються в основному зовнішніми факторами і фізико-хімічними процесами в контактi. До зовнішніх факторів тертя належать тиск, характер прикладання навантаження, швидкості відносного переміщення тертьових тіл, характер зміни швидкості в часі, температурний режим, форма і розмір тертьових поверхонь, спосіб підведення мастила, його кількість, якість, стабільність і засміченість, наявність абразивів, якість видалення продуктів спрацювання із зони тертя тощо.

Залежно від впливу зовнішнього середовища і стану тертьових поверхонь розрізняють сухе, напівсухе, граничне і рідинне тертя, а також чисте тертя, що виникає на ювенільних поверхнях, вільних від абсорбованих, оксидних та масляних плівок і хімічних сполук.

Під граничним тертям одні вчені розуміють тертя, під час якого тверді тіла відокремлені одне від одного якнайтоншим шаром мастила, що перебуває під дією молекулярних сил металу; інші вважають, що граничне тертя є проміжним між сухим і рідинним тертям. Воно буває при наявності тонкого шару мастила, що розділяє поверхні твердих тіл, які, у свою чергу, впливають на мастило. Деякі вчені під граничним тертям розуміють тертя шарів вторинних структур, що виникають внаслідок фізичної і хімічної взаємодії пластично деформованого металу із середовищем. Це означення правильніше відбиває суть явища, якщо під середовищем розуміти сукупність зовнішнього середовища, масляної, оксидної та твердої плівки на поверхнях тертьових тіл.

Умови тертя можуть змінюватись у широкому діапазоні. Деякі параметри безпосередньо у процесі тертя можуть набувати різних значень, кожній комбінації яких відповідають певні явища і процеси, що відбуваються в тонкому поверхневому шарі металу. Під впливом зовнішніх умов тертя активні поверхневі шари металу зазнають істотних змін, що призводить до різних видів спрацювання.

Проблема надійності і довговічності машин та механізмів пов'язана з рядом інших видів спрацювання: тріщинотворенням, відшаруванням, контактною втомленістю тощо. Під час експлуатації різні пошкодження контактуючих поверхонь можуть відбуватись одночасно і багато в чому визначаються тим чи іншим видом порушення фрикційних зв'язків.

На контактуючих поверхнях тіл виникають п'ять видів плям дотикання (рис. 38.3): 1, 2 та 4 — при механічній, 3 та 5 — при молекулярній взаємодії.

Залежно від адгезії і відношення глибини h проникнення до радіуса r проникаючої нерівності відбувається пружне чи пластичне від-

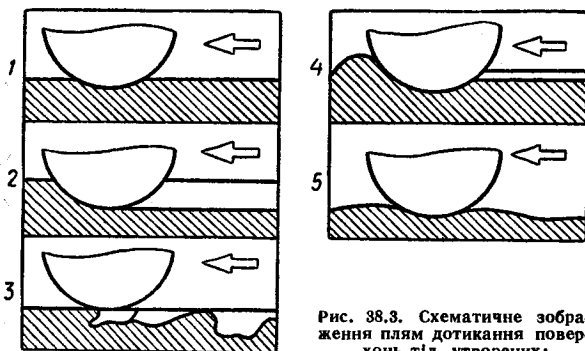


Рис. 38.3. Схематичне зображення плям дотикання поверхонь тіл, утворених:

1 — пружним деформуванням; 2 — пластичним деформуванням; 3 — пружно-пластичним деформуванням; 4 — адгезійним зв'язком меншої міцності основного матеріалу; 5 — адгезійним зв'язком більшої міцності основного матеріалу

тискування матеріалу, зрізання прониклого матеріалу, схоплювання плівок та руйнування їх, схоплювання поверхонь, що супроводиться глибинним вириванням металу.

На перехід від одного виду руйнування фрикційних зв'язків (плям дотикання) до іншого впливає температурний режим (температура поверхні тертя, градієнт температури по глибині), що змінює характер молекулярної взаємодії, і глибина взаємного проникнення нерівностей, що змінює характер механічної взаємодії, мікрорельєф поверхонь, фізико-механічні властивості металів та інші фактори.

Швидкість ковзання і, отже, швидкість деформації спричиняють зміну фізико-механічних властивостей, але на перехід від одного виду порушення фрикційних зв'язків до іншого істотно не впливають.

Виходячи з класифікації плям дотикання, визначають головні напрями боротьби з надмірним спрацюванням конкретних деталей, з'єднань та вузлів. Так, найменше спрацювання спостерігається в разі порушення фрикційних зв'язків 1 та 4 (рис. 38.3), коли пружне контактування поєднується з руйнуванням адгезійних зв'язків у тонкому поверхневому шарі.

У разі значного взаємного проникнення при пластичному чи пружно-пластичному деформуванні виступи однієї з контактуючих поверхонь можуть насувати на себе матеріал іншої поверхні, тобто відбуватиметься внутрішнє тертя (одна з поверхонь працює як напилець по м'якому матеріалу).

Умовою переходу зовнішнього тертя до внутрішнього прийнято вважати вираз

$$\frac{h}{r} \leq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2\tau}{\sigma_3} \right), \quad (38.4)$$

де h — глибина проникнення нерівностей; r — радіус проникаючої

нерівності; σ_s — міцність на зріз утворюваного адгезійного зв'язку; τ — границя текучості деформованого напівпростору.

З формули (38.4) видно, що радіус заокруглень нерівності — важлива характеристика переходу від зовнішнього тертя до внутрішнього, бо зовнішнє тертя спостерігається при відношенні $h/r < 0,5$. Оскільки $\tau = (1/2) \sigma_s$, то однорідний щодо глибини матеріал не може забезпечити суто зовнішнього тертя. Отже, для зменшення інтенсивності спрацювання на поверхні контактуючого тіла потрібна плівка менш міцного матеріалу (правило позитивного градієнта).

При цьому коефіцієнт тертя можна визначити з виразу

$$f = \tau_0/p + \beta + k \sqrt{\frac{h}{r}},$$

де τ_0 — міцність адгезійного зв'язку на зріз при відсутності стискувального зусилля; p — фактичний тиск; β — коефіцієнт зміцнення адгезійного зв'язку; k — коефіцієнт, що залежить від геометричних контурів поверхонь.

Фактори, які визначають процес руйнування поверхневих шарів матеріалів під час тертя. На спрацювання тертьових поверхонь деталей машин найбільше впливають тиск і температурний режим, а також фізико-механічні властивості тертьових матеріалів і мікрорельєф їхніх поверхонь. Внаслідок специфічної конфігурації мікронерівностей жорсткість контакту в напрямі руху досить велика, а деформація мала, тому за час контакту виступи мікронерівностей деформуються тільки в напрямі дії зовнішнього нормального навантаження.

Деякі мікронерівності, що найбільше виступають, деформуються пластично навіть при незначних нормальних навантаженнях, оскільки виниклі напруження будуть більші за границю текучості деформованого матеріалу у зв'язку з мізерно малою фактичною площею контакту. Із збільшенням фактичної площі контакту зростає сила тертя F , що

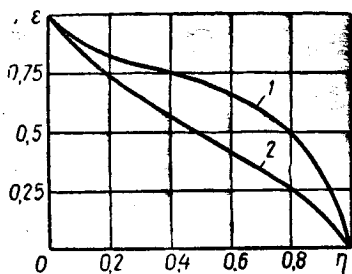


Рис. 38.4. Приклад кривих опорних поверхонь, оброблених точінням (крива 1) і поліруванням (крива 2)

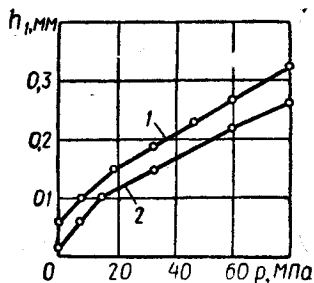


Рис. 38.5. Зміна зближення сталених поверхонь, оброблених шліфуванням (крива 2) і струганням (крива 1), з гладенькою поверхнею сплаву Д16 залежно від тиску

являє собою добуток питомої сили тертя φ на фактичну площу контакту S_{ϕ} :

$$F = \varphi S_{\phi}.$$

У випадку сухого тертя зростання сили тертя пропорційне зростанню фактичної площі контакту. При цьому значення φ залишається сталим із зміною зближення поверхонь. У разі тривалого контакту деформація прямує до деякого сталого значення при заданих умовах навантаження, геометричних параметрах поверхонь і фізико-механічних властивостях матеріалу.

Збільшення площі контакту в міру зближення тіл визначають за кривою опорної поверхні, яку обчислюють на основі знятих з мікрорельєфу профілограм. Оскільки фактична площа контакту становить малу частину контурної, то початкова частина кривої опорної поверхні (рис. 38.4) апроксимується степеневою функцією

$$\eta_1 = b \left(\frac{h_1}{Ra} \right)^v, \quad (38.5)$$

де η_1 — відношення фактичної площі S_{ϕ} дотику до контурної S_K ; h_1 — зближення, яке дорівнює деформації найвищої нерівності; Ra — найбільша висота шорсткості; b та v — коефіцієнти, які визначають експериментально; при цьому відносно зближення $\varepsilon = h_1/Ra$.

Із залежності (38.5) видно, що відносна фактична площа дотикання третьових поверхонь із зменшенням шорсткостей зростає.

Оскільки фактична площа контакту і сила тертя залежать головним чином від шорсткостей, фізико-механічних властивостей матеріалу і навантаження, то, розв'язуючи конкретну задачу, треба визначити переважаючий вид деформації. На рис. 38.5 показано зміну зближення h_1 сталених поверхонь з гладенькою поверхнею сплаву Д16 залежно від тиску p . Несуча здатність поверхні змінюється залежно від висоти шорсткості, виду обробки та інших характеристик шорсткості поверхні. Залежно від глибини проникнення мікронерівностей може відбуватись пружне чи пластичне деформування, руйнування захисних плівок, пластичне відтискування, мікрорізання та інші види спрацювання і руйнування.

Під час розтягування або стискування металеві тіла зміцнюються і в разі повторного деформування пластична текучість проявляється при напруженні, яке перевищує границю текучості металу до зміцнення. Зміну напруження зміцненого тіла враховують коефіцієнтом c , який залежить від властивостей матеріалу та умов деформування. Коефіцієнт c знаходять з діаграми розтягу даного матеріалу.

Під час тертя перехід від пружного відтискування до пластичного утруднений внаслідок складнішого напруженого стану металу, ніж під час розтягування чи стискування. Тому такий перехід без ураху-

вання адгезії за умов проникнення визначають з виразу

$$\frac{h_1}{Ra} \approx 2,4 \left(\frac{c\sigma_T}{E} \right)^2,$$

де σ_T — границя текучості цього матеріалу; E — модуль пружності м'якшого матеріалу.

Коефіцієнт c змінюється від 1 до 6. Для нерівностей поверхні з кутом при вершині, близьким до 90° , коефіцієнт c беруть рівним 3. У процесі деформування матеріал зміцнюється і коефіцієнт c ще більше зростає.

Критичний тиск $p_{к1}$, що відповідає переходу від пружного деформування до пластичного, для шліфованої і полірованої поверхонь наближено виражається формулою

$$p_{к1} = 6 \cdot 10^8 b \frac{\sigma_T^{2v+1}}{F^{2v}} \left(\frac{\eta}{Ra} \right)^{0,5}.$$

З переходом від пластичного відтискування до різання необхідно, щоб відношення глибини проникнення h_1 до радіуса проникаючої мікронерівності r досягло певного значення M , яке для сухих поверхонь приблизно дорівнює 0,1, для змощених — 0,2...0,4, а для умов граничного тертя — 0,5.

Контурний тиск $p_{к2}$, що відповідає переходу від пластичного відтискування до різання, визначають за формулою

$$p_{к2} = \left(\frac{Mr}{Ra} \right)^v c\sigma_T b. \quad (38.6)$$

Вираз (38.6) дає можливість визначити умови, за яких у місцях контакту мікронерівностей відбуватимуться різання і різке зниження опору спрацюванню.

Підставивши у рівняння (38.6) відповідні значення, можна упевнитись, що критичний тиск для сталльної полірованої поверхні приблизно в 14 разів більший, ніж для шліфованої. Отже, критичний тиск, при якому відбувається перехід від пружного деформування до пластичного, залежить насамперед від механічних властивостей матеріалів (σ_T , E , μ) і від геометричних параметрів шорсткості поверхні (r , Ra), тобто від розподілу мікронерівностей за висотою і формою. З підвищенням пружних властивостей матеріалу σ_T зростає критичний тиск і утруднюється перехід від пружного деформування до пластичного. Різко окреслені нерівності пластично деформуються при менших напруженнях, ніж згладжені.

Під час тертя в результаті деформування головним чином виступаючих мікронерівностей на ділянках контакту утворюється теплота. Вона не поширюється далеко вглиб тіла, і нагрів має локальний характер. Теплота відводиться від місць теплоутворення теплопередачею, випромінюванням самими металевими тілами і мастилом. Температур-

ні спалахи, що утворюються на ділянках контакту, можуть досягати температури плавлення третьових металів.

Для наближеного розрахунку температури тертя використовують вираз

$$\theta = \frac{fgP'V\sqrt{Q_1}}{3,76l\lambda_1V\sqrt{l_n}}, \quad (38.7)$$

де g — прискорення вільного падіння; P' — навантаження; v — швидкість переміщення; Q_1 — температуропровідність ($Q_1 = \lambda_1/(\rho_1c_1)$), λ_1 — коефіцієнт теплопровідності нерухомого тіла; ρ_1 — густина; c_1 — питома теплоємність; l — механічний еквівалент теплоти; l_n — лінійний розмір плями контакту.

Крім того, під час виведення формули (38.7) експериментально встановлено, що зміна термічних властивостей тонкого поверхневого шару при рухомих джерелах теплоти може помітно впливати на температуру поверхні. Наприклад, в разі нанесення на поверхню тертя тонкого шару покриття з поганою теплопровідністю підвищується температура поверхні тертя.

Найбільша температура $\theta_{нб}$, що виникає на фактичних плямах дотикання третьових тіл, підсумовується з таких складових:

$$\theta_{нб} = \theta_{ср} + \Delta\theta_o + \Delta\theta_n + \Delta\theta_{ш} + \theta_{ф},$$

де $\theta_{ср}$ — середня поверхнева температура; $\Delta\theta_o$ — перевищення середньої об'ємної температури над температурою навколишнього середовища; $\Delta\theta_n$ — перевищення середньої поверхневої температури над середньою об'ємною; $\Delta\theta_{ш}$ — перевищення температури мікронерівностей над середньою поверхневою температурою; $\theta_{ф}$ — температура на фактичній плямі дотикання.

Температуру спалаху плями контакту наближено можна визначити за формулою

$$\theta_{ф} = \frac{1,2fp_{ср}^{0,75}(v_1 - v_2)}{(\lambda_1\rho_1c_1v_1)^{0,5} + (\lambda_2\rho_2c_2v_2)^{0,5}} \left(\frac{P_{ср}}{n_1} \right)^{0,25},$$

де $p_{ср}$ — середній тиск стискування; $p_{ср} = \sigma_{т} \approx НВ$ (НВ — твердість матеріалу за Брінеллем); v_1 та v_2 — колові швидкості тіл: $v_1 - v_2 = v_k$ (v_k — швидкість ковзання); λ_1 та λ_2 — коефіцієнти теплопровідності тіл; ρ_1 та ρ_2 — густини тіл; c_1 та c_2 — теплоємності тіл; $P_{ср}$ — сила стискування; n_1 — кількість плям, що визначають фактичну площу дотикання.

Залежно від виду фрикційного спряження і застосовуваних матеріалів під дією швидкості тертя, навантаження й температури можуть утворюватись різні пошкодження третьових поверхонь. На ранніх стадіях ці пошкодження мають вигляд подряпин, далі утворюються задирки, виникає схоплювання з глибинним вириванням, насуванням матеріалу на найхолоднішу, більш тверду поверхню. З підвищенням

температури глибинне виривання заміняється оплавленням поверхневого шару більш легкоплавкого металу.

При різних температурних градієнтах матеріал зазнає різних теплових напружень. У результаті повторюваного теплового напруження матеріал може руйнуватися від теплової втомленості. Спрацювання металів супроводиться дифузійними процесами. Інтенсивність перебігу дифузії в тілі залежить від температури, енергії активації поверхонь дифузії і хемосорбованого зв'язку. Параметром, що характеризує швидкість переміщення атомів у середовищі, є коефіцієнт дифузії, який визначають за формулою

$$D_d = \frac{\delta^2}{2\tau_k} e^{-\frac{W}{K\theta}},$$

де D_d — коефіцієнт дифузії; $\delta = 10^{-10}$ м — відстань між сусідніми атомами; $\tau_k = 2 \cdot 10^{-13}$ с — період коливань атома відносно положення рівноваги; W — енергія розпушування, яка приблизно дорівнює прихованій теплоті випаровування; K — стала Больцмана; θ — температура.

Дифузійні процеси на поверхнях тертя в умовах допустимих температур не є переважачим фактором, а лише супутні перебігу пластичних деформацій металу на окремих ділянках контакту.

Вплив тривалості контактів на спрацювання металу. Для аналізу спрацювання металу залежно від параметрів режиму тертя велике значення має тривалість контакту окремих ділянок. У реальних умовах роботи машин вона змінюється в широкому діапазоні — майже від нуля при великих швидкостях до нескінченності при нерухомому контакті.

З переходом від стану спокою до руху і переміщення тертьових поверхонь з відносно малими швидкостями ковзання виникають механічні релаксаційні коливання, зумовлені тертям. Переміщення тіл набуває періодичного стрибкоподібного характеру і складається з рівномірного руху при відносному спокої тертьових поверхонь і нерівномірного відносно їх руху. Коливальна зміна сили тертя залежно від тривалості кожного руху може мати пилкоподібну або близьку до синусоїдну форму (рис. 38.6).

Залежно від конструкції вузла тертя і умов роботи деталей пари релаксаційні коливання сили тертя і частота їх можуть змінюватися в широких межах. Наприклад, під час запресування сталених загартованих полірованих зразків у втулки з відпаленої сталі 45 стрибки зусилля тертя становили 3728 і 7060 Н (зусилля запресування відповідно 13 910 і 28 420 Н).

Під час запресування зразків, змащених мінеральним маслом, зусилля



Рис. 38.6. Схема релаксаційної зміни сили тертя в часі

запресування знизилося лише на 1000 Н, а зусилля розпресування в момент зсуву виявилось на 11 000 Н меншим від зусилля розпресування незмащених зразків. Отже, під час запресування масло не витискується повністю і під час розпресування сприяє зменшенню зусилля тертя.

Автоколивання інших механічних систем призводять до підвищення динамічних навантажень і передчасного спрацювання спряжень. Так, спрацювання вузлів тертя за час пуску двигуна приблизно еквівалентне спрацюванню за 3 год його нормальної роботи. Характер зміни сили тертя спокою від тривалості нерухомого контакту визначається, головним чином, властивостями більш пластичного матеріалу. Сила тертя в часі змінюється менш інтенсивно у матеріалі з більшими модулем пружності і швидкістю зміни напруженого стану при постійній деформації.

На опір зсуву під час рушання з місця впливає не тільки матеріал тертьових тіл, а й мікрорельєф поверхні тертя деталей спряження. Опір переміщенню під час переходу із стану спокою до руху у більш шорстких поверхонь менший, ніж у більш гладеньких. Коефіцієнт тертя для шорстких поверхонь залежно від тривалості контакту змінюється мало, тимчасом як для гладеньких поверхонь він змінюється досить істотно (у кілька разів).

Із збільшенням тривалості контакту настає більш повне зближення контактуючих поверхонь внаслідок повнішого пластичного деформування матеріалів на ділянках контакту, в результаті чого збільшуються фактична площа контакту і сила тертя.

Фактична площа контакту у шорстких поверхонь менша, ніж у гладеньких, а тому для зсування однієї шорсткої поверхні відносно іншої потрібно прикласти меншу силу. На цьому принципі сконструйовано розвантажені підшипники.

Спрацювання металевих поверхонь при невеликих швидкостях тертя і значних тисках відбувається особливо інтенсивно, а тому робота механізмів у цих умовах небажана. При малих швидкостях тертя в результаті утворення ювенільних поверхонь хімічні процеси відбуваються досить інтенсивно, оскільки утворювані оксидні плівки не розвиваються і руйнуються під час дальшого переміщення тіл. За цих умов мастило помітно не впливає на характер руху тертьових тіл, оскільки на контактуючих ділянках масляна плівка також руйнується і поверхні перебувають у безпосередньому контакті. Крім того, на площадках контакту тиск неоднаковий, масляна плівка не на всіх площадках контакту повністю витискується і в результаті зменшується сумарна площа фактичного контакту. Деформування металу в присутності мастила веде до більшого подрібнення структури і зміцнення його на контактуючих ділянках, внаслідок чого зменшуються фактична площа контакту і сила тертя.

Періодичне переміщення третєвих поверхонь при невеликих швидкостях ковзання усунути практично неможливо, бо для цього необхідно надати системі високої жорсткості. Проте здійснити абсолютно жорстку систему у вузлах машин практично неможливо через наявність зазорів у вузлах тертя. Тому під час кожного пуску і зупинки машини відбувається нестійке відносне переміщення третєвих спряжених поверхонь.

Періодичний рух спряжених поверхонь супроводиться відповідними змінами опору переміщення і коефіцієнта тертя. З переходом із стану спокою до руху коефіцієнт тертя зменшується.

На рис. 38.7 показано зміну коефіцієнта тертя пришаврованих зразків (плями на поверхні площею $5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$) залежно від швидкості переміщення по шліфованій чавунній напрямній з твердістю НВ 180 при тиску $2 \cdot 10^5 \text{ Па}$ і доброму змащуванні (масло індустриальне 45). З рисунка видно, що коефіцієнт тертя із збільшенням відносної швидкості переміщення зменшується. З підвищенням швидкості ковзання переривчастий рух третєвих поверхонь стає стабільним, зменшується тривалість контакту.

Отже, між тертям і коливаннями існує взаємозв'язок: тертя здатне породжувати коливання, а коливання впливають на тертя.

Причини фрикційних автоколивань. Фрикційні автоколивання виникають з переходом від стану спокою до руху і переміщення з відносно малими швидкостями ковзання. У цьому випадку причиною автоколивань може бути так званий стрибок сили тертя ΔT в разі переходу від спокою до ковзання. Такий стрибок здатний спричинити фрикційні автоколивання із зупинками незалежно від знака похідної сили тертя по швидкості ковзання навіть за умови збільшення сили тертя із швидкістю. Відповідно до цього пояснення існує критична швидкість ковзання, яка зростає із збільшенням стрибка ΔT , тобто із зростанням тривалості фази зупинки. При швидкостях, вищих за критичну швидкість, зупинки зникають. Основні труднощі виникають внаслідок відсутності достовірних даних про стрибок сили тертя для різних умов ковзання.

Якщо ковзне тіло (повзун) має висоту, яка не набагато перевищує його поперечні розміри, тобто не є стержнем, що третється своїм торцем, то його пружна піддатливість у нормальному напрямі на десяткові порядки нижча від піддатливості контактного шару, тобто шару, заповненого мікроступнями обох третєвих поверхонь та мікророзмірами. У такому разі пов-

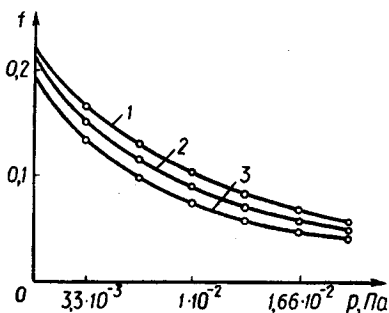


Рис. 38.7. Залежність коефіцієнта тертя від швидкості переміщення зразків по шліфованій чавунній поверхні (за Лур'є):
1 — БрОЦС6-3; 2 — СЧ 21; 3 — Б16

вун у першому наближенні уподібнюється ідеально жорсткому тілу, що лежить на системі мікропружинок, які моделюють мікроступи. Деякі з них стикаються і несуть своє нормальне навантаження, а дрібніші не стикаються. Будь-який випадковий нормальний імпульс, що подіав на повзун, приведе його як ціле у вільні коливання нормального напрямку. Ці коливання нелінійні й асиметричні, оскільки в процесі опускання повзуна у контакт вступають дедалі нові, дрібніші виступи, і контактна жорсткість не стала: з опусканням повзуна вона зростає, а під час піднімання зменшується. Зростання амплітуди цих коливань веде до підвищення його середнього рівня над контртілом і відповідного зменшення сумарної фізичної площадки контакту (ФПК).

У процесі ковзання повзуна його мікроступи зазнають мікроімпульсів з боку мікроступів контртіла. Нормальні складові цих мікроімпульсів безперервно збуджують розглядувані коливання повзуна як цілого в нормальному напрямі. Незважаючи на хаотичність цих мікроімпульсів, їх сукупність підтримує безперервні незатухаючі квазіперіодичні нормально спрямовані коливання повзуна, основна частота яких у зв'язку з їх малою амплітудою (частки мікрометра або мікрометри) близька до власної частоти лінійних коливань:

$$v' = \frac{1}{2} \pi \sqrt{k_1 m},$$

де k_1 — коефіцієнт контактної жорсткості; m — маса повзуна.

Розглядаючи асиметричні коливання, трохи піднімають повзун і знижують силу тертя. Чим більша швидкість ковзання, тим інтенсивніші нормальні складові мікроімпульсів між мікроступами; чим більші амплітуди коливань, тим вищий середній рівень, на якому ковзає повзун, тим менші ФПК і сила тертя.

У разі випадкової зміни умов ковзання (сили тертя, швидкості, прискорення тощо) виникають тангенціальні зміщення за рахунок деформації привода. Ці тангенціальні деформації, пов'язані з нормальними, спричиняють появу деформацій по нормалі r до поверхні тертя, що веде до зміни сили тертя (чи її проекції на напрям руху) і подальшої зміни тангенціальної деформації пружної системи привода. При певних фазових співвідношеннях між тангенціальними і нормальними зміщеннями (коливаннями) створюються умови зміни сили тертя у такт поздовжнім тангенціальним коливанням повзуна, тобто неплavnість руху. Такі умови створюються, наприклад, у деяких конструкціях колдових гальм, на бічних гранях напрямних, по яких переміщуються пересувні частини різних машин, тощо.

38.4. Класифікація видів спрацювання і пошкоджуваності під час тертя

Спрацювання і пошкоджуваність під час тертя. Аналіз дефектів вузлів машин та механізмів, які працювали, дає можливість поділити їх на дві виражених області нормального і патологічного процесів: спрацювання і пошкоджуваність.

Спрацьовування являє собою процес поступової зміни розмірів деталей, що відбувається під час тертя. Результатом спрацьовування, оцінюваним безпосередньо за зміною розмірів чи непрямыми ознаками, є спрацювання.

Розрізняють спрацювання *лінійне*, яке визначають за зменшенням розміру по нормалі до поверхні тертя, *об'ємне* — за зменшенням об'єму, і *гравіметричне* за зменшенням маси.

Пошкоджуваність — це процес різко вираженої (патологічної) зміни геометричного стану поверхонь тертя, структури і властивостей поверхневих шарів. Результатом пошкоджуваності, що виявляється у зміні макрогеометричних характеристик структури, властивостей і напруженого стану поверхневих шарів, є пошкодження. Спрацювання від навантаження P' показано на рис. 38.8.

При нормальній експлуатації машин вузли тертя працюють виключно в області нормального тертя. Вона завжди пов'язана з руйнуванням поверхонь тертя, яке визначається динамічною рівновагою процесів утворення і руйнування вторинних структур. Це процес механохімічного окислювального спрацювання. Основні ознаки нормального спрацювання — відсутність будь-яких видів руйнування основного матеріалу, локалізація руйнування якнайтонших поверхневих шарів вторинних структур, що утворюються під час тертя.

Усі патологічні види пошкоджуваності поверхонь під час тертя поділяються на дві групи:

процеси, спричинювані втратою стійкості, порушенням динамічної рівноваги, що характеризує нормальне окислювальне спрацювання, в результаті силових (схоплювання I роду) і теплових (схоплювання II роду) перевантажень, динамічного характеру навантажування (фретинг-процес), різкої локальної концентрації напружень (механічна форма абразивного спрацювання);

процеси, розвиток яких не пов'язаний з відхиленням від нормального спрацювання і спричиняється специфічними умовами навантаження (втомленісні пошкодження,

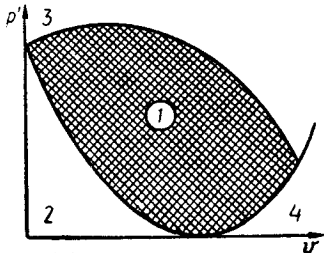


Рис. 38.8. Схема розташування зон нормального і патологічного процесів тертя:

1 — зона нормального тертя; 2 — перехідна зона; 3 — інтенсивна пошкоджуваність і схоплювання I роду; 4 — схоплювання II роду

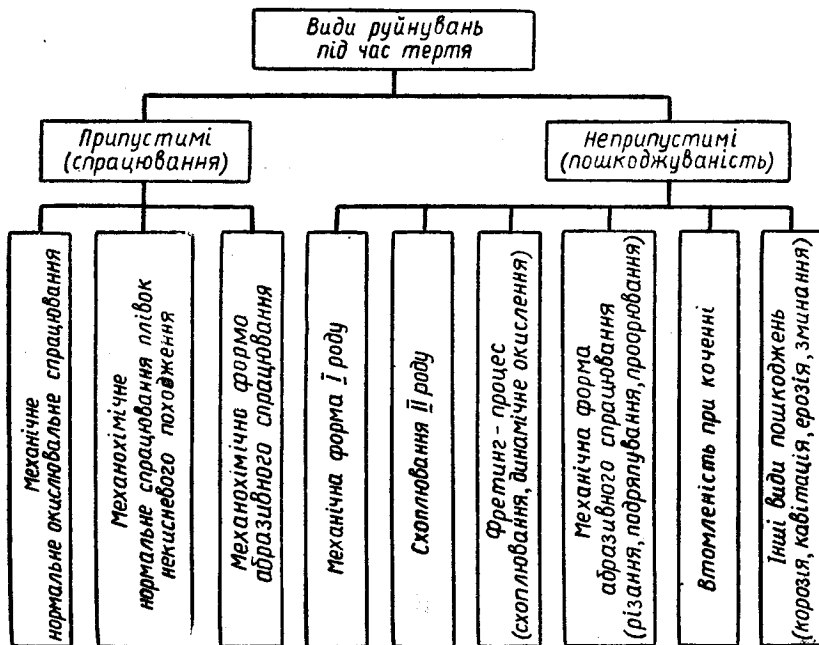


Рис. 38.9. Класифікація видів спрацювання і пошкоджуваності деталей машин

різання, змінання і специфічні види пошкоджуваності — корозія, електроерозія, кавітація тощо).

Класифікація видів спрацювання і пошкоджуваності. Класифікацію видів руйнування провадять за службовою ознакою — надійністю у зв'язку з нормальними умовами роботи — і за перебігом тих чи інших механічних, фізичних та хімічних процесів у зоні контакту.

Фундаментальною основою класифікації вибору спрацювання і пошкоджуваності деталей машин (рис. 38.9) є положення про ведучі та супутні процеси руйнування, підтвержене експериментальними лабораторними дослідженнями. Суть його полягає в тому, що будь-яка працююча деталь або спраження деталей має чітко виражений провідний вид спрацювання або пошкоджуваності, що лімітує довговічність і надійність під час експлуатації, і може мати супутні види руйнування поверхні, які мало впливають на роботу спраження.

Основна ознака класифікації за причинами і механізмами руйнування поверхонь тертя — механічний, фізичний або хімічний процес, що відбувається в зоні контакту.

Стосовно надійності роботи всі види трансформації поверхонь контакту слід поділити на допустимі та патологічні. До допустимих належить велика група явищ, пов'язаних з процесами мінімізованої плас-

тичної деформації, активізації поверхневих шарів металу, їх взаємодії з агресивними компонентами навколишнього середовища (газового чи рідинного) і утворення рівномірно розподілених на поверхні вторинних структур, що полегшують процес зовнішнього тертя і перешкоджають розвитку явищ схоплювання. Найпоширенішим різновидом допустимого спрацювання є окислювальне.

Взаємодія активізованих пластичною деформацією поверхневих шарів металу з різними агресивними компонентами рідинних і газових середовищ може призвести до утворення вторинних захисних структур іншого складу. Цей загальний комплекс явищ, пов'язаних з деформацією, текстурованням поверхневих об'ємів металу, їх дальшою взаємодією з хімічно активними компонентами робочого середовища і руйнуванням утворених структур, є механохімічним спрацюванням. Основний його різновид — окислювальне спрацювання, яке реалізується за нормальних умов експлуатації і характеризується допустимими параметрами тертя. До проміжних процесів руйнування можна віднести деякі форми абразивного спрацювання без зняття стружки і пошкоджень подряпуванням.

До патологічних процесів руйнування поверхонь тертя належать процеси, безпосередньо пов'язані з тертям (схоплювання I і II роду, абразивне спрацювання з пошкодженням поверхонь контакту подряпуванням і зняттям мікростружки, втомленісні пошкодження, фретинг-процес) і посередньо пов'язані з тертям (змінання, електроерозійні пошкодження, корозія, кавітація).

Патологічні пошкодження, прямо пов'язані з процесом зовнішнього тертя, не є спрацювання в його класичному прояві. Ці яскраво виражені види руйнування поверхні виникають в разі порушення нормальних умов зовнішнього тертя. Перехід до патологічних процесів відбувається стрибкоподібно, коли досягнуто певних критичних станів, які відповідають переходу від нормального спрацювання до патологічного внаслідок зовнішніх механічних дій температури і середовища.

Окислювальне спрацювання. Окислювальне спрацювання — це процес поступового руйнування поверхонь деталей під час тертя, що спричиняється взаємодією активних, пластично деформованих поверхневих шарів металу з атомами кисню, який міститься в повітрі або в мастилi і адсорбується на поверхнях. Окислювальне спрацювання проявляється в утворенні хімічно адсорбованих плівок, плівок твердих розчинів і твердих сполук металу з киснем і видаленні їх з поверхонь тертя. Це усталений стаціонарний процес динамічної рівноваги руйнування і відновлення оксидних плівок.

Окислювальне спрацювання характеризує нормальні умови експлуатації вузлів тертя і має кілька форм прояву. Залежно від виду тертя, швидкості відносного переміщення, тиску, динамічності прикладеного навантаження, температури складу рідинного і газового се-

редовищ, механічних та хімічних властивостей тертьових матеріалів змінюються характер та інтенсивність окислювальних процесів.

Дані про стан поверхні і поверхневих шарів сталі під час окислювального спрацювання наведено в табл. 38.1.

Таблиця 38.1

Критерій оцінки процесу	Форма окислювального спрацювання	
	I	II
Чистота робочої поверхні, мкм	0,1...0,06	0,2...0,012
Глибина зруйнованого шару, мм	10...30	10...100
Температура поверхневого шару, К	До 373	До 473
Зміна хімічного і фазового складів поверхневого шару	Утворення твердих розчинів та евтектик	Утворення оксидів та евтектик
Окислювальна зміна твердості поверхневого шару	2...3	4...5
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1...1,05	1,05...1,08
Вид напруження в поверхневому шарі	—	Стискування або розтягування
Вид руйнування поверхневого шару	В'язке	В'язколамке
Швидкість процесу руйнування, мкм/год	До 0,01	До 0,05
Супутні процеси	—	Механічне пошкодження абразивними частинками

Форма I спрацювання характеризується утворенням на поверхнях тертя твердих розчинів кисню і тонких евтектик його сполук з металом, форма II — утворенням хімічних сполук кисню з металом (для сталі — FeO , Fe_2O_3 , Fe_2O_4).

При наявності абразивного середовища окислення і руйнування інтенсифікуються внаслідок великої концентрації напружень у локальних об'ємах металу. Окислення в умовах динамічного навантаження при наявності ударів та вібрації інтенсифікується в результаті різкої активізації пластично деформованого металу (крекінг-процес).

Нормальне окислювальне спрацювання виникає під час тертя ковзання, тертя кочення, сухого тертя і при граничному змащуванні. Діапазон швидкостей ковзання під час сухого тертя незначний. Для відпалених сталей він становить 1...4 м/с, для загартованих — від мінімальної швидкості до 7 м/с, при граничному змащуванні — від мінімальної швидкості до 25 м/с.

Питомі тиски при окислювальному спрацюванні не перевищують критичних значень руйнування масляної плівки (граничне тертя) або значень, при яких настає інтенсивне руйнування захисних вторинних структур оксидів і контактування ювенільних поверхонь (сухе тертя). Теплота, що утворюється під час тертя, до певних значень сприяє

розвитку окислювального спрацювання, а вище деяких критичних значень (температури десорбції мастила і розм'якшення металу) призводить до схоплювання II роду.

Окислювальне спрацювання може виникати під час тертя металів та сплавів з різними механічними і хімічними властивостями. Найчастіше воно спостерігається під час тертя спряжених деталей, виготовлених з різних металів та сплавів на основі твердих розчинів, що мають гетерогенну структуру або підвищені твердість і границю текучості.

Окислювальне спрацювання — найважливіший різновид механо-хімічного спрацювання, загальна особливість якого полягає в тому,

Таблиця 38.2

Критерій оцінки процесу	Форма абразивного руйнування	
	I	II
Чистота робочої поверхні, мкм	0,8...0,025	3,2...0,1
Глибина зруйнованого шару, мм	До 200	До 0,2
Температура поверхневого шару, К	До 323	До 323
Зміна хімічного і фазового складів поверхневого шару	Утворення твердих розчинів, евтектик, оксидів	—
Відносна зміна твердості поверхневого шару ($H_{зад}/H_{вих}$)	2...3	1,5
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1,05...1,08	1
Вид напруження в поверхневому шарі	Локальне стискування або розтягування	Стискування
Вид руйнування поверхневого шару	Ламков'язке	В'язколамке
Швидкість процесу руйнування, мкм/год	До 0,5	0,5...50
Супутні процеси	—	Низькотемпературне окислення

що в усіх випадках воно зумовлене механічною деформацією тонких поверхневих шарів і одночасною взаємодією активних деформованих шарів з агресивними компонентами середовища.

Спрацювання і пошкоджуваність при наявності абразивного середовища. Абразивне спрацювання і пошкоджуваність—процеси руйнування поверхні деталей машин, зумовлені наявністю абразивних частинок у зоні тертя. Цей вид руйнування здебільшого спричинюється також утворенням в парах тертя продуктів спрацювання. Форми і механізми руйнування визначаються взаємодією поверхонь тертя з абразивними частинками, суть якої полягає в ковзанні частинок, пластичному деформуванні металу, у проникненні їх в місцях контакту, в руйнуванні поверхневих об'ємів без відшарування металу або із зняттям мікростружки.

Існують дві форми прояву абразивних процесів, які різняться характером взаємодії частинок з поверхнею металу: з переважанням механохімічного руйнування (пластичне деформування поверхневих об'ємів, їхнє окислення і подальше руйнування утворених плівок) і з переважанням механічного руйнування металу поверхневих шарів (проникнення абразивних частинок і руйнування поверхневих об'ємів металу без відшарування частинок основного металу або із зняттям мікростружки). Форма I — різновид механохімічного спрацювання, форма II — недопустимі під час зовнішнього тертя процеси пошкоджуваності. Дані про стан поверхні і поверхневих шарів сталі під час пошкоджуваності в результаті дії абразиву наведено в табл. 38.2.

Абразивні процеси можуть виникати в найширшому діапазоні зовнішніх впливів. Прояв механохімічної або механічної форми цього виду руйнування залежить від співвідношення механічних властивостей абразивних частинок і поверхневих шарів спрацьовуваного металу.

При відношенні твердості металу H_m до твердості абразиву H_a , більшому за 0,6 ($k_t = H_m/H_a < 0,6$), спостерігається механохімічна форма спрацювання, а при $k_t < 0,6$ має місце механічна форма — пошкоджуваність. У разі тертя металевої поверхні по абразивній масі, як правило, переважає форма I абразивного спрацювання — механохімічна. Формою II абразивного руйнування є механічна.

Схоплювання. Схоплювання I роду — процес недопустимої пошкоджуваності поверхонь тертя, що розвивається в результаті виникнення локальних металічних зв'язків, деформації і руйнування їх з відшаруванням частинок металу або їх налипанням на довершню контакту. Виникнення металічних зв'язків відбувається в разі інтенсивної деформації поверхневих об'ємів металу, зумовленої атермічною пластичністю. Дані про стан поверхонь і поверхневих шарів під час схоплювання наведено в табл. 38.3.

Схоплювання I роду виникає під час тертя ковзання з малими швидкостями відносно переміщення і питомими тисками, які перевищують границю текучості на ділянках фактичного контакту при відсутності роздільного шару мастила і захисної плівки оксидів. Процес схоплювання багато в чому залежить від механічних та фізичних властивостей матеріалів і поєднань їх, границь міцності та текучості, твердості, типу кристалічної решітки, електронного стану тощо. Схоплювання I роду являє собою один з найнебезпечніших і різко виражених видів пошкодження деталей машин, що в роботі деталей неприпустиме.

Схоплювання II роду — процес неприпустимої пошкоджуваності поверхонь тертя, спричинений утворенням місцевих металічних зв'язків, деформацією їх і порушенням, що виражається в утворенні тріщин, перенесенні металу і окремих частинок з поверхонь тертя. Виникнення металічних зв'язків під час схоплювання II роду зумовлене нагріванням, розм'якшенням, деформацією і контактуванням ювенільних поверхонь. Виділення теплоти вище від значень, допустимих для

даних матеріалів, спричиняє деформацію їх, вихід ювенільних ділянок і зближення поверхонь на відстань, близьку до міжатомних радіусів.

Схоплювання II роду виникає під час тертя ковзання з великими швидкостями відносного переміщення і значними тисками, що зумовлюють високий градієнт та інтенсивне підвищення температури в поверхневих шарах тертьових металів і їх термічну пластичність. Термічна пластичність спричиняє зниження міцності металу, явища відпуску і оплавлення. При цьому утворюються структури рекристалізації, відпуску, загартування і вторинного загартування.

Таблиця 38.3

Критерій оцінки процесу	Рід схоплювання	
	I	II
Чистота робочої поверхні, мкм	12,5...6,3	3,2...1,6
Глибина зруйнованого шару, мм	До 0,5	До 0,1
Температура поверхневого шару, К	До 373	До 1773
Зміна хімічного і фазового складів поверхневого шару	—	Структури, що виникають в результаті хімічних процесів (вторинне загартування, відпуск)
Відносна зміна твердості поверхневого шару ($H_{\text{зал}}/H_{\text{вих}}$)	До 2	Під час загартування до 2, під час відпуску до 0,3
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1,01	1,01...1,02
Вид напруження в поверхневому шарі	Стискування	Розтягування
Вид руйнування поверхневого шару	В'язкопружне	В'язке з особливим проявом повзучості
Швидкість процесу руйнування, мкм/год	10...15	1...5
Супутні процеси	Низькотемпературне окислення	Високотемпературне окислення

Схоплювання II роду може проявлятися під час сухого тертя і при граничному змащуванні. При граничному терті воно виникає при вищих швидкостях ковзання і тиску і пов'язане з попередніми процесами десорбції мастила. Схоплювання II роду залежить від теплофізичних властивостей тертьових матеріалів, теплостійкості, теплоємності та теплопровідності і може виникати під час тертя металів з різними механічними властивостями. У групі сталей цей рід схоплювання найхарактерніший для загартованих матеріалів з різко вираженим переходом до термічної пластичності.

У практиці роботи деталей машин схоплювання II роду найчастіше виникає у тих спраженнях, робота яких пов'язана зі стійким гра-

ничним змащуванням. Ця умова порушується з припиненням регулярного підведення мастила.

Втомленісні пошкодження виникають у деталях машин під час тертя кочення і є результатом інтенсивного руйнування поверхневих шарів металу, що перебувають в особливих умовах напруженого стану. Основні характеристики і розвиток втомленісних пошкоджень визначаються процесами повторної пластичної деформації, зміцненням і втратою міцності металу поверхневих шарів, виникненням залишкових напружень і особливими явищами та втомленістю. Руйнування поверхонь при втомленісних пошкодженнях характеризується виникненням мікротріщин, одиничних та групових западин.

Поверхні й поверхневі шари металу під час пошкоджуваності в результаті розвитку втомленісних явищ характеризуються такими даними:

Геометрія поверхні	Локальні мікроскопічні зміни
Глибина зруйнованого шару	До 5 мм
Температура поверхневого шару	До 373 К
Зміна хімічного і фазового складів шару	—
Відносні зміни твердості поверхневого шару ($H_{зал}/H_{вих}$)	До 2
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1,01
Вид напруження у поверхневому шарі	Стискування
Вид руйнування поверхневого шару	Особливі прояви малоциклової втомленості
Супутні процеси	Окислювальні

Втомленісні пошкодження спостерігаються в деталях підшипників кочення, зубчастих колесах, під час роботи пари ролик — шайба і в багатьох інших парах, є тертя кочення і кочення з проковзуванням.

Фретинг-процес — це руйнування поверхонь тертя деталей машин, що проявляється в різко інтенсифікованому (динамічному) окисленні або схоплюванні. Окислення під час фретинг-процесу відбувається досить інтенсивно. Процес схоплювання різко виражений і спостерігається при відносно малих нормальних тисках і контактуванні багатьох матеріалів. Значна інтенсифікація окислення і схоплювання спричинюється динамічним характером навантаження, при якому на контакті різко збільшується градієнт деформацій і температур. Дані про стан поверхні і поверхневих шарів сталі під час фретинг-процесу наведено в табл. 38.4.

Фретинг-процес виникає під час тертя ковзання з дуже малими зворотно-поступальними переміщеннями при динамічному прикладанні навантаження. Цього виду руйнування зазнають різні матеріали. Він можливий при сухому терті та змащуванні. Фретинг-процес спостерігається у найрізноманітніших вузлах і спряженнях машин та

механізмів і являє собою один з досить небезпечних і різко виявлених видів пошкоджень деталей машин.

Зминання — це макроскопічна об'ємна пластична деформація металу деталей машин, яка пов'язана зі зміною форми при навантаженнях, вищих від границі текучості. Воно може поширюватися на весь об'єм деталей або на його значну частину. При цьому розміри деталей змінюються, але їх маса залишається сталою.

Зминання деталей виникає під час тертя і спричиняється передачею зусиль, безпосередньо пов'язаних з ковзанням або коченням поверхонь.

Таблиця 38.4

Критерій оцінки процесу	Фретинг-процес	
	Динамічне окислення	Схоплювання
Чистота робочої поверхні, мкм	3,2...0,4	12,5...3,2
Глибина зруйнованого шару, мм	До 0,2	До 0,5
Температура поверхневого шару, К	До 573	До 473
Зміна хімічного і фазового складів поверхневого шару	Окислення	—
Відносна зміна твердості ($H_{зал}/H_{вих}$)	3...8	1,5...2
Коефіцієнт збільшення об'єму поверхневого шару	1,10	1,01
Вид напруження в поверхневому шарі	Стискування або розтягування	Стискування
Вид руйнування поверхневого шару	Ламков'язке	В'язколамке
Швидкість процесу руйнування, мкм/год	1...5	5...10
Супутні процеси	Механічне пошкодження частинками оксидів	Низькотемпературне окислення

Деформація макрооб'ємів металу є досить важливим фактором у випадках, коли деталі виготовлено з кольорових сплавів — бронзи, латуні, бабітів, алюмінієвих сплавів. Такі сплави мають порівняно малу границю текучості, і тому деталі, виготовлені з них, дістають залишкові деформації внаслідок незначних перевантажень. У випадках зминання сталевих деталей — бандажів, коліс рухомого складу — об'ємна деформація може бути пов'язана також з перевищенням допустимих навантажень.

Методи оцінки спрацювання деталей машин поділяють на виробничі та лабораторні. До виробничих методів належать мікрометрування деталей і непряма оцінка за зміною експлуатаційних характеристик спряження, до лабораторних (дослідних) — зважування деталей, визначення кількості заліза в маслі картера, застосування радіоактивних ізотопів, метод штучних баз, профілографування.

Метод мікрометрування ґрунтується на вимірюванні лінійних розмірів деталей, що були в експлуатації, з використанням універсальних вимірювальних засобів (мікрометрів, штангенциркулів, індикаторних приладів тощо).

Оцінка спрацювання за зміною експлуатаційних характеристик спряження або вузла широко використовується у виробництві. Так, спрацювання деталей масляного насоса посередньо можна визначити за падінням тиску масла, спрацювання деталей поршневої групи двигуна — за пропусканням газів у картер двигуна, спрацювання рухомого з'єднання — за зміною його температури в процесі експлуатації, наприклад у підшипниках ковзання.

Метод зважування полягає у визначенні маси деталі до експлуатації і після неї. Цей метод застосовувати не можна, якщо превалює спрацювання від пластичного деформування деталей.

Визначення кількості заліза та інших продуктів спрацювання у маслі полягає в хімічному аналізі відпрацьованого масла. Недолік способу — неможливість визначити спрацювання кожної деталі вузла. Перевага — відсутність потреби розбирати агрегат.

Метод радіоактивних ізотопів ґрунтується на використанні ізотопів вольфраму, сурми або кобальту, які вводять у поверхневий шар робочої поверхні деталі. Інтенсивність випромінювання масла, що реєструється спеціальними приладами (лічильниками), є показником інтенсивності спрацювання деталі.

Метод штучних баз, запропонований М. М. Хрущовим та Є. С. Берковичем, полягає в нанесенні на робочу поверхню нової деталі спеціальної заглибини (лунки) або виточки. За зміною розміру заглибини після певного часу експлуатації розрахунком визначають лінійне спрацювання у межах цієї поверхні.

Метод профілографування базується на визначенні за допомогою профілографа досить малих спрацювань таких деталей, як поршневі пальці, плунжери.

38.5. Вплив мікро- та макроструктури матеріалу деталей на їхні фізико-механічні та експлуатаційні властивості

Структура поверхневого шару. На інтенсивність спрацювання металу істотно впливають структура металу, кількісне співвідношення окремих структурних складових та їхні властивості. Наприклад, стійкість проти спрацювання чавуну найкраще характеризується кількістю зв'язаного вуглецю, твердістю та структурою (або видом термічної обробки). Спрацювання чавуну тим менше, чим більша кількість зв'язаного вуглецю. При однаковому вмісті зв'язаного вуглецю спрацювання чавуну тим менше, чим більша твердість, при однаковому вмісті зв'язаного вуглецю і однакої твердості спрацювання тим менше, чим

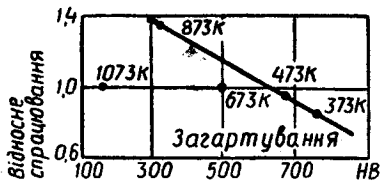


Рис. 38.10. Зміна відносного спрацювання сталі У8

нижча швидкість охолодження в інтервалі критичних температур під час термообробки.

Вплив властивостей кожного компонента під час тертя чавуну по чавуну на спрацювання обох спряжених поверхонь такий самий, як і під час тертя сталі по сталі. Спрацювання кожного з елементів пари тим менше,

чим вища стійкість проти спрацювання одного з них, незалежно від причини підвищення стійкості проти спрацювання.

Структури, що характеризуються високою міцністю, малою здатністю до місцевих пластичних деформацій і мало змінюють ці властивості під час нагрівання (у бік зниження міцності і підвищення пластичності), мають більшу стійкість проти спрацювання. Збільшення вмісту цементиту в сталі та чавуні веде до збільшення стійкості проти спрацювання. Стійкість проти спрацювання деталей, які працюють з чавунними і стальними деталями, залежить від вмісту в них вуглецю. Так, стиральна здатність сталей марок 15, 40 та У12 відповідно співвідноситься як 1 : 5 : 35.

Із збільшенням карбідотвірних елементів зростає стиральна здатність сталей. Наприклад, для сталей 35ГС, 40Х та 40 вона буде у співвідношенні 7 : 2,5 : 1, хоч вміст вуглецю в них майже однаковий. У сталей найбільшою стиральною здатністю характеризується пластинчастий перліт, а найменшою — ферит та зернистий перліт з дуже дрібними зернами цементиту.

Аустенітні сталі, структури яких містять мало карбідів, мають невелику стиральну здатність, яка підвищується із збільшенням твердості. Дрібнозерниста структура підвищує стійкість проти спрацювання сталей та чавунних деталей внаслідок підвищеного опору деформуванню. Під час тертя фіксованих абразивів по сталі У8 відносне спрацювання її із збільшенням твердості знижується.

На рис. 38.10 показано зміну відносного спрацювання сталі У8 залежно від виду термічної обробки (твердості) під час тертя фіксованими абразивами. За одиницю прийнято середнє спрацювання зразків із сталі У8, відпалених при температурі 1073 К.

Після термічної обробки сталі підвищуються корисні властивості залізовуглецевих сплавів. Загартована і низьковідпущена сталь У8 має дрібнозернисту структуру і складається з великої кількості дрібних блоків. На ранніх стадіях відпуску виділення нової фази (карбідів) високо дисперсні і присутні у великій кількості. У вуглецевій сталі при температурі відпуску 473...573 К виділяються кристалики карбиду у вигляді пластинок завтовшки $7 \cdot 10^{-3}$ мкм, а розмір блоків мартенситу становить близько $2 \cdot 10^{-2}$ мкм.

У початковій стадії виділення дисперсних фаз підвищується неоднорідність і зростає напруженість між кристалітами. З підвищенням температури відпуску спотворення зменшуються, а потім і зовсім зникають. Ці особливості структури позначаються на стійкості проти спрацювання сталевих зразків.

Причини і деякі методи зміцнення металу. Більшість найважливіших властивостей металевих сплавів (головним чином, властивості, пов'язані з можливістю їхнього технічного використання) визначаються їх структурою. При цьому, крім звичайної мікроструктури, під структурою розуміють також тонкі зміни у внутрішньозернистій і дислокаційній будовах.

Однією з найважливіших структурно чутливих властивостей є механічна властивість — опір пластичній деформації і руйнуванню в реальних умовах навантаження. Найпоширеніші засоби впливу на структуру конкретних сплавів (сталей) — термічна обробка і деформація. До технічних засобів підвищення механічних властивостей металевих сплавів належать такі методи термічної обробки сталі, як загартування на мартенсит, ізотермічна обробка (перетворення в проміжній області), дисперсійне тверднення.

Для підвищення опору пластичній деформації і руйнуванню технічних металевих сплавів використовують такі механізми гальмування дислокацій:

• утворення скупчень (атмосфер) атомів легуючих елементів, або вакансій, навколо дислокацій у твердих розчинах;

• посилення взаємодії дислокацій, пов'язане з інтенсивним множинним ковзанням, наявністю у сплаві ефективних і рівномірно розподілених в об'ємі перешкод для руху дислокацій (зокрема меж зерен або субзерен) і збільшуване з підвищенням густини дислокацій;

• виділення частинок другої фази у кількостях і розмірах, що визначають досягнення в усьому об'ємі сплаву оптимальної міжчастинної відстані, яка перекривається петлями дислокацій, що оточують ці частинки (за цих умов рух дислокацій крізь міжчастинні об'єми дуже утруднений);

• створення впорядкованих (за складом або кристалографічним орієнтуванням) атомних угруповань.

Загартування на мартенсит зумовлене тим, що при цій обробці діють усі зазначені ефективні механізми зміцнення: утворюються скупчення атомів домішок, особливо прониклого вуглецю, навколо дислокацій, підвищується їхня густина в результаті фазового наклепування при А—М-перетворенні; утворюються карбідні, когерентно зв'язані з матрицею частинки після низького відпуску; спостерігається вплив двійникової будови мартенситних кристалів; створюється упорядковане розміщення атомів вуглецю у решітці мартенситу, що проявляється, зокрема (але не тільки), в тетрагональному її спотворенні.

Ізотермічна обробка пов'язана із створенням оптимальних концентраційної і структурної неоднорідності будови, що зумовлено чергуванням дифузійно-бездифузійних процесів у бейнітній області. Під час цієї обробки в результаті фазового наклепування створюється підвищена густина дислокацій, утворюються дисперсні, тонко розподілені частинки другої (зміцнювальної) фази і, нарешті, виникають концентраційні сегрегації у малих об'ємах сплаву, які закріплюють створені структурні недосконалості (і неоднорідності). Ще вищі механічні властивості сплавів у результаті ізотермічного перетворення можна мати в разі їхнього раціонального легування, завдяки якому може бути досягнуте оптимальне поєднання структурних і концентраційних неоднорідностей.

Дисперсійне тверднення дає можливість досягти такого розміщення полів спотворень навколо другої фази, при якому вони є нездоланими перешкодами для будь-якої рухомої дислокації.

Сталі різних марок загартовують для підвищення опору пластичному деформуванню. Основні причини високого опору загартованих сталей — високий ступінь фазового наклепування, спричиненого перетворенням аустеніту в мартенсит, висока твердість самих кристалів мартенситу і наявність дисперсних частинок карбідної фази, що виникають в результаті розпаду перенасиченого твердого розчину.

У процесі тертя можна очікувати підвищення зміцнення поверхневого шару сталей як за рахунок деформування, так і внаслідок дальшого розпаду твердого розчину із збільшенням температури низького відпуску.

Деформування метастабільних твердих розчинів в області температур, при яких пластична деформація спричиняє дальший розпад твердого розчину, поворот зерен і подрібнення блоків мозаїчної структури, супроводиться різким підвищенням опору деформуванню. В областях температур, при яких перетворення відбуваються досить інтенсивно без допомоги пластичної деформації, і при рекристалізації сплаву опір деформуванню помітно знижується.

Рентгенографічні дослідження структури загартованої сталі дали можливість визначити механічні властивості кристалів мартенситу. Кристали мартенситу, побудовані з атомів заліза та вуглецю, пружно деформовані зовнішніми силами, які виникають під час переміщення матеріалу в мікрообластях у момент перетворень. У загартованій сталі з вмістом вуглецю 0,2...0,6 % кристали мартенситу є твердим розчином, який частково розпався. У кристалах мартенситу створюються значні статичні спотворення внаслідок відхилення атомів від ідеального положення в решітці, що спричинюється розподілом у ній атомів вуглецю. Утворюються спотворення I, II і III роду.

Спотворення I роду — напруження, які зрівноважуються в об'ємі металу без прикладання зовнішніх навантажень. Спотворення II роду характеризують властивості кристалів мартенситу. Із збільшенням

вмісту вуглецю в розчині зростають пружна деформація кристалів мартенситу і значення спотворень II роду. Спотворення II роду характеризують границю пружної деформації кристалів мартенситу. Із збільшенням вмісту вуглецю в загартованій сталі підвищення твердості спричиняється відмінністю у властивостях кристалів мартенситу, а не відмінністю в мікрота субмікроструктурі. Спотворення II роду є своєрідною мірою границі пружної деформації кристала, що підтверджується існуванням прямої залежності між спотвореннями II роду і твердістю зміцненого металу (рис. 38.11).

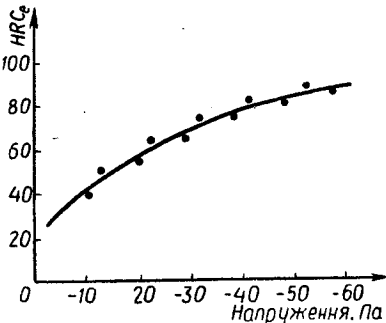


Рис. 38.11. Залежність твердості і спотворення II роду загартованої маловуглецевої сталі

і твердістю зміцненого металу (рис. 38.11).

Отже, абсолютне значення твердості зміцнених сплавів залежить не тільки від виникнення тонкої кристалічної структури зерна, а й від властивостей кристалів у відпаленому стані. Властивості кристалів речовин у мікрооб'ємах визначаються силами і характером міжатомного зв'язку та типом упаковки атомів. Розпад перенасиченого твердого розчину при низькому відпуску призводить до створення тонкої субмікронеоднорідності структури всередині кристалів мартенситу, що навіть на початкових стадіях спричиняє підвищення границі пружності. При пластичному деформуванні далі підвищення опору деформуванню сталі відбувається так само за рахунок часткового розпаду твердого розчину.

Зміцнення металу залежить переважно від виникнення й поширення дислокацій. Поширення дислокацій пов'язане з подрібненням монокристалів на дрібніші монокристалічні області. Зміцнення технічних сплавів залежить від розпаду на взаємно блокуючі одна одну фази в процесі пластичної деформації.

З підвищенням вмісту вуглецю збільшується кількість порушень правильності будови решітки і кількість атомів, які одночасно беруть участь в опорі деформуванню, в результаті чого підвищується ефективний опір усього кристалу, оскільки повніше використовуються сили міжатомних зв'язків. Подрібнення структури веде до збільшення кількості атомів, які одночасно беруть участь у протидії зовнішнім силам.

Подальше збільшення міцності сталі досягається підвищенням властивостей кристалів у мікрооб'ємах. Один із способів підвищення властивостей кристалів — легування. В результаті легування підвищується міцність сплаву за рахунок ефективнішого використання міжатомних зв'язків (наприклад, мартенситні сталі) і підвищення власне міцності міжатомних зв'язків (наприклад, легування заліза хромом).

Границя міцності деформації кристалів мартенситу при вмісті вуглецю 0,1 % становить $(2,5...3) \cdot 10^{-3}$, а при вмісті 1,4 % — $8 \cdot 10^{-3}$. Введення хрому значно посилює зв'язки у кристалах фериту.

На зміцнення металів дуже впливають різні домішки, особливо металеві домішки таких речовин, які погано розчиняються при даній температурі і під час своєї кристалізації утворюють нові фази, які «блокують» кристалічні зерна основного металу. Так, залізо з 0,09 % вуглецю, леговане кобальтом (2 %), молібденом (2 %) та марганцем (1,5 %), має підвищений модуль зсуву порівняно із залізом. Модуль зсуву при температурі близько 573 К починає сильно зменшуватися для заліза і заліза, легованого кобальтом та марганцем, а для заліза з присадкою молібдену його зменшення затримується до 735 К. Додаток вольфраму уповільнює зниження твердості сплаву до температури 773 К. Введення у залізо легуючих елементів веде до виникнення концентраційних неоднорідностей субмікроскопічних масштабів, які підвищують границю пружної деформації мікрообластей.

У мартенситних сталях при температурі тертя до 573 К зниження міжатомних зв'язків, спричинене спотвореннями атомної кристалічної решітки, значно перебивається підвищенням ступеня їх використання внаслідок відносно рівномірного розподілу спотворень, що веде до підвищення границі пружної деформації. Цьому сприяє невеликий розмір блоків кристалів, оскільки збільшується кількість місць одночасного виникнення елементарних актів пластичної деформації, що також сприяє ефективнішому підвищенню границі пружності.

В інтервалі температур 623...693 К у сталях частково чи повністю знімаються напруження і разом з тим зменшується твердість.

Сталі аустенітного класу чутливіші до наклепування. У цих сталях під впливом пластичної деформації і температури процес перетворення аустеніту в мартенсит та інші проміжні структури прискорюється, в результаті чого підвищується зміцнення, яке значно посилюється за рахунок створення тонкої субмікронеоднорідності структури всередині кристалів мартенситу, спричиненої розпадом твердого розчину.

Стійкість проти спрацювання сталі визначається насамперед механізмом утворення тієї чи іншої структури, що залежить від умов тертя (температурного режиму, деформуючого зусилля, швидкості деформації та умов тепловіддачі).

Стійкість проти спрацювання деталей залежить від фізико-механічних властивостей сплаву поверхневих шарів. Пластичні деформації і температурні градієнти у тонких шарах металу сприяють утворенню метастабільних фаз, що відрізняються від утворюваних під час звичайної термічної обробки. За ступенем подрібнення блоків і спотвореннями II роду можна дійти висновку про ступінь деформації металу, підданого тертю.

Отже, зміцнення металів та сплавів під час холодної пластичної деформації і в результаті мартенситних перетворень пов'язане з по-

дрібненням зерна на фрагменти та утворенням субмікроскопічних областей всередині фрагмента.

Рівень міцності зміцнених металів визначається також властивостями кристалів, з яких складається сплав. Показниками, що характеризують властивості кристалів під навантаженням, є границя текучості відпаленого металу та спотворення II роду, що виникають під час пластичного деформування або в результаті мартенситних перетворень.

Оскільки руйнування металів спричиняється нерівномірним просторовим поширенням енергії, то для підвищення міцності металу необхідно створювати рівномірний розподіл мікро- і субмікроскопічної неоднорідності будови за обсягом термічної і механічної обробок.

Ступінь подрібненості структури у випадку холодної пластичної деформації обмежується можливістю руйнування металу і легкістю утворення та розвитку елементарних тріщин.

Вплив мікротвердості та зміцнення на опір спрацюванню. У полікристалічному тілі під дією зовнішніх зусиль розвивається оборотна пружна деформація. В окремих зернах, які найсприятливіше орієнтовані відносно діючої сили, вже у початковій стадії деформування виникають пластичні зсуви, в результаті яких розвантажуються надмірно навантажені зерна і додатково навантажуються сусідні зерна. Якщо пластично деформованих зерен небагато, то деформація залишається оборотною і після зняття навантаження тіло повертається у свій початковий стан, оскільки основна маса зерен перебувала у пружно-напруженому стані. Проте частина пластично деформованих зерен при цьому знову деформуються. З підвищенням зовнішнього навантаження збільшується кількість пластично деформованих зерен. Якщо таких зерен буде багато, тоді зерна, які залишилися у пружно-напруженому стані, вже не зможуть повернути тіло у вихідне положення. З підвищенням напруження в тілі наростають залишкові пластичні деформації.

Принциповою особливістю деформації полікристалічних металів, до яких належать метали деталей машин, є неоднорідність її розподілу в об'ємі тіла. Неоднорідність деформації значною мірою визначає міцність металу і характер руйнування його від прикладеного навантаження. В результаті неоднорідності будови деформований полікристалічний метал поділяється на об'єми, що визначаються кількома тисячами зерен. Ці об'єми сполучаються областями сильнішої деформації, що призводить до переміщення їх один відносно одного.

У полікристалічному тілі при пластичній деформації одночасно діють три різновиди пластичної течії: періодичне неоднорідне зміщення груп зерен відносно сусідніх груп зерен, сполучених між собою областями сильнішого зсуву; звичайний зсувний процес у зернах по площинах ковзання, що веде до переміщення одних частин зерен відносно інших; додаткова пластична течія в об'ємах зерен між діючими площинами ковзання, утруднена умовами деформування зерна, — об'ємне стискування.

Макродеформація тіла є лише усередненим відображенням надзвичайно складної взаємодії зерен. Макроскопічне переміщення в полікристалічному металі під час деформування являє собою результат неодноточасних елементарних зміщень обмеженої кількості атомів, які беруть участь у протидії зовнішнім силам. Кількість атомів, що беруть участь в опорі деформуванню, зумовлена насамперед недосконалістю кристалічної будови реальних кристалів.

Пластична течія у полікристалічному тілі, яка складається з великої кількості зерен, різних за розмірами і орієнтуванням, супроводиться дальшою зміною їх форми та орієнтування, подрібненням і навіть утворенням текстури (упорядкованого розміщення зерен), а також появою залишкових деформацій, розвитком внутрішньокристалітних та міжкристалітних порушень. Неоднорідність розподілу пластичної деформації в тілі спричиняє відповідний ступінь неоднорідності будови. Після пластичної деформації ступінь неоднорідності будови підвищується.

Наклепування у різних металів різне. Метали, у яких різниця між границею міцності σ_m і границею текучості σ_T більша, допускають значні пластичні деформації і зміцнення. Метали, у яких ця різниця мала, ламкі і майже не деформуються пластично. Із зміцненням підвищується границя пружності металу і різниця між σ_m та σ_T зменшується, тобто пластично деформований метал стає ламкішим і під час розриву його відносне видовження зменшується.

Наклепування поверхневих шарів деталей, що утворюються в процесі тертя і спрацювання, визначають вимірюванням мікротвердості і рентгеноструктурним аналізом. Твердість металу характеризується наявністю пружного опору зсуву. З підвищенням зміцнення поверхнього шару деталей опір зсуву і твердість металу зростають, а в разі зниження зміцнення зменшуються.

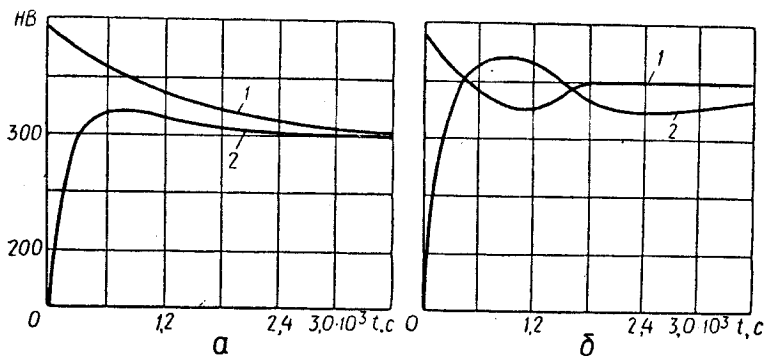


Рис. 38.12. Зміна мікротвердості тертьових поверхнь:

а — $R_a = 1,8$ мкм; б — $R_a = 5,8$ мкм; 1 — відпалювання; 2 — точіння і полірування

В результаті пластичної деформації, що має місце в процесі тертя і превалює над тепловою, яка розвивається при цьому, нагромаджується поверхневий шар полікристалічного тіла, підвищуються границя текучості, границя міцності, опір сколювальному напруженню і зростає твердість.

За цих умов тертя (навантаження, швидкості, температури, тривалості навантаження та інших факторах), коли швидкість деформації превалює над температурою, метал на поверхні тертя додатково наклепується і підвищує свою стійкість проти спрацювання. Коли температура тертя превалює над швидкістю деформації, навпаки, метал втрачає міцність і його спрацювання значно зростає.

Попереднє зміцнення поверхневих шарів металу деталей механічною обробкою за тих самих умов тертя може сприяти підвищенню його стійкості проти спрацювання, за інших умов може бути не тільки марним, а й посилювати спрацювання.

На рис. 38.12 показано зміну мікротвердості зразків з відпаленої у вакуумі і зміцненої сталі 50, які зазнали тертя об сталений диск при ідентичних умовах і однакової вихідній висоті шорсткостей. З графіків видно, що в процесі припрацювання поверхні тертя набувають певної мікротвердості, зумовленої режимом тертя, причому поверхні із зниженою вихідною мікротвердістю додатково зміцнились, а з підвищеною — втратили міцність.

Процес пластичного деформування металевого тіла супроводиться двома взаємно протилежними явищами: зміцненням і втратою міцності (відпочинком). Залежно від умов деформування може превалювати те чи інше явище. Зміцнення і втрата міцності взаємозв'язані і зумовлюють одне одного, а тому за одних умов деформування спостерігатиметься зміцнення, а за інших — відпочинок або рекристалізація.

При частковій втраті міцності (поверненні) частково знімаються наклепування і остаточні напруження, що здійснюється без зміни форми, розмірів та орієнтування зерен.

Явище рекристалізації полягає у виникненні нових зародків зерен і їх зростанні, в результаті чого відбувається дальше зняття напружень, зменшується міцність і твердість металу. Зменшення міцності супроводиться упорядкуванням атомної кристалічної решітки і спричиняє підвищення сил міжатомних зв'язків у кристалах твердого тіла.

Процес відпочинку є вторинним і веде до ліквідації спричинених деформуванням порушень решітки, зникнення внутрішніх поверхонь роз'єднання і змикання розкритих ультрамікротріщин. Пластична деформація знижує сили міжатомних зв'язків у кристалах. Механічне зміцнення чистих металів посилюється із збільшенням швидкості деформування і зниженням температури. Справжній опір пластичному деформуванню $\sigma_{сп}$, Па, під час стискування наближено описується рівнянням

$$\sigma_{сп} = \sigma_0 \varepsilon^{\beta_m - \alpha/\varepsilon}, \quad (38.8)$$

де σ_0 — умовна границя текучості, Па; ϵ' — відносна деформація; $\epsilon' = h_0/h$; h_0 та h — початкова і поточна висота зразка, м; β_m — величина, що залежить від матеріалу (у середньому $\beta_m = 0,48$); α — величина, що залежить від матеріалу і температури; ϵ — швидкість деформування, %/с; $\epsilon = \frac{h_0 - h}{h} 100/t$; t — час, с.

Вплив швидкості деформування на опір металу у формулі (38.8) враховується показником $\beta_m - \alpha/\epsilon$. Зміна швидкості деформування позначається на опорі доти, поки відношення α/ϵ помітно більше від значення β_m . Коли відношення α/ϵ стає зникаюче малим, дальшої зміни справжнього опору не спостерігається.

Зміцнення під час деформування не є стійкою властивістю металів. З підвищенням температури воно знижується, отже, твердість тіла зменшується. Швидкість відновлення атомної кристалічної решітки (правильної структури) залежить від температури:

$$v_b = v_0 e^{v_b/K\theta},$$

де v_b — швидкість відновлення, пропорціональна оберненому значенню часу життя атома у вихідному положенні; v_0 — швидкість, пропорціональна тривалості періоду власних коливань атома; K — стала Больцмана; θ — абсолютна температура.

З підвищенням температури відновлення структури кристала зростає спочатку надзвичайно повільно, а потім дедалі швидше, і при досить високих температурах відпочинок встигає проходити повністю за час деформування. Для ослаблень дії температури необхідно значно збільшити швидкість деформування, яка мало впливає на критичне сколювальне напруження. Так, для монокристала цинку і кадмію збільшення швидкості деформування в 200...300 разів підвищує сколювальне напруження лише на 15...20 %. Критичне сколювальне напруження цих монокристалів у діапазоні температур від 293 К до близьких до температури плавлення змінилося в 3...4 рази. Справжній опір

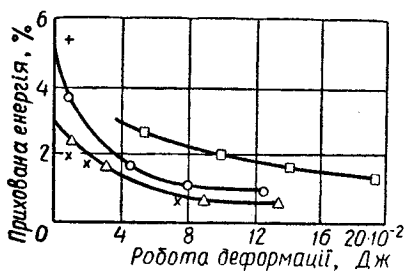


Рис. 38.13. Залежність прихованої енергії від роботи деформацій:

□ — нікель; кручення; ○ — миш'якова мідь, розтягування; × — миш'якова мідь, розтягування; + — чиста мідь, стискування; △ — чиста мідь, кручення

пластичному деформуванню сталі 10 підвищився на 48 % із збільшенням швидкості деформування в 100 разів, а в діапазоні температур 293...1173 К змінився в 7...9 разів.

При великій швидкості деформування метал після деформування і охолодження залишається в наклепаному стані. В разі деформування ударом середньо- і високовуглецевих сталей у місцях локалізації виникає прошарок, структурою якого є прихованоголчастий мартенсит. Прошарок має неоднорідну

рідну мікротвердість. У разі деформування ударом при температурі 873 К виникає мартенситний неоднорідний прошарок.

При малих швидкостях деформування, коли інтенсивності зміцнення і зменшення міцності близькі, можливість зародження і зростання нових зерен малоімовірна, зменшення зміцнення відбувається в результаті блокутворення.

У процесі пластичного деформування в металевому тілі виникає багато дефектів будови кристалів, на утворення яких затрачується робота та енергія. Прихована енергія деформації залежить від швидкості і ступеня деформації, від структури та хімічного складу металевого тіла, температури та інших факторів.

Зміцнення металу і прихована енергія деформації закономірно зростають із збільшенням ступеня деформації. У перший період деформування прихована енергія швидко збільшується, потім зростання її уповільнюється і зменшується частка енергії від роботи деформації (рис. 38.13). Залежність прихованої енергії від ступеня деформації пояснюється так. На початкових стадіях пластичного деформування інтенсивно наростають ступінь і кількість спотворень решітки та кристалітів, зменшується їх стійкість, а отже, і енергія активації, необхідна для їх зниження. У зразків, деформованих з більшою швидкістю, після деформування виявляється більше наклепування, зумовлене більшою кількістю менш стійких спотворень решітки та кристалітів і подрібненням зерен, ніж у повільно деформованих.

Наклепування і зменшення міцності відбуваються також неоднаково в металах, деформованих статично і динамічно. З рис. 38.14 видно, що мідні зразки, попередньо динамічно деформовані, при подальшому стискуванні забирають менше енергії, ніж зразки, попередньо деформовані статично. Ця різниця збільшується з підвищенням ступеня попередньої деформації.

Під впливом одностороннього прикладення навантаження, наприклад під час тертя і при температурі низького відпуску, коли перетворення аустеніту в мартенсит у поверхневому шарі деталей з вуглецевих загартованих сталей (поршневих пальців, шийок колінчастих валів тощо) відбувається досить інтенсивно, підвищуються зміцнення, утворення залишкових напружень стискування і твердість металу.

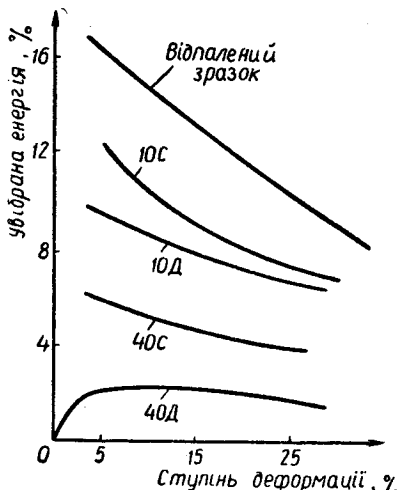


Рис. 38.14. Залежність вбирання енергії від ступеня деформації мідних зразків: С — попереднє статичне обтискування; Д — попереднє динамічне обтискування (10 і 40 %)

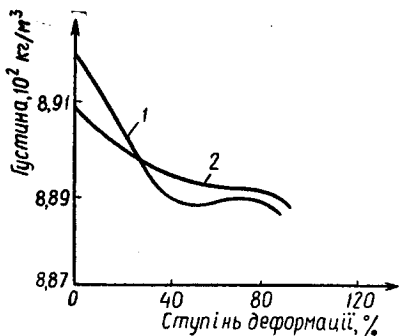


Рис. 38.15. Залежність густини металів від ступеня деформації:
1 — бронза; 2 — мідь

Вплив залишкових напружень на експлуатаційні властивості металу. На виникнення залишкових напружень одночасно впливають кілька причин. Розподіл деформації і залишкових напружень і роду в тілі має досить істотне значення, оскільки нерівномірність розподілу деформацій — одна з основних причин нерівномірного розподілу напружень, що багато в чому визначає експлуатаційні властивості металевих тіл. Залишкові напруження в деталях машин утворюються внаслідок нерівномірного

нагрівання й охолодження, структурних та фазових перетворень та інших причин.

Стискування зерен після розтягування до цілковитого зняття напружень неможливе, бо при цьому немінуча деформація сусідніх кристалів і зміна в них знаку напружень. Зерна стискаються доти, поки середнє значення напружень стискування не досягне нуля. У такому стані в одних кристалах (зернах) виникають залишкові і зрушення стискування, а в інших — остаточні напруження розтягування. Під час стискування спостерігається зворотна картина. Макронапруження лише відбивають цей незрівноважений напружений стан тіла. Під час пластичного деформування зменшується густина і збільшується об'єм металу в зоні деформації. На рис. 38.15 показано зміну густини металу залежно від ступеня деформації бронзи та міді.

Під час тертя найбільш пластична текучість металу спостерігається на поверхні, а з віддаленням від неї вона припиняється. Пластична текучість металу нерівномірна і спричиняє збільшення об'єму й розтягання волокон металу. Найбільші пластичні деформації (зміщення металу) під час тертя алюмінієвих зразків відбуваються на поверхні, причому ці зміщення зростають з переходом до більших навантажень і швидкостей ковзання (рис. 38.16).

Теплові напруження розвиваються у випадках, коли неможливе повною мірою вільне розширення або стискування тіла під час нагрівання чи охолодження. Ці напруження залежать не тільки від різниці температур між частинами тіла, а й від розмірів і розташування цих частин. Вільному розширенню нагрітого поверхневого шару перешкоджають розміщені нижче холодні шари металу. В результаті взаємодії в нагрітому поверхневому шарі виникають тимчасові внутрішні напруження стискування, які при пластичній деформації знімаються.

З припиненням процесу тертя поверхневий шар охолоджується і зменшується в об'ємі. Стискуванню цього шару протидіють розміщені

нижче шари металу. Внаслідок цього у поверхневому шарі створюються залишкові напруження розтягування, в розміщених нижче шарах — напруження стискування. Ці залишкові напруження I роду зберігаються в тілі і можуть бути зняті повністю чи частково під час подальшого його нагрівання або в разі виникнення пластичної деформації у поверхневому шарі.

Механізм виникнення залишкових напружень залежно від температури нагрівання поверхнього шару металу такий. Внутрішнє напруження в поверхневому шарі зростає з підвищенням температури нагрівання, але в зв'язку із зниженням модуля пружності металу в інтервалі температур 873...973 К воно досягає максимуму і з дальшим підвищенням температури навіть знижується до нуля.

Охолодження нагрітого поверхнього шару спричиняє виникнення в ньому внутрішніх напружень розтягування. Оскільки модуль пружності під час охолодження більший, ніж під час нагрівання, то внутрішні напруження стискування, які виникають під час нагрівання, менші від напружень розтягування. Різниця між напруженнями розтягування і стискування визначає температурні залишкові напруження поверхнього шару. В разі нагрівання поверхнього шару вуглецевої сталі до температури 1173 К, при якій модуль пружності зменшується майже до нуля, залишкові напруження досягають свого найбільшого значення. Дальше підвищення температури нагрівання не впливає на збільшення залишкових напружень.

Локальне нагрівання поверхнього шару незагартованої сталі, яке не супроводиться фазовими перетвореннями, спричиняє утворення в ньому розтягувальних залишкових напружень. Локальне нагрівання поверхнього шару до температури 673...773 К тим більш достатнє, щоб викликати у більшості конструкційних сталей розтягувальні залишкові напруження.

Одночасно з тепловими напруженнями при достатньо високих температурах у загартованих сталях виникають також структурні та фазові напруження.

За дилатометричною кривою (рис. 38.17) можна встановити, що під час нагрівання до температури 473 К різко зменшується поверхневий шар, тобто має місце стискування, спричинене перетворенням тетрагонального мартенситу в кубічний. Під час нагрівання до температури

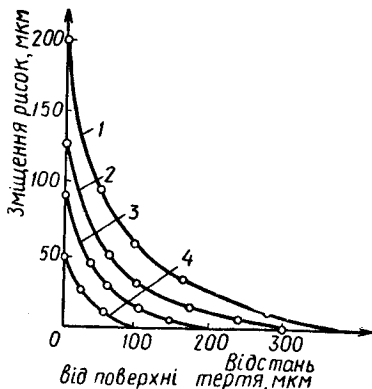


Рис. 38.16. Залишкове зміщення ривок під поверхню тертя зразків з алюмінію залежно від навантаження при швидкості 0,48 м/с, тривалості 1 год і змащуванні вазеліновим маслом:

1 — 20 · 10⁸ МПа; 2 — 13,2 МПа; 3 — 7,5 МПа; 4 — 1,3 МПа

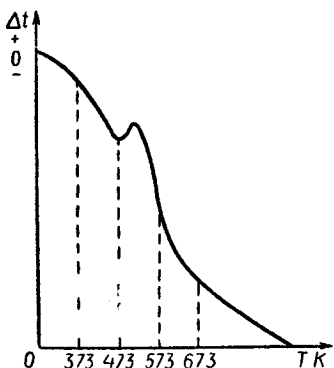


Рис. 38.17. Дилатометрична крива відпуску загартованої вуглецевої сталі (1,2 % С)

ри 473...543 К у сталі збільшується об'єм кристалів внаслідок перетворення залишкового аустеніту в мартенсит з утворенням карбідів, що призводить до створення тонкої субмікронеоднорідності структури всередині кристалів мартенситу і до підвищення границі пружності кристала.

У інтервалі температур 543...673 К закінчується виділення вуглецю з α -розчину, сталь являє собою суміш фериту та цементиту. При температурі 823...873 К стискування об'єму сталі припиняється і повністю знімаються напруження.

Структурні зміни різняться як за інтенсивністю, так і за характером, а тому різні шари металевого тіла перебувають у нерівномірному напруженому стані. Під час тертя, яке не супроводиться структурними перетвореннями в поверхневому шарі, можуть виникнути залишкові напруження того чи іншого знака. Знак напруження залежить від того, що превалує — пластична деформація чи нагрівання. При пластичному деформуванні вихідні залишкові напруження знімаються. Проте після розвантаження у решітці залишаються деформації, протилежні за знаком деформаціям, які виникають під дією прикладених напружень. У тілі в цьому випадку також виникають залишкові мікронапруження, які зрівноважуються в його об'ємі.

Рентгенографічне дослідження напружень II роду у зразках із сталі після загартування та відпуску показало, що напруження монотонно знижуються в діапазоні температур 573...873 К, причому найінтенсивніше зниження відбувається в інтервалі 623...823 К. Вуглецеві сталі в діапазоні температур 623...723 К втрачають пружність і починають набувати пластичних властивостей. При цьому у них значно знижується границя міцності. У тому ж діапазоні температур відбувається рекристалізація таких сталей.

Для чавунів перехід з переважно пружного у переважно пластичний стан відбувається при нагріванні приблизно до 873...893 К. Більшість марок чавунів при тривалому нагріванні до температури 773 К значно втрачають твердість.

Деякі деталі двигунів, наприклад поршневий палець, штовхач, піддають хіміко-термічній обробці: цементації, азотуванню, ціануванню тощо. Під час хіміко-термічної обробки відбуваються структурні зміни і зміни хімічного складу поверхневого шару внаслідок дифузії різних елементів.

Під час цементації відбувається поверхнєве насичення сталі вуглецем. Проникнення атомів вуглецю у міжвузля спотворює кристалічну решітку основного металу, у ній створюється пружний напружений

стан, спричинений намаганням атомів зайняти своє рівноважне положення у решітці. Структурні зміни і спотвореність решітки заліза спричиняють у поверхневому шарі залишкові напруження стискування I, II та III родів.

У процесі азотування атоми азоту, проникаючи в кристалічну решітку основного металу, утворюють з легуючими елементами нітриди і частково розчиняються в α -залізі. У результаті такої взаємодії азоту з залізом і легуючими елементами поверхневий шар значно зміцнюється і в ньому виникають залишкові напруження стискування I, II та III родів.

Дифузійна металізація сталі хромом, алюмінієм та іншими елементами відбувається при високих температурах (1273...1473 К). При цьому дифундуючий елемент утворює з залізом розчини заміщення і проникає в решітку заліза на незначну глибину. Деякі елементи, наприклад хром, утворюють з вуглецем карбіди. Після обробки хромом поверхневий шар містить багато карбідів і характеризується високою твердістю. У цьому шарі також виникають залишкові напруження стискування трьох родів.

Залишкові напруження I роду нічим не відрізняються від будь-якого іншого пружного напруження і тому додаються до пружних напружень, спричинених зовнішнім навантаженням. У результаті додавання залишкових та пружних напружень, створених зовнішнім навантаженням, сумарне пружне напруження зростає і може перевищити границю текучості матеріалу. Перехід сумарного пружного напруження за межі пружності може спричинити виникнення тріщин у малопластичних і ламких металевих сплавах, оскільки утворене внутрішнє напруження в таких сплавах не локалізується пластичною деформацією.

У разі переходу від одного виду деформації до іншого процес трансформації поля напружень розтягується на значно більший інтервал деформацій, ніж у разі переходу від однієї швидкості деформації до іншої.

Для дальшого деформування попередньо розтягнутих зразків необхідно затратити певну роботу на стискування їх. Під час стискування такого зразка на першому етапі розряджається поле пружних напружень, характерне для розтягування, що супроводжується виділенням енергії. Одночасно формується нове поле напружень, характерне для стискування, що супроводжує вбиранням енергії. При певному ступені деформації зразок набуває всіх властивостей стиснутого зразка.

У процесі тертя навіть при незначному навантаженні в мікрооб'ємах поверхнього шару відбуваються пластичні деформації, у ділянках контакту виникає висока температура, і в результаті частково чи повністю знімаються вихідні залишкові напруження на поверхні тертя і перерозподіляються у товщі поверхнього шару. Вихідні залишкові

напруження додаються до напружень, що виникають у процесі тертя, і тому вони можуть впливати на пластичну текучість металу, а отже, на його спрацювання.

Залишкові напруження стискування підвищують твердість металу, а напруження розтягування знижують її. Підвищення твердості зростає пропорціонально збільшенню напружень. Під впливом стискувальних напружень твердість знижується до 25 %. Підвищення твердості під впливом стискувальних напружень I роду пояснюється зменшенням сумарного сколювального напруження. Під дією розтягувальних напружень сумарне сколювальне напруження підвищується, що й призводить до зниження твердості.

Залишкові напруження I роду можуть зростати до границі текучості матеріалу. При дальшому незначному додатковому підвищенні напруження в тілі виникає пластична деформація і залишкові пружні напруження знімаються. Залишкові напруження поверхневого шару істотно впливають на втомленісну міцність, оскільки поверхня має меншу міцність, ніж внутрішні області.

Створені механічним способом залишкові макронапруження стискування підвищують, а розтягування знижують границю витривалості зразків порівняно з напруженим станом. У зразків із сплавів, що мають площадки текучості (наприклад з маловуглецевої сталі), наведені вихідні залишкові напруження стискування помітно не впливають на границю витривалості (збільшення границі витривалості у таких металів не перевищує 10 %).

Серед учених немає єдиної думки щодо впливу залишкових напружень I роду на стійкість деталей проти спрацювання. Дослідження для виявлення такого впливу проводилися на зразках, оброблених механічними способами (точінням, шліфуванням тощо).

Під час механічної обробки внаслідок нестабільності процесу різання навіть при тих самих режимах, геометрії різального інструмента і оброблюваного матеріалу в поверхневому шарі зразків можуть виникнути залишкові напруження як стискування, так і розтягування і одночасно статися зміни зміцнення (наклепування). Тому використання зразків, у яких на опір спрацюванню одночасно впливають кілька факторів, не дає можливості виявити роль кожного з них. Щоб встановити вплив залишкових напружень на опір спрацювання металу, необхідно усунути або зберегти сталими супутні фактори.

Поверхнєве наклепування, що утворюється після механічної обробки, частково видаляється електрополіруванням або травленням у ваннах із застосуванням електроліту слабкої концентрації. Під час тертя на ділянках контакту метал зазнає напружень, що переважають границю міцності. Отже, на цих ділянках знімаються вихідні залишкові напруження I роду.

Крім того, на ділянках контакту зростає температура тертя, яка залежно від умов тертя може досягати температури відпуску, рекри-

сталізації і навіть плавлення металу. З підвищенням температури вихідні залишкові напруження I роду в поверхневому шарі знижуються і відбувається їх перерозподіл у підповерхневому шарі. Отже, під час тертя в тонких поверхневих шарах деталей знижуються і навіть зникають створені раніше залишкові напруження I роду, тому вони не можуть впливати на опір металу спрацюванню.

У випадку тертя, коли швидкість деформації превалює над температурою, після зняття навантаження в тонкому поверхневому шарі деталі утворюються стискувальні залишкові напруження I роду, а коли превалює температура, вища від температури рекристалізації, у тонкому поверхневому шарі утворюються залишкові напруження розтягування. Механічне зміцнення і термічна обробка деталей у першому випадку будуть ефективні, а у другому — марні. Застосування зміцнених деталей доцільно тільки у тих спраженнях, в яких під час роботи температура тертя не досягає температури рекристалізації металу. Залишкові напруження не можуть істотно впливати на підвищення опору спрацюванню також і тому, що вони мало підвищують або зменшують міцність поверхневих нерівностей, які мають понижений атомарний зв'язок з металом.

38.6. Шкідливі процеси, що спричиняють несправності машин

Під час експлуатації машин, крім спрацювання, спостерігаються й інші процеси, що спричиняють несправності машин. До них належать: втомленісне руйнування, хіміко-теплові пошкодження, електроерозійне руйнування, зміни з часом властивостей матеріалу деталей, механічні пошкодження.

Втомленісне руйнування. Втомленістю металу називається процес поступового нагромадження пошкоджень у матеріалі під дією повторно-змінних напружень, що призводить до зменшення довговічності, утворення тріщин і руйнування.

Механізм втомленісного руйнування прийнято поділяти на три стадії: у початковій стадії дії циклічних напружень в металі відбувається нагромадження пружних спотворень кристалічної решітки; після певного циклу навантажень виникають субмікроскопічні тріщини, оскільки пружні напруження кристалічної решітки досягають критичних значень; субмікроскопічні тріщини розвиваються до розмірів макротріщин і відбувається остаточне руйнування деталі. На рис. 38.18 показано узагальнену діаграму втомленості, де ABC — крива витривалості (крива Велера); $A'B'C'$ — лінія початку появи субмікроскопічних тріщин; $A'C$ — лінія необоротної пошкоджуваності (лінія Френча). При напруженнях, нижчих від тривалого періоду витривалості σ_w , макротріщини не розвиваються. При критичному напруженні $\sigma_k > \sigma_w$ відбувається руйнування через N_k циклів (критичне число

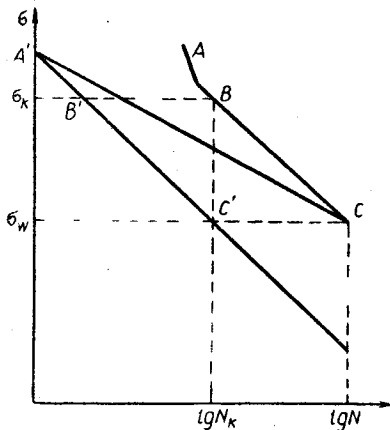


Рис. 38.18. Узагальнена діаграма втомленості

циклів). Появі мікротріщин сприяє наявність у деталях концентраторів напружень: грубих слідів від різального інструмента, подряпин, пазів, неоднорідності металу у вигляді неметалевих включень, пустот тощо. Видимі тріщини на поверхні деталі виникають незадовго до втомленісного руйнування.

Втомленісного руйнування зазнають колінчасті вали, вали реверса лебідок, вертикальні вали механізму повороту екскаватора, зубчасті колеса та інші деталі, які сприймають значне знакозмінне навантаження.

Встановлено, що при зміцненні поверхневого шару деталей дробоструминною обробкою або обробкою по-

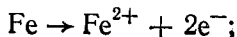
верхні втомленісні тріщини виникають під зміцненим шаром. Тому, виконуючи операції зміцнювальної технології, слід суворо додержуватися режиму обробки.

У деталях, які під час ремонту відновлюються металопокриттями, зниження втомленісної міцності зумовлюється рядом причин: наявністю на спрацьованій поверхні рисок, задирів, які прискорюють утворення тріщин втомленості; появою внутрішніх напружень в результаті нанесення покриття або в результаті зняття нерівномірного припуску під час механічної обробки наплавленого шару; недодержанням вимог до шорсткості поверхні після нанесення металопокриття, оскільки наплавлені та електролітичні покриття сприймають зовнішні навантаження разом з основним металом.

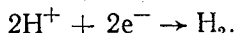
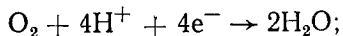
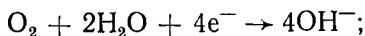
Хіміко-теплові пошкодження. До цієї групи пошкоджень належать корозія, утворення накипу, нагару, осадів, жолоблення.

Під *корозією* розуміють довільне руйнування металів внаслідок хімічної або електро-хімічної взаємодії їх з навколишнім середовищем. Середовище, в якому відбувається корозія металів, — гази і рідини. Процес корозії відбувається на межі поділу двох фаз: метал — середовище (рідина або газ). Причина виникнення корозії — термодинамічна нестійкість металів. Усі метали і сплави, з яких виготовлено автотранспортну техніку, за умов експлуатації намагаються перейти у стійкіший окислений (іонний) стан.

На поверхні металу, зануреного в електроліт, відбуваються реакції двох типів: одна з них — реакція окислення (або анодна реакція), в результаті якої звільняються електрони, наприклад:



а друга — реакція відновлення (або катодна) в результаті якої приєднуються електрони, звільнені в результаті окислення:



Внаслідок одночасного перебігу анодних і катодних реакцій на поверхні металу створюються електрохімічні елементи (рис. 38.19). Місцерозташування анодних і катодних реакцій зумовлюється багатьма факторами. Але воно може й не бути пов'язаним з цими факторами. Процес, що розвивається на анодних ділянках, являє собою розчинення металу у вигляді металевих іонів в електроліті.

Для виникнення потоку електронів між анодною і катодною ділянками необхідна рушійна сила. Такою силою є різниця потенціалів анодних і катодних ділянок. Будь-яка реакція окислення чи відновлення характеризується потенціалом, що визначає тенденцію реакції до спонтанного перебігу.

Руйнування металу в результаті корозії має різний характер. Іноді поверхня металу вкривається суцільним рівним шаром без глибоких місцевих роз'їдань (суцільна корозія). Місцева корозія проявляється у вигляді плям, що вкривають значні ділянки поверхні на невелику глибину (корозія плямами), або у вигляді точкових пошкоджень, глибина яких різна — від невеликих ямок до наскрізного ураження металу (точкова корозія).

Найнебезпечнішою формою руйнування є міжкристалітна корозія, яка відбувається під поверхневим шаром металу на межі кристалів, порушуючи міжкристалітні зв'язки. При цьому корозія поширюється вглиб металу, значно знижуючи його механічні властивості. Розвитку міжкристалітної корозії сприяють динамічні навантаження.

Корозію металів за характером процесів, що відбуваються, можна поділити на хімічну та електрохімічну.

Хімічною називають корозію, при якій метал вступає у пряму хімічну взаємодію з навколишнім середовищем або з частиною компонентів цього середовища. Вона являє собою об'ємну хімічну реакцію, що підпорядковується законам хімічної кінетики гетерогенних реакцій. Внаслідок дії кисню повітря на поверхні металу відбувається хімічне сполучення газу із зовнішнім шаром металу. Ці гази, активно діючи на поверхню металеві деталі, спричиняють руйнування металу. У паливній системі відбувається хімічна корозія за рахунок взаємодії з домішками палив (сірководнем, сіркою, меркаптаном). В

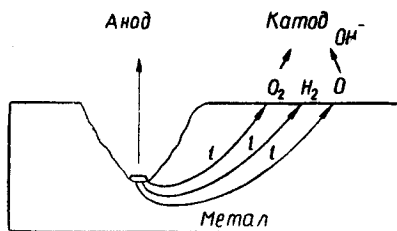


Рис. 38.19. Електрохімічний елемент поверхні металу, що піддається корозії

результаті окислення масла під час роботи двигунів можуть утворюватися продукти, які спричиняють хімічну корозію металу вкладишів підшипників.

Проте найбільшої шкоди автотранспортній техніці завдає *електрохімічна корозія*. Вона виникає в рідких електролітах і в контакт з вологими газами. На поверхні металу, який перебуває на повітрі, утворюється тонка плівка води. Товщина плівки залежить від температури, вологості повітря та інших атмосферних умов. Газу, що містяться у повітрі, розчиняються у плівці води і створюють електроліт на металевій поверхні. Так виникають умови для електрохімічної корозії.

В результаті контакту металу з електролітом відбуваються два процеси: анодний — з утворенням іонів металу в електроліті і надлишкових електронів на анодних ділянках; катодний — пов'язаний з асиміляцією електронів. Ділянки анодної і катодної реакцій розділені — для перебігу обох процесів необхідне перетікання електронів у металі та іонів в електроліті. Кожна пара електрохімічно неоднорідних ділянок металу в присутності електроліту утворює короткозамкнений гальванічний елемент. Поверхня кородуючого металу являє собою множинну постійно працюючих гальванічних елементів. При цьому анодні ділянки поверхні руйнуються. Швидкість корозії визначається швидкістю найповільнішого процесу. Швидкість реакції з вбиранням кисню визначається швидкістю просування кисню повітря крізь електроліт до поверхні катодних ділянок металу. Під час корозії, що відбувається з виділенням водню, атомарний водень утворює оболонку на поверхні катода, яка припиняє корозійний процес.

Електрохімічна корозія, на відміну від хімічної, виникає в електропровідному середовищі і складається з кількох електродних процесів, що відбуваються одночасно. Електрохімічна корозія найчастіше зустрічається за умов експлуатації автомобілів і дорожньої техніки, оскільки плівка електроліту завжди є на металевій поверхні. Проте для перебігу електрохімічної корозії необхідна наявність в електродному потенціалі різних ділянок поверхні металу (електрохімічна неоднорідність металевої поверхні), що може створюватись різноманітністю металевої фази і поверхні металу, неоднорідністю захисних плівок на поверхні металу, наявністю ділянок з різними внутрішніми напруженнями, неоднорідністю рідинної фази чи фізичних умов. Отже, умови для утворення електрохімічної корозії на незахищених металевих поверхнях практично існують завжди. Зовні це проявляється у появі окремих точок, плям та виразок.

У вологому і жаркому кліматі на металевих поверхнях виникають грибкові утворення (плісені). В результаті дії грибів руйнуються деталі з деревини, текстилю, пластмас і деякі лакофарбові покриття. Наявність плісені на поверхні матеріалу сприяє затриманню вологи і посиленому хімічному розкладанню матеріалу. На пофарбованих поверхнях плісень спричиняє знебарвлення і руйнування шару фарби.

Техніка, що зберігається на відкритих майданчиках, зазнає дії прямого сонячного проміння. Дія сонячної радіації (тепловий ефект і велика концентрація ультрафіолетового проміння) проявляється в хімічному розкладі пластмас, гуми, тканин, деревини і фарб.

Один з найдієвіших факторів зовнішнього середовища — температура. Підвищення і зниження температури спричиняють порушення умов утримання техніки, особливо на відкритих майданчиках. При цьому відбуваються зміни фізичних властивостей матеріалів, порушуються лінійні розміри деталей, змінюються розміри спряжень, порушується структура матеріалів, відбувається деформація деталей з неоднорідних матеріалів.

Внаслідок коливання температур протягом доби на поверхні деталей і всередині агрегатів конденсується волога, яка проникає крізь зазори, тріщини та пори, замерзає і в результаті об'ємного розширення спричиняє даліше їх збільшення і руйнування деталей. Наявність в атмосфері пари кислот, лугів та солей сприяє інтенсивнішому руйнуванню матеріалів і зміні якості їх. Зволожений пил, потрапляючи на лакофарбові покриття машин, спричиняє повільну хімічну реакцію і руйнування всього покриття. Потрапляння вологи у теплі баки і різні ємкості стає причиною погіршення фізико-хімічних властивостей палив, масел, гальмових та інших експлуатаційних рідин. Швидкість атмосферної корозії збільшується також від дії світла, особливо при наявності пилу на поверхні металевих деталей.

Під дією зазначених факторів, особливо теплоти і світла, відбувається старіння матеріалів органічного походження. Лакофарбові покриття вицвітають, тріскаються і втрачають блиск; гумові деталі тверднуть, розтріскуються і втрачають еластичність, а в результаті порушується герметичність агрегатів та вузлів; дерев'яні деталі тріскаються і загнивають; скляні деталі тьмяніють.

Розрізняють термічне і світлове окислення. З підвищенням температури й посиленням ультрафіолетового опромінення швидкість реакції окислення значно зростає. При цьому великі молекули високомолекулярних хімічних сполук подрібнюються на менші і в них виникають додаткові внутрішні зв'язки. В результаті таких змін у структурі пластмас, гумотехнічних виробів, текстильних матеріалів та інших органічних сполук відбувається жолоблення і утворюються тріщини на їх поверхні, втрачаються еластичність та пружність. Так, гумотехнічні вироби, розміщені зовні агрегату, починають руйнуватися через 3 роки, а ті, що знаходяться всередині, — через 5 років.

Фізико-хімічні властивості неорганічних матеріалів під дією зовнішнього середовища змінюються меншою мірою, ніж органічні.

Питання захисту техніки від корозії за умов її зберігання і простою має особливе значення, оскільки більшість металів та сплавів зазнають атмосферної корозії з пінговими ураженнями поверхні. Під час

введення техніки в експлуатацію після тривалого зберігання або простою кожний пітинг стає не тільки концентратором напруження, а й активним анодом — стимулятором розвитку корозійного процесу (швидкість анодної реакції всередині пітингу підвищується в тисячі — сотні тисяч разів).

Для захисту деталей та вузлів техніки від корозії використовують різні покриття: лакофарбові, пластмасові, гальванічні, хімічні і консерваційні масла та мастила. Лакофарбові покриття, особливо із застосуванням фосфатуючих ґрунтів, добре зберігають поверхню від корозії. Пластмасові покриття у вигляді дрібнодисперсного порошку наносять на поверхню деталі різними способами напилювання (газополуменевим, вихровим, вібровихровим та ін.).

Гальванічні способи захисту деталей від корозії — хромування, нікелювання, цинкування. Гальванічні покриття наносять на багато які деталі арматури та кузовів. Деталі кузова з тонкolistового матеріалу, а також кріпильні деталі цинкують.

З хімічних захисних покриттів великого поширення набули оксидування і фосфатування. Оксидуванню піддають переважно нормалі і деякі деталі арматури кузова, а фосфатуванню — металеві поверхні кузова, кабіни та оперення.

З часом в автотранспортній техніці або її окремих деталях настає межа, після якої експлуатація виявляється недоцільною. Деталі та вузли працюють у неоднакових умовах, виготовлені з різних матеріалів з використанням багатьох технологічних процесів, а тому перш ніж досягти граничного стану працюють неоднаково довго.

У системі охолодження двигунів, а також у емкостях для підігрівання води утворюється накип в результаті осадження з води солей кальцію та магнію (CaCO_3 , CaSO_4 , MgCO_3 , MgSO_4 і т. п.), а також механічних домішок, що містяться у воді. Утворення накипу погіршує умови охолодження двигуна, що призводить до його перегрівання, погіршення умов змащування і, як наслідок, — до підвищеного спрацювання деталей.

Нагар — тверді вуглецеві речовини, що відкладаються на робочих поверхнях деталей двигунів (клапанах, свічках запалювання, соплах форсунок, поршнях, головках циліндрів) під час згорання пари, палива та масла. В результаті утворення нагару погіршуються умови теплопередачі, знижується потужність двигуна, посилюється його схильність до перегрівання.

Осади у вигляді пастоподібної маси утворюються на стінках картерів двигунів і на деталях, розташованих у картерах, а також у масляних фільтрах та маслопроводах. Компонентами цих осадів є масло, паливо, продукти окислення масла і палива, продукти спрацювання деталей, пил тощо. Осади погіршують роботу масляних фільтрів, засмічують канали для подавання мастила в зони тертя, утруднюють

роботу масляних насосів, забруднюють свіже масло, що заливається в картер двигуна.

Жолоблення деталей відбувається в результаті дії високих температур, які призводять до появи в деталях великих внутрішніх напружень. Такі пошкодження характерні, наприклад, для головок блока циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Жолоблення деталей найчастіше буває в разі порушення правил експлуатації машин.

Деформація і руйнування деталей. Під дією навантажень у матеріалі деталі можуть виникнути напруження, що перевищують границю його міцності. В результаті виникає пластичне деформування матеріалу, яке призводить до зміни форми і розмірів деталі, що називається залишковою деформацією. Вона проявляється у вигляді вигинів, скручувань, зминання поверхонь, зміни положення посадочних поверхонь у корпусній деталі та ін.

Згинання зазнають вали силових передач, рами машин, деталі, виготовлені з листового матеріалу.

Скручування деталей (валів, півосей та ін.) виникає внаслідок дії крутного моменту, що перевищує розрахунковий в результаті тимчасового перевантаження вузла.

Зминання робочих поверхонь деталей буває в результаті пластичного деформування і текучості металу. Зминання зазнають деталі різьбових, шпонкових та шлицьових з'єднань, опорні поверхні двигунів і рам екскаваторів, бульдозерів та ін.

Руйнування деталей виникає при напруженнях, що перевищують границю міцності або витривалості металу. Воно проявляється або у вигляді повного руйнування деталі, що називається зламом або у вигляді тріщин і викришувань.

Злами можуть бути спричинені статичним або динамічним навантаженням деталей або ж виникати в результаті втомленості металу (втомленісні злами).

Поява в деталях *тріщин* може бути наслідком різних шкідливих процесів. Усі ці процеси можна поділити на три групи. До першої групи належать дії раптових значних місцевих перенапружень та ударів, наприклад поява тріщин у найбільш навантажених ділянках рам, у корпусних деталях і в деталях, виготовлених з листового матеріалу, поява тріщин у стінках блока циліндрів двигунів і в радіаторах в результаті замерзання охолодної рідини. До другої групи належать втомленісні тріщини, що виникають в результаті дії тривалих знакозмінних навантажень, а до третьої — тріщини теплового походження (наприклад, у перемичках гнізд клапанів головок циліндрів).

Викришування буває наслідком виникнення втомленості металу, наприклад викришування на робочих поверхнях підшипників кочення, на вкладишах підшипників ковзання. Викришування може бути також спричинене дією значного ударного навантаження, наприклад викри-

шування зуб'їв шестерень коробки передач в результаті неправильного переключання.

Контрольні запитання

1. Які головні напрями розвитку технології ремонту машин?
2. Що таке тертя?
3. Які існують види тертя?
4. Що таке спрацювання?
5. Які існують види спрацювання і пошкоджуваності?
6. Як впливає структура матеріалу на інтенсивність спрацювання?
7. Які процеси спричиняють несправності машин?
8. У чому суть деформації і руйнування деталей?

Глава 39

ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

39.1. Види виробів

Виробом називають предмет або сукупність предметів виробництва, що виготовляються на підприємстві. Залежно від призначення розрізняють вироби основного і допоміжного виробництва. Виробом основного виробництва називають виріб, призначений для поставлення підприємством-виготовлювачем замовникові (споживачеві), виробом допоміжного виробництва — виріб, призначений для власних потреб підприємства-виготовлювача.

Залежно від наявності і складності складових елементів вироби поділяють на неспецифіковані (деталі), які не мають складових частин, і специфіковані (складальні одиниці, комплекси, комплекти), що складаються з двох складових частин і більше.

Деталь — виріб, виготовлений з однорідного щодо назви і марки матеріалу без застосування складальних операцій, наприклад вали з одного куска металу, вилитий корпус, пластинка з біметалевого листа. До деталей також належать названі вироби з покриттям (захисним чи декоративним) незалежно від його виду, товщини і призначення, наприклад хромований гвинт; деталі, виготовлені із застосуванням місцевого зварювання, паяння, склеювання, зшивання тощо, наприклад трубка, спаяна або зварена з одного куска листового матеріалу.

Складальна одиниця — виріб, складові частини якого з'єднані між собою на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями (скручуванням, клепаанням, зварюванням, паянням, опресуванням, розвальцюванням, склеюванням, зшиванням тощо), наприклад автомобіль, верстат, телефонний апарат, мікромодуль, редуктор, зварний корпус.

Комплекс — два і більше специфікованих вироби, не з'єднаних на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями, але призначені для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій. Кожний з специфікованих виробів, які входять до комплексу, призначений для виконання однієї чи кількох основних функцій, встановлених для всього комплексу, наприклад автоматична лінія верстатів, автоматична телефонна станція, бурильна установка, система, що складається з метрولوгічної ракети, пускової установки і засобів керування.

Комплект — два і більше виробів, не з'єднаних на підприємстві-виготовлювачі складальними операціями, що являють собою набір виробів, які мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, наприклад комплект запасних частин, комплект інструментів та пристроїв, комплект вимірювальної апаратури.

Комплектуючий виріб — виріб підприємства-постачальника, застосований як складова частина виробу, який випускає інше підприємство.

Складальний комплект — група основних частин виробу, яку необхідно подати на робоче місце для складання виробу або його основних частин.

Макет — спрощене відтворення виробу або його частини.

Модель — відтворення виробу або його частини у певному масштабі.

Експериментальний зразок * — зразок виробу, речовини, матеріалу, створений у процесі науково-дослідних робіт, який має основні ознаки продукції, наміченої до розробки.

Дослідний зразок — зразок, вироблений у дослідному виробництві.

Серійний зразок — зразок, виготовлений у серійному чи масовому виробництві.

Типовий виріб — виріб, який належить до групи близьких щодо конструкції виробів і має найбільшу кількість конструктивних та технологічних ознак цієї групи.

Виробнича партія — група заготовок однієї назви і типорозміру, що їх запускають в обробку одночасно або безперервно протягом певного інтервалу часу.

Операційна партія — виробнича партія або її частина, що надходить на робоче місце для виконання технологічної операції.

Заділ — виробничий запас заготовок або складових частин виробу для забезпечення безперебійного виконання технологічного процесу.

Напівфабрикат — виріб підприємства-постачальника, що підлягає додатковій обробці або складанню.

Заготовка — предмет виробництва, з якого зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні і властивостей матеріалу виготовляють деталь або нерозімну складальну одиницю.

* Не є дослідним зразком продукції.

Вихідна заготовка — заготовка перед першою технологічною операцією.

Основний матеріал — матеріал вихідної заготовки.

Допоміжний матеріал — матеріал, що витрачається на виконання технологічного процесу додатково до основного матеріалу.

39.2. Виробничий і технологічний процеси

Виробничий процес — сукупність усіх дій робітників та знарядь виробництва, необхідних на даному підприємстві для виготовлення чи ремонту виготовлюваних виробів. Зміст і складність виробничого процесу визначаються ступенем складності виготовлюваної продукції, вимогами точності її виготовлення, різноманітністю застосовуваних матеріалів, рівнем і характером спеціалізації виробництва.

Виробничий цикл — календарний час періодично повторюваного виробничого процесу.

До складу виробничого процесу включають всі дії по виготовленню і складанню продукції, контролю її якості, зберіганню, транспортуванню на всіх стадіях виготовлення, організації постачання та обслуговування робочих місць і ділянок, а також технічній підготовці виробництва.

Рациональна організація виробничого процесу неможлива без старанної технологічної підготовки виробництва.

Технологічний процес являє собою частину виробничого процесу, яка безпосередньо пов'язана із зміною розмірів, форми, зовнішнього вигляду і внутрішніх властивостей предмета праці.

Види технологічних процесів: проектний; робочий; одиничний; типовий; стандартний; тимчасовий; перспективний; маршрутний; операційний; маршрутно-операційний.

До технологічного процесу входять: формоутворення; лиття; формування; гальванопластика; обробка різанням; обробка тиском; термічна обробка; електрофізична обробка; електрохімічна обробка; нанесення покриттів; складання; зварювання; паяння; клепаання; складання складальних одиниць; загальне складання; ремонт; контроль якості продукції.

Засоби виконання технологічного процесу: технологічне устаткування, технологічне оснащення, налагодження і підналагодження.

Технологічний процес обробки різанням на верстатах поділяється на технологічні операції. Під *технологічною операцією* розуміють закінчену частину технологічного процесу, що виконується на одному робочому місці.

Робочим місцем називають частину виробничої площі, закріплену за одним або кількома виконавцями роботи. На робочому місці (на обмежений час) розміщують предмети виробництва. Робоче місце оснащують устаткуванням (верстатом, верстаком, ванною, стендом), тех-

нологічним оснащенням (пристроями, інструментом) та допоміжними засобами (тарою, інвентарем та пристроями, що гарантують безпеку роботи). З правила можуть бути деякі винятки, наприклад під час роботи на автоматі операція виконується, але немає робітника, а є наладчик; при природному старінні немає ні верстата, ні робітника, а операція старіння залишається.

Заготовка може бути пересунута або переставлена, але до дальшої обробки заготовки всі дії, пов'язані з її обробкою, належать до однієї операції. Наприклад, втулку можна обробити за одну операцію, обточуючи поверхню з одного боку, переставляючи в патроні і обточуючи поверхню з другого боку. Якщо всі втулки даної партії обточують з одного боку, а потім з другого, то обробку ведуть у дві операції.

Технологічна операція — основний елемент виробничого планування і обліку. Вона охоплює всі дії устаткування і робітника. Норму часу встановлюють на операцію. Технологічні операції поділяють на встановлення, позиції, технологічні та допоміжні переходи, робочий і допоміжний ходи.

Установлення — частина технологічної операції, виконувана при незмінному закріпленні оброблюваних заготовок або складуваної складальної одиниці.

Позиція — фіксоване положення, яке займає незмінно закріплено оброблювана заготовка або складувана складальна одиниця спільно з пристроєм відносно інструмента чи нерухомої частини устаткування для виконання певної частини операції.

Технологічний перехід — закінчена частина технологічної операції, що характеризується сталістю застосовуваного інструмента і поверхонь, з'єднаних під час складання.

Допоміжний перехід — закінчена частина технологічної операції, що складається з дій людини або устаткування, які не супроводяться зміною форми, розмірів і шорсткості поверхонь, але необхідні для виконання технологічного переходу, наприклад встановлення заготовки, заміна інструмента.

Робочий хід — закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, що супроводиться зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей заготовки.

Допоміжний хід — закінчена частина технологічного переходу, що складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, яке не супроводиться зміною форми, розмірів, шорсткості поверхні або властивостей заготовки, але необхідне для виконання робочого ходу.

У разі складання великої кількості машин технологічний процес складання прийнято поділяти на операції, виконувані на окремих робочих місцях.

Міждержавними стандартами (ЄСТД) встановлено взаємозв'язані правила і положення про порядок розробки, оформлення, комплектації і обігу технологічної документації, розроблюваної і застосовуваної у виробництві всіма машинобудівними організаціями та підприємствами.

Основне призначення стандартів ЄСТД полягає у встановленні в організаціях і на підприємствах єдиних правил виконання, оформлення, комплектації і обігу технологічної документації, які забезпечують:

стандартизацію означень та уніфікацію послідовності розміщення однорідної інформації у формах документації на різні види робіт при використанні засобів обчислювальної техніки для управління виробництвом;

взаємообмін технологічними документами між організаціями та підприємствами без їх переоформлення;

стабільність комплектності, що виключає повторну розробку і випуск додаткових документів.

Правила і положення, викладені в стандартах з розробки, оформлення і обігу технологічних документів, поширюються на їх види, а також на науково-технічну і навчальну літературу.

Стандартами встановлено стадії розробки технологічної документації та етапи виконання робіт на виробі машинобудування, види і комплектність технологічних документів, форми, розміри і порядок виконання технологічної документації, загальні вимоги до технологічних текстових документів, правила оформлення маршрутною карти (МК), карти ескізів та схем (КЕ), технологічної інструкції (ТІ), матеріальної відомості (ВМ) та відомості технологічного оснащення (ВТ).

Стандарти містять форми і порядок заповнення специфікації технологічних документів на виробі, складальні одиниці, деталі та матеріали, єдину систему обліку застосовуваності деталей та складальних одиниць і порядок розрахунку кількісного складу виробу із застосуванням обчислювальної техніки.

Стандартами встановлено систему обліку застосовуваності технологічного оснащення як джерела оперативної інформації про спроектоване і виготовлене оснащення, а також комплекс нормативно-довідкової інформації, що переноситься на машинні носії з форм технологічної документації, зміст картотеки та джерела її створення.

Крім загальних положень, ЄСТД встановлено правила оформлення технологічних документів на процеси: розкרוювання і різання заготовок, механічної обробки, складальних та електромонтажних робіт та технологічного контролю.

Стандартами також встановлено правила оформлення документації на процеси: виготовлення виливків, кування та штампування, термічної обробки, зварювання захисних покриттів, виготовлення деталей з пластмас обмотувально-ізолювальних та просочувально-сушильних робіт, а також виготовлення металокерамічних деталей.

Стандарти ЄСТД є основою для розробки і видання організаційно-методичної та інструкційно-виробничої документації, яка визначає і регулює діяльність, пов'язану з складанням, обігом і обробкою технологічних документів, технологічною підготовкою, плануванням та організацією виробництва.

39.3. Типи виробництв та їхні особливості

Організація виробництва і характер технологічного процесу змінюються залежно від кількості виготовлюваних на підприємстві машин та їхньої трудомісткості. Умовно виробництва поділяють на такі типи: одиничне, серійне, масове. Віднесення підприємств і навіть цехів до того чи іншого типу виробництва умовне, бо на одному підприємстві чи в цеху можуть бути різні типи виробництва. Як правило, виходять з типу виробництва, яке переважає на заводі.

Тип виробництва визначає вибір технологічного устаткування, ступінь механізації і автоматизації виробничих процесів, технологічного оснащення і технологічного процесу в цілому. Неможливо проектувати нову машину і розробляти технологічний процес виготовлення деталей, не враховуючи, за яким типом буде організовано виробництво.

Одиничне виробництво — в разі випуску кількох машин протягом року, причому випуск більше не повторюється або повторюється через невизначений час (наприклад, випуск експериментальних зразків машин, великих верстатів, потужних гідротурбін, електрогенераторів, прокатних станів). Технологічний процес при цьому виді виробництва передбачає обробку якнайбільшої кількості різних заготовок на одному верстаті. Верстати, пристрої, різальні та вимірювальні інструменти мають бути універсальними, забезпечувати виготовлення деталей широкої номенклатури.

Дослідне виробництво — виробництво зразків, партій або серій виробів для виконання дослідних робіт або розробки конструкторської та технологічної документації для усталеного виробництва.

Серійне виробництво — виготовлення деталей партіями і серіями, які регулярно повторюються через певні проміжки часу. У такому виробництві використовують високопродуктивне устаткування, де поряд з універсальним застосовують спеціалізоване і навіть спеціальне устаткування. При цьому широко використовують переналагоджувані швидкодіючі пристрої, універсальний і спеціальний різальний та вимірювальний інструмент, що підвищує продуктивність. Устаткування, призначене для обробки заготовок, які випускають у великій кількості, розміщують за ходом технологічного процесу; частину устаткування — за типами верстатів. Цикл виготовлення продукції при серійному виробництві порівняно з одиничним виробництвом коротший, а собівартість виготовлюваної продукції нижча. Продукцією серійного виробництва є машини усталеного типу, що набули значного

поширення: металорізальні верстати, стаціонарні двигуни внутрішнього згорання, гідротурбіни невеликих електростанцій, насоси, компресори тощо.

Серійне виробництво умовно поділяють на три види: великосерійне (близьке до масового), серійне та малосерійне (близьке до одиничного).

Серійність виробництва характеризується коефіцієнтом k_2 закріплення операцій за одним робочим місцем. Якщо за одним робочим місцем закріплено 2...5 операцій, тобто коефіцієнт $k_2 = 2...5$, то таке виробництво вважають великосерійним; при $k_2 = 6...10$ — середньосерійним, при $k_2 > 10$ — малосерійним.

Масовим називається виробництво великої кількості деталей одного типу за незмінним кресленням протягом тривалого часу. Технологічний процес передбачає закріплення за кожним верстатом однієї операції. У масовому виробництві широко застосовують спеціальні і автоматичні верстати та автоматичні лінії, спеціальні різальні і вимірювальні інструменти та засоби автоматизації. Собівартість продукції найнижча. Разом з тим у разі переходу на виготовлення нового об'єкта виробництва або зміни конструкції деталей виробництва зазнає серйозної перебудови, а в окремих випадках спеціальне устаткування, пристрої, різальний та вимірювальний інструменти взагалі не можна повторно використати.

За формою організації виробництва поділяють на два типи: потокове і непотокове. *Потоковим* називають виробництво, при якому операції обробки або складання машини закріплені за певними робочими місцями, робочі місця розташовані у порядку виконання операцій, а оброблювана заготовка чи складувана складальна одиниця передається з однієї операції на іншу без затримок. У деяких випадках на потоковій лінії поперемінно обробляють кілька заготовок (однотипних, близьких за розміром і конфігурацією). При цьому на лінії обробляють одні й ті самі заготовки протягом кількох днів, після обробки певної кількості заготовок одного виду лінію переналагоджують для обробки іншої заготовки, потім третьої і т. д. Таке виробництво називають змінно-потоким.

Непотоковим називають виробництво, при якому заготовки, деталі або складувані машини у процесі обробки перебувають у русі з перервами різної тривалості: процес обробки ведеться із змінним тактом випуску.

Такт випуску τ являє собою інтервал часу, через який періодично провадиться випуск виробів (деталей, складальних одиниць) певної назви, типорозміру і виконання. Такти іноді помилково називають ритмом.

Ритм випуску — кількість виробів певної назви, типорозміру і виконання, що випускається за одиницю часу.

Основні особливості типів виробництв наведено в табл. 39.1.

Розрахунковий такт виробництва на потоковій лінії

$$\tau' = 60\Phi_{д.у}/N_{в},$$

де $\Phi_{д.у}$ — дійсний річний (місячний, змінний і т. п.) фонд часу устаткування, год; $N_{в}$ — річна (місячна, змінна і т. п.) програма випуску деталей, шт.

Таблиця 39.1

Показник	Виробництво		
	одиничне	серійне	масове
Виготовлення деталей	В одиничному порядку	Партіями чи серіями, які повторюються через певні проміжки часу	У великих кількостях за умови виконання тих самих часто повторюваних операцій на певних місцях
Номенклатура виробів	Різноманітна і неповторювана	Кілька однорідних типів	Один тип
Устаткування	Універсальне	Універсальне, а в разі великих серій — спеціалізоване і автоматичне; в разі менших серій — універсальне з програмним керуванням	Спеціальне, спеціалізоване, агрегатне, автоматичне; автоматичні лінії
Різальний інструмент	Нормальний і універсальний	Спеціальний і нормальний	
Пристрої	Універсальні	Універсально-переналагоджувані і спеціальні	Спеціальні
Технологічні процеси	Верстати не закріплено за операціями	На кожному верстаті виконується обмежена кількість певних операцій	Кожний верстат закріплено за однією операцією
Розташування верстатів	За типами верстатів	У порядку технологічних операцій	Відповідно до порядку технологічних операцій

Примітка. У масовому виробництві, спеціалізованому на випуску однотипної продукції, широко застосовують потоки з автоматизацією операцій обробки і конвейеризацією складально-монтажних робіт. У масовому виробництві, спеціалізованому на ширшій номенклатурі продукції, поряд з автоматичними лініями і безперервними конвейерами застосовують багатономенклатурні потоки і ланцюгове розташування устаткування на багатодетальних дільницях.

Найефективніший метод організації роботи в масовому виробництві — потоковий.

Характерною ознакою безперервно-потокового (потоково-масового) виробництва є його синхронність (рівномірний випуск виробів) на всіх операціях і в технологічних лініях. У потоково-масовому виробництві

встановлюється сувора диференціація технологічного процесу обробки на операції, за кожною з яких закріплено певне робоче місце. Застосовують спеціальне і спеціалізоване устаткування, комплексну механізацію виробничих процесів, автоматичне керування технологічними процесами та якістю продукції. Технологічне устаткування розставляють у послідовності виконання операцій обробки (складання).

Переривчасто-поточеке виробництво полягає в тому, що синхронність роботи досягається не на всіх операціях, внаслідок чого виникають міжопераційні перерви. Для організації переривчасто-поточкового виробництва потрібні міжопераційні заділи заготовок, які чекають на обробку. У машинобудуванні застосовуються й інші види поточкового виробництва виробів.

Найзагальніший організаційно-технічний показник типів виробництва — коефіцієнт завантаження робочих місць

$$\eta_z = q_p / q_{пр},$$

де q_p — розрахункова кількість робочих місць на даній операції розгляданого технологічного процесу; $q_{пр}$ — прийнята кількість робочих місць.

Розрахункову кількість робочих місць визначають за формулою

$$q_p = t_{шт} N_b / (60 \Phi_{д.о} k_b),$$

де $t_{шт}$ — поштучний час виконання операції, хв; N_b — програма випуску виробів, шт.; k_b — коефіцієнт, який враховує перевиконання норм; він має не перевищувати планованого зростання продуктивності праці, що визначається за формулою

$$\Delta b = \sqrt[x]{1 + \frac{B}{100}},$$

де B — плановий приріст продуктивності праці за планований перспективний період по галузі, % (наприклад, $B = 40$ % за $x = 5$ років).

Тип виробництва встановлюють за середнім коефіцієнтом завантаження:

$$\eta_{з.ср} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \eta_{з.i} / m_{оп},$$

де $\eta_{з.i}$ — коефіцієнт завантаження на i -й операції; $m_{оп}$ — кількість операцій технологічного процесу.

Орієнтовно типам виробництва відповідають такі значення $\eta_{з.ср}$: масове виробництво — 1...0,5; великосерійне — 0,5...0,12; серійне — 0,12...0,07; малосерійне — 0,07...0,03; одиничне — менш як 0,03.

Серійність виробництва на практиці зручно визначати коефіцієнтом закріплення операцій, який характеризується кількістю операцій; виконуваних на одному робочому місці. Для великосерійного виробництва $k_{з.о} = 2...5$, середньосерійного — $k_{з.о} = 6...10$, малосерійного $k_{з.о} > 10$.

Контрольні запитання

1. Що таке виріб?
2. Які види виробів бувають?
3. Що таке виробничий процес?
4. Що таке технологічний процес?
5. Які типи виробництва існують і в чому їхні особливості?

Глава 40

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ АВТОТРАНСПОРТНОЇ ТЕХНІКИ

40.1. Система ремонту машин

Загальні відомості. Під час експлуатації машини зазнають різних зовнішніх впливів, в результаті чого їхня надійність знижується у зв'язку з виникненням несправностей. Врешті-решт робочі процеси в машинах або порушуються, або стають неможливими. Під час експлуатації спрацьовуються деталі машин і в спряженнях змінюються початкові посадки. Тому виникає потреба підтримувати і відновлювати роботоздатність машини та виробу, чого можна досягти технічним обслуговуванням і ремонтом.

Завдання своєчасного виявлення й усунення дефектів успішно розв'язується планово-запобіжною системою технічного обслуговування і ремонту (ПЗР), суть якої полягає в тому, що технічне обслуговування машин виконується за планом (примусово), а ремонтні роботи — при потребі. Ця система являє собою комплекс організаційно-технічних заходів, виконуваних у плановому порядку для забезпечення роботоздатності і справності машин протягом усього строку їхньої служби при додержанні заданих умов та режимів експлуатації. Технічне обслуговування машин запобігає передчасному наднормативному спрацюванню деталей та спряжень за рахунок своєчасного виконання регулювальних робіт, змащування машин, виявлення дефектів і усунення їх. *Ремонт машин* — це комплекс робіт для усунення несправностей (або окремих елементів) з метою відновлення їхньої роботоздатності.

Ремонт машин поділяють на поточний і капітальний. Поточний відрізняється від капітального складом і обсягом робіт, а також періодичністю їх виконання. *Поточним* називається вид ремонту, при якому частково розбирають машину, встановлюють і усувають несправності в агрегатах та вузлах і замінюють деякі агрегати, вузли та деталі (крім базових) новими або заздалегідь відремонтованими. Такий ремонт має забезпечити гарантовану роботоздатність машин до чергового планового ремонту.

Капітальним називається вид ремонту, при якому забезпечуються справність і повний або близький до повного ресурс машини відновлен-

ням і заміною складальних одиниць (вузлів, агрегатів) та деталей, включаючи важелі. При цьому ремонті відновлюють усі початкові посадки у спряженнях відповідно до технічних умов на ремонти. Після капітального ремонту основні складові частини машини (двигун, коробку передач та ін.) і машину в цілому обкатують, регулюють, випробовують і фарбують.

Крім поточного та капітального, розрізняють ремонти: *аварійний*, який виконується поза системою ПЗР і призначений для усунення наслідків аварії; *відновний*, здійснюваний за спеціальним дозволом вищих за рангом організацій. При відновному ремонті машину часто модернізують.

У системі технічного обслуговування та ремонту прийнято такі поняття: *ремонтний цикл* — час роботи машини в годинах наробітку від початку її експлуатації до першого капітального ремонту або час між двома черговими капітальними ремонтами; *періодичність ремонтів* або *технічних обслуговувань* — час роботи машини в годинах між двома одноіменними ремонтами чи технічними обслуговуваннями; *структура міжремонтного циклу* — кількість, періодичність і послідовність виконання всіх видів ремонтів та технічного обслуговування за ремонтний цикл.

Система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту машин реалізується розробкою річних планів технічного обслуговування та ремонту, розробкою і здійсненням організаційно-технічних заходів, що забезпечують виконання робіт по технічному обслуговуванню та ремонту в установлені планом строки, організації систематичного обліку наробітку машин.

Виявлення й усунення дефектів. Сучасні засоби діагностики дають можливість визначити технічний стан окремих механізмів та агрегатів без їх розбирання і в такий спосіб установлювати їх потребу в профілактичних діях чи ремонтах

Виконання технічного обслуговування за графіком створює найсприятливіші умови для безвідказної роботи механізмів і дає можливість своєчасно запобігти виникненню й розвитку різних дефектів. Таким чином, система ПЗР має профілактичний (запобіжний) характер.

На відміну від технічного обслуговування ремонт має на меті відновити роботоздатність агрегатів та машин у цілому своєчасним усуненням вже виниклих несправностей. Отже, надійність машин багато в чому залежить від правильної організації технічного обслуговування та ремонту.

Поточний ремонт являє собою такий мінімальний за обсягом вид ремонту, при якому забезпечується експлуатація виробу до чергового планового ремонту. Він призначений для усунення відказів та несправностей і передбачає заміну: в агрегаті — деяких деталей, що досягли гранично допустимого стану (крім базових), у машині — деяких механізмів та агрегатів, що потребують поточного і капітального ремонтів.

Близько третини всіх відказів за період експлуатації машини до капітального ремонту припадає на силовий агрегат та його системи (живлення, коробки передач, зчеплення). У зв'язку з відказом цих систем трапляється більше половини зупинок. Дослідження характеру відказів деталей автомобілів сімейства МАЗ вказує на спрацювання робочих поверхонь як основну причину виходу з ладу окремих вузлів і всієї машини в цілому (табл. 40.1).

Таблиця 40.1

Характер відказів	Двигун	Зчеплення	Коробка передач	Карданна передача	Задній міст	Передній міст, підвіска	Рульове керування	Гальмові системи	Електрообладнання	Кабіна, платформа
Спрацювання	47,2	83,0	65,3	97,6	72,9	58,2	79,3	49,8	6,2	46,8
Прогорання, підгорання	18,8	—	—	—	—	—	—	—	48,2	—
Закоксування	13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Поломка	2,6	4,0	—	2,4	—	34,5	2,6	9,0	13,1	48,2
Втрата пружності	2,8	—	—	—	—	1,3	—	1,7	—	1,5
Тріщина	4,2	1,0	9,3	—	2,4	1,6	—	2,1	—	—
Викришування, задири	1,7	—	21,3	—	22,4	—	—	—	—	—
Витягування, розрив	9,1	11,0	—	—	—	—	9,1	35,3	—	—
Жолоблення, погнутість	—	1,0	—	—	—	—	—	6,5	—	—
Зріз, зминання, зрив	—	—	4,1	—	2,3	4,4	2,5	—	—	—
Корозія	0,1	—	—	—	—	—	—	2,1	2,8	3,5
Порушення ізоляції	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Випадання активної маси	—	—	—	—	—	—	—	—	17,4	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	12,3	—

Організаційні методи ремонту машин. Існують такі основні методи організації ремонту автомобілів та дорожніх машин: знеособлений, незнеособлений, агрегатний, потоковий.

Знеособлений ремонт не передбачає збереження приналежності відновлюваних складових частин машини тому самому екземпляру.

Поточний ремонт являє собою такий мінімальний за обсягом вид ремонту, при якому забезпечується експлуатація виробу до чергового планового ремонту. Він призначений для усунення відказів та несправностей і передбачає заміну: в агрегаті — деяких деталей, що досягли гранично допустимого стану (крім базових), у машині — кількох механізмів та агрегатів, що потребують поточного і капітального ремонтів.

Щоб скоротити простої машини в поточному ремонті, його здійснюють переважно агрегатним методом, при якому несправні або такі, що потребують капітального ремонту, агрегати та механізми заміняють справними, взятими з оборотного фонду.

Потребу в поточному ремонті виявляють під час контрольних і оглядових робіт при технічному обслуговуванні. Як правило, поточний ремонт виконують у процесі експлуатації машин.

Капітальний ремонт призначений для регламентованого відновлення роботоздатності машин та агрегатів, приладів або деталей, складання і випробування машини відповідно до технічних умов. Його можна виконувати двома принципово відмінними методами: індивідуальним (незнеособленим) і промисловим (індустріальним).

Основна ознака індивідуального ремонту — відсутність розкомплектування, тобто зняті деталі та вузли зберігаються за ремонтованим виробом.

Капітальний ремонт машин, як правило, виконують знеособлюванням агрегатів, а капітальний ремонт агрегатів та механізмів — знеособлюванням деталей, за винятком тих, які не можна знеособлювати з виробничих міркувань. До таких деталей належать, наприклад, ведуча і ведена конічні шестірні головної передачі. Такий метод називається промисловим, оскільки він створює умови для ритмічної роботи ремонтного підприємства, дає можливість раціональніше використовувати його виробничі потужності.

Агрегатний метод — це знеособлений ремонт, при якому несправні агрегати заміняють новими або заздалегідь відремонтованими. Ефективність агрегатного методу полягає в тому, що значно скорочується час простою машини в ремонті.

Оснащення автотранспортних підприємств і дорожніх організацій сучасними машинами складної будови з гідравлічним, пневматичним, пневмоелектричним керуванням, а також концентрація одноіменних машин на виробництві дають значний технічний і економічний ефект від впровадження агрегатного ремонту.

Потоковий метод ремонту характеризується роботою на спеціалізованих робочих місцях або поточкових лініях і застосовується в умовах великосерійного та масового виробництва. В умовах одиничного виробництва застосовують метод ремонту експлуатуючою організацією, який передбачає організацію операцій на універсальних робочих місцях.

40.2. Технологічний процес капітального ремонту

Схема технологічного процесу ремонтного виробництва складається з таких основних операцій: приймання машини в ремонт; зовнішнє миття машини; розбирання машини на агрегати та вузли; очищення і миття деталей; дефектація деталей; ремонт деталей; комплектування

деталей; складання вузлів та агрегатів; обкатка — випробування і фарбування вузлів та агрегатів; загальне складання, обкатка, випробування і фарбування машини; здавання відремонтованої машини (агрегату).

Схему технологічного процесу капітального ремонту машини показано на рис. 40.1. На ній видно основні етапи: розбиральні, мийно-очисні процеси та дефектоскопія деталей; процеси відновлення деталей та вузлів; складальні процеси, що включають припрацювання агрегатів і випробування машин.

Слід мати на увазі, що процес ремонту машин чергується з виконанням різних транспортних операцій і операцій технічного контролю.

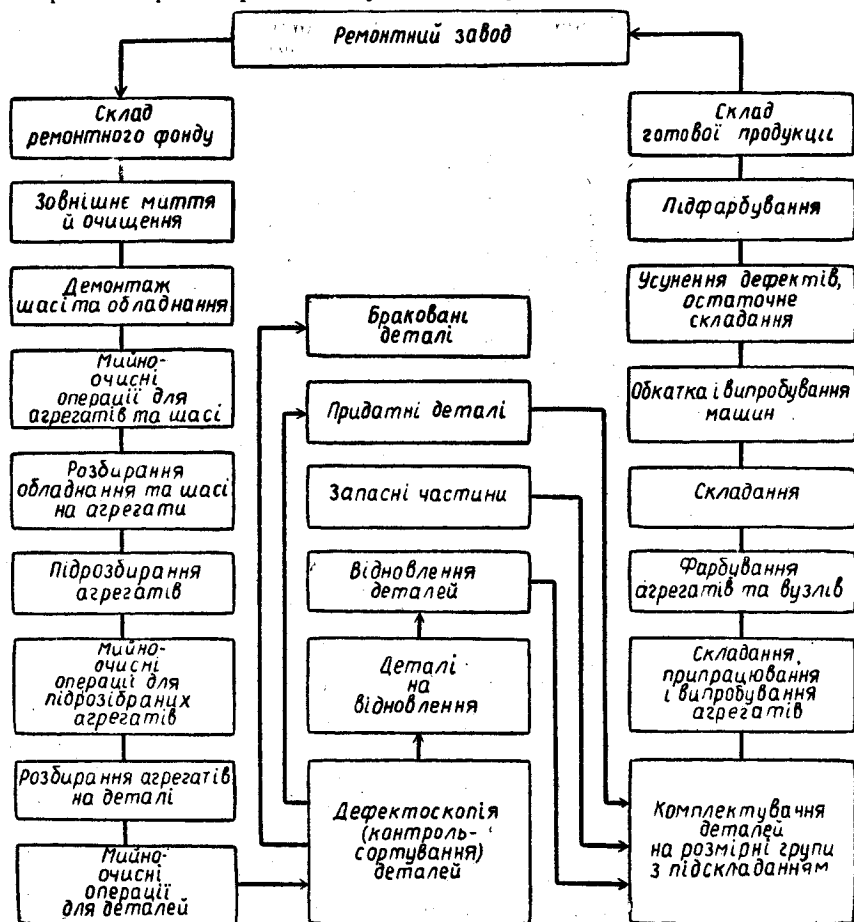


Рис. 40.1. Схema технологічного процесу ремонтного виробництва

Перший етап — зняття приладів живлення та електрообладнання і відправлення машини на майданчик зберігання ремонтного фонду. Після цього машину транспортуючим конвейером подають на пост миття. Після зовнішнього миття машину передають на пост попереднього розбирання, де знімають платформу, стекла, сидіння, оббивку та арматуру кабіни, а також саму кабіну, паливні баки. Зняті частини передають на відповідні пости для ремонту. Дальший комплекс робіт виконують згідно з порядком підготовки машини до повного розбирання. Він включає повторне миття її, зливання масла з картерів двигуна, передач, мостів, механізму керування і випарювання картерів за допомогою водяної пари. Виконання цих робіт істотно впливає на умови праці під час дальшого розбирання, якість ремонту і продуктивність.

Потім переміщувана транспортером машина надходить на пости повного розбирання. Тут з неї знімають механізм керування, силовий агрегат, мости, підвіску та привод гальмової системи. Усі зняті агрегати та вузли передають на спеціалізовані дільниці (в цехи) та пости для подальшого ремонту. Раму, що залишилася в кінці розбирання, миють і передають у ремонт.

Розбирання вузлів та агрегатів — дуже важливий і відповідальний процес, оскільки від його якості залежить збереженість деталей, а отже, і обсяг робіт по їх відновленню на другому етапі. Після розбирання зовнішні й внутрішні поверхні миють і очищають від нагару, накипу, старої фарби, продуктів корозії, коксових та смолистих відкладів.

У результаті дефектації і сортування деталей з'ясовується можливість подальшого їх використання в агрегаті чи вузлі, визначаються обсяг та характер відновних робіт і кількість потрібних нових деталей.

Другий етап — відновлення деталей та вузлів — основний вид робіт на ремонтному підприємстві. Від прийнятих на заводі організації і технології відновлення деталей залежать якість і економічна ефективність ремонту.

Складання вузлів та агрегатів, як і відновлення деталей, є важливою умовою забезпечення необхідної якості ремонту при оптимальних виробничих умовах. Складність якісного складання під час ремонту зумовлюється використанням на складанні деталей різних категорій. На складання деталі подають комплектами. Складають двигуни на потокових лініях, агрегати — на спеціалізованих постах.

Випробування агрегатів та вузлів провадять з метою перевірки якості їх складання і відповідності вихідних характеристик вимогам технічних умов на ремонт, а також щоб забезпечити попереднє припрацювання рухомо спряжених деталей.

Відремонтовані агрегати та вузли, як правило, фарбують після випробування і усунення дефектів перед загальним складанням. Платформу і кабіну фарбують одразу після відновлення. Після випробувань і пофарбування агрегати та вузли передають представникові від-

ділу технічного контролю, а після цього — на загальне складання машини.

Третій етап — загальне складання. Його ведуть з відремонтованих агрегатів та вузлів на спеціалізованих постах або на потокових лініях. Після загального складання автомобіль заправляють паливом і передають на випробування, які проводять пробігом або на випробувальних стендах. Під час випробувань виконують необхідні регулювання і усувають виявлені несправності. Якщо в ході випробувань виявлено несправності, які не можна усунути регулюванням, машину передають на пост усунення дефектів. Повністю справну машину при потребі підфарбовують і здають представникові відділу технічного контролю або безпосередньо замовникові.

Удосконалення технології ремонту машин. Підвищення якості і ефективності капітального ремонту — основний шлях удосконалення технології ремонтних робіт. Перед розбиранням різьбових, заклепкових та пресових з'єднань доцільно вводити у різьбові з'єднання поверхнево-активні речовини або роздільні середовища, які полегшують розробку і вапобігають зриванню різьби. Полегшити розбирання заклепкових з'єднань можна за рахунок розробки і застосування механізованих пристроїв для висвердлювання заклепок або зрізання їх головок. Під час розбирання пресових з'єднань треба ширше застосовувати пристрої, а також пневматичні та гідравлічні преси.

Для поліпшення розбиральних робіт важливе значення має застосування досконалих гайковертів, розбиральних стендів і кантувачів. Якість мийно-очисних робіт можна значно підвищити, використовуючи нові ефективні миючі розчини та високопродуктивні пристрої. Миючі розчини мають характеризуватись високою миючою здатністю відносно різних видів забруднень, забезпечувати їх швидке видалення, не мати шкідливого впливу на деталі і бути безпечними для працюючих. У нових миючих пристроях мають використовуватись інтенсифікуючі фактори — вібрація, ультразвукові коливання, тверді очисні компоненти в миючих сумішах тощо.

В інтересах охорони природного середовища і економії води мийно-очисні системи рекомендується створювати за замкнутим типом з регенерацією і багаторазовим використанням миючих розчинів. Прогресивним слід вважати застосування зовнішнього миття методом занурення в гарячі миючі розчини, при якому зовнішнє миття суміщається з миттям агрегатів з виварюванням рам та кабін.

Поліпшення процесу дефектації передбачає, з одного боку, впровадження нових, досконаліших засобів виявлення дефектів, а з другого — розробку і використання раціонального порядку контролю, що забезпечує надійну оцінку стану деталей при найменшій кількості перевірок. Слід впроваджувати автоматизовані системи дефектації.

Удосконалення технологічних процесів відновлення деталей з використанням насамперед безвідходних і маловідходних технологій

створює добрі умови для дальшого поліпшення капітального ремонту машин.

Процес складання можна вдосконалювати за рахунок поліпшення мийно-очисних операцій, що виконуються безпосередньо перед складанням деталей, підвищення технічних вимог щодо комплектування деталей, широкого застосування методу групової взаємозамінності, встановлення оптимальних режимів виконання всіх видів з'єднання деталей.

Удосконалення випробувань машин та агрегатів після капітального ремонту рекомендується за рахунок впровадження технологічних процесів автоматизованих випробувань, а також прискорення і підвищення якості припрацювання. Перспективним напрямом у поліпшенні системи випробувань машин та агрегатів у процесі ремонту є створення на ремонтних підприємствах діагностичних станцій для комплексної перевірки до і після ремонту. Використання таких станцій дає можливість краще оцінювати стан ремонтного фонду і необхідний обсяг ремонтних робіт і робити об'єктивні висновки щодо якості виконаного ремонту.

Технологічний процес фарбування об'єктів після ремонту має бути досконалим на всіх стадіях (грунтування, загальне і місцеве шпаклювання, фарбування і сушіння) в інтересах поліпшення якості покриття і підвищення продуктивності у виконанні робіт. З цією метою рекомендується для деталей, до зовнішнього вигляду яких не ставляться особливо високі вимоги (рама, ресори тощо), застосовувати фарбування зануренням. Для покриття фарбою прогресивними способами рекомендується замість пневматичного розпилювання безповітряне розпилювання під великим тиском, фарбування розпилюванням в електростатичному полі і в ваннах з електрофорезом.

Перспективні способи сушіння — терморадіаційне сушіння з використанням інфрачервоних променів і терморадіаційно-конвективне.

Капітальний ремонт має великі переваги: економить значну кількість металу і вивільнює виробничі потужності, зайняті виготовленням запасних частин для нових машин. Сучасне ремонтне виробництво має характеризуватись високою технічною оснащенням, висококомунікованими і автоматизованими потоковими лініями, досконалими способами відновлення деталей, прогресивним устаткуванням і технологічними процесами. Тому основне завдання ремонтного виробництва — створення великих ремонтних підприємств, удосконалення технології і організації виробництва, підвищення якості капітального ремонту і зниження його собівартості.

40.3. Класифікація ремонтних підприємств

Типи підприємств. Сучасне підприємство для капітального ремонту повнокомплексних машин являє собою складне в технологічному відношенні підприємство з великою номенклатурою ремонтованих агре-

гатів, вузлів та деталей. Якщо додати, що номенклатура замінюваних нормалей та деталей досягає 1,5...2 тис. шт. на одну машину, а номенклатура споживаних матеріалів — 200 назв, то стають очевидними громіздкість і складність обслуговування і управління таким підприємством.

Великі можливості для підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції і зниження собівартості закладені в концентрації і спеціалізації виробництва. Спеціалізація виробництва в загальному вигляді передбачає організацію підприємства по виготовленню певного виду виробів, окремих їх частин (деталей) або виконання певних технологічних процесів. Відповідно до цього розрізняють такі види спеціалізації: предметну, подетальну і технологічну, або стадійну (рис. 40.2).

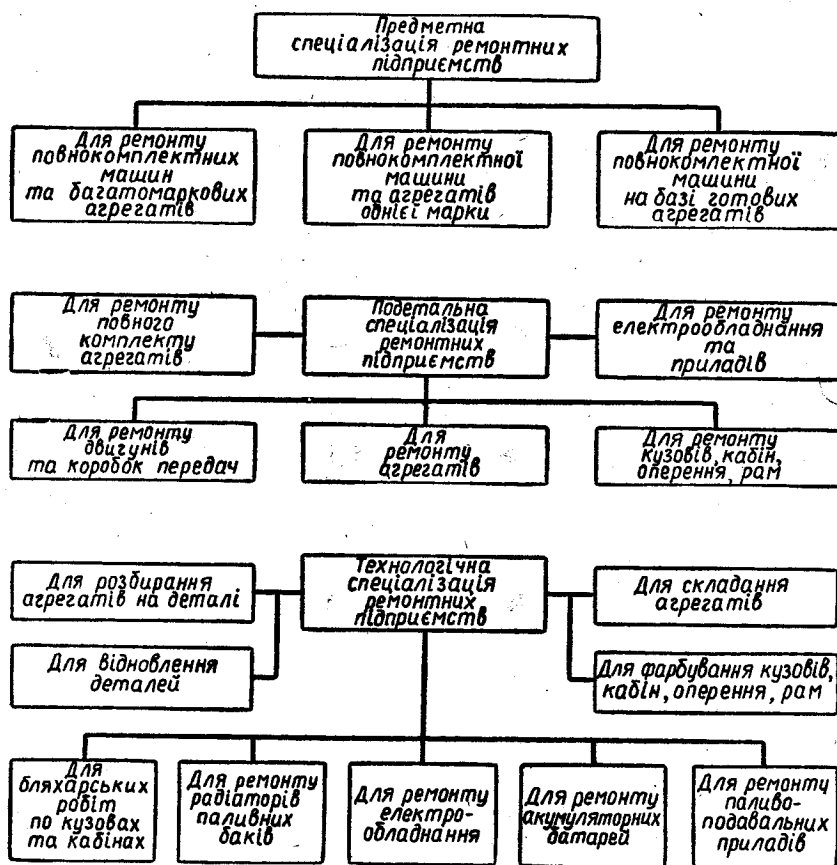


Рис. 40.2. Класифікація типів ремонтних підприємств за видами спеціалізації

Предметна спеціалізація — ремонт повнокомплектних машин. Наприклад, завод по капітальному ремонту автомобілів (шасі) моделей ЗІЛ.

Подетальна спеціалізація — відновлення окремих деталей, вузлів та агрегатів. Наприклад, підприємство по ремонту електрообладнання, силових установок і роздавальних коробок, коробок відбору потужностей тощо.

Технологічна спеціалізація — поділ процесу ремонтного виробництва на окремі самостійні частини (стадії). Наприклад, відновлення деталей, ремонт акумуляторних батарей, складання машин та агрегатів з готових і відновлених деталей і т. п.

У зв'язку з типізацією конструкцій машин, розвитком агрегатно-вузлового методу ремонту необхідно створювати на засадах широкої кооперації вузькоспеціалізовані ремонтні підприємства, які б ремонтували окремі вузли та агрегати (наприклад, електрообладнання, трансмісії, силові установки), а капітальний ремонт машин виконувати в кооперації з цими підприємствами.

Вузькоспеціалізовані підприємства одночасно обслуговуватимуть експлуатуючі підприємства і підприємства, які виконують капітальний ремонт.

Організація капітального ремонту. Структура ремонтних підприємств. Виробничий ремонт, що визначається всією сукупністю дій, виконуваних з моменту надходження машини в ремонт і до одержання її капітально відремонтованою, включає основні та допоміжні процеси.

Організація виробничого процесу капітального ремонту передбачає оптимальне розміщення цехів та дільниць виробництва і розподіл процесу між окремими цехами, дільницями та робочими місцями.

Основні процеси безпосереднього впливу на об'єкт ремонту складають основне виробництво, яке включає цехи, відділення та дільниці, безпосередньо пов'язані з виконанням технологічного процесу і випуском готової продукції. Допоміжне виробництво включає процеси, що гарантують нормальне функціонування і роботу основного виробництва. Технічне, господарське і адміністративне керівництво роботою підприємства здійснює заводоуправління, яке складається з відділів, що визначаються класифікаційною групою підприємства.

Основне і допоміжне виробництва можуть бути організовані за цеховою або безцеховою структурою. В разі безцехової структури окремі виробничі дільниці очолює майстер, підпорядкований безпосередньо заводоуправлінню. Безцехова структура рекомендується для підприємств з кількістю робітників до 500 чол. При цеховій структурі окремі виробничі дільниці об'єднуються в цехи, очолювані начальником. Кількість робітників у цеху звичайно становить 100...125 чол.

Виробничий поділ підприємства на цехи та дільниці залежить від потужності підприємства, характеру і ступеня спеціалізації виробництва. Для підприємств середньої потужності, які здійснюють капі-

тальний ремонт повнокомплектних машин, рекомендується така структура основного і допоміжного виробництва:

1) основне виробництво: розбірний цех; цех відновлення та виготовлення деталей; складальний цех;

2) допоміжне виробництво: служба головного механіка; інструментальне господарство; лабораторія;

3) обслуговуюче господарство: складське господарство із складами; транспортне господарство;

4) заводська лабораторія.

Наведена орієнтовна структура складу ремонтного заводу залежно від його потужності і характеру спеціалізації виробничого процесу може змінюватись у бік об'єднання деяких відділень та складів або, навпаки, їх диференціації.

Розбірний цех включає розбірно-мийну дільницю, на якій виконують часткове і повне розбирання, попереднє і остаточне миття машин та агрегатів, миття й очищення деталей; контрольно-сортувальну дільницю, де деталі дефектують і сортують на групи придатних, таких, що підлягають відновленню, і непридатних, а також визначають маршрути їх відновлення; склад деталей, які чекають на ремонт, для обліку і зберігання деталей, що підлягають відновленню, і для комплектування партій деталей за маршрутами відновлення.

Складальний цех містить комплектувальну і слюсарно-підготовчу дільниці, на яких здійснюються номенклатурний добір деталей для складальних груп, комплектування пар деталей для групового складання і слюсарно-підгінні роботи; агрегатно-складальної дільниці, на якій складають, випробовують і фарбують усі агрегати, за винятком двигуна; дільниці двигунів, призначеної для складання, випробувань і фарбування двигунів; рамної дільниці, де розбирають, переклепують і фарбують рами; дільниці складання машин, де складають машини та агрегати; регулювальної дільниці, на якій випробовують машини на стенді чи пробігом і усувають виявлені несправності; мідницько-радіаторної дільниці, де відновлюють радіатори, паливні баки та різні трубопроводи; дільниці ремонту електрообладнання, де виконуються роботи по ремонту електроагрегатів, приладів та електропроводки автомобіля; дільниці приладів живлення, на якій ремонтують паливні насоси, карбюратори, форсунки; акумуляторної дільниці для ремонту і заряджання акумуляторних батарей.

Цех відновлення і виготовлення деталей включає ковальсько-ресорну дільницю, де монтують пружні елементи підвісок з усуненням залишкових деформацій, відновлюють деталі інших вузлів методом пластичного деформування; зварювальну дільницю, на якій відновлюють деталі із застосуванням різних видів зварювання; гальванічну дільницю, призначену для розмірного і декоративного покриття деталей гальванічним способом; металізаційну дільницю, де відновлюють спрацьовані деталі напилюванням розплавленого металу; дільницю відновлення

деталей із застосуванням синтетичних матеріалів; термічну дільницю для термічної і хіміко-термічної обробки деталей; слюсарно-механічну дільницю для відновлення деталей механічною і слюсарною обробкою.

Дільниці допоміжного виробництва: інструментальна, на якій виготовляють і ремонтують засоби технологічного оснащення та інструмент, заточують різальний інструмент, зберігають і видають пристрої та інструмент; ремонтно-механічний відділ головного механіка, призначений для обслуговування і ремонту технологічного устаткування та санітарно-технічних установок, а також для виготовлення нестандартного устаткування; електроремонтна, яка здійснює ремонт електродвигунів та електричних установок, ремонт і обслуговування компресорних систем, догляд за освітлювальною мережею; ремонтно-будівельна, яка виконує роботи по обслуговуванню і ремонту водопроводу, каналізації, будівель, споруд і під'їзних шляхів.

Загальнозаводські склади призначені для приймання, переробки, зберігання і видачі різних матеріалів та напівфабрикатів. До загальнозаводських складів відносять склади матеріалів та хімікатів, металу, запасних частин, лісоматеріалів, ремонтного фонду, готової продукції, пального та мастил, утилю.

40.4. Організація робочих місць

Робоче місце — первинна і основна ланка виробництва. Правильна організація робочого місця передбачає чітке визначення обсягу і характеру виконуваних на ньому робіт, необхідне оснащення, раціональне планування, систематичне обслуговування, сприятливі і безпечні умови праці.

На кожне робоче місце складають паспорт, у якому зазначають зміст виконуваної роботи, річне завдання в людино-годинах, режим та умови роботи, планування, оснащення і порядок обслуговування робочого місця, а також порядок розміщення на ньому оброблених деталей.

Оснащення робочого місця здійснюється за затвердженою технічною документацією на виконання робіт. Воно включає організаційне і технологічне оснащення. До організаційного оснащення належать пристрої для зберігання і розміщення під час роботи інструменту, пристроїв, креслярсько-технічної документації та предметів догляду за робочим місцем (верстаки, інструментальні шафи, штативи); пристрої для тимчасового розміщення на робочому місці заготовок, деталей, вузлів та агрегатів (стелажі, підставки, спеціальна тара); пристрої для забезпечення найзручнішої робочої пози і безпечних умов праці (підйомно-поворотні стільці, ґрати під ноги, упори для ніг та підкокітники, щитки, захисні екрани та окуляри, гачки для знімання стружки); засоби для підтримання чистоти і порядку та забезпечення сприятливих умов праці (щітки, зміталки, совки, урни для відходів, коробка для

стружки); світильники для місцевого освітлення, місцеві вентиляційні та пиловідсмоктувальні пристрої тощо; підйомні механізми і пристрої для міжопераційного транспортування заготовок, деталей, вузлів, агрегатів (візки, рольганги, схили). Кількість і номенклатура організаційного оснащення мають забезпечувати безперервність роботи, її високу продуктивність і зручність.

Кількість і номенклатура технологічного оснащення на робочому місці визначаються роботами згідно з прийнятим технологічним процесом. Технологічне оснащення включає устаткування й оснащення, вимірювальний, різальний, монтажний та допоміжний інструменти, а також технічну документацію. Засоби технологічного оснащення на робочому місці мають розміщатися у певному, зручному для роботи порядку з тим, щоб уникнути втрат часу на пошуки і перекладання з місця на місце.

Для вдосконалення організації робочих місць розробляються заходи відповідно до комплексного аналізу умов праці, який проводять двічі на рік.

40.5. Технічний контроль на ремонтному підприємстві

Організація технічного контролю. Якість відремонтованих дорожніх машин оцінюють за їх відповідністю до вимог діючих технічних умов. Відхилення від цих вимог найчастіше виявляється у процесі експлуатації і виражається відказами вузлів та агрегатів. Більшість випадків невідповідності виконуваних ремонтних робіт вимогам технічних умов має виявляти наперед технічний контроль — невід'ємна частина технологічного процесу ремонту.

Якість продукції ремонтного підприємства формується послідовно на всіх етапах технологічного процесу. Тому, щоб своєчасно запобігти браку, технічний контроль треба максимально наблизити до основних технологічних операцій. Він має діяти на них так, щоб виключити будь-які можливості появи неприпустимих відхилень на всіх етапах.

До завдань служби технічного контролю ремонтного підприємства входять:

вхідний контроль якості сировини, матеріалів, напівфабрикатів та комплектуючих виробів, що надходять на підприємство;

контроль точності застосовуваних технологічних процесів і використовуваних технологічного устаткування та технологічного оснащення;

контроль якості виготовлюваних на підприємстві інструментів та засобів технологічного оснащення;

контроль зберігання сировини, матеріалів та напівфабрикатів;

приймальний контроль деталей, вузлів, агрегатів та автомобілів після ремонту;

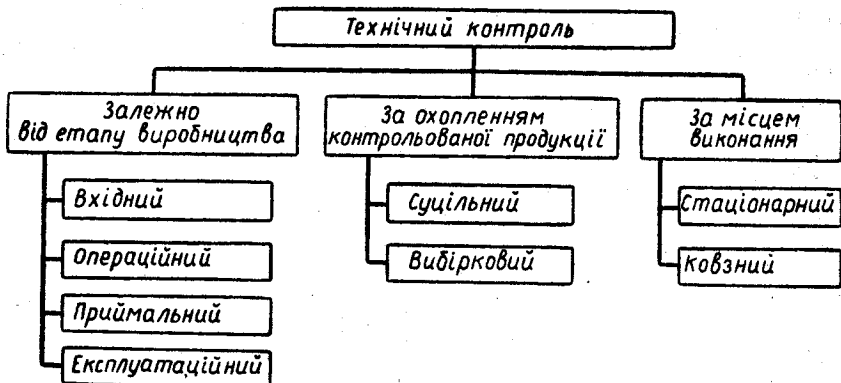


Рис. 40.3. Види технічного контролю

клеювання прийнятої і забракованої продукції і її документальне оформлення;

контроль комплектності, упаковки і консервації готової продукції; аналіз дефектів, що проявляються у процесі виробництва і виявляються під час випробувань та в експлуатації;

участь у роботі по управлінню якістю продукції на підприємстві.

Види технічного контролю, рекомендовані для застосування на ремонтних підприємствах (рис. 40.3), можна класифікувати за кількома ознаками (табл. 40.2).

Вхідний контроль — перевірка ремонтного фонду запасних частин, напівфабрикатів, матеріалів та іншої продукції, що надходить на підприємство.

Операційний контроль виконується після завершення певних технологічних операцій або ряду операцій. Різновидом операційного контролю є активний контроль, здійснюваний безпосередньо в процесі виконання операцій вимірювальними приладами. Його застосування зводять до мінімуму вплив суб'єктивних факторів на результат перевірки.

Приймальний контроль — контроль продукції, за результатами якого приймають рішення про її придатність для постачання і використання.

Мета експлуатаційного контролю — перевірка правильності виконання обкатки агрегатів чи машини в умовах експлуатації; контроль за додержанням періодичності та обсягу технічного обслуговування, збирання і аналіз інформації щодо надійності продукції ремонтного заводу.

Суцільний контроль охоплює всі одиниці продукції.

Вибірковий контроль характеризується перевіркою однієї чи кількох одиниць з певної партії або потоку продукції.

Таблиця 40.2

Дефект деталей та вузлів	Вид контролю			Методи контролю		
	За місцем організації в технологічному процесі	За охопленням продукції	За відношенням до місця виконання	За відношенням до видів дефектів	За відношенням до засобів контролю	
Зміна розмірів і форми деталей	Вхідний, ційний, мальний	опера-ційний	Суцільний чи вибірковий	Стационарний, рухомий	Геометричний	Ручний, механізований, автоматичний
Зміна положення осей шийок, отворів, поверхонь	Те саме		Те саме	Стационарний	Те саме	Ручний
Зміна якості поверхонь деталей	» »		» »	Стационарний, рухомий	Геометричний, візуальний	Те саме
Зміна фізико-механічних властивостей, наявність прихованих дефектів у деталях і матеріалах	Вхідний, ційний	опера-ційний	» »	Стационарний	Металографічний, фізичний, хімічний	Ручний, механізований
Порушення статико-динамічної зрівноваженості рухомих деталей та механізмів	Те саме		» »	»	Фізичний, геометричний	Те саме
Порушення параметрів складання і регулювання спряжень та вузлів	Операційний	приймальний	» »	Рухомий, стационарний	Геометричний, візуальний, фізичний	» »

Стационарний контроль — контроль, виконуваний на спеціально обладнаному в цеху (на дільниці) контрольному пункті.

Ковзний контроль провадить контролер на робочому місці, куди доставляють необхідні засоби контролю.

Вхідному контролю піддають ремонтний фонд і його складові частини, матеріали, напівфабрикати, сировину та комплектуючі вироби, що надходять на підприємство із сторони або з інших дільниць даного виробництва і використовуються для забезпечення основної виробничої діяльності заводу.

До операційного технічного контролю належить контроль, здійснюваний у процесі або після виконання технологічних операцій. Враховуючи великий обсяг контрольних операцій під час ремонту машин, а також те, що найбільша ефективність контролю досягається при максимальному його наближенні до технологічних операцій, зосереджувати всі види операцій контролю в підрозділах ВТК не раціонально і економічно не виправдано. Тому контроль у процесі ремонту на заводі здійснюють контролери ВТК, співробітники заводської лабораторії, технологи і майстри цехів та дільниць, робітники, зайняті на виконанні технологічних операцій, на контролі та сортуванні і комплектуванні деталей. Такий розподіл контролю дає можливість при обмеженій чисельності ВТК здійснювати оперативний і надійний контроль у процесі ремонту.

Приймальний контроль здійснюють тільки співробітники ВТК на постах, розташованих на відособленій частині виробничих площ або на лінії технологічного процесу. Він включає в себе перевірку деталей після остаточної обробки; вузлів після складання і припрацювання; агрегатів після складання і припрацювання; автомобілів після складання і припрацювання.

Пости ВТК планують, розміщують і оснащують згідно з їхнім призначенням і спеціалізацією. Спеціалізуються пости контролю за предметною ознакою (пост контролю колінчастих валів, пост контролю шатунів тощо). Спеціалізація постів за групами об'єктів ремонту провадиться для однотипних об'єктів, що мають подібні метрологічні параметри або функціональне призначення.

Планування контролю на авторемонтному підприємстві включає послідовне розв'язання ряду завдань: визначення обсягів контролю, складання планів контролю, оцінку якості продукції за результатами контролю.

Приймально-здавальні випробування машини ремонтне підприємство провадить під час приймального контролю, коли приймають рішення щодо її придатності для використання. Приймальному контролю піддають 100 % відремонтованих машин на заводі. Обкатку і приймально-здавальні випробування доцільно виконувати на стендах. У паспорті обкатаних і прийнятих машин робить позначку представник ВТК заводу про їх придатність для експлуатації.

Під поняттям «експлуатаційний контроль» розуміють контроль, здійснюваний на стадії експлуатації продукції. У зв'язку з тим, що якість відремонтованих машин повністю проявляється у процесі їх експлуатації, дійовість управління якістю ремонту досягається в тому випадку, коли в його основі лежить аналіз фактичного матеріалу, що характеризує досягнутий рівень якості виконання ремонту при певному рівні технічного обслуговування в експлуатації. Якість ремонту оцінюють на підставі аналізу таких показників, як надійність і довговічність, а також трудові і матеріальні затрати на ремонт. Для збирання первинної інформації щодо надійності автотракторної техніки, яка пройшла капітальний ремонт, і її аналізу на багатьох авторемонтних заводах різних відомств зараз створені групи надійності.

Засоби контролю. Технологічний процес капітального ремонту пов'язаний з великим і складним комплексом контрольних операцій. Сировиною чи напівфабрикатом для ремонтного підприємства є ремонтний фонд, різноманітний за своїм станом, і з оцінки його якості починається технічний контроль.

Складність технологічного процесу ремонту машин, що виражається в різноманітності видів виконуваних робіт, вимагає застосування комплексу контрольних-вимірювальних засобів (рис. 40.4). Вибору засобів контролю передують встановлення параметрів, що стосуються як деталей, так і вузлів та агрегатів, які підлягають обов'язковій перевірці на певних етапах технологічного процесу. При цьому враховують вид дефекту, частоту його виникнення, взаємозв'язок з іншими дефектами, доцільність і можливість його усунення способами, прийнятими в умовах ремонтного підприємства. Потім з урахуванням потрібної точності перевірки вибирають спосіб і засоби контролю, які зазначають у відповідних технологічних документах. Питання підвищення продуктивності контролю в умовах ремонтних заводів досить актуальне. Особливо це стосується дільниці контролю-сортування деталей, на якій можна застосувати тільки суцільний контроль.

Підвищення продуктивності контролю набуває особливого значення при великій концентрації виробництва, оскільки при цьому значно збільшується кількість перевірюваних деталей. При великій концентрації виробництва потрібна максимальна механізація та автоматизація вимірювань, що дає можливість скоротити чисельність контролерів і підвищити якість контрольних операцій.

Підвищенню продуктивності контролю сприяє розробка вузькоспеціалізованих контрольних пристроїв (для габаритних деталей у комплексі з механізмами переміщення, встановлення і знімання деталей), застосування пристроїв пневматичного та електроконтактного принципу дії, багатомірних пристроїв, що дають можливість одночасно перевіряти кілька параметрів, світлосигнальних вимірювальних пристроїв, які виключають необхідність в розрахунках за шкалою приладів, активного контролю в процесі обробки деталей, статистичного контро-

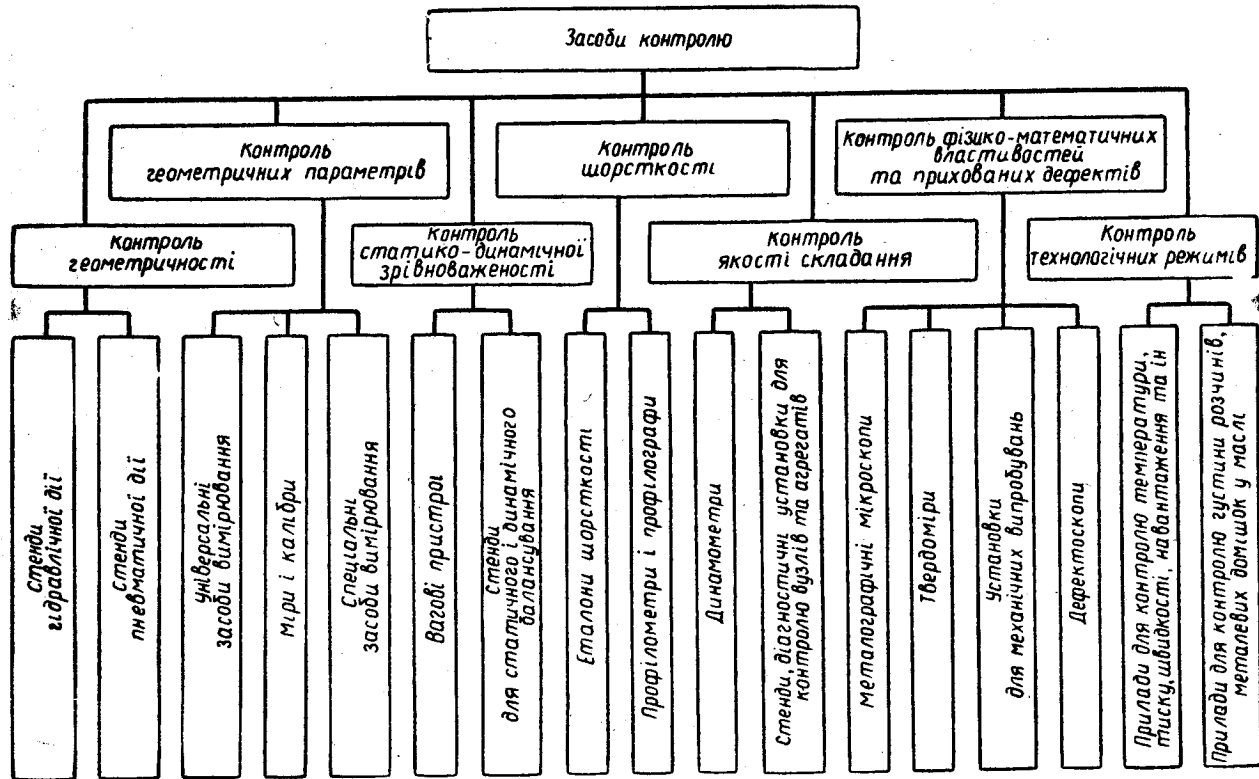


Рис. 40.4. Класифікація засобів контролю за призначенням



Рис. 40.5. Схема структури ВТК ремонтного підприємства

лю в разі доцільності і можливості його використання, автоматизації процесу контролю деталей за допомогою контрольно-сортувальних автоматів.

Структура ВТК. Досить важливий етап організації і вдосконалення служби технічного контролю — визначення й уточнення трудомісткості виконання контрольних операцій, що є підставою для визначення чисельності працівників ВТК.

Більша частина робіт, виконуваних апаратом технічного контролю підприємства, припадає на контроль і сортування деталей розібраних агрегатів та виробничий контроль. Характер операцій на цих стадіях, як правило, повторюваний. Трудомісткість їх виконання залежить в основному від виду й кількості перевірюваних параметрів, ступеня контролепридатності деталі чи вузла, застосовуваних засобів контролю і кваліфікації контролера.

Зниження трудомісткості робіт, затрачених на дефектування, — основна причина постійного навмисного невиконання ряду контрольних операцій. Розрахунки показують необхідність збільшення нормативів трудомісткості на контроль і сортування деталей у 2,5...3 рази.

Структуру ВТК визначають, виходячи із завдань, які вирішує служба технічного контролю. ВТК ремонтного підприємства повинен мати в своєму складі кілька структурних груп (рис. 40.5). Для підприємств великої потужності групи можуть бути поділені на дрібніші підрозділи, спеціалізовані тільки на одному виді контрольних операцій. На підприємствах з невеликою програмою контрольні групи можуть бути об'єднані. Проте в будь-якому варіанті і незалежно від спеціалізації та програми підприємства покладені на ВТК функції мають бути реальні щодо виконання.

Нині на більшості ремонтних підприємств дуже слабо виявлені три структурних підрозділи ВТК: група вхідного контролю, заводська лабораторія і група експлуатаційного контролю. Тим часом відсутність або недостатнє функціонування у загальній системі цих ланок контролю відчутно позначається на якості ремонту.

Одним з найважливіших етапів організації служби технічного контролю є добір кадрів, при якому має діяти принцип: переважання знань контролюючого над знаннями контрольованого. Робітник відділу технічного контролю має добре орієнтуватися в технологічному процесі, вміти виявляти не тільки дефекти продукції, а й причини, що їх породили. Середній кваліфікаційний розряд контролера має бути вищий, ніж у виконавців технологічних операцій.

Контрольні запитання

1. Що таке планово-запобіжна система технічного обслуговування і ремонту (ПЗР)?
2. Які бувають види ремонту?
3. Який ремонт називається поточним?

4. Що таке капітальний ремонт?
5. Які існують методи організації ремонту машин?
6. З яких основних операцій складається технологічний процес ремонтного виробництва?
7. У чому полягає основне завдання ремонтного виробництва?
8. Які існують види спеціалізації виробництва?
9. Яка структура основного і допоміжного виробництв ремонтних підприємств?
10. Як оснащується робоче місце?
11. Які завдання виконують служби технічного контролю ремонтного підприємства?
12. Які бувають види контролю?

Глава 41

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

41.1. Класифікація технологічних процесів обробки деталей

За ступенем уніфікації технологічні процеси поділяють на одиничний, типовий та груповий; за рівнем досягнень науки і техніки — на перспективний та робочий; за стадією розробки, станом ГПП та стандартизацією — на проектний, тимчасовий та стандартний; за деталізацією опису — на маршрутний опис технологічного процесу, маршрутно-операційний та операційний.

Одиничний технологічний процес — процес виготовлення або ремонту виробу однієї назви, типорозміру та виконання, незалежно від типу виробництва; *типовий* — процес виготовлення групи виробів із спільними конструктивними та технологічними ознаками; *груповий* — процес виготовлення групи виробів з різними конструктивними, але спільними технологічними ознаками; *перспективний* — процес, що відповідає сучасним досягненням науки й техніки, методи й засоби здійснення якого повністю або частково мають освоїти на підприємстві; *робочий* — процес, виконуваний за робочою технологічною і (або) конструкторською документацією; *проектний* — процес, виконуваний за попереднім проектом технічної документації для перевірки способів виготовлення виробів, що підлягають впровадженню у виробництво в перспективі; *тимчасовий* — процес, застосовуваний на підприємстві протягом обмеженого періоду часу через відсутність належного устаткування або у зв'язку з аварією до заміни на сучасніший; *стандартний* — процес, встановлений стандартом; *комплексний* — процес, що містить комплекс операцій на вантажно-розвантажувальних роботах. *Маршрутний опис технологічного процесу* — скорочений опис усіх технологічних операцій у маршрутній карті в послідовності їх виконання без зазначення переходів та технологічних режимів; *маршрутно-операційний опис технологічного процесу* — скорочений опис техноло-

гічних операцій у маршрутній карті в послідовності їх виконання з повним описом окремих операцій в інших технологічних документах; *операційний опис технологічного процесу* — повний опис усіх технологічних операцій у послідовності їх виконання із зазначенням переходів та технологічних режимів.

Технологічний процес включає формоутворення, лиття, формування, спікання, гальванопластику, обробку тиском, різанням, термічну обробку, електрофізичну та електрохімічну обробку, нанесення покриттів, слюсарну обробку, складання, зварювання, паяння, клепаання, склеювання, монтаж, ремонт, контроль якості виробів, маркування, консервацію, пакування, розконсервацію.

41.2. Вихідні дані для проектування технологічних процесів

Вихідну інформацію для розробки технологічних процесів поділяють на базову, керівну і довідкову. Базова інформація включає дані, що містяться в конструкторській документації на виріб: робоче креслення, яке визначає матеріал, конструктивні форми і розміри деталі; технічні умови на виготовлення деталі, які характеризують точність і якість обробки її поверхонь, а також особливі вимоги (твердість, структура, термічна обробка, балансування, підгонка по масі); програмне завдання; строк (у роках), протягом якого має бути виконана програма випуску деталей. (Якщо випуск у часі нерівномірний, то програмне завдання вказують і на інші періоди часу.)

Керівна інформація включає дані, що містяться в таких документах: стандартах, які встановлюють вимоги щодо технологічних процесів; та методи керування ними, а також у стандартах на устаткування та оснащення; документації на діючі одиничні, типові та групові технологічні процеси; класифікаторах техніко-економічної інформації; виробничих інструкціях; матеріалах для вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припусків, норм витрати матеріалів та ін.); документації з техніки безпеки та промислової санітарії.

Довідкова інформація включає дані, що містяться в таких документах: описі прогресивних методів виготовлення і ремонту; каталогах, паспортах, довідниках, альбомах компоновок прогресивних засобів технологічного оснащення; плануваннях виробничих дільниць; методичних матеріалах по керуванню технологічними процесами.

Проектуючи технологічні процеси для діючих або реконструйованих заводів, треба мати відомості про наявне устаткування, площі та інші місцеві виробничі умови.

41.3. Етапи і завдання розробки технологічних процесів

Технологічні процеси розробляють для виготовлення і ремонту виробів, конструкції яких відпрацьовано на технологічність. Технологічний процес має забезпечити реалізацію значень базових показників технологічності конструкцій, виготовлюваного або ремонтуваного виробу.

Основні етапи розробки технологічних процесів, завдання, що розв'язуються на кожному етапі, основні документи і системи, які забезпечують розв'язання цих завдань, мають відповідати наведеним у табл. 41.1. Необхідність кожного етапу, склад завдань і послідовність їх розв'язання визначаються залежно від видів і типу виробництва і встановлюються стандартами підприємства.

На етапі аналізу вихідних даних здійснюється вивчення креслення деталі і відпрацювання її конструкції на технологічність. Технологічними називаються такі конструкції деталей, які, маючи потрібні експлуатаційні якості (точність, довговічність, надійність тощо), економічні у виготовленні, експлуатації та ремонті. Конструкції деталей мають задовольняти технологічні вимоги на всіх етапах виробництва: під час лиття і штампування, зварювання заготовок, механічної обробки, складання.

До умов, що характеризують технологічність конструкції виробу, його деталей та складальних одиниць, належать:

оптимальні конфігурації деталей та елементів їх, які забезпечують можливість одержання заготовок з мінімальними припусками і мінімальною кількістю оброблених та точних поверхонь, відсутність концентраторів напружень і можливість застосування найдосконаліших виробничих способів їх виготовлення;

відсутність важкодоступних поверхонь для обробки гострих кромок та кутів;

мінімальна маса деталей;

можливість швидкого і точного базування на верстатах під час обробки;

забезпечення умов взаємозамінності деталей з підвищенням серійності їх виготовлення з метою забезпечення прогресивних методів складання;

максимальне використання уніфікованих складальних одиниць, стандартних деталей та їх елементів (нарізок, модулів, конусів і т. п.).

Забезпечення цих умов дасть можливість мати технологічні конструкції деталей, оскільки трудомісткість і собівартість їх виготовлення будуть мінімальними. Вимоги до технологічності конструкції виробу значно підвищуються із збільшенням масштабу його виробництва. Аналізуючи креслення деталі, треба перевірити, чи достатньо обгрун-

Етап розробки технологічного процесу	Завдання, що розв'язується на етапі	Основні документи і системи для розв'язання завдань
Аналіз вихідних даних для розробки технологічного процесу	<p>Попереднє ознайомлення з призначенням і конструкцією предмета праці, з вимогами до виготовлення та експлуатації його</p> <p>Складання переліку додаткової інформації, необхідної для розробки технологічного процесу, і її вибір</p>	<p>Відомості про програму випуску виробу</p> <p>Конструкторська документація на виріб</p>
Вибір діючого типового групового технологічного процесу або пошук аналога одиничного процесу	<p>Формування технологічного коду виробу за технологічним класифікатором. Віднесення оброблюваного виробу до відповідної класифікаційної групи згідно з технологічним кодом*.</p> <p>Віднесення оброблюваного виробу за його технологічним кодом до діючого типового, групового чи одиничного технологічного процесу</p>	Документація на типові, групові та одиничні технологічні процеси для даної групи виробів
Вибір вихідної заготовки і методи її виготовлення	<p>Визначення виду вихідної заготовки (або уточнення заготовки, встановленої типовим технологічним процесом). Вибір методу виготовлення вихідної заготовки</p> <p>Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки</p>	<p>Документація на типовий чи груповий технологічний процес</p> <p>Класифікатор заготовок. Стандарти та технічні умови на заготовки і основний матеріал</p>
Вибір технологічних баз	<p>Вибір поверхонь базування чи базових складових частин виробу</p> <p>Оцінка точності й надійності базування за продуктивністю технологічного процесу</p>	<p>Класифікатор способів базування</p> <p>Методика вибору технологічних баз</p>
Складання технологічного маршруту обробки	<p>Визначення послідовності технологічних операцій (або уточнення послідовності операцій за типовим чи груповим технологічним процесом). Визначення складу засобів технологічного оснащення</p>	Документація типового, групового чи одиничного технологічного процесу

Розробка технологічних операцій	Розробка (або уточнення) послідовності переходів в операції	Документація типових, групових чи одиночних технологічних операцій
	Вибір засобів технологічного оснащення (ЗТО) операції (або їх уточнення)	Стандарти для вибору ЗТО
	Визначення потреби ЗТО, в тому числі засобів контролю і випробувань з урахуванням метрологічного забезпечення і вимог ДСВ.	Каталоги (альбоми і картотеки) на ЗТО
	Вибір засобів механізації та автоматизації елементів процесу і внутрішньоцехових засобів транспортування	Матеріали для вибору технологічних нормативів (режимів обробки, припусків тощо)
Нормування технологічного процесу	Встановлення вихідних даних, необхідних для розрахунків норм часу і витрати матеріалів. Розрахунок і нормування затрат праці на виконання процесу. Розрахунок норм витрати матеріалів, необхідних для реалізації процесу.	Нормативи часу і витрати матеріалу
	Визначення розряду робіт і обґрунтування професій виконавців, для виконання операцій залежно від складності цих робіт	Методика розробки норм часу. Класифікатори розрядів робіт і професій. Диференційовані нормативи часу (для встановлення розрахункових та інших уточнених норм)
Визначення вимог техніки безпеки	Розробка або вибір наявних вимог техніки безпеки і виробничої санітарії стосовно до умов виробництва (шуму, вібрації, радіації, загазованості, небезпечних і шкідливих речовин у повітрі робочої зони тощо). Розробка вимог, вибір методів і засобів забезпечення сталості екологічного середовища	Міждержавні стандарти ССБТ. Інструкції з техніки безпеки і виробничої санітарії
Розрахунок економічної ефективності технологічного процесу	Вибір оптимального варіанта технологічного процесу	Методика розрахунку економічної ефективності процесів
Оформлення технологічних процесів	Нормоконтроль технологічної документації. Узгодження документації технологічних процесів з усіма зацікавленими службами і її затвердження	Міждержавні стандарти ЄСТД

* В разі відсутності відповідної класифікації технологічний процес розробляють як одиничний.

товані допустимі відхилення від правильних геометричних форм і чи узгоджена шорсткість оброблюваних поверхонь з їх точністю; чи всі розміри і шорсткість поверхонь вказано на кресленні деталі; чи достатня для виготовлення деталі кількість проєкцій, перерізів, розрізів; чи можна виміряти деякі розміри або чи існують якісь відхилення у вимірюванні існуючими (або спеціально спроектованими) засобами вимірювання з урахуванням типу виробництва.

Необхідно також з'ясувати, які додаткові операції треба передбачити в технологічному процесі для забезпечення особливих вимог, що ставляться до деталі (балансування, термообробка тощо).

Відпрацьовуючи конструкцію деталі на технологічність у сукупності з вихідними даними для проєктування, проєктант має внести пропозиції щодо поліпшення (спрощення) конструкції деталі, підвищення її якості, надійності і довговічності, зменшення маси, зниження трудомісткості в одержанні заготовок і подальшій обробці. Особливу увагу слід звертати на відповідність точності розмірів деталі, шорсткості її поверхонь, умовам роботи і призначенню цієї деталі у виробі чи складальній одиниці. У ряді випадків аналіз технічних умов на деталь треба виконувати методами теорії розмірних ланцюгів.

Вивчаючи креслення і технічні умови, слід звернути особливу увагу на відповідність умовам роботи деталі марки її матеріалу, на спосіб виготовлення заготовок, що впливає на жорсткість та міцність як деталі в цілому, так і її елементів. Під час перевірки відповідності марки матеріалу деталі слід мати на увазі, що вона залежить від величини й характеру навантажень, які діють на деталь; габаритних розмірів, маси і конфігурації деталі; спеціальних вимог — жаростійкості, жароміцності, кислотостійкості, стійкості проти спрацювання і т. п.

Важливий фактор у виборі марки матеріалу — його вартість і оброблюваність. Деталь потрібно аналізувати на необхідність термічної обробки, а також на можливе жолоблення після неї, механічної обробки у зв'язку з наявністю залишкових напружень залежно від їх виду, оскільки це вимагатиме введення в технологічний процес додаткових операцій для забезпечення заданої точності розмірів і якості поверхонь.

Технологічний процес розробляють на основі наявного типового чи групового технологічного процесу. Вибираючи діючий типовий або груповий технологічний процес, аналізують оснащеність виробництва технологічними процесами, устаткуванням та оснащенням, а також рівень механізації і автоматизації виробничих процесів.

Виконуючи аналіз, враховують програму, номенклатуру, складність освоєного виробу та організаційно-технічну структуру цеху, підприємства в цілому, тобто технологічну підготовленість виробництва до випуску нових виробів, оцінюють коефіцієнтом наступності чи підготовленості по технології K_T та коефіцієнтом оснащення K_0 , які

визначають за формулами:

$$K_T = \frac{H_{T,п}}{H_{T,д}}; \quad K_0 = \frac{H_{oc}}{H_{од}},$$

де $H_{T,п}$ — кількість технологічних процесів, заздалегідь розроблених типових і групових технологічних процесів; $H_{T,д}$ — загальна кількість необхідних для випуску виробів технологічних документів; H_{oc} — кількість технологічного оснащення, заздалегідь спроектованого або виготовленого; $H_{од}$ — загальна кількість одиниць необхідного оснащення.

Об'єктивну оцінку підготовленості виробництва до випуску виробу можна мати, якщо для підрахунку зазначених коефіцієнтів використати не тільки кількісні, а й вартісні показники.

Дальший етап розробки технологічних процесів передбачає вибір вихідної заготовки та методів її виготовлення, на що значно впливає характеристика матеріалу, з якого виготовлятиметься деталь, її конструктивні форми та розміри, а також програма випуску.

Виготовляючи первинні заготовки деталей машин, треба максимально знижувати їх трудомісткість, обсяг механічної обробки і витрату матеріалу. Якщо заготовку обробляють на верстатах із застосуванням пристроїв і попередньо настроєних інструментів, вона повинна характеризуватися стабільною точністю і мати яскраво виражені технологічні бази. Недодержання цих вимог може спричинити значні похибки під час встановлення заготовки на верстатах і призвести до пошкодження настроєних інструментів.

Заготовки виготовляють різними технологічними методами: литтям, куванням, гарячим об'ємним штампуванням, холодним штампуванням з листа, зварюванням, формоутворенням з порошкових матеріалів, литтям і штампуванням з пластмас, з прокату (стандартного та спеціального тощо). Різні методи виготовлення заготовок можуть забезпечувати однакову точність, але економічність цих методів при тому самому випуску може бути різною. Оптимальний варіант виготовлення заготовки слід визначати за вартістю виготовлення деталі, тобто включаючи вартість заготовки і її обробки.

За умов великосерійного і масового виробництва первинна заготовка формою і розміром має наближатися до форми і розмірів готової деталі. У цьому випадку припуски на обробку і число операцій механічної обробки будуть мінімальними, а коефіцієнт використання металу дуже високим — 0,9...0,95.

Вибравши вихідну заготовку, переходять до наступного етапу — вибору технологічних баз. Це основа побудови технологічного процесу виготовлення деталі, і вона має велике значення для забезпечення потрібної точності обробки, економічності процесу. Призначаючи технологічні бази для першої і подальших операцій обробки, треба керуватися такими загальними міркуваннями: установочна та напрямна бази

повинні мати необхідну протяжність для забезпечення стійкого положення заготовки під час її обробки; оброблювана заготовка повинна мати мінімальні деформації від дії сили різання, затискної сили, дії власної ваги; як технологічну базу слід приймати поверхні, що гарантують найменшу похибку устанавлення і виключають похибку базування.

На першій операції мають бути оброблені ті поверхні, які будуть узяті за технологічну базу для наступної операції. Оскільки технологічною базою на першій операції будуть чорні (необроблені) поверхні, треба вибирати ті поверхні, які допускають по можливості рівномірне зняття припусків і досить точне розташування оброблюваних та тих, що не підлягають обробці, поверхонь. Якщо всі поверхні деталі піддають механічній обробці, то як базу на першій операції слід вибрати поверхню з найменшим припуском, щоб під час подальшої обробки не було браку через нестачу припуску.

На другій і подальших операціях технологічні бази мають бути якнайточнішими щодо геометричної форми і шорсткості поверхні.

Рекомендується, коли це потрібно, додержувати принципу суміщення баз, тобто за технологічну базу приймати поверхні, які одночасно будуть вимірювальною базою. Якщо технологічна база не збігається з вимірювальною, то виникає похибка базування. Слід мати на увазі, що кращі результати щодо точності будуть у тому разі, коли технологічною і вимірювальною базою буде конструкторська база.

Необхідно додержувати принципу сталості бази на основних операціях обробки, тобто використовувати як технологічну базу ті самі поверхні. Це особливо важливо, коли вимірювальні бази під час виконання різних операцій змінні, що утруднює здійснення принципу суміщення баз. З метою додержання цього принципу в ряді випадків на деталях створюють штучні технологічні бази, які не мають конструктивного призначення (центрові гнізда валів, спеціально оброблені отвори в корпусних деталях для базування їх на штифти тощо).

Якщо за умовами обробки триматись принципу сталості бази не вдається, за нову базу приймають оброблену поверхню, по можливості найточнішу, яка забезпечує жорсткість устанавлення заготовки. Якщо нова база не вимірювальна, допуск розраховують на одержаний розмір з урахуванням виникаючої похибки базування і, в разі потреби зменшують допуск на розмір, який визначає положення нової технологічної бази відносно вимірювальної.

Вибираючи технологічні бази, слід оцінювати точність і надійність базування, узгодивши їх з продуктивністю технологічного процесу.

Пристаюючи до складання технологічного маршруту обробки, необхідно насамперед намітити план обробки — послідовність, кількість і зміст операцій. Відомо, що таку саму деталь можна виготовити за різну кількість операцій, тобто з різним ступенем деталізації технологічного процесу (меншим чи більшим).

Менший ступінь деталізації технологічних процесів містить мале число великих операцій. Це дає можливість виготовити деталі за мінімальну кількість установлень і досягти високої точності взаємного розташування поверхонь при найменших затратах на виготовлення спеціальних пристроїв. Проте часті переналагоджування верстата, вимірювання у великій операції знижують продуктивність праці. Такий метод побудови технологічного процесу в основному застосовують під час роботи з багатоінструментним налагодженням на револьверних і токарних автоматах. Великий ступінь деталізації технологічних процесів вигідно застосовувати при великих партіях деталей, причому чим більша партія, тим на більше число дрібних операцій поділяють технологічний процес.

Зменшення числа переходів у дрібних операціях дає можливість налагоджувати верстат на певні розміри, виключає часті вимірювання, скорочує кількість переключень верстата, виробляє автоматизм рухів у робітника, що значно підвищує продуктивність праці. Необхідність виготовлення у цьому випадку ряду спеціальних пристроїв окупається зниженням трудомісткості роботи. Крім того, нескладні операції при розчленованому методі можуть виконувати робітники нижчої кваліфікації.

Ступінь деталізації змісту технологічних процесів і маршрут виготовлення деталей залежать від типу виробництва.

Маршрут виготовлення при одиночному типі виробництва призначають, виходячи тільки з реальних можливостей цеху (підприємства), незалежно від потреби і зайвих перевезень деталей. Проте тут дуже чітко мають працювати технологи. Вони повинні вміти аналізувати стан виробництва і дійти відповідних висновків. Якщо за деякими замовленнями маршрути обробки мають поворотні потоки, то такі замовлення систематизують і роблять відповідні перестановки устаткування, щоб зменшити поворотні потоки. Для групи окремих замовлень створюються агрегатні та спеціальні верстати. Розробляючи маршрутну технологію в одиночному виробництві, технолог має критично ставитися до рекомендацій конструктора. Тут критерієм є не тільки оптимальна конструкція заготовки, а й строки випуску замовлення, авантаження потужностей, вартість і цикл виготовлення необхідного оснащення для виробництва заготовок тощо.

Маршрут обробки при серійному виробництві призначають, виходячи з реальних можливостей підприємства. Проте в цьому випадку для створення оптимальної технології з урахуванням економічної доцільності роблять невелику перестановку устаткування для забезпечення потоковості.

При серійному повторюваному типі виробництва іноді заготовку виготовляють спочатку за принципами одиночного виробництва, а потім, коли виготовлено оснащення і підготовлено відповідні потужності, — за принципами серійного виробництва. Для дослідних

виробів замовляють той мінімум оснащення, без якого виготовити деталь неможливо.

Маршрут обробки при масовому виробництві призначають, виходячи не з реальних можливостей підприємства, а з розрахунку забезпечення оптимальної технології. Для цього створюють спеціальні та агрегатні верстати, роблять відповідну перестановку устаткування для організації потоку.

Загальний план (маршрут) послідовності виготовлення деталі (складальної одиниці) викладають у маршрутній карті. При цьому необхідно враховувати таке:

1. Операції мають бути однакові або кратні щодо трудомісткості.
2. Кожна наступна операція має зменшувати похибки і поліпшувати якість поверхні.

3. Передусім слід обробляти поверхню, яка правитиме за технологічну базу для подальших операцій.

4. З метою своєчасного виявлення раковин та інших дефектів треба передбачити початкову обробку поверхонь, на яких дефекти не допускаються. Оскільки з цих поверхонь звичайно знімають невеликі шари металу, що сприяє перерозподілу внутрішніх напружень заготовки, поверхня жолобиться інтенсивніше.

5. Обробку складних поверхонь, які потребують особливого налагодження верстата, слід виділяти в самостійну операцію. Наприклад, нарізування різьби різцями, обробка фасонних поверхонь по копіру і т. п.

6. Чорнову і чистову обробки заготовок із значними припусками треба виділяти в окремі операції.

7. Чистові обробні операції слід виконувати наприкінці технологічного процесу, оскільки при цьому зменшується небезпека пошкодження чисто оброблених поверхонь.

8. Отвори слід свердлити наприкінці технологічного процесу, за винятком тих випадків, коли вони є базами для становлення.

9. При остаточній обробці точних поверхонь не включати переходи, де потрібні повороти різцетримача (головки). Це знижує імовірність похибки різального інструмента за лімбом.

10. Обробку поверхонь з точним взаємним розташуванням слід по можливості робити як одну операцію і виконувати за одне закріплення заготовки.

11. Ступінчасті поверхні обробляти в такій послідовності, при якій загальна довжина робочих рухів різального інструмента буде найменшою.

12. Переходи чергувати в операції так, щоб шлях менш стійких інструментів був найкоротшим. Наприклад, під час обробки деталей з прутка з отвором перед відрізуванням робити свердління; обробку ступінчастих отворів у суцільній заготовці починати свердлом більшого діаметра, потім — меншого.

13. Визначаючи послідовність переходів, передбачити випереджальне виконання тих, які підготовляють можливість здійснення подальших переходів. Наприклад, деталь у патроні починати обробляти з підрізування торця, який правитиме за вимірювальну базу для відрахунку розмірів по довжині; те саме слід робити перед свердлінням або зенкуванням.

14. Під час обробки отворів слід уникати об'єднання в одній операції таких переходів, як свердління і розточування отворів.

15. Послідовність обробки має забезпечити потрібну якість виконання деталі. Наприклад, обробляючи тонкостінну втулку, в кулачковому патроні, спочатку треба розточити отвір, а потім обточити зовнішню поверхню на оправці; фаски проточувати перед остаточною обробкою точних поверхонь; на ділянках деталі, де наносять рифлення, фаски і канавки проточувати після рифлення.

16. Кількість застосовуваних в операції різців не повинна перевищувати кількості одночасно закріплюваних у різцетримачі.

17. Визначаючи послідовність виконання чорнових та чистових операцій, слід враховувати, що суміщення їх на тих самих верстатах призводить до зниження точності обробки внаслідок підвищеного спрацювання верстата на чорнових операціях.

18. Насамперед слід обробляти поверхні, під час видалення припуску з яких найменшою мірою знижується жорсткість заготовки. Наприклад, під час обробки ступінчастих валів спочатку обробляють ступені більшого діаметра, а потім — меншого.

19. Застосовуючи в технологічному процесі автоматичні лінії, слід застосовувати метод концентрації операцій технологічного процесу, тобто одночасне виконання великої кількості переходів на кожній позиції, і комбіновані інструменти (ступінчастий зенкер, розвертку і т. п.). Для скорочення довжини автоматичної лінії верстата доцільно розміщувати з обох боків роликовий конвеєр або зигзагоподібно.

20. Якщо деталь піддають термічній обробці, то механічну обробку розчленовують на дві частини: до термічної обробки і після неї.

21. Технічний контроль призначають після тих етапів обробки, де ймовірна підвищена кількість браку, перед складними і дорогими операціями, після закінченого циклу, а також наприкінці обробки деталі.

Маршрутний опис технологічного процесу ремонту передбачає розробку технологічних процесів не на кожний дефект зокрема, а на комплекс дефектів, з якими деталь надходить на відновлення. Залежно від комбінації дефектів на деталях однієї назви застосовують ту чи іншу послідовність виконання технологічних операцій (маршрут), відповідні устаткування, пристрої та інструменти. Маршрутний опис технологічного процесу ремонту являє собою маршрутну карту, в якій зазначаються послідовність виконання технологічних операцій та шифри типових операційних карт, розроблених

для усунення кожного з дефектів або групи дефектів. Розробляючи маршрутну технологію, треба подбати, щоб в одній з перших операцій були перевірка і виправлення базових поверхонь деталі. Дальша послідовність виконання операцій має враховувати точність і вплив способу обробки на залишкову деформацію деталі і сумішати ряд операцій відновлення, наприклад кількох поверхонь тим самим способом. Успішне застосування маршрутної технології багато в чому залежить від організації первинного обліку в дефектувальному відділенні. Тому заздалегідь складають карти технічних умов на контроль та сортування деталей із зазначенням комбінації дефектів, що входять до того чи іншого маршруту. Кожному маршруту присвоюють певний номер.

Рекомендовані принципи побудови технологічного маршруту не обов'язкові і вимагають творчого підходу в кожному конкретному випадку.

Назви операцій мають відповідати вимогам класифікаторів (Технологическое описание операции в машиностроении).

Склавши маршрут обробки, приступають до розробки технологічних операцій. Проектування окремої операції механічної обробки, тобто операційної технології, починається з вивчення маршрутної карти обробки, схеми встановлення заготовки, визначення, які поверхні треба обробити і з якою точністю, точності обробки на попередніх операціях, припусків на обробку та інших даних відповідно до типу виробництва.

У процесі власне проектування уточнюють зміст операції, намічений раніше в маршрутній карті, встановлюють послідовність і можливість суміщення переходів, вибирають устаткування, інструменти та пристрої (у разі їх відсутності дають завдання на конструювання), призначають режими, визначають норму часу на виконання операції, встановлюють настроювальні розміри і складають схему налагодження.

У будь-якому варіанті проекту операційної технології треба прагнути до зменшення поштучного часу. Один з найефективніших шляхів зменшення поштучного часу — відшукання можливостей перекриття оперативного часу, що залежить від числа встановлюваних для обробки заготовок, від кількості інструментів, що беруть участь в обробці, порядку обробки поверхонь цим інструментом та ін.

За числом установлюваних для обробки заготовок схеми верстатних операцій можна поділити на одно- і багатомісні, а за кількістю використовуваних інструментів — на одно- та багатоінструментні.

Під час обробки поверхонь інструменти можуть вступати в роботу послідовно чи паралельно, а самі заготовки (якщо їх кілька) можуть розміщуватись відносно різального інструмента також послідовно чи паралельно. Усе це впливає на можливість і умови суміщення перехо-

дів. Тому прийнято розрізняти операції послідовного і паралельно-послідовного виконання.

Одномісні схеми обробки виключають можливість перекриття часу установки і знімання заготовки основним часом. У багатомісних схем є можливості перекривати час установлення і знімання заготовок.

При послідовних схемах неможливо перекрити переходи обробки в часі, і в поштучний час входить сума часу всіх переходів. Паралельні та паралельно-послідовні схеми дають таку можливість, і враховуваний в поштучному часі основний час дорівнює часу лімітуючого переходу або сумі часу кількох лімітуючих переходів.

Під час розробки технологічних операцій необхідно керуватися вимогами, установленими стандартами ЄСТД, галузевими нормативно-технічними документами, а також відповідними стандартами ЄСКД, ЄСТПП, стандартами на терміни та означення, класифікаторами техніко-економічної інформації, методичними вказівками по заповненню документів, альбомами з прикладами заповнення документів, плакатами тощо.

41.4. Особливості проектування технологічних процесів обробки на верстатах з програмним керуванням. Основи проектування технологічних процесів обробки із застосуванням ЕОМ

Основні принципи побудови технологічних процесів механічної обробки для верстатів з ЧПК ті самі, що й для звичайних верстатів. Проте є й ряд специфічних особливостей. Насамперед виникає принципіально новий елемент технологічного процесу — програма автоматичної роботи верстата, закодована й записана на програмоносії. При цьому до понять «операція» та «перехід» вносяться деякі уточнення.

Технологічна операція механічної обробки на верстаті з ЧПК — це частина технологічного процесу, виконувана безперервно на одному робочому місці, при одному налагодженні верстата, над одним чи кількома одночасно оброблюваними виробами, одним чи кількома робітниками.

Перехід — закінчена частина технологічної операції, характеризується сталістю інструменту і поверхонь, утворюваних обробкою. Для фрезерних, свердильних, розточувальних та фрезерно-контурних робіт розрізняють елементарні інструментальні, позиційні і допоміжні переходи. *Елементарний перехід* — безперервний процес обробки однієї елементарної поверхні одним інструментом за заданою програмою. *Інструментальний перехід* — закінчений процес обробки однієї чи кількох елементарних поверхонь при безперервному русі одного інструмента за заданою програмою. *Допоміжний перехід* — переміщення інструмента без зняття стружки. *Позиційний перехід* —

сукупність інструментальних і допоміжних переходів, виконуваних при незмінних позиції, оснащенні, інструменті та програмі.

Крім того, при проектуванні технологічних процесів змінюються обсяг і зміст технологічної документації, необхідної для налагодження верстатів і складання керуючих програм. Робота по створенню таких програм поділяється на технологічну підготовку (на неї припадають 85...90 % усіх робіт) і програмування.

— Мета технологічної підготовки — одержання вихідних даних для програмування, яке є заключною стадією робіт по створенню і відлагодженню керуючих програм. До заключної стадії входять кодування, конструкторська та технологічна інформація, перевірка сумісності робіт інститутів, запис керуючої програми на перфострічку, відлагодження програми на верстаті. Програмування може здійснюватися ручним і машинним способами.

У загальному комплексі технологічної підготовки виробництва роботам по проектуванню технологічних процесів належить основне місце. Технологічний процес є основою не тільки для виготовлення виробу, а й для планування, нормування, обліку і т. д. Тому до появи ЕОМ прискорення і спрощення розв'язання технологічних завдань здійснювались на основі використання узагальнених типових матеріалів, різних таблиць, довідників тощо. Створення таких допоміжних матеріалів — один з перших етапів алгоритмізації проектування технологічних процесів, тобто розробки систем формальних правил, які однозначно визначають процес розв'язання завдань.

Роботи по автоматизації проектування технологічних процесів, які розпочалися в 60-х роках, показали принципіальну можливість застосування ЕОМ для проектування технології. Для створення системи автоматизації проектування технологічних процесів потрібно: а) розробити формальну і досить просту мову опису вихідної та довідково-нормативної інформації; б) розробити досить універсальну методику, придатну для алгоритмізації проектування технологічних процесів виготовлення деталей різних класів; в) на основі прийнятої методики і формальної мови опису даних створити алгоритми та програми проектування технологічних процесів; г) розробити ефективні пристрої обміну даними з ЕОМ та програмне забезпечення цих пристроїв, що дасть можливість, зокрема, організувати оперативний зв'язок технолога з ЕОМ.

Автоматизація проектування технологічних процесів дає можливість істотно скоротити затрати часу і підвищити якість проектування за рахунок застосування математичних методів. Вихідними даними у проектуванні технології є інформація про деталь, оснащення устаткування, інструмент, заготовку тощо. В результаті необхідно вибрати найраціональніший варіант технологічного процесу, який відповідав би умовам конкретної виробничої системи, тобто визначити склад і послідовність технологічних операцій, структуру й характеристики

кожної операції та переходу, які гарантують одержання заданої креслярської форми розмірів і точності деталі з найменшою технологічною собівартістю. Одержана інформація виводиться на алфавітно-цифровий друкуючий пристрій (АЦДП), креслярсько-графічні автомати та пристрої виведення керуючих програм — для верстатів з програмним управлінням.

Розв'язання завдання автоматизації проектування в загальному вигляді становить значні труднощі. Для ефективного використання ЕОМ і одержання практичних результатів потрібні деякі спрощення, спрямовані на обмеження числа аналізованих варіантів технологічних процесів. Певну роль у цьому відіграє уніфікація технології. Спрощення полягає в розчленуванні процесу проектування на ряд рівнів, наприклад чотири, різних за ступенем деталізації.

Перший рівень відбиває принципіальну схему технологічного процесу, яка включає в себе склад і послідовність етапів. Наприклад, у механообробці етапами є чорнова, напівчистова і остаточна обробка деталей. Вихідні дані — загальні відомості про деталь, програму випуску, методи і види обробки. Мета — створення кількох раціональних схем обробки деталей.

Другий рівень — проектування маршрутного технологічного процесу, що включає визначення складу і послідовності операції, вибір баз, устаткування, оснащення. Вихідні дані — схема технологічного процесу, відомості про форму, розміри, технічні вимоги до деталі, склад і характеристику устаткування й оснащення. Мета — визначення кількох раціональних маршрутних технологічних процесів.

На *третьому рівні* проектується операційний технологічний процес на основі раніше розроблених маршрутів обробки деталей. Ступінь деталізації маршруту доводиться до переходів у кожній операції. В результаті виявляється кілька варіантів оперативного технологічного процесу і з них вибирають оптимальний.

Четвертий рівень деталізації необхідний в разі використання верстатів з програмним керуванням. Ступінь деталізації тут доводиться до виявлення елементів траєкторії руху різального інструмента і команд керування верстатом.

Розв'язуючи завдання автоматизації проектування технологічних процесів, необхідно враховувати економічну ефективність. Тому початку робіт має передувати старанний аналіз виробництва з урахуванням обсягу випуску виробів, необхідних капітальних затрат, технологічних і виробничих показників.

Процес впровадження автоматизації проектування технології виробництва відбувається у три етапи. На *першому етапі* виконується дослідне проектування на ЕОМ технологічних процесів виготовлення найхарактерніших деталей, старання перевірка технології, якості проектування процесу в цілому і окремих операцій. За результатами перевірки вносять необхідні зміни в алгоритми і програми.

Дво- і трикратним проектуванням технології добиваються ліквідації всіх помилок і неточностей у вихідних даних та алгоритмах.

Другий етап — робота по дослідному виготовленню деталей за проектом, який розроблено на ЕОМ. Враховуючи велику кількість операцій і складність структури алгоритмів та програм, дослідне виготовлення деталей доцільно провадити послідовно окремими групами операцій. Наприклад, у дослідній партії за проектом, виконаним на ЕОМ, виготовляються деталі на токарних операціях. Потім дається остаточна оцінка якості машинної технології і в разі потреби вносяться зміни до програми або інформаційно-довідкові дані. Послідовною перевіркою всього комплексу технологічних операцій у виробничих умовах досягають усунення помилок та неточностей, допущених під час розробки алгоритмів та програмування.

На *третьому етапі* здійснюється масове проектування технології на ЕОМ за розробленим алгоритмом.

41.5. Технічне нормування операцій

Технічне нормування операцій механічної обробки заготовок провадиться на основі розрахованих режимів обробки, що характеризуються глибиною різання, подачею і швидкістю різання. Передусім, призначають глибину різання, потім подачу і, нарешті, швидкість різання.

Методика призначення режиму різання при одноінструментній обробці така. Глибину різання для чорнкової обробки призначають, виходячи з міркувань зняття припуску за один робочий хід. У цьому разі глибина різання відповідатиме проміжному припуску. Якщо для даного виду обробки припуск перевищує допустимий, призначають два робочих ходи або більше, але глибину різання приймають максимально допустиму, щоб зменшити число робочих ходів. При чистовій обробці глибину різання призначають, виходячи з умови забезпечення точності одержуваного розміру і заданої шорсткості поверхні.

Подача має бути максимально технологічно допустимою. Під час чорнкової обробки подачу лімітують міцністю і жорсткістю елементів технологічної системи, а під час чистової — точність одержуваного розміру і задана шорсткість поверхонь.

Швидкість різання залежить від вибраної глибини різання та подачі, якості оброблюваного матеріалу, різальних властивостей інструмента, геометричних параметрів ріжучого елемента інструмента та інших факторів. У повсякденній практиці швидкість різання визначають на основі нормативів режимів і вносять поправки у зв'язку з факторами, які не враховані у нормативах.

За даними швидкості різання знаходять розрахункову частину обертання різального інструмента чи заготовки n_2 або розрахункове

число подвійних ходів інструмента за хвилину. Розрахункове число n_2 узгоджують з паспортними даними верстата і приймають найближче менше. Розрахункову швидкість під час чорнової обробки перевіряють за допустимою потужністю верстата.

Для визначення оптимальних режимів різання на багатоінструментних верстатах методика розрахунку дещо інша — відповідно до методу багатоінструментної обробки. Обробку ведуть комплектом інструментів, закріплених в одному чи кількох блоках, причому кожний блок має єдину подачу на один оберт шпинделя верстата, а інструменти блока мають різну швидкість різання залежно від розмірів оброблюваної поверхні.

Режими різання призначають у такому порядку. Для кожного інструмента встановлюють глибину різання і подачу за методикою, вже розглянутою для одноінструментної обробки. Для кожного блока інструментів визначають за нормативами найменшу (лімітуючу) подачу, яка обмежується: при чорнових режимах — міцністю механізму подачі верстата, одного з інструментів блока або оброблюваної заготовки, а при чистових режимах — заданою шорсткістю поверхні.

Знайдену лімітуючу подачу порівнюють з паспортними даними верстата і в разі потреби коригують.

Швидкість різання розраховують, дібравши лімітуючий інструмент за швидкістю різання, тобто той інструмент, під час окремої роботи якого потрібна була б найменша порівняно з іншими інструментами швидкість різання.

Знаючи швидкість різання лімітуючим інструментом, визначають частоту обертання шпинделя n_2 , хв^{-1} , яку коригують згідно з паспортними даними верстата.

За знайденими значеннями режиму різання виконують контрольний розрахунок зусилля подачі, яке допускається міцністю механізму подачі верстата крутного момента, який допускається міцністю привода головного руху, і потужності верстата. В разі потреби коригують розраховані значення подачі і швидкості різання.

Технічна норма часу характеризує час, необхідний для виконання певної роботи в умовах даного виробництва з урахуванням передового досвіду і сучасних досягнень техніки, технології та організації виробництва. Разом з тим технічна норма — величина, змінна в часі, оскільки в міру вдосконалення технологічного процесу її слід перевіряти і переглядати, відображаючи тим самим поліпшення організації праці, впровадження нової техніки і нагромадження досвіду працівниками заводу відповідно до їх культурного і технічного рівня. Технічні норми часу — вихідні розрахункові величини для визначення виробничої потужності робочого місця, дільниці, цеху, а також для складання попередньої калькуляції собівартості обробки.

Розрахунок технічно обґрунтованої норми часу, хв , виконують за поштучним часом $t_{шт}$, який складається з оперативного часу $t_{оп}$ на

одну операцію, часу на обслуговування робочого місця $t_{\text{обс}}$ і часу на відпочинок та природні потреби $t_{\text{в}}$.

Норма оперативного часу, хв, включає норму технологічного (основного) часу t_0 і норму допоміжного часу $t_{\text{д}}$, не перекритого машинним часом:

$$t_{\text{оп}} = t_0 + t_{\text{д}}.$$

Поштучно-калькуляційний час $t_{\text{шт.к}}$, хв, дорівнює сумі поштучного і часті підготовчо-заклучного часу, що припадає на одну деталь:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + t_{\text{п.з}}/x,$$

де x — число деталей в одній партії.

Норма виробітку N — величина, обернена нормі часу. Вона являє собою кількість продукції, яку робітник має виробити за одиницю часу (хвилину, годину, зміну). При семигодинному робочому дні (420 хв) норма виробітку, шт., становитиме

$$N = 420/t_{\text{шт.к}}.$$

Зміна норми часу спричиняє зміну норми виробітку.

Для розрахунку *технологічного часу*, хв, користуються формулою, спільною для всіх видів обробки:

$$t_0 = (L/s_m) i; \quad L = l + l_1 + l_2 + l_3,$$

де L — повна довжина переміщення заготовки або інструмента в напрямі подачі, мм; l — довжина оброблюваної поверхні, мм; l_1 — розмір врізання інструмента, мм; l_2 — розмір перебігу інструмента або заготовки в напрямі подачі, мм; l_3 — додаткова довжина для взяття пробних стружок, мм; i — число робочих ходів; s_m — відносне переміщення заготовки або інструмента в напрямі подачі, мм/хв,

$$s_m = s_z z n = s'' n,$$

де s_z — подача на один зуб інструмента, мм; z — число зуб'їв інструмента; n — частота обертання, хв^{-1} (число подвійних ходів за секунду); s'' — подача, мм/об.

Розрахунок поштучного часу при багатоінструментному налагодженні і паралельній обробці виконують за формулою

$$t_{\text{шт}} = (1,15 \dots 1,2) (t_0 + t_{\text{д}}).$$

41.6. Технологічна документація

Документація — засіб інформації. З її допомогою досягають узгоджених і цілеспрямованих дій виробничого персоналу, забезпечують виконання директивних вимог, аналіз та контроль якості технологічного процесу, його вдосконалення.

Види, правила і положення про порядок розробки, оформлення, комплектації і обігу технологічної документації, яку розробляють і застосовують у виробництві всі машинобудівні організації та підприємства, встановлено міждержавними стандартами ЄСТД. Залежно від призначення технологічні документи поділяють на основні та допоміжні.

До *основних* належать документи, що містять зведену інформацію, необхідну для розв'язання одного завдання чи комплексу — інженерно-технічних, планово-економічних та організаційних; повністю і однозначно визначають технологічний процес (операцію) виготовлення або ремонту виробу (складових частин виробу).

До *допоміжних* належать документи, застосовувані у розробці, впровадженні і функціонуванні технологічних процесів та операцій, наприклад карта замовлення на проектування технологічного оснащення, акт впровадження технологічного процесу та ін.

Основні технологічні документи поділяють на документи загального і спеціального призначення.

До документів *загального призначення* належать технологічні документи, застосовувані окремо чи в комплектах документів на технологічні процеси (операції) незалежно від застосування технологічних методів виготовлення чи ремонту виробів (складових частин виробів), наприклад карта ескізів, технологічна інструкція.

До документів *спеціального призначення* належать документи, застосовувані для опису технологічних процесів та операцій залежно від типу й виду виробництва і застосовуваних технологічних методів виготовлення чи ремонту виробів (складових частин виробів), наприклад маршрутна карта, карта технологічного процесу, карта типового (групового) технологічного процесу, відомість виробів (деталей, складальних одиниць) до типового (групового) технологічного процесу (операції), операційна карта та ін.

До основних документів, що їх складають, розробляючи технологічні процеси, належать: технологічна інструкція, маршрутна карта, операційна карта, карта ескізів.

Технологічна інструкція — документ, призначений для опису технологічних процесів, методів та прийомів, що повторюються під час виготовлення чи ремонту виробів (складових частин виробів), правил експлуатації засобів технологічного оснащення. Застосовується з метою скорочення обсягу розроблюваної технологічної документації.

Маршрутна карта — документ, призначений для маршрутного чи маршрутно-операційного опису технологічного процесу або зазначення повного складу технологічних операцій при операційному типі виготовлення чи ремонту виробів (складових частин виробів), включаючи контроль і переміщення по всіх операціях різних технологічних методів у технологічній послідовності, із зазначенням даних про

устаткування, технологічне оснащення, матеріальні нормативи та трудові затрати.

Операційна карта — документ, призначений для опису технологічної операції із зазначенням послідовності виконання переходів, даних про засоби технологічного оснащення, режими та трудові затрати. Застосовується в розробці єдиних технологічних процесів.

Карта ескізів — графічний документ, який містить ескізи, схеми та таблиці і призначений для пояснення виконання технологічного процесу, операції або переходу виготовлення чи ремонту виробу (складових частин виробу), включаючи контроль та переміщення.

Документація, яку застосовують під час ремонту машин, поділяється на конструкторсько-технологічну, ремонтно-технічну та виробничо-контрольну.

Конструкторсько-технологічна документація являє собою документи проектного технологічного процесу. Її розробляє підприємство-виготовлювач і передає ремонтному заводу. До її складу входять: технічний опис та інструкція з експлуатації ремонтovanого виробу; комплекти серійних та ремонтних креслень; технічні умови на ремонт; інструкція з питань ремонту; альбом основних зчленувань та ремонтних допусків; каталог деталей та складальних одиниць; переліки запасних частин, матеріалів, ремонтно-монтажного інструменту та устаткування; креслення інструменту, оснащення та устаткування; норми витрати запасних частин та матеріалів.

Ремонтно-технологічна документація — документація робочого технологічного процесу. Її розробляє відділ головного технолога (ВГТ) провідного ремонтного заводу. Ремонтно-технологічна документація включає операційну технологію ремонту, складену відповідно до структури технологічного процесу ремонту і встановленого переліку об'єктів ремонту; листки зміни технології; технологічні інструкції, що містять методику виконання окремих технологічних процесів, спільних для кількох операційних технологій (наприклад, інструкція з питань контролю конічних шестерень під час складання).

До *виробничо-контрольної документації* належать документи приймання машини в ремонт; карта дефектації, ремонту, складання; протоколи випробувань; карти виконаних доробок; акти здавання відремонтованої машини представникам замовника. Усі ці документи утворюють справу ремонту, яку складають на кожний ремонтований виріб.

У міру нагромадження досвіду експлуатації і ремонту, вдосконалення конструкції, технології виробництва і ремонту до технологічної документації вносять зміни.

Контрольні запитання

1. Як класифікуються технологічні процеси обробки деталей?
2. Що включає в себе базова, керівна та довідкова інформація?

3. Чим оцінюється технологічна підготовленість виробництва до випуску нових виробів?
4. Які основні етапи розробки технологічних процесів?
5. Які принципи побудови технологічного маршруту?
6. У чому особливості проектування технологічних процесів на верстатах з ЧПК?
7. Чим характеризуються режими механічної обробки?
8. Що таке технічна норма часу?
9. Як обчислюють технологічний час?

Глава 42

ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

42.1. Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції. Розробка конструкції виробів на сучасному рівні машинобудівного виробництва має задовольняти як вимоги службово-експлуатаційного характеру, так і виробничі вимоги, зумовлені можливістю застосування високопродуктивних і рентабельних технологічних процесів з урахуванням конкретних умов та обсягів виробництва.

Критерій технологічності конструкції виробу — її економічна доцільність при заданій якості і прийнятих умовах виробництва, експлуатації та ремонту. У розробці конструкції виробу її технологічність має забезпечити зниження трудомісткості і собівартості виготовлення виробу, а також трудомісткості, циклу та вартості робіт по обслуговуванню виробу під час експлуатації.

До комплексу робіт, спрямованих на зниження трудомісткості та собівартості виготовлення, входять: підвищення серійності за рахунок стандартизації, уніфікації та групування деталей і їх елементів за конструктивно-технологічними ознаками; обмеження номенклатури конструкцій та застосовуваних матеріалів, наступність конструктивних вирішень; зменшення маси виробу і застосування високопродуктивних типових технологічних процесів та засобів технічного оснащення.

Комплекс робіт по зниженню трудомісткості, циклу та вартості робіт під час експлуатації включає раціональне виконання конструкцій, які забезпечують зручність технічного обслуговування й ремонту при необхідному забезпеченні якості виробу.

Технологічність конструкції виробу оцінюється системою показників, що охоплюють технологічну раціональність конструктивних вирішень і наступність конструкції або придатність для використання у складі інших виробів.

Технологічну раціональність конструктивних вирішень характеризують показники, які враховують взаємозв'язок основних параметрів трудових та матеріальних затрат з показниками якості виробу,

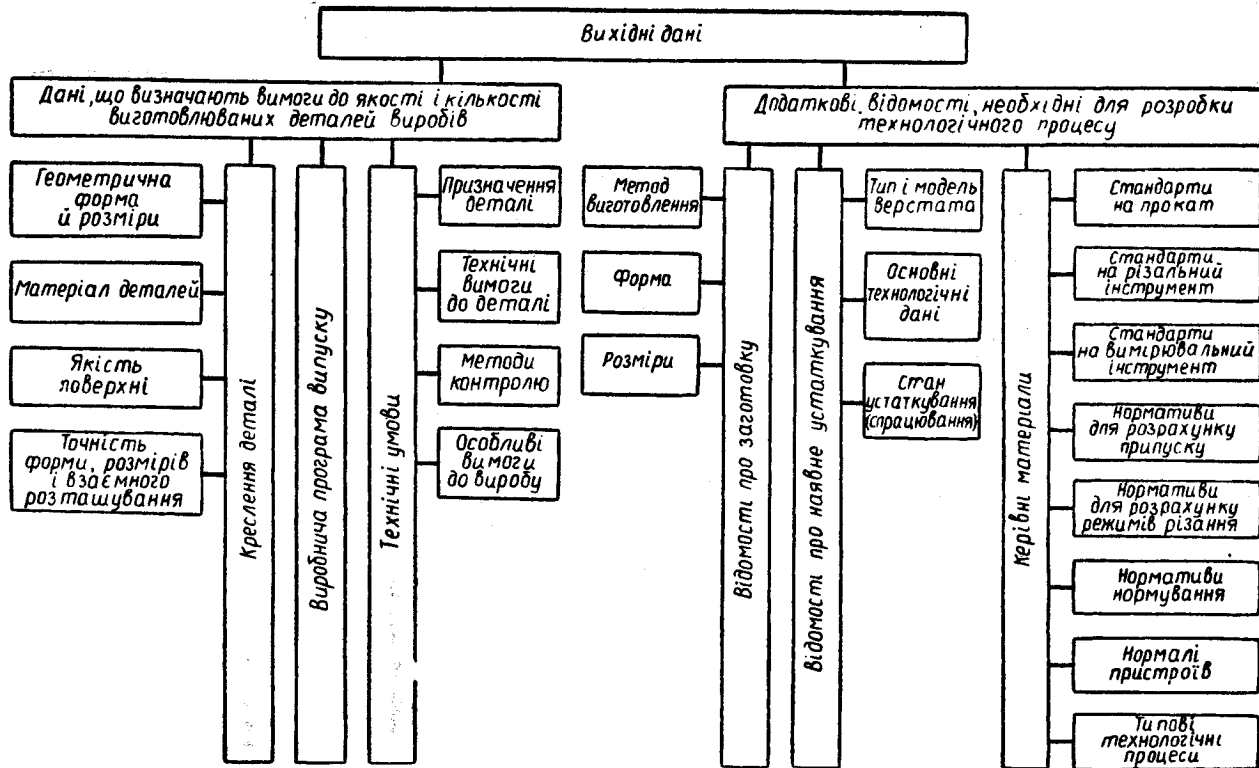


Рис. 42.1. Вихідні дані про проектування технологічних процесів

в тому числі показниками призначення, надійності і зручності під час експлуатації та ремонту, естетичність форми тощо. Кількість застосовуваних для оцінки рівня технологічності показників (комплексних і окремих) має бути мінімально достатньою. Такими показниками є трудомісткість виготовлення виробу, відносна трудомісткість заготовельних робіт за видами, технологічна собівартість, питома матеріаломісткість виробу та ряд коефіцієнтів, що враховують використання й застосовуваність матеріалів і типових технологічних процесів, точність обробки, шорсткість поверхні та ефективність взаємозамінності.

Проектування технологічних процесів обробки різанням починається із старанного вивчення вихідних даних проектування (рис. 42.1): розмірів програмного завдання, креслень і технічних умов на виготовлення та приймання виробу (при цьому обов'язково відпрацьовується конструкція на технологічність), креслярської підготовки. В разі потреби вивчаються також додаткові відомості:

діючі на підприємстві нормативні документи (державні, галузеві стандарти, стандарти підприємства), керівні технічні матеріали (каталоги на інструмент, вимірювальні засоби, пристрої та інше технологічне оснащення);

класифікатори конструктивних елементів виробу устаткування та матеріалів;

інформаційні матеріали про виробництво деталей, складальних одиниць та виробів і застосування технологічних процесів;

каталоги вироблюваного в країні устаткування і його паспортні дані, переліки наявного і замовленого устаткування;

довідкові і нормативні документи для вибору припусків, режимів роботи і нормування трудових затрат;

нормативи витрати матеріалів;

дані про наявність стандартизованого і універсального оснащення, а також про раніше розроблені конструкції оснащення;

довідкові документи на застосовувані допоміжні матеріали для потреб основного виробництва (охолодні рідини та ін.);

наявність площ для розширення виробництва.

42.2. Вибір устаткування, інструменту та засобів контролю

Технологічне устаткування. До нього належать знаряддя виробництва, в яких для виконання певної частини технологічного процесу розміщуються матеріали або заготовки, засоби діяння на них, а також технологічне оснащення і, в разі потреби, джерело енергії, наприклад: ливарні машини, преси, верстати, печі, гальванічні ванни, випробувальні стенди і т. д.

Устаткування з точки зору економічної ефективності має забезпечувати потрібну якість ремонту з продуктивністю, яка відповідає найменшому технологічному циклу; механізацію і автоматизацію трудомістких технологічних процесів і особливо тяжкої ручної праці; вигоди техніки безпеки і охорони праці.

Питання вибору груп, типів та моделей устаткування розглядаються на різних стадіях технологічної підготовки виробництва.

Можливе застосування універсального, спеціалізованого і спеціального устаткування (оснащення). Універсальне устаткування доступне, має високий технологічний потенціал. Діапазон його застосування досить широкий. Його застосовують на всіх стадіях технологічного процесу. Так, технічний стан об'єктів ремонту можна визначати за допомогою серійної дефектоскопічної апаратури та приладів. Для обробки тиском зручно застосовувати гідравлічні та фрикційні преси, обтягувальні та згинальні верстати. При виконанні слюсарних та складальних робіт треба передбачити використання верстаків, механізованого слюсарного інструменту. До універсального устаткування належать і автоматизовані насосні, повітряно-компресорні станції та комунікації. Основна обробка різанням здійснюється на універсальних верстатах.

Різноманітність об'єктів ремонту і технологічних завдань, прагнення підвищити завантаження устаткування і створити потокові форми організації праці поєднуються з доступністю розширення технологічних можливостей універсального устаткування (модернізацією). Як приклад можна навести металорізальні верстати. На них можна виконувати операції, не характерні для даного виду верстата. Так, на токарному верстаті виконують притирання, шліфування, протягування.

Широку модернізацію допускають шліфувальні верстати. На круглошліфувальному верстаті можна виконати внутрішнє і зовнішнє шліфування, притирання, хонінгування. На свердильних верстатах вдається виконувати хонінгування і притирання.

Якщо операція ремонту має систематичний характер, для деталей даного типорозміру доцільно застосовувати спеціалізоване (групове) устаткування. До нього належать автоматичні й механічні лінії промивання, мийні машини, механізовані ванни, піскоструминні, дробоструминні та кісточкової кришки апарати, безщепатні пристрої, конвейерні лінії, потокові напівавтоматичні лінії випробування агрегатів. Таке устаткування дає можливість обробляти деталі кількох назв, аналогічні щодо технологічної мети та конструкції.

Спеціальне устаткування треба застосовувати у випадках, коли робота виконується систематично на кожному об'єкті ремонту, забезпечує його значне завантаження і потребує особливих умов для продуктивного і якісного виконання технологічних операцій. Таке устаткування, як правило, має вузьку технологічну мету і не може вико-

ристовуватись для ремонту об'єктів інших назв. Спеціальне устаткування коштує дорого.

Попередній вибір групи устаткування роблять, призначаючи спосіб обробки поверхні, який забезпечує виконання технічних вимог до оброблюваних поверхонь. Потім під час розробки технологічного маршруту обробки і його техніко-економічного обґрунтування вибирають конкретну модель верстата.

Вибір верстата — одне з важливих завдань у проектуванні технологічного процесу обробки різання. Для будь-якої операції завжди можна підібрати відповідний верстат. Винятком є деякі операції в масовому виробництві, для яких економічно доцільно виготовляти спеціальні верстати. Проектуючи технологічні процеси, верстати вибирають за такими показниками: обробка — токарна, фрезерна, свердлильна і т. д.; точність і жорсткість верстата, висота і відстань між центрами, розміри стола; потужність верстата, частота обертання шпинделя, швидкість подачі; можливість механізації й автоматизації виконуваної обробки і т. п.; ціна верстата.

З метою економічного витрачання електроенергії обробку невеликих деталей слід планувати на верстатах менших розмірів, що мають відповідно менш потужні електродвигуни.

Основне завдання, що стоїть перед проектом під час вибору типів верстатів, — досягти найвищої продуктивності, заданої точності обробки деталей, найменшої собівартості їх обробки із забезпеченням найбільшої механізації та автоматизації виробничих процесів з урахуванням техніко-економічного обґрунтування.

При цьому треба пам'ятати, що різні верстати дають неоднакову точність обробки. Не можна, наприклад, на звичайному токарному верстаті, користуючись різцем, виготовити валик з допуском 0,01 мм по діаметру. Таку роботу може виконати тільки токар високої кваліфікації. Разом з тим цієї точності легко досягти на шліфувальному верстаті. Точність, яку може дати робітник середньої кваліфікації, працюючи на верстаті звичайним методом, називається середньою економічною точністю обробки. Звідси точність в 0,01 мм вище від середньої економічної точності обробки на токарному верстаті і відповідає середній економічній точності обробки шліфувального верстата.

В індивідуальному і малосерійному виробництвах слід застосовувати високопродуктивне універсальне устаткування, а в окремих випадках — спеціальні та агрегатні верстати.

Впровадження у виробництво групових методів обробки деталей сприяє підвищенню його серійності, а отже, дає можливість застосовувати агрегатні, швидко переналагоджувані верстати із стандартних агрегатів з силовими головками. Це особливо важливо в разі частішої зміни об'єктів виробництва. Доцільність застосування спеціальних, а також дорогих агрегатних верстатів має бути підтверджена техніко-економічним розрахунком.

Спеціалізоване устаткування в одиночному і малосерійному виробництвах доцільно застосовувати для обробки великогабаритних деталей. Слід також широко використовувати верстати з програмним керуванням, з гідрокопіювальними пристроями, багатосупортні, револьверні з груповими налагодженнями, свердлильні з багатошпindelними головками і розгорнутими шпинделями, застосовувати протяжні верстати замість стругальних і довбальних.

У серійному, великосерійному і масовому виробництвах головним напрямом є створення потокових автоматизованих виробництв. Оснащення цих виробництв може здійснюватись універсальним, спеціалізованим, багатопозиційним, агрегатним та автоматизованим устаткуванням. Розробку технологічних процесів і вибір устаткування для цих типів виробництв необхідно здійснювати на основі високої концентрації операцій.

Створення потокових виробництв на базі діючого устаткування часто пов'язане з його модернізацією з метою забезпечення впровадження принципу концентрації операцій, оснащення сучасними засобами комплексної механізації чи автоматизації, інтенсифікації технологічних процесів. Проектуючи нові багатонаменклатурні потокові виробництва, необхідно створювати швидко переналагоджувані лінії з агрегатних верстатів і верстатів з програмним керуванням. Ефективно також створювати такі лінії на базі високопродуктивних автоматів широкого призначення (токарних, гідрокопіювальних, безцентровошліфувальних та ін.).

Оснащувати цехи з масовим випуском однорідної продукції доцільно спеціалізованим типовим для даної галузі устаткуванням. Рекомендується широко застосовувати високопродуктивні роторні верстати-автомати.

Моделі верстатів слід добирати за каталогами.

У деяких випадках для масового та великосерійного виробництва допускають проектування верстата за оптимальною технологією. У цьому випадку розробляють завдання на проектування верстата.

Вибір різального інструменту. Різальний інструмент вибирають з урахуванням методу обробки, матеріалу оброблюваної деталі, її розмірів та конфігурації, потрібної якості оброблюваної поверхні, програми випуску деталей. Тип різального інструменту і матеріал його ріжучої частини істотно впливають на продуктивність і собівартість обробки.

Інструмент — технологічне оснащення, призначене для діяння на предмет праці з метою змінити його стан.

Для обробки деталей насамперед застосовують наявний стандартний інструмент, проте на деяких операціях, особливо в умовах серійного та масового виробництва, передбачають спеціальний інструмент.

Різальний інструмент, застосовуваний для обробки деталей на верстатах, поділяють на кілька підгруп (різці, свердла, фрези, розверт-

ки, мітчики тощо), а всередині кожної з них — на види і різновиди. Кожний різновид різального інструменту має свій цифровий індекс. Як ріжучу частину інструментів широко використовують тверді сплави, які забезпечують високі швидкості різання.

Призначення твердих сплавів при різних видах обробки наведено в табл. 42.1 та 42.2, а марок швидкорізальної сталі — в табл. 42.3.

Дані про абразивні круги наведено в табл. 42.4, алмазні та ельборові — у табл. 42.5.

Обробку заготовок ведуть переважно різцями, ріжучу частину яких оснащено стандартними пластинками з твердих сплавів. Існують два види твердосплавних пластинок:

1. Пластинки, призначені для оснащення різців, які після того, як вони досягнуть встановленого спрацювання, переточують.

2. Пластинки, що мають форму з кількома робочими вершинами. Після спрацювання ріжучої кромки на одній вершині поворотом встановлюють її в нове робоче положення і обробку ведуть ріжучою кромкою іншої вершини. Такі пластинки називають багатогранними непеточувальними.

Зараз під час остаточної обробки широко застосовують алмази (натуральні та синтетичні), особливо для обробки кольорових металів та сплавів (латуні, бронзи, алюмінієвих сплавів та ін.).

Витрати, пов'язані із застосуванням різального інструменту, — одна із складових собівартості виготовлюваної продукції.

Допоміжний інструмент поділяється на ряд підгруп (табл. 42.6). Позначають його так само, як і різальний, — двома чотиризначними індексами.

Конструкції допоміжного інструменту різноманітні. Його використовують для роботи практично на всіх верстатах (табл. 42.7, 42.8).

Допоміжний інструмент добирають до верстата за вже дібраним різальним інструментом для даного переходу операції технологічного процесу. Допоміжний інструмент повинен мати установочні поверхні та елементи кріплення, що відповідають різальному інструменту, поверхні установлення та елементи кріплення, які відповідають посадочним місцям верстата. У зв'язку з цим, добираючи його, необхідно:

чітко визначити конструкцію різального інструменту, форму і конструктивні особливості його установочних поверхонь та елементів кріплення;

встановити вид і характер посадочного місця даного верстата, форму установочних поверхонь, особливості елементів і потрібний характер кріплення;

порівняти відповідні дані установочних поверхонь та елементів кріплення різального інструменту і посадочного місця верстата;

дібрати за відповідними державними стандартами (або спроектувати) допоміжний інструмент, який за своїми даними відповідав би

Вид і характер обробки	Марка твердого сплаву								
	углецевої і легированої сталі	жароміцних і жаростійких сталей і сплавів	нержавеючої сталі аустенітного класу	загартованої сталі	титану і сплавів на його основі	чавуну тиском		кольорових металів і їхніх сплавів	нemetалевих матеріалів
						2,4 МПа	4,0 МПа		
Точіння чорнове по корці і окалині при нерівномірному перерізі зрізу і переривчастому різанні з ударами	T5K10	T5K12B	T5K12B	—	BK8	BK8	BK8	BK4	—
	T5K12B	TT7K12	BK8B	—	BK8B	BK8B	BK8B	BK6	
	BK8B	BK88	BK8		BK6M	BK4	BK3M	BK8	
Точіння чорнове по корці при нерівномірному перерізі зрізу і безперервному різанні	T14K8	BK4	BK4	—	BK4	BK4	BK6M	BK4	
	T5B10	BK8	BK8		BK8	BK8	BK4	BK6M	
		BK8M	BK6M		BK6M	BK6M	BK3M	BK3	
Точіння чорнове по корці при відносно рівномірному перерізі і безперервному різанні	T15K6	T15K10	BK6M	—	BK4	BK4	BK6M	BK2	BK4
	T14K8	BK4	BK4		BK8	BK8	BK2	BK3M	
		BK8	—					BK4	
Точіння напівчистове і чистове при переривчастому різанні	T15K6	BK4	BK4	T5K10	BK4	BK4	BK6M	BK2	BK2
	T14K8	BK8	BK8	BK4		BK6	—	BK3M	BK3M
	T5K10	BK8B	—	BK8		BK8	—	BK4	BK4
Тонке точіння при переривчастому різанні	T30K4	—	BK6M	T14K8	BK4	BK2	BK6M	BK2	BK2
	T15K6	—	—	T5K10	—	BK3M	BK2	BK3M	BK3M
				BK4	—	BK4	—	BK4	BK4
Тонке точіння при безперервному різанні	T30K4	—	BK6M	T30K4	BK4	BK2	BK6M	BK2	BK2
			BK3M	T15K6	BK6M	BK3M	BK3M	BK3M	BK3M
			—	BK6M	BK3M	—	BK2	—	—
Відрізування і прорізування канавок	T15K6	BK4	BK6M	—	BK4	BK4	BK6M	BK2	BK2
	T14K8	BK8	BK4		BK8	BK6	BK2	BK3M	BK3M
	T5K10	BK8B	—			BK8	—	BK4	BK4
Відрізування і прорізування Нарізування різьби: попереднє остаточне	T15K6	T15K6	BK6M	BK6M	BK4	BK2	BK6M	BK4	BK2
	T14K8	BK4	BK4	BK3M	BK3M	BK4	BK2	BK6M	BK4
		T14K8	—	BK4	BK6M	BK3M	BK3M	BK6	BK3M
	T30K4	T30K4	BK6M	—	—	—	—	BK2	BK2
	T15K6	T15K6	BK3M	—	—	—	—	BK3M	BK3M

Стругання і довбання чорнове	T15K12B	T5K12B	T5K12B	—	—	BK8	—	BK8	BK4
	BK8B	—	BK8	—	—	BK8B	—	BK8B	BK6
	BK15	—	BK15	—	—				BK8
напівчистове та чистове	T5K10	TT7K12	T5K12B	—	—	BK4	—	BK4	—
	T5K12B	—	BK8B	—	—	BK6	—	BK6	—
	K8B	—	BK1	—	—	BK8	—	—	—
	BK8B	—							
Фрезерування чорнове	T15K6	T5K10	T5K12B	—	BK4		—	BK4	BK2
	T14K8	BK4	T5K10		BK8		—	BK6	BK4
	T5K10	BK8	T14K8					BK8	
напівчистове та чистове	T30K4	T15K6	T15K6			BK6	BK6M	BK2	BK2
	T15K6	T14K8	T14K8			BK4		BK3M	BK3M
	T14K8	T5K10						BK4	
Свердління: суцільне неглибоких (нормальних) отворів	T5K10	T5K12B	T5K12B		BK8	BK4	BK8	BK4	BK2
	T5K12B	TT7K12	BK8B		BK8B	BK6	BK8B	BK6	BK4
	BK8	BK8B	BK8		BK8	BK8		BK8	
	BK8B	BK8		—					
суцільне глибоких отворів	T15K6								
	T14K8								
	T5K10								
	T5K12B								
	BK8								
кільцеве глибоких отворів	T15K6								
	T14K8								
	T5K10								
Розсвердлювання: неглибоких (нормальних) попе- редньо свердлених отворів		BK4	BK8	T14K8	BK4	BK2	BK6M	BK2	BK2
		BK8		T5K10	BK8	BK3M	BK4	BK3M	BK3M
				BK8		BK4		BK4	
неглибоких (нормальних) отворів у литих, кованих або штампова- них деталях	T5K10	T5K12B	T5K12B	—	—	BK4	—	BK4	—
	T5K12B	TT7K12	BK8B			BK6		BK6	
	BK8	BK8	BK8			BK8		BK8	
	BK8B	BK8B							
глибоких, попередньо просвердле- них отворів	T15K6		BK4	T14K8	—	BK2	BK6M		BK2
	T14K8		BK8	T5K10		BK3M	BK4		BK3M
				BK8		BK4			BK4

Вид і характер обробки	Марка твердого сплаву								
	вуглецевої і ле- гованої сталі	жароміцних і жаростійких сталей і сплавів	нержавіючої сталі аустеніт- ного класу	загартованої сталі	титану і сплавів на його основі	чавуну тиском		кольорових ме- талів і їхніх сплавів	неметалевих матеріалів
						2,4 МПа	4,0 МПа		
глибоких отворів у литих, кова- них та штампованих деталях, а також отворів з нерівномірним припуском на обробку і перерив- частим різанням	T5K10 T5K12B VK8 VK8B	T5K12B TT7K12 VK8 VK8B	T5K12B VK8 VK4	—	—	BK8 VK8B VK4	—	BK4 VK8 VK8B	—
Зенкерування: чорнове	T15K6 T14K8 T5K10 T5K12B	T5K10 VK4 VK8	BK6M VK4	—	BK4 VK8	BK4 VK6 VK8	BK6M VK4 VK4	BK4 VK6 VK8	BK4 VK6
напівчистове і чистове	T30K4 T15K6 T14K8	T15K6 T14K8 T5K10 VK6M	BK6M	—	BK4 VK8 VK4	BK2 VK3M VK4		BK2 VK3M VK4	
Розвірчування попереднє і оста- точно	T30K4 T15K6	T30K4 T15K6 VK6M VK3M	BK6M VK4	T30K4 VK3M VK6M	BK6M VK3M	BK2 VK3M VK4 VK6M	BK3M		

Примітка. Вітчизняна промисловість випускає три групи спечених сплавів: вольфрамові, титано-вольфрамові і титано-тантало-вольфрамові. Сплави першої групи складаються з карбідів вольфраму та металевого кобальту і позначаються літерами BK та цифрою, яка відповідає процентному вмісту кобальту. Сплави другої групи — з карбідів вольфраму, карбідів титану та металевого кобальту. Ці сплави позначають літерами TK та цифрами. Цифра після літери T вказує процентний вміст карбідів титану, а цифра після K — процентний вміст кобальту. Сплави третьої групи — з карбідів вольфраму, титану, танталу та металевого кобальту. Їх позначають літерами TTK та цифрами. Цифра, що стоїть після літер TT, вказує процентний вміст карбідів титану і карбідів танталу, а цифра після літери K — процентний вміст кобальту.

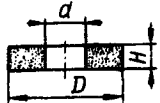
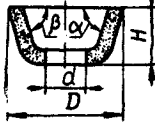
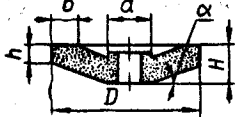
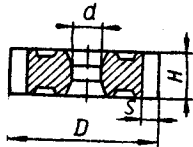
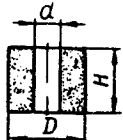
Таблиця 42.2

Причини незадовільної роботи інструменту	Дефекти, що виникають у процесі різання					
	Поломка інструменту	Викришування ріжучої кромки	Тріщини на ріжучій кромці	Утворення наросту	Підвищене спрацювання поверхні	
					задньої	передньої
Погана конструкція інструменту	Недостатньо міцний і жорсткий інструмент або слабка ріжуча кромка. Великий передній кут і малий кут нахилу ріжучої кромки. Неправильна конструкція стружколама		—	Надмірно великий передній кут	Великий радіус заокруглення вершини ріжучої кромки	Надмірно малий передній кут
Низька якість виготовлення інструменту	Неміцний інструмент або слабка ріжуча кромка	Погане напаявання пластинок твердого сплаву (тонкий прошарок припою). Великий передній кут. Груба заточка і доводка	—	Те саме	Те саме	Те саме
Неправильно вибрано марку твердого сплаву	Надмірно твердий або надто ламкий сплав		—	Великий вміст кобальту в твердому сплаві	Недостатня стійкість твердого сплаву проти спрацювання	
Тяжкі умови роботи	Механічні удари внаслідок переривчастого різання, великого припуску, малої величини подачі або поганого відведення стружки		Надмірне нагрівання у процесі різання	Низька швидкість різання або мала подача	Висока швидкість різання Мала подача Велика подача	
Неправильний спосіб охолодження	Переривчаста подача охолодного середовища. Недостатнє охолодження		—	Неправильно вибрано охолодне середовище	Слабка струмина або слабкі властивості охолоджувальні охолодного середовища	
Погане кріплення інструменту	Великий виліт або дроблення інструменту		—	—	Неправильно встановлено інструмент	

Таблиця 42.3

Оброблюваний матеріал, умови обробки	Марка сталі в разі				
	точіння	нарізування різьби		зенкерування, розвірчування, протягування	фрезерування
		мітчиком	плашкою		
Сталі конструкційні вуглецеві	P6M5 10P6M5	P6M5 P9Ф5	P6M5 9ХГ	P14Ф4 P9Ф5	P6M5 10P6M5
Те саме в разі роботи в умовах динамічних навантажень, з великими подачами	P6M3 P9K10 P18KФ2				P6M3 P9; P12 P18
Сталі конструкційні леговані	P9K5 P9M4K8 11AP3M3Ф2 10P6M5	P6M5K5 P6M5	P6M5K5 P6M2	P9Ф5 P14Ф4	10P6M5 P6M5K5
Сталі корозійно-стійкі, жаростійкі ($\sigma_B < 1079$ МПа)	P6M5K5 P12Ф2K8M3	P6M5K5 P9M4K8	P6M5K5 P9M4K8	P6M5K5 P18Ф2K5	P6M5K5 P9Ф2K10
Сплави жаростійкі, жароміцні	P9M4K8 P6M5K5 P9Ф2K5 P9Ф2K10	P9M5K5 P6M5K5	P6M5K5	P18Ф2K5	P9M4K8 P18Ф2K5 P10Ф5K5
Чавуни всіх марок	P9; P12 10P6M5	10P6M5	10P6M5	P14Ф4	P6M5
Кольорові сплави типу алюмінієвих, мідних, магнієвих	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5	P6M5 10P6M5

Тип і назва круга	Основні розміри, мм	Застосування
ПП — плоскі прямого профілю	$D = 3 \dots 1060$ $H = 6 \dots 250$ $d = 1 \dots 305$	Шліфування кругле, зовнішнє, внутрішнє, безцентрове, плоске периферією круга. Зубо-і шліцешліфування. Заточка різців
ЧП — плоскі з малим кутом конічного профілю	$D = 80 \dots 500$ $d = 20 \dots 203$ $H = 6 \dots 32$ $h = 2 \dots 5$ $\alpha = 15 \dots 35^\circ$	Шліфування зуб'їв коліс. Заточка фрез та пилок
ПВ — плоскі з виточкою	$D = 5 \dots 375$ $D_1 = 5 \dots 375$ $d = 3 \dots 305$ $H = 13 \dots 100$	Кругле і внутрішнє шліфування (забезпечують зручне і надійне кріплення)
ПВДК — плоскі з дво-сторонньою конічною виточкою	$D = 750$ $d = 305$ $H = 80$ $\alpha = 10; 15^\circ$	Кругле шліфування з підрізуванням торця
ПР — плоскі рифлені	$D = 500 \dots 1340$ $d = 51 \dots 250$ $H = 16$	Обдирне (рідше чистове) плоске шліфування на спеціальних верстатах. Круги ПР застосовують в разі небезпеки припикання і нагрівання оброблюваних деталей
Д — диски	$D = 80 \dots 500$ $d = 20; 32$ $H = 0,6 \dots 4,0$	Відрізування, прорізування пазів

Тип і назва круга	Основні розміри, мм	Застосування
<p>К — кільця</p> 	<p>$D = 90...685$ $d = 76...580$ $H = 50...150$</p>	<p>Пласке шліфування торцем круга</p>
<p>ЧК — чашки конічні</p> 	<p>$D = 50...300$ $d = 13...150$ $H = 25...150$ $\alpha = 50; 68; 70; 80^\circ$ $\beta = 45; 60; 65; 80^\circ$</p>	<p>Заточка інструменту. Пласке шліфування (наприклад, напрямних верстатів)</p>
<p>Т — тарілочки</p> 	<p>$D = 80...250$ $H = 8...25$ $h = 2...6$ $b = 4...13$ $\alpha = 13; 20; 32^\circ$</p>	<p>Заточка і доводка передніх поверхонь зуб'їв фрез</p>
<p>АПП, ЛПП — плоскі прямого профілю</p> 	<p>$D = 16...500$ $d = 6...305$ $H = 2...50$ $S = 2; 3; 5$</p>	<p>Кругле, зовнішнє і внутрішнє, плоске та безцентрове шліфування, заточка інструментів</p>
<p>АІПП, ЛІПП — плоскі прямого профілю без корпусу</p> 	<p>$D = 3...17$ $d = 1...6$ $H = 1...25$</p>	<p>Внутрішнє шліфування, доводка отворів</p>

і різальному інструменту, і верстату, тобто був би узгоджувальною проміжною ланкою між ними;

перевірити відповідність вибраного допоміжного інструменту характеру виконуваного переходу операції технологічного процесу.

Дані про дібраний допоміжний інструмент описуються у відповідних графах карт технологічного процесу поряд з даними про різальний інструмент за прийнятими позначеннями.

Таблиця 42.5

Марка круга	Діапазон зернистості	Зв'язка	Призначення	Оброблюваний матеріал
АСО, ПО	50/40...160/125	Органічна	Чистове і опоряджувальне шліфування	Тверді сплави, інструментальні і швидкорізальні сталі
АСР	63/50...250/200	Керамічна і органічна	Чистове і обдирне шліфування	Тверді сплави, швидкорізальні і леговані сталі, чавуни
ЛР	50/40...250/200	Керамічна	Для важкооброблюваних матеріалів	Конструкційні, інструментальні, жароміцні, корозійно-стійкі і швидкорізальні сталі
АСВ	80/63...400/315	Металева	Для важкооброблюваних матеріалів при підвищених питомих навантаженнях	Тверді сплави, чавуни, швидкорізальні сталі
АСМ, АМ				Тверді сплави, скло та інші тверді матеріали
ЛМ, АСН, АН	1/0...60/40	Металева	Для доводочних робіт	Природні і синтетичні алмази, корунди, кераміка та інші надтверді матеріали

Таблиця 42.6

Підгрупа	Індекс *
Втулки перехідні суцільні (під конусний хвостик)	610 **
Із зовнішнім конусом, конус Морзе з лапкою	6100—
Те саме, з конусом Морзе затяжним	6101—
Те саме, з металевим	6102—
Те саме, з конусом 7 : 24	6103—
Із зовнішнім циліндром	6105—
Патрони для кінцевого насадного інструменту	615 **
Жорсткі кулачкові	6150—
Те саме з втулками	6151—
Рухомі хитні	6155—
Те саме, плаваючі	6156—
Те саме, самовстановлювані	6157—
Державки для різців:	670 **
прямокутних прямих	6700—
прямокутних відігнутих	6701—
Призматичні (тангенціальні)	6703—
Круглий переріз	6708—
Оправка для насадних зенкерів, розверток та зенківок	623 **
Без напрямних, з конусним хвостовиком	6230—
Те саме, з циліндричним хвостовиком	6232—
З напрямними, з одним напрямом	6235—
Те саме, з двома напрямками	6236—
Оправки для фрез	622 **
Хвостові з конусом Морзе	6020—
Те саме, з конусом 7 : 24	6222—
Двохпорні з конусом Морзе	6224—
Те саме, з конусом 7 : 24	6225—

* Індекс різновиду інструменту за прийнятою класифікацією.

** Індекс виду.

Таблиця 42.7

Пристрої	Індекс *
Патрони:	
самоцентрівні трикулачкові	7100
токарні повідцеві	7108
повідцеві для нарізних кінців шпинделів	7108
чотирикулачкові з незалежним переміщенням кулачків	7103
повідцеві	6152
самоцентрівні двокулачкові	7102
цангові до токарно-револьверних верстатів	6151
магнітні	7108
токарні самоцентрівні три- та двокулачкові клинові і важільно-клинові	7102

Пристрої	Індекс *
Лещата:	
верстатні з ексцентриковим затискачем і однією рухомою губкою	7200
верстатні гвинтові самоцентрівні важільні для круглих профілів	7200
те саме, з призматичними губками	7200
для круглих профілів верстатні з ручним та механізованим приводами	7200

* Індекс різновиду інструменту за прийнятою класифікацією.

Таблиця 42.8

Пристрої, елементи пристроїв	Індекс *
Оправки:	
кулачкові шпindelельні з затискачем:	
ручним гвинтовим	7112
пневматичним	7113
кулачкові фланцеві з затискачем:	
ручним гвинтовим	7112
пневматичним	7113
зубчасті (шліцьові) прямобічні:	
конічні центрові	7150
центрові	7150
центрові з пресою посадкою заготовок	7150
шпindelельні	7113
центрові для точних робіт:	
конічні	7141
циліндричні	7160
циліндричні ступінчасті	7160
Хомутики повідцеві для токарних і фрезерних робіт	7107
Хомутики повідцеві для шліфувальних робіт	7107
Центри упорні з відтискною гайкою	7032
Півцентри упорні	7032
Центри упорні	7032
Центри повідцеві	7162
Центри упорні з конусністю 1:10 та 1:7	7032
Те саме з відтискною гайкою	7032
Центри обертів	—

* Індекс різновиду інструменту за прийнятою класифікацією.

Вибір засобів контролю (вимірювань). Вибір засобів технологічного оснащення процесів технічного контролю (засобів контролю) регламентований стандартом. Він має ґрунтуватися на забезпеченні заданих показників процесу контролю і аналізі затрат на його реалізацію

в установленій проміжок часу при заданій якості виробів. Обов'язкові показники процесу контролю: точність вимірювань, достовірність, трудомісткість і вартість контролю. Залежно від специфіки виробництва та видів об'єктів контролю, крім обов'язкових, допускається використовувати й інші показники: повноту, періодичність, тривалість контролю тощо.

В умовах одиничного та малосерійного виробництва застосовують в основному універсальні інструменти: штангенциркулі, мікрометри, нутромери, універсальні індикаторні прилади та ін. Відповідно до збільшення випуску деталей зростає застосування граничних калібрів, шаблонів, скоб, різних контрольних пристроїв та автоматичних засобів контролю.

Вибір засобів механізації та автоматизації. *Механізація технологічних процесів* — застосування енергії неживої природи в технологічному процесі або його складових частинах, повністю керованих людиною, що здійснюється з метою скорочення трудових затрат, поліпшення умов виробництва, підвищення обсягу випуску і якості продукції.

Автоматизація — застосування енергії неживої природи в технологічному процесі або його складових частинах для виконання і керування без безпосередньої участі людини, здійснюване з метою скорочення трудових затрат, поліпшення умов виробництва, підвищення обсягу випуску і якості продукції.

У міждержавних стандартах ЄСТПП передбачаються якісна і кількісна оцінки стану механізації та автоматизації технологічних процесів. Якісна оцінка провадиться за трьома показниками: видом, ступенем і категорією.

За видом розрізняють одиничну і комплексну механізацію та автоматизацію.

Одинична механізація або автоматизація — часткова або повна механізація чи автоматизація однієї первинної складової частини технологічного процесу або система технологічних процесів, виключаючи керування при механізації і включаючи його при автоматизації. Наприклад, у токарній операції механізовані або автоматизовані завантажування і розвантажування деталей; автоматизована одна з п'яти операцій обробки деталей і т. п.

Комплексна механізація або автоматизація — часткова чи повна механізація або автоматизація двох і більше первинних складових частин технологічного процесу або системи технологічних процесів, виключаючи керування при механізації і включаючи його при автоматизації. У випадку механізації чи автоматизації всіх без винятку первинних складових частин мають повнокомплексну механізацію та автоматизацію. Наприклад, усі п'ять операцій технологічного процесу механізовано чи автоматизовано.

Засоби механізації та автоматизації технологічних процесів вибирають у такому порядку: визначають об'єкти механізації та автоматиза-

ції, розробляють варіанти нових технологічних процесів або вдосконалюють діючі, вибирають оптимальний варіант технологічного процесу з встановленими засобами механізації та автоматизації. Об'єктами механізації можуть бути: завантажування, переміщення і затискування заготовки; керування верстатом; робочі рухи верстата і оброблюваної деталі під час обробки; прибирання, транспортування стружки тощо. Об'єктами автоматизації — завантажування і затискування заготовки; керування верстатом; робочі рухи верстата і деталі; контроль розмірів; міжопераційний транспорт та ін. Вибираючи конкретні конструктивні рішення, насамперед слід користуватися типовими рішеннями, що описані в літературі з механізації та автоматизації в машинобудуванні. В разі відсутності типового рішення розробляють принципіальну схему, яку беруть як основу для проектування. При цьому може бути кілька варіантів. Варіанти механізованих або автоматизованих технологічних операцій мають забезпечувати: заданий обсяг випуску продукції і строки виготовлення; потрібний рівень якості виробів; необхідні умови праці і техніки безпеки. Оптимальний варіант технологічного процесу визначають за мінімальною собівартістю продукції з урахуванням строків окупності капіталовкладення на механізацію чи автоматизацію. Вибраний варіант технологічного процесу з встановленими засобами механізації та автоматизації має забезпечувати (в разі його впровадження в умовах, тотожних іншим варіантам процесу) найбільшу економію уречевленої праці при найменших матеріальних затратах.

4.2.3. Припуски механічної обробки

Припуском на обробку називають шар матеріалу, який треба видалити з поверхні заготовки в процесі обробки, щоб досягти заданих точності та якості обробленої поверхні. Розмір припуску визначають як різницю між розміром заготовки і розміром деталі за робочим кресленням; припуск задають на сторону. Розрізняють проміжний і загальний припуски. *Проміжним припуском* називають шар матеріалу, який видаляють під час виконання окремого технологічного переходу. *Загальним припуском* називають шар матеріалу, який видаляють з заготовки на всіх технологічних переходах обробки даної поверхні. Отже, загальний припуск на обробку Z_s дорівнює сумі проміжних припусків на всіх технологічних операціях — від заготовки до розмірів деталі за робочим кресленням:

$$Z_s = \sum_{i=1}^{m_{\tau,n}} Z_i,$$

де Z_i — проміжні припуски; $m_{\tau,n}$ — число технологічних переходів.

Припуски вимірюють по нормалі до оброблюваної поверхні. Для зовнішніх поверхонь значення різниці розмірів, одержаних на попередній і подальшій операціях — величина додатна, а для внутрішніх — від'ємна.

Загальний припуск на обробку залежить від ряду факторів: розмірів і конфігурації деталі, її матеріалу, точності деталі, способу виготовлення заготовки та ін.

Припуски слід призначати оптимальні з урахуванням конкретних умов обробки. Завищені припуски призводять до підвищеної витрати матеріалу, зростання трудомісткості механічної обробки, значного підвищення експлуатаційних витрат верстатної обробки (електроенергії, інструменту та ін.). Завищені припуски ведуть до збільшення парку устаткування та виробничих площ, необхідних для його розміщення. Недостатні припуски можуть перешкоджати виправленню похибок від попередньої обробки і досягненню необхідної точності й шорсткості оброблюваної поверхні на виконуваному переході. Розмір припуску забезпечується точністю виготовлення заготовок, але підвищення вимог до точності в ряді випадків підвищує і собівартість їх виготовлення в заготівельних цехах, тому припуск слід вибирати оптимальним, тобто таким, що забезпечує якість обробленої поверхні при найменшій собівартості обробки в механічних та заготівельних цехах.

Значення припусків встановлюють за дослідно-статистичними даними або розрахунково-аналітичним методом. Перші складають на основі узагальнення досвіду передових заводів у вигляді нормативних таблиць. У довідковій літературі наводяться табличні значення припусків на механічну обробку заготовок, виготовлених різними методами. Ці матеріали (міждержавні стандарти, РТМ і т. д.) охоплюють лише спільні для різних галузей машинобудування типові деталі машин і, природно, не можуть охопити всієї багатоманітності конструктивних форм, розмірів, застосовуваного матеріалу, вимог якості виготовлених деталей та інших факторів.

Під час розрахунку припусків розв'язують такі завдання:

призначення оптимальних проміжних розмірів заготовок для всіх технологічних переходів від чорнкової заготовки до готової деталі; призначення мінімальної кількості технологічних переходів при заданій точності і якості обробки.

До основних факторів, що визначають припуск, належать:

1. Конфігурація заготовки і розміри її.
2. Матеріал заготовки, характер її, спосіб і точність виготовлення.
3. Технічні вимоги до якості, шорсткості оброблених поверхонь, точності розмірів деталі.
4. Структура технологічного процесу обробки деталі і точність її встановлення під час базування.

Припуск має бути оптимальним, тобто таким, який би гарантував виконання потрібної механічної обробки відповідно до креслень та тех-

нічних умов при мінімальній витраті матеріалу і найменшій собівартості деталі. Визначення оптимальних припусків на обробку, як і вибір методу виготовлення заготовки деталі, — одне з найважливіших техніко-економічних питань у проектуванні технологічних процесів.

Міжопераційні припуски рекомендується обчислювати за методикою і формулами Кована. Досвід розрахунку припусків за методом Кована чи за якимось іншим показує, що обчислені числові значення припусків не завжди відповідають прийнятим на ряді великих підприємств країни.

Існують розрахунково-аналітичний і дослідно-статистичний методи розрахунку припусків.

Розрахунково-аналітичний метод полягає в тому, що визначають мінімальні (операційні) припуски для кожного переходу залежно від виду механічної обробки:

1. Обробка асиметрично розташованих поверхонь

$$Z_{i \min} = Ra_{(i-1)} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_{yi}$$

2. Обробка симетрично розташованих поверхонь

$$2Z_{i \min} = 2(Ra_{(i-1)} + H_{i-1} + \rho_{i-1} + \epsilon_{yi})$$

3. Обробка поверхонь обертання

$$2Z_{i \min} = 2(Ra_{(i-1)} + H_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \epsilon_{yi}^2})$$

4. Обробка поверхні обертання, встановленої в центрах, або безцентрове шліфування,

$$2Z_{i \min} = 2(Ra_{(i-1)} + H_{i-1} + \rho_{i-1})$$

5. Обробка плаваючою розверткою або протягуванням

$$2Z_{i \min} = 2(Ra_{(i-1)} + H_{i-1})$$

6. Доведення (суперфінішування, полірування, розкатування чи накатування і т. п.).

$$2Z_{i \min} = 2Ra_{(i-1)}$$

7. Шліфування після термічної операції

$$\left. \begin{aligned} Z_{i \min} &= Ra_{(i-1)} + \rho_{i-1} + \epsilon_{yi}; \\ 2Z_{i \min} &= 2(Ra_{(i-1)} + \rho_{i-1} + \epsilon_{yi}), \end{aligned} \right\}$$

де Ra — значення параметра шорсткості поверхні; H — висота дефектного шару; ρ — просторове відхилення від округлості, циліндричності, площинності і т. п.; ϵ_y — похибка установлення заготовки; $(i-1)$ — індекс попереднього переходу; i — індекс даного переходу.

Відхилення ρ для подальших операцій можна вибирати так: для чорнового точіння і попереднього шліфування $\rho = 0,06\rho_s$; напівчистового точіння і розсвердлювання отворів $\rho = 0,05\rho_s$; чистового

точіння і шліфування $\rho = 0,04\rho_3$; дворазового чистового точіння і шліфування $\rho = 0,02\rho_3$; для зенкування і розвірчування $\rho = (0,002 \dots 0,005) \rho_3$. Тут ρ_3 — відхилення заготовки. Якщо заготовку обробляють багатопозиційними операціями, то похибку установлення визначають з урахуванням похибки індексації ε_{in} , мкм, тобто $\varepsilon_i = 0,06\varepsilon_{i-1} + \varepsilon_{in}$, де $\varepsilon_{in} = 50$ мкм.

Оскільки на припуск задається допуск, то

$$Z_{i\text{in}} = Z_{i\text{min}} + \Delta_{(i-1)},$$

або

$$Z_{\text{заг}} = \Sigma Z_{i\text{in}},$$

де $Z_{i\text{in}}$ — номінальний припуск на кожний перехід; $Z_{\text{заг}}$ — загальний припуск на операцію; Δ_{i-1} — допуск на проміжний розмір.

Знаючи загальний припуск на операцію, визначають розмір заготовки для вала B та отвору A :

$$B_{з.нм} = B_{д.нм} + Z_{\text{заг}}; \quad A_{з.нм} = A_{д.нб} - Z_{\text{заг}};$$

$$B_{з.нб} = B_{з.нм} + \Delta_{i-1}; \quad A_{з.нб} = A_{з.нм} - \Delta_{i-1},$$

де $A_з$ та $B_з$ — розміри заготовки; $A_д$ та $B_д$ — розміри деталі; Δ_{i-1} — допуск на передостанню операцію.

Потім визначають розміри заготовки після кожного переходу.

Знаючи граничні розміри заготовок після кожного технологічного переходу, можна знайти максимальний і мінімальний припуски:

1. для вала

$$Z_{\text{max } i} = B_{нб(i-1)} - B_{нбi}; \quad Z_{\text{min } i} = B_{нм(i-1)} - B_{нмi}.$$

2. для отвору

$$Z_{\text{max } i} = A_{нмi} - A_{нм(i-1)}; \quad Z_{\text{min } i} = A_{нбi} - A_{нб(i-1)}.$$

Загальні граничні розміри припуску визначаються як

$$Z_{\text{заг max}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{max } i} \quad \text{та} \quad Z_{\text{заг min}} = \sum_{i=1}^n Z_{\text{min } i}.$$

Правильно обчислені припуски мають задовольняти таку умову:

$$Z_{\text{заг max}} - Z_{\text{заг min}} = \Delta_з - \Delta_д$$

або

$$Z_{i\text{max}} - Z_{i\text{min}} = \Delta_{з(i-1)} - \Delta_{зi}.$$

Дослідно-статистичний метод полягає в тому, що припуски на обробку заготовки вибирають за нормативами з урахуванням виду заготовки, способів обробки, точності досягнення розміру тощо. Тоді для зовнішніх розмірів тіл обертання $D_з = D_д + 2Z_{\text{заг}i}$; для внутрішніх розмірів тіл обертання $d_з = d_д - 2Z_{\text{заг}i}$; для лінійних розмірів

$L_3 = L_d + (Z'_{\text{заг}} + Z''_{\text{заг}})$, де D_3 , d_3 , L_3 (D_d , d_d , L_d) — зовнішні, внутрішні та лінійні розміри заготовки (деталі); $Z_{\text{заг}}$, $Z'_{\text{заг}}$ — загальний припуск на лінійні розміри з обох сторін заготовки.

42.4. Режими різання

Для встановлення технологічних режимів роботи устаткування по операціях технологічного процесу необхідно мати такі дані: маршрутний технологічний процес обробки деталі; розміри заготовки і способи її базування і закріплення у пристроях по операціях; припуск на обробку; виконавчі і операційні розміри, допуски і шорсткість оброблюваних поверхонь; типи та моделі верстатів і їх паспортні дані; конструкцію, геометричні параметри і матеріал ріжучої частини інструмента; стійкість різального інструменту; механічні властивості оброблюваного матеріалу.

До основних факторів, що визначають режими різання, належать: оброблюваність матеріалу деталі; матеріал застосовуваного різального інструменту і його різальні властивості; спрацювання різального інструменту; геометричні параметри ріжучої частини інструмента; вимоги до чистоти і точності оброблюваної поверхні. Від режимів різання залежать продуктивність, точність, якість поверхні і собівартість обробки.

Розрахунок режимів різання виконують у певній послідовності. Нижче розглянуто послідовність розрахунку на прикладі токарної, фрезерної обробок і свердління.

1. Визначають глибину різання (при однопрохідній обробці вона дорівнює проміжному припуску на обробку; при багатопрохідній глибину призначають максимально допустимою).

2. Вибирають максимальну технологічно допустиму подачу (для попередньої обробки — за таблицями або аналітичним способом, а для чистової обробки — відповідно до потрібної шорсткості обробленої поверхні).

У разі обробки на токарних верстатах рекомендовану таблицями технологічно допустиму подачу необхідно перевірити за умовами міцності і жорсткості різця, а також оброблюваної деталі; міцності механізму подачі верстата; шорсткості оброблюваної поверхні.

Під час обробки на фрезерних верстатах рекомендовану таблицями технологічно допустиму подачу на зуб фрези необхідно перевірити за умовами міцності механізму подачі верстата, жорсткості фрезерної оправки; під час обробки на свердильних верстатах — міцності свердла та механізму подачі верстата.

З усіх розрахованих подач вибирають найменшу, яку потім коригують за паспортом верстата (за паспортом вибирають найближчу меншу подачу).

3. Визначають стійкість різального інструменту (за доповідниками), яка гарантує найменшу вартість обробки і найбільшу норму виробітку.

4. Визначають швидкість різання.

5. Визначають частоту обертання шпинделя. Розрахункове число обертів коригують за паспортом верстата (частіше вибирають найбільше менше число).

6. Розглядають фактичну швидкість різання за прийнятою частотою обертання.

7. Розраховують зусилля різання.

8. Визначають потужність, що витрачається на різання. Вона має не перевищувати потужності електродвигуна верстата більш як на 10 %.

Розраховані режими різання в зазначеній вище послідовності мають бути оптимальними і гарантувати найбільшу продуктивність праці при найкращій якості обробки з максимальним використанням верстатів щодо потужності і в часі і найекономнішим використанням інструменту. Розрахунок режимів різання на багатоінструментних верстатах виконують за спеціальною методикою, яка відрізняється від методики для одноінструментної обробки.

Послідовність розрахунку режиму різання при багатоінструментній обробці така.

1. Складають план обробки і схему настроювання роботи окремих інструментів.

2. Визначають глибину різання для кожного інструмента.

3. Призначають максимальну технологічно допустиму подачу для кожного інструмента за нормативами.

4. Вибирають і коригують подачу, прийнятну для всіх інструментів даного супорта чи шпинделя.

5. Установлюють подачі відповідно до паспортних даних верстата.

6. Призначають найвигідніші швидкості різання для кожного інструмента, зокрема за нормативами.

7. Вибирають єдину лімітуючу швидкість різання, яка гарантує найвигіднішу стійкість усього робочого комплекту.

8. Установлюють швидкості різання і число обертів за паспортом верстата.

9. Визначають зусилля для кожного інструмента окремо, а також потужність для кожного інструмента і для групи інструментів, що одночасно працюють. Ця потужність має не перевищувати потужності верстата з урахуванням ККД більш як на 10 %.

Розрахунок режимів різання при механічній обробці. Основні вихідні дані для розрахунку або вибору режиму різання: річна виробнича програма; робоче креслення деталі і заготовки; використовуване устаткування та інструмент; довідкова література. Режими різання

можна призначити за довідковими даними або обчислити за формулами, які наведено в табл. 42.9, 42.10.

Існує кілька методів розрахунку режимів різання: методи лінійного, диференціального та геометричного програмування і метод послідовного визначення елементів. Останній у практиці машинобудування і ремонтного виробництва застосовують найчастіше. Суть його полягає в тому, що спочатку визначають або розраховують один з елементів режиму різання. Усі інші визначають залежно від відомих попередніх елементів.

Основні критерії, що визначають правильність вибраних режимів різання,— основний час обробки t_0 і стійкість інструмента t_c , хв:

$$t_c^m = c_0/vt^{x_0}s^{y_0}.$$

Значення v , t та s впливають на стійкість інструмента як прямо, так і опосередковано. Так, якщо обробляти сиру сталь різцем Т15К6 і при всіх інших однакових умовах по черзі збільшувати v , s та t на 50 %, то стійкість різця зменшиться відповідно на 86, 50 та 30 %. Отже, розраховуючи режими різання, насамперед слід приймати максимальний припуск на обробку, потім найбільшу подачу i , нарешті, найвищу швидкість різання.

Розрахунок режимів різання може бути загальним, інструментальним і частковим. При загальному розрахунку розробник має дуже малу інформацію — робоче креслення деталі, заготовки та річну виробничу програму. Йому потрібно вибрати устаткування та інструмент і розрахувати режими різання так, щоб забезпечити найменший основний час t_0 обробки. Такий метод розрахунку застосовують в основному для проектування нових і реконструкції застарілих цехів. В інструментальному розрахунку розробник, крім такої самої вихідної інформації, як і в загальному розрахунку, має відомості про використовуване устаткування. В разі часткового розрахунку розробник має повну інформацію про заготовку, деталі, устаткування та інструмент і має вибрати такі режими різання, які забезпечували б найменше t_0 при конкретному устаткуванні та інструменті з тими обмеженнями, що на них накладаються.

Розрахунок режиму різання при послідовному визначенні елементів ведуть у два етапи: визначають елементи режиму різання, перевіряють правильність вибраних елементів, тобто виконують перевірний розрахунок.

У курсовому проекті з технології машинобудування і ремонту машин режим різання для всіх операцій призначають, а за завданням викладача для однієї-двох операцій і розраховують.

Методику призначення і розрахунку режимів різання при одноінструментній обробці застосовують в індивідуальному, малосерійному та серійному виробництвах. Режими різання вибирають у такому порядку.

Таблиця 42.9

Вид обробки	Глибина різання	Подача	Швидкість різання
Точіння, розточування, від- різання різцем	t	s_0	$v = \frac{c_v}{T^m t^x v_s^y v_u} R$
Свердління	$t = 0,5D$	$s_0 = s_z Z$	$v = \frac{c_v D^q v}{T^m s^y v_u} R$
Розсвердлювання, зенкуван- ня, розвірчування	$t = 0,5(D - d)$	$s_0 = cD^{0,6}$	$v = \frac{c_v D^q v}{T^m t^x v_s^y v_u} R$
Фрезерування, різання	t	$s_z, s_0, s_m =$ $= s_z z_{\phi} n$	$v = \frac{c_v D^q v}{T^m t^x v_s^y v_u B^u v_z^p v_o} R$
Стругання, довбання		s_x	$v = \frac{c_v}{T^m t^x v_s^y v_u} R$
Нарізування різьби:			
різцем	$t = t_p / l$	$s_0 = t_p$	$v = \frac{c_v t^x v}{T^m t^y v_t^x v_o} R$
мітчиком плашкою, різбовими головками	Глибина профілю різьби		$v = \frac{c_v d^q v}{T^m t^y v_u} R$
різбовою фрезою	Те саме		$v = \frac{c_v}{T^m s^y v_u m^x v_o} R$
Нарізування зуб'їв коліс:			
черв'ячною дисковою фрезою і довбачем	Глибина западини зуба	s_z, s_0, s_m	$v = \frac{c_v}{T^m s^y v_u h^x v_o} R$
черв'ячною модульного фрезою		Те саме	Те саме
гребінкою, дисковим довбачем		s_x	$v = \frac{c_v u^q v}{T^m s^y v_u h^x v_o} R$
Шліфування:			
зовнішнє і внутрішнє	t	$s_0 = \beta_1 B k$	$v_g = \frac{c_v D^q}{T^m t^x v_o}$
		s_m	$v_g = \frac{c_v D^q}{T^m 2t^x v_o s_0}$
плоске периферією кру- га	Те саме	s_m	$v_g = \frac{c_v}{T^m B^n v_t}$

Таблиця 42.10

Частота обертання шпинделя або число подвійних ходів	Тангенціальна або осьова сила різання	Потужність різання або крутний момент
$n = \frac{1000v}{\pi D}$	$P_z = c_p t^{x_p} z_c^{y_p} z_v^{n_p} z k_p$ $P_o = c_p D^q P_s^{y_p} k_p$ $P_o = c_p D^q P_t^{x_p} P_s^{y_p} k_p$	$N_p = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$ $M' = c_{хв} D^{qM'} s^{yM'} k_p$ $N_p = \frac{M' n}{975}$ $M' = c_{хв} D^{qM'} t^{xM'} s^{yM'} k_p$
$n = \frac{1000v}{L' (1 + v_{p.x}/v_{x.ш})}$	$P_z = \frac{c_p t^{x_p} P_s^{y_p} B^{n_p} P Z}{D^q P_h W P} k_p$ $P_z = c_p t^{x_p} z_c^{y_p} z_v^{n_p} z k_p$	$N_p = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$
$n = \frac{1000n}{\pi D}$	$P_z = \frac{c_p t^{y_p}}{t^{n_p}} k_p$	$N_p = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}$ $M' = c_M D^{qM'} t^{yM'} k_p$ $N_p = \frac{M' n}{975}$
$n = \frac{1000v}{2L'}$		$N = 10^4 c_N s^{yN} m^{xN} z^{qN} v k_N$ $N_p = 10^{-3} c_N s^{yN} m^{xN} \times$ $\times D^{uN} z^{qN} v k_o$
$n = \frac{1000v}{\pi D}$	—	$N_p = c_N v D^r t^{xN} B$

Примітка. Тут B — ширина поверхні, яку фрезерують чи шліфують, мм; B_k — ширина шліфувального круга, мм; c — коефіцієнт, що характеризує властивості оброблюваного матеріалу, інструменту та умови обробки в разі визначення v , P , M' та s_o ; D — діаметр оброблюваної деталі або інструмента, мм; d — внутрішній діаметр оброблюваної деталі, мм; i — число проходів; k — поправковий коефіцієнт під час обробки; M' — крутний момент, Н·м; L' — довжина ходу стола, мм; m — модуль різьби; N_p — потужність різання, кВт; n — частота обертання шпинделя верстата, деталі, інструмента, $хв^{-1}$, або число подвійних ходів стола, різця, хід/хв; P_o та P_z — осьова та тангенціальна сили різання, Н; s_o , s_z , $s_{хв}$ та s_x — подача на один оберт, мм/об, на один зуб, мм/зуб, хвилинна подача, мм/хв та подача на один подвійний хід, мм/хід; t — період стійкості різального інструменту, хв; t — глибина різання або шліфування; v — крок нарізаної різьби, мм; v_d — швидкість обертання деталі, м/хв; v — швидкість різання, м/хв; $v_{p.x}$ та $v_{x.x}$ — швидкості робочого та холодно-го ходів стола, різця або довбача, м/хв; Z — припуск на обробку; Z_ϕ — число зубів фрези; β_1 — коефіцієнт поздовжньої подачі; m , x , y , q , u , p , z та w — коефіцієнти.

Вивчивши робоче креслення деталі і конкретний оброблюваний елемент заготовки, визначають довжину робочого ходу інструмента. Керуючись довідковою літературою, вибирають різальний інструмент і його стійкість, враховуючи при цьому властивості оброблюваного матеріалу, точність обробки, жорсткість системи СПВД, припуск, а також використовуючи матеріали табл. 42,9, визначають глибину різання.

Треба намагатися, щоб глибина різання дорівнювала припуску на обробку, тобто $t = Z$. Якщо з технологічних причин (точність обробки, шорсткість поверхні і т. д.) такого співвідношення досягти не вдається, то під час першого проходу глибина різання має становити $t_1 = (0,8 \dots 0,9) Z$, а під час другого $t_2 = (0,2 \dots 0,1) Z$.

Подачу інструмента s , мм, для точіння визначають з умови

$$s = cRa_n^{yru} / t^x \varphi^z \varphi_1^z,$$

де c — коефіцієнт, що характеризує властивості оброблюваного матеріалу та інструмента ($c = 0,008 \dots 0,29$); Ra — висота мікронерівностей оброблюваної поверхні, мкм; r — радіус при вершині різця, мм; φ та φ_1 — головний та допоміжний кути в плані різця; y, u, x та z — показники степеня ($y = 0,6 \dots 1,4$; $u = 0,3 \dots 0,75$; $x = 0,12 \dots 0,3$; $z = 0,15 \dots 0,5$).

Знаючи t та s для конкретної операції певного інструмента, матеріалу оброблюваної деталі та умов обробки, вибирають або обчислюють швидкість різання v . Якщо інструмент заточують алмазними кругами, то одержану розрахункову швидкість різання треба помножити на поправковий коефіцієнт $k = 1,08$ при централізованому заточуванні) або $k = 0,88$ (при децентралізованому заточуванні).

Маючи швидкість різання, за табл. 42.9 та 42.10 визначають розрахункову частоту обертання шпинделя верстата або число подвійних ходів стола і різця. Звіряючи добуте значення n_p з паспортними даними верстата, встановлюють фактичну частоту обертання шпинделя n_ϕ , максимально наближену до розрахункової. За n_ϕ переобчислюють фактичну швидкість різання v_ϕ , м/хв. Наприклад, для точіння

$$v_\phi = \pi D n_\phi / 1000.$$

Визначивши силу різання P_p за довідковими даними або обчисливши її за формулами табл. 42.9 та 42.10, визначають ефективну потужність різання N_e . Наприклад, для точіння

$$N_e = P_p v_\phi / 6120,$$

або

$$N_e = M'_{кр} n_\phi / 306.$$

Ефективну потужність різання можна добирати також за нормативними даними довідкової літератури.

За ефективною потужністю різання визначають потужність шпинделя верстата, кВт:

$$N_{\text{шп}} = N_e / \eta.$$

Значення $N_{\text{шп}}$ має бути меншим від потужності електродвигуна верстата або дорівнювати їй, тобто $N_{\text{шп}} \leq N_{\text{дв}}$. У цьому випадку обробка деталі можлива.

Методику призначення режимів різання при багатоінструментній обробці застосовують у великосерійному і масовому виробництвах, де для підвищення продуктивності і зниження собівартості обробки деталі застосовують налагодження кількох інструментів на одно- та багатошпиндельних верстатах різного призначення. Режими різання при багатоінструментній обробці вибирають аналогічно режимам різання при одноінструментній обробці в такому порядку:

1. Вибирають установочну поверхню оброблюваної деталі, схему розташування інструменту і кінцеві розміри після обробки.

2. Визначають глибину різання на кожному переході за формулою.

3. Добирають різальний інструмент.

4. Визначають подачу в два етапи. На першому етапі її шукають у довідковій літературі при одноінструментній обробці, враховуючи глибину різання, розміри обробки, механічні властивості оброблюваного і різального матеріалу, точність обробки, шорсткість поверхні, послідовність роботи інструменту і т. д. На другому етапі цю подачу коригують з урахуванням можливості верстата і характеру оброблюваної поверхні. Під час точіння подачі, що мають значення менші від основного часу, зменшують. У фрезеруванні прагнуть до того, щоб хвилинна подача (у загальному випадку) або подача на один оберт фрези для всіх інструментів, установлених на одній оправці, була однаковою. Під час свердління і розвірчування подачі інструментів, установлених на багатошпиндельній головці, повинні відповідати загальній хвилинній подачі багатошпиндельної головки.

5. Визначають стійкість інструмента, що передує вибору швидкості різання. Чим більше інструментів у налагодженні, тим їх стійкість нижча. За оптимальну приймають швидкість інструмента (з усіх наявних на одному супорті) з найменшою частотою обертання шпинделя чи інструмента, що має найменшу хвилинну подачу в багатошпиндельній головці, або найменшу швидкість різання. Рекомендують при цьому передбачати одну-дві заміни протягом зміни. За визначеною стійкістю інструмента обчислюють швидкість різання так само, як і для одноінструментної обробки. Для таких інструментів, як мітчики та розвертки, швидкості різання визначають незалежно від стійкості, оскільки вони визначаються технологічними можливостями.

6. Знаючи швидкість різання, визначають частоту обертання шпинделів та хвилинні подачі.

7. Правильність вибраних елементів режиму різання перевіряють так само, як і при одноінструментній обробці, причому сумарна ефективна потужність різання має бути менша від потужності привода верстата.

42.5. Нормування механічної обробки

Загальні відомості. У машинобудуванні розрізняють три методи нормування: технічний розрахунок за нормативами; порівняння і розрахунок за укрупненими типовими нормативами; встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу. Користуючись першим методом, тривалість операції встановлюють розрахунковим способом за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата. За другим методом норму часу визначають наближено, за укрупненими типовими нормативами. Його застосовують в одиничному і малосерійному виробництвах. За третім методом норму часу встановлюють на основі хронометражу. Цей метод має особливе значення для вивчення і узагальнення передових прийомів праці, а також для розробки нормативів, необхідних для встановлення технічно обґрунтованих норм розрахунковим способом.

Для нормування в кожному конкретному випадку необхідно користуватись довідковою літературою. Розряд роботи для кожної операції встановлюють за тарифно-кваліфікаційним довідником на основі змісту й характеру виконуваної роботи.

Технічно обґрунтовані норми часу в дипломному проектуванні визначаються аналітично розрахунковим методом для всіх деталей, на які розробляють докладні технологічні процеси. На основі технічного нормування визначають виробничі потужності, потребу в устаткуванні, інструментах та робочій силі.

Технічне нормування, що ґрунтується на застосуванні високих режимів роботи устаткування, раціональних формах організації праці і використанні передового досвіду новаторів виробництва, сприяє високій продуктивності праці, зниженню собівартості продукції й підвищенню рентабельності підприємства. Разом з тим на деяких підприємствах і виробничих дільницях застосовують дослідно-статистичні норми. Їх встановлюють з урахуванням особистого досвіду нормувальника або за даними про фактичні затрати робочого часу на аналогічні роботи, що відбивають застосування застарілої технології виробництва.

Технічною нормою часу є час, встановлений для виконання певної роботи (операції), виходячи із застосування прогресивних методів праці, повного використання виробничих можливостей (устаткування, площ) і врахування передового досвіду новаторів виробництва.

Технічну норму часу не можна розглядати як межу продуктивності праці для даної роботи, оскільки її встановлюють у певних організаційно-технічних умовах.

На основі норми часу визначають норму виробітку, тобто кількість продукції в штуках, метрах, тоннах т. п., яка має бути вироблена за одиницю часу (годину, зміну).

Технічні норми часу і норми виробітку розраховують з урахуванням застосування найраціональнішого технологічного процесу і повного використання устаткування; найкращих форм організації праці і забезпечення робочого місця усім необхідним для безперебійної роботи; найбільш ефективних інструментів, пристроїв та режимів роботи; належної кваліфікації і навичок робітника; найповнішого використання робочого часу; обслуговування одним робітником максимально можливої кількості верстатів.

До технічної норми часу не треба включати ті елементи ручної роботи, які можна виконати під час роботи верстата, тобто перекрити машинним часом. Слід враховувати всі можливі суміщення окремих прийомів у часі при одночасній роботі обома руками. До технічної норми часу не треба також включати залежні від робітника втрати робочого часу. Наприклад, втрати часу через немірність і завищену твердість матеріалу, зайві припуски на обробку, чекання крана або підсобної робочої сили. Крім того, до норми не включають час на одержання і здавання матеріалів, інструменту та пристроїв, креслень, нарядів, час на заточування інструментів і час, що витрачається у зв'язку з різними організаційними і технічними неполадками (чекання, простої тощо).

Звичайно технічні норми часу встановлюють на один рік і переглядають протягом цього часу лише за умови істотних змін у технології та організації виробництва.

Затрати робочого часу поділяються на час роботи і час перерв у роботі.

Час роботи складається з підготовчо-заклучного часу, оперативного (технологічного і допоміжного) часу та часу обслуговування робочого місця.

Час перерв у роботі складається з перерв, які залежать від робітника (відпочинок, природні потреби та ін.) і які не залежать від нього (відсутність електроенергії тощо).

Підготовчо-заклучний час — час, затрачуваний робітником на ознайомлення з роботою, підготовку до роботи (налагодження верстата, пристроїв та інструментів для виготовлення деталей), а також на виконання дій, пов'язаних із закінченням даної роботи (зняття з верстата і повернення пристроїв та інструменту; здавання оброблених заготовок). Цей час повторюється з кожною партією оброблюваних деталей і не залежить від розміру партії.

Технологічний (основний) час — час, затрачуваний безпосередньо на виготовлення деталі, тобто на зміну форми, розмірів, стану заготовки і т. д.

Технологічний час залежно від ступеня участі робітника може бути ручним, машинно-ручним або машинним.

Ручним називають час, затрачуваний на обробку деталі без застосування механізму (ручне обпилювання, рубання зубилом та ін.).

Машинно-ручний час — час, затрачуваний на обробку деталей за допомогою механізму, але за безпосередньою участю робітника (робота на верстаті з ручною подачею).

Машинний час — час, затрачуваний на обробку деталі механізмом під наглядом робітника.

Допоміжний час — час, затрачуваний на різні допоміжні дії робітника, безпосередньо пов'язані з основною роботою: установлення, закріплення і знімання оброблюваної деталі, пуск і зупинення верстата, вимірювання, зміна режиму роботи тощо.

Оперативний час — сума технологічного і допоміжного часу.

Час обслуговування робочого місця — час, затрачуваний робітником на догляд за своїм робочим місцем протягом усього часу виконання даної роботи (догляд за устаткуванням, оснащенням і т. д.). Він складається з часу організаційного обслуговування (огляд, змащування, очищення верстата і т. п.), часу технічного обслуговування (підналагоджування верстата, заміна, заточування, підналагоджування різального інструменту). У серійному виробництві цей час становить 3 % оперативного.

Розрахунок технічно обгрунтованої норми часу, поштучно-калькуляційного часу, норми виробітку, технологічного часу наведено в п. 41.5.

Технічне нормування верстатних робіт. Одна із завершальних стадій розробки технологічного процесу виготовлення (ремонт) деталі — розрахунок норми часу. Найбільш поширені аналітично-дослідний і аналітично-розрахунковий методи. Перший ґрунтується на хронометруванні робіт і застосовується в масовому та великосерійному виробництвах, другий — на математичному розрахунку норм часу і використовується в індивідуальному та серійному виробництвах.

Технічна норма часу складається з двох основних частин:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{п.з}}/N + t_{\text{шт}},$$

де $t_{\text{шт.к}}$ — поштучно-калькуляційний час, хв; $t_{\text{шт}}$ — поштучний час, хв; $t_{\text{п.з}}$ — підготовчо-заклучний час, хв; N — партія оброблюваних заготовок.

Підготовчо-заклучний час встановлюється на всю партію деталей і затрачується на вивчення робочого креслення деталі, одержання заготовок і здавання деталей, підготовку робочого місця і т. п. Приймають його залежно від складності деталі і партії оброблюваних заготовок.

Поштучний час складається з двох складових — оперативного часу $t_{\text{оп}}$ і додаткового $t_{\text{дод}}$, затрачуваного на обслуговування робочого

міся, відпочинок та природні потреби робітника:

$$t_{\text{доп}} = (5 \dots 8) \% t_{\text{оп.}}$$

Оперативний час визначають як суму основного (машинного) t_o і допоміжного $t_{\text{доп}}$ часу:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп.}}$$

Допоміжний час затрачують на виконання основної роботи, тобто на встановлення і знімання заготовки, прийоми керування верстатом (підведення й відведення інструмента, пуск, зупинення, переключання вимірювання деталі тощо). Цей час залежить від маси і габаритних розмірів заготовки, способу встановлення та величини партії оброблюваних заготовок. Вибирають його за довідковою літературою. Для попередніх розрахунків можна скористатися співвідношенням

$$t_{\text{доп}} = (30 \dots 50) \% t_o.$$

Час безпосереднього діяння t_o інструмента на деталь з урахуванням врізання l_1 і перебігу l_2 різального інструмента визначають для кожної операції, переходу чи проходження за формулами, які наведено в довідковій літературі. При цьому довжину проходження L визначають за формулою

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де l — довжина оброблюваної поверхні.

Тривалість обробки заготовки t_o визначається не тільки кількістю переходів, а й характером їх суміщення, тобто способом діяння інструмента на заготовку. Розрізняють послідовне, паралельне і паралельно-послідовне (комбіноване) діяння інструмента на оброблювану поверхню. При послідовному діянні інструмента на заготовку

$$t_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{oi},$$

де $t_{o\Sigma}$ — сумарний основний час на обробку заготовки; t_{oi} — основний час n -го переходу i -ої операції; n — кількість переходів i -ої операції по обробці заготовки.

При паралельному діянні інструмента на заготовку (багатоінструментна обробка)

$$t_{o\Sigma} = t_{o \max i},$$

де $t_{o \max i}$ — основний час найбільш трудомісткого (тривалого) переходу i -ої операції.

При паралельно-послідовному діянні інструмента на деталь

$$t_{o\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_{oi} + \sum_{i=1}^m t_{o \max i},$$

де m — кількість операцій паралельного діяння інструмента на заготовку.

У ремонтному виробництві треба віддавати перевагу багатоінструментній обробці заготовки.

42.6. Основи проектування технологічного оснащення

42.6.1. Призначення технологічного оснащення і його класифікація

Технологічне оснащення — це знаряддя виробництва, які додають до технологічного устаткування для виконання певної частини технологічного процесу. Прикладами технологічного оснащення є пристрої, штампи, прес-форми, моделі, ливарні форми, різальний інструмент тощо.

Класифікація виробництва пристроїв. Пристроями в ремонтному виробництві називають допоміжне приладдя, яке використовують під час механічної обробки, складання та контролю виробів. Пристрої робочі та контрольні інструменти, разом узяті, називають технологічним оснащенням, причому пристрої — найскладніша і найтрудомісткіша частина технологічного оснащення. Використання пристроїв дає можливість знизити трудомісткість і собівартість оброблюваних деталей та агрегатів, розширює застосування універсальних верстатів, дає можливість підвищити ступінь механізації виробництва.

За цільовим призначенням пристрої поділяються на:

верстатні для встановлення і закріплення оброблюваних заготовок (свердлильні, фрезерні, вигинальні, рихтувальні та ін.);

верстатні для встановлення і закріплення робочого інструменту (патрони для свердел, розверток, мітчиків, багатошпindelні свердлильні та фрезерні головки, інструментальні);

складальні, використовувані для з'єднання деталей у вироби;

контрольні — для перевірки заготовок;

пристрої для захоплення, переміщення і перевертання агрегатів.

За ступенем спеціалізації пристрої поділяють на універсальні, переналагоджувані та спеціальні.

Універсальні пристрої бувають стандартні (машинні диски, патрони, ділильні головки, поворотні столи, планшайби тощо) і спеціальні.

Переналагоджувані пристрої бувають універсально-складальні, складально-розбірні, універсально-налагоджувальні і групові переналагоджувані.

Спеціальні пристрої призначені для виконання певних технологічних операцій. Це непереналагоджувані пристрої одноцільового призначення.

За ступенем механізації та автоматизації пристрої поділяють на ручні, механізовані, напівавтоматичні.

Пристрої — важливий елемент технологічної системи, від якого залежать точність, продуктивність і собівартість механічної обробки, складання та технологічного контролю під час ремонту машин і агрегатів.

Рекомендується використовувати стандартне оснащення, описане в альбомах типових конструкцій і у відповідних стандартах.

Встановлення заготовок у пристрої. Точність обробки залежить від точності встановлення заготовки у пристрій, що забезпечується певним положенням відносно різального інструмента. Положення заготовки під час відбирання характеризується шістьма ступенями свободи, які визначають можливість переміщення і повороту заготовки відносно трьох координатних осей. При повному орієнтуванні заготовка позбувається всіх ступенів свободи, а при неповному число ступенів свободи менше від шести.

Залежно від умов обробки здійснюють повну або часткову орієнтацію заготовки у просторі відносно різального інструмента. У першому випадку заготовці надають точного положення у пристрої, у другому — точного встановлення у певних напрямках не потрібно і допускається довільне положення заготовки відносно будь-якої координатної осі.

Заготовки встановлюють, забезпечуючи щільний контакт базових поверхонь із встановленими елементами пристрою, які жорстко закріплені в його корпусі. Для повної орієнтації заготовки число опор і їх розташування мають бути такі, щоб за умови невідривності баз від опор заготовка не могла зрушуватись і повертатись відносно координатних осей. Коли виконано умови невідривності, заготовка позбувається всіх ступенів свободи.

Число опор (точок), на які встановлюють заготовку, має не перевищувати шести (правило шести точок). Щоб гарантувати стійке положення заготовки у пристрої, відстань між опорами слід вибирати якнайбільшу. Під час встановлення заготовки на опори не повинен виникати перекидний момент. Із збільшенням відстані між опорами зменшується вплив похибок форми базових поверхонь на положення заготовки у пристрої. Похибка встановлення заготовки у пристрої складається з похибки положення заготовки, спричинюваної неточністю пристрою, похибки базування та похибки закріплення.

Проектування спеціального технологічного оснащення. Питанням проектування технологічного оснащення приділяли увагу В. М. Кован, А. П. Соколовський, М. Є. Єгоров, В. С. Корсаков та інші.

Коефіцієнт завантаження одиниці технологічного оснащення K_3 обчислюють за формулою

$$K_3 = T_{шт,ш-к} N / F_0,$$

де $T_{шт,ш-к}$ — поштучний або поштучно-калькуляційний час виконання

технологічної операції, хв; N — кількість повторень операцій протягом місяця; F_0 — місячний фонд часу роботи оснащення (верстата).

П р и к л а д. Визначити систему верстатного пристрою, виходячи з таких даних: $T_{шт} = 4$ хв; $N = 3000$ шт.; $F_0 = 19\,680$ хв; період виробництва виробу $T_v = 2,5$ року, або 30 міс., $K_s = \frac{4 \cdot 3000}{19680} = 0,61$.

За діаграмою додатка 1, виходячи з координат $K_s = 0,61$ і $T = 30$ міс., знаходимо зону і назву системи верстатного пристрою — у даному випадку НСО. Отже, для оснащення операції слід узяти нерозбірний спеціальний пристрій.

Оснащуючи технологічні процеси пристроями, слід широко застосовувати стандартизовані елементи верстатних пристроїв (силові механізми та їхні приводи, опори корпусу, напрямні елементи тощо).

Основні положення методики проектування спеціальних пристроїв полягають ось у чому.

Вихідні дані для проектування:

робочі креслення заготовки та готової деталі і технічні умови на них;

операційні ескізи деталі на попередню і виконувану операції із схемою базування і закріплення деталі на виконуваній операції (розробляється на стадії проектування маршрутного технологічного процесу);

технологічний процес виготовлення деталі;

масштаб випуску деталей і тип виробництва.

Крім того, необхідно мати креслення стандартизованого типового і оригінального технологічного оснащення та їхніх елементів.

Порядок конструювання пристрою:

уточнення схеми базування і закріплення деталі у пристрої;

вибір конструкцій базових елементів, силових механізмів, приводів, допоміжних елементів та механізмів;

викреслювання контуру деталі в необхідній кількості проєкцій (тонкими суцільними або товстими штриховими лініями червоним олівцем). Рекомендується креслити деталь і пристрій у масштабі 1 : 1;

викреслювання по контуру деталі напрямних елементів (контурні втулки, габарити), установочних деталей та механізмів, затискних механізмів та їхніх приводів;

визначення і викреслювання контуру корпусу пристрою з використанням стандартних заготовок конусів;

викреслювання (схематично) контурів місця верстата, де встановлюватимуть і закріплюватимуть пристрій, і контурів різального інструмента.

Крім того, вказують габаритні розміри пристрою, контрольні і координатні розміри з допусками; посадку на місця спряження деталей, діаметри змінних кондукторних втулок (у вигляді таблиці на полі креслення), а також границі спрацювання їх.

Технічні умови на виготовлення пристрою пишуть на полі креслення.

Розрахунки для конструювання:

- розрахунок похибок базування деталі;
- розрахунок сил різання та їхніх моментів;
- розрахунок потрібних затискних сил;
- розрахунок основних характеристик силових механізмів (передаточне відношення сил, перемішень, умови самогальмування);
- розрахунок параметрів силового механізму;
- розрахунок на міцність особливо навантажених деталей.

42.6.2. Елементи пристроїв

Установочні елементи. Особливою умовою надання заготовці необхідного положення на верстаті відносно різального інструмента для забезпечення точності обробки є вибір виду установочних елементів і характеру розташування їх у пристрої. На рис. 42.2 наведено різновиди установочних елементів пристроїв. Для встановлення заготовок за плоскими поверхнями як основні нерухомі опори застосовують штирі (рис. 42.2, а), а також опорні пластини. Установочні штирі бувають з плоскою, сферичною або насіченою головками. Штирі з плоскою головкою застосовують для встановлення заготовки за обробленою поверхнею; штирі зі сферичною і насіченою головками — для встановлення заготовки за необробленими поверхнями.

Пластини застосовують кількох типів: гладенькі, з косими заглибинами для отворів під гвинти та ін. Недоліком гладеньких пластин є труднощі видалення стружки із заглибин під головки гвинтів, тому їх, як правило, застосовують для бокових і вертикальних опор.

Пластини до корпусу пристрою прикрічують двома або трьома гвинтами. Якщо розміри деталі помітно різняться, то використовують регульовальні опори (рис. 42.2, в). При цьому заготовку встановлюють

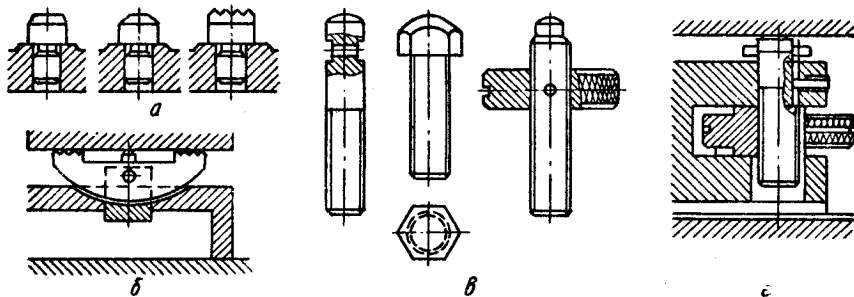


Рис. 42.2. Установочні елементи пристроїв:

а — штирі; б — самовстановлювані опори; в — регульовальні опори; г — підвідні опори

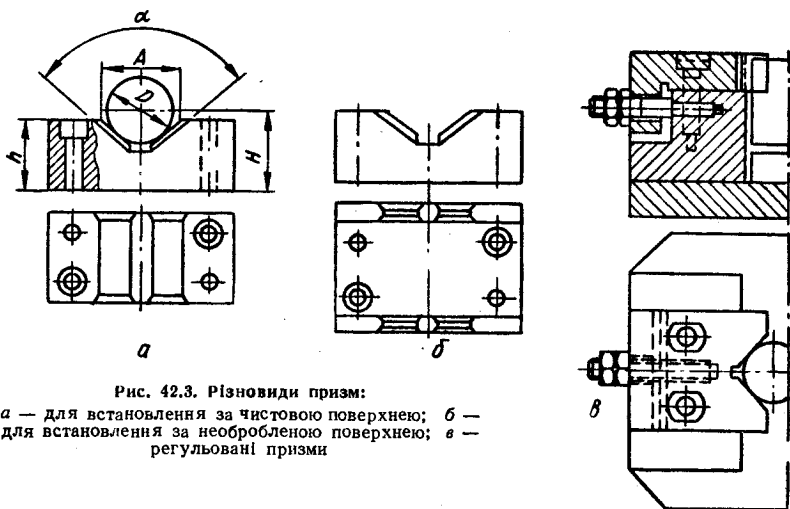


Рис. 42.3. Різновиди призми:

a — для встановлення за чистою поверхню; *б* — для встановлення за необроблену поверхню; *в* — регульовані призми

на три-чотири опори, одна-дві з яких регулюються, а решта — нерухомі.

Якщо заготовка має велику неплоскостність, то застосовують само-встановлювані (рис. 42.2, *б*) або такі, що підводяться (рис. 42.2, *в*), опори. Останні більш надійні і можуть сприймати більші зусилля.

Для встановлення заготовок за циліндричними поверхнями застосовують призми (рис. 42.3). За конструкцією вони бувають нерухомі, регульовані і рухомі. Робочу поверхню призми виконують під кутом $\alpha = 90^\circ$ і $\alpha = 120^\circ$.

Для фіксації призми в пристрої використовують два контрольних штифти. Отвори під штифти свердлять і розвірчують у зборі з корпусом після точного вивірювання положення призми.

Існують такі залежності між основними розмірами призми і положенням центра оброблюваної заготовки: $H = h + 0,7D - 0,5A$ (для призми з кутом $\alpha = 90^\circ$) і $H = h + 0,58D - 0,29A$ (для призми з кутом $\alpha = 120^\circ$).

Для встановлення заготовок за одним чи двома отворами і площиною застосовують установочні пальці, які бувають постійні (рис. 42.4, *а...г*), змінні (рис. 42.4, *д та е*), висувні (рис. 42.4, *є*), самовстановлювані (рис. 42.4, *ж*), гладенькі циліндричні (рис. 42.4, *а та в*), гладенькі конічні та зрізані. Постійні пальці запресовують в отвори пристроїв.

Застосування зрізаних пальців для встановлення заготовок за отвором і площиною (рис. 42.5, *а*), а також за двома отворами (рис. 42.5, *б*) дає можливість компенсувати похибку відстані *P*. Зрізаний палець полегшує встановлення заготовки у пристрої. Оптимальну

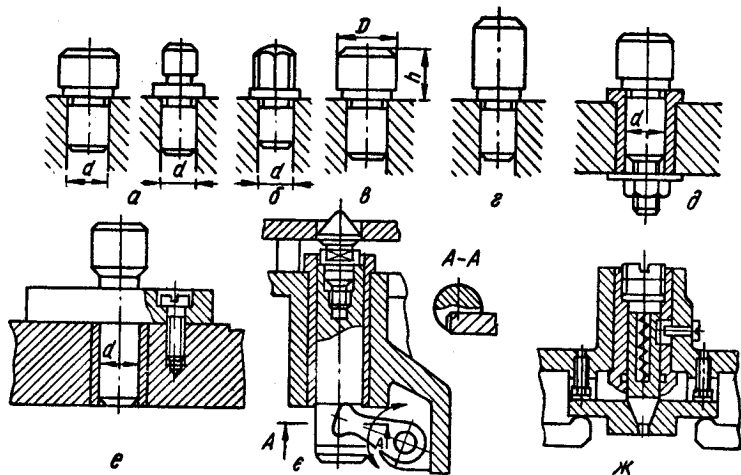


Рис. 42.4. Установочні пальці:

а, б, в, г — постійні; д та е — змінні; е — висувні; ж — самовстановлювані

ширину циліндричної частини на зрізаному пальці (рис. 42.5) визначають за формулою

$$b = \frac{0,5Ds_1}{\delta + \delta_1 - 0,5s},$$

де D — максимальний діаметр зрізаного пальця; s_1 — мінімальний зазор між отвором і зрізаним пальцем; δ — допуск на відстань між центрами отворів оброблюваної заготовки; δ_1 — допуск на відстань між осями установочних пальців; s — мінімальний зазор між отвором і циліндричною поверхнею пальця.

Опорні штирі, пластини, пальці виготовляють із сталі 45, У8А, 20, 20Х з подальшою термічною обробкою до твердості 56...63 HRC і шліфуванням установочних поверхонь до $Ra = 0,63$ мкм.

Для встановлення заготовки на отвір (наприклад, втулки) використовують оправки. Розрізняють оправки консольного типу (для встановлення в отвір шпинделя) і центрового (для встановлення в центрах). За конструкцією оправки бувають жорсткі і розтискні (рис. 42.6).

Цангову розтискну оправку показано на рис. 42.6, а. Від обертання гайки 5 цангова втулка 3, що має три розрізи, переміщується по конічній поверхні оправки 4, центрує і затискує заготовку 2.

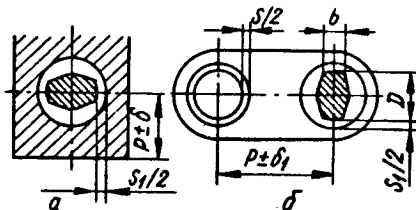


Рис. 42.5. Приклади для розрахунку ширини циліндричної частини зрізаного пальця:

а — встановлення деталі за отвором і площинною; б — встановлення деталі за двома поверхнями

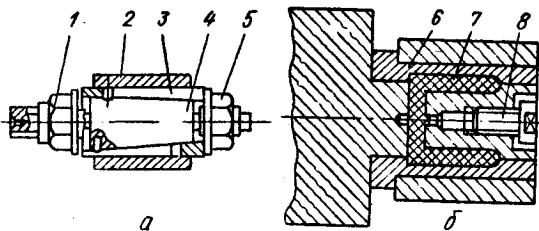


Рис. 42.6. Типи розтискних оправок:

a — цангова оправка; *б* — оправка з пружною втулкою;
 1 — гайки; 2 — заготовка (втулка); 3 — цанга; 4 — конічна
 оправка; 5 — гайки; 6 — пружна втулка; 7 — гідропласт;
 8 — розтискний гвинт

Гайка 1 обмежує переміщення цанги в осьовому напрямі.

Розтискна оправка (рис. 42.6, б) має пружну втулку 6, яка зсередини розпирається гідропластом 7 при затягуванні гвинта 8.

Розтискні оправки також бувають з трьома сухариками, які розти-

снюються внутрішнім конусом, з роликowymi втулками та інших конструкцій.

Для встановлення заготовок (наприклад, зубчастих коліс) за криволінійними поверхнями використовують установочні ролики та кульки.

Затискні елементи. Затискні елементи пристроїв призначені для надійного закріплення оброблюваної заготовки. За допомогою затискання пристроїв заготовка приймає однозначне положення відносно технологічної системи СПІД, фіксується під час обробки від можливих зміщень, вібрацій і т. п.

До затискних пристроїв (механізмів) ставлять такі вимоги:

по можливості проста, надійна, технологічна у виготовленні та експлуатації конструкція;

висока жорсткість, особливо контактна, оскільки від цього залежить точність обробки;

швидке закріплення і розкріплення заготовки;

висока стійкість проти спрацювання при пошкодженості поверхні заготовки під час її встановлення у пристрої;

сталість зусиль затискування під час обробки всіх заготовок даної партії.

Визначення сили затискування. Одним з найважливіших питань проектування затискних пристроїв є визначення сили затискування. Для цього потрібно скласти розрахункову схему (спрощену модель) закріплення заготовки, визначити напрям дії сил різання і сил затискування.

Розглянемо приклади розрахунку сил затискування для найпоширеніших випадків встановлення заготовки.

У разі встановлення заготовок у патроні (рис. 42.7, а) на неї діють момент M , який намагається повернути її навколо осі x , і сила P_x , яка виникає внаслідок осьової (поздовжньої) подачі різального інструмента. Сила P_x намагається змістити заготовку в осьовому напрямі, але її утримують від можливих переміщень сили тертя між її поверхнею і поверхнею кулачків. Рівняння рівноваги системи «заготовка — за-

тискний пристрій» має вигляд

$$Qf \frac{D}{2} n = Mk_3,$$

де Q — сила затискування, що виникає під дією одного кулачка; n — кількість кулачків патрона; f — коефіцієнт тертя, який залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу заготовки та кулачків; D — діаметр заготовки; M — момент сил різання; k_3 — коефіцієнт запасу.

З наведеного рівняння

$$Q = \frac{2k_3M}{fn}.$$

Силу затискування перевіряють на відсутність можливості осьового переміщення під дією поздовжньої подачі. При цьому має задовольнятися нерівність

$$Qfn \geq k_3 P_x,$$

звідки

$$Q \geq \frac{k_3 P_x}{fn}.$$

Коефіцієнт запасу k_3 для чорнової обробки приймають рівним 2...3, для чистої — 1,5...2. Його вводять у розрахунки, оскільки спрощена розрахункова модель не може точно врахувати величину і напрям сил, які діють на заготовку в процесі обробки.

Якщо заготовку встановлено на цанговій оправці (рис. 42.7, б), на неї, як і в попередньому випадку діють момент M та осьова сила

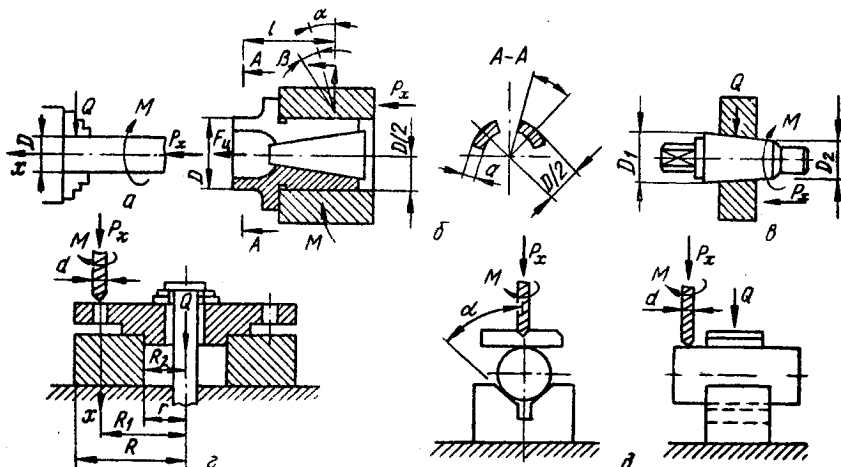


Рис. 42.7. Приклади для визначення зусиль затискача

P_x . Рівняння рівноваги системи «заготовка — цангова оправка» має вигляд

$$Qf \frac{D}{2} = Mk_3,$$

де Q — сумарна сила затискування, розподілена по поверхні заготовки; f — коефіцієнт тертя між цангою та заготовкою; M — момент сил різання; k_3 — коефіцієнт запасу, який приймають рівним 1,5...2.

Осьову силу, необхідну для затягування цанги, визначають із співвідношення

$$F_u = (Q + Q_n) \operatorname{tg}(\alpha + \beta),$$

де Q_n — сила, необхідна для деформування пелюсток цанги під час вибору заданого зазора між цангою та заготовкою; α — половина кута конуса цанги ($2\alpha = 30...40^\circ$); β — кут тертя між цангою та конічною втулкою.

Розглядаючи пелюстку цанги як консольну балку, силу деформації можна визначити з виразу

$$Q_n = \frac{3EJy_n}{10^6 l^3},$$

де E — модуль пружності матеріалу цанги, $\text{H}/\text{м}^2$; J — момент інерції однієї частини кільця пелюстки цанги, мм^4 ; y — прогин цанги, мм (його вибирають рівним половині зазора між цангою і отвором заготовки); n_n — кількість пелюсток цанги; l — умовна довжина пелюстки (від середини конуса до основи), мм .

Момент інерції

$$J = \frac{D^3 b}{8} \left(\mu - \frac{2 \sin^3 \mu}{\mu} + \sin \mu \cos \mu \right),$$

де D — зовнішній діаметр пелюстки цанги, мм ; b — товщина стінки пелюстки, мм ; 2μ — кут сектора пелюстки цанги, рад .

Проектуючи цангові оправки, приймають три- і чотиріпелюсткові цанги.

Коли заготовку установлюють на жорстку оправку з натягом (рис. 42.7, в), необхідний натяг при напрусуванні заготовки на оправку, що гарантує її утримування, визначають за формулою

$$\delta_n = pd \cdot 10^3 \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right),$$

де d — діаметр отвору заготовки, мм ; E_1 та E_2 — модулі пружності матеріалів відповідно оправки та заготовки, $\text{H}/\text{м}^2$;

$$C_1 = 1 - \mu_1; \quad C_2 = \frac{d_1^2 + d^2}{d_1^2 - d^2} + \mu_2,$$

μ_1 та μ_2 — коефіцієнти Пуассона матеріалів оправки та заготовки; d_1 — зовнішній діаметр заготовки, мм; p — тиск на поверхнях спряження заготовки і оправки, який визначають за формулою

$$p = 10^6 \frac{Q}{\pi dl},$$

де Q — сила затискування, Н; l — довжина заготовки, мм.

За натягом δ_n вибирають розміри оправки і визначають зусилля напресування заготовки на оправку.

Якщо заготовку встановлено в кондукторний пристрій (рис. 42.7, з) і з торця притиснуто кондукторною плитою, то під час свердління на неї діє момент M сил різання, який намагається повернути її навколо осі x , а також осьова сила P_x , яка притискує заготовку до опорної поверхні. Рівняння рівноваги має вигляд

$$Mk_3 = M_0 + M_k,$$

де $k_3 = 1,5 \dots 1,7$ — коефіцієнт запасу тертя; M_0 та M_k — моменти сил тертя відповідно на поверхні основи заготовки і в місці притискування кондукторної плити.

Момент M визначають за формулою

$$M = 2M_p R_1 / d,$$

де M_p — момент сили різання.

Моменти M_0 та M_k визначають з умови рівномірного розподілу по площі контакту заготовки сили затискування і подачі:

$$M_0 = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} f (Q + P_x) \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2},$$

$$M_k = \frac{2}{3} \cdot 10^{-3} f Q \cdot \frac{R_2^3 - r^3}{R_2^2 - r^2}.$$

Підставивши значення M_0 та M_k в рівняння рівноваги, знаходять значення сили затискування

$$Q = 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{Mk_3 R_1}{df(a + a_1)} - \frac{P_x d}{a + a_1},$$

де d — діаметр оброблюваного отвору, мм; R_1 — радіус кола центрів оброблюваних отворів, мм; f — коефіцієнт тертя; P_x — сила подачі, Н.

Сталі

$$a = \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}, \quad a_1 = \frac{R_2^3 - r^3}{R_2^2 - r^2},$$

де R — зовнішній радіус заготовки; r — радіус отвору заготовки; R_2 — радіус опорної поверхні кондукторної плити.

Якщо заготовку під час свердління встановлено у призмі (рис. 42.7, д), то, використавши перетворення, подібні до застосованих

у попередньому випадку, матимемо значення сили затискування:

$$Q = \frac{2Mk_3}{df(1 + 1/\sin \alpha)} - \frac{P_x}{\sin \alpha + 1},$$

де M — момент сил тертя, Н · м; k_3 — коефіцієнт запасу; f — коефіцієнт тертя; P_x — сила подачі, Н; α — кут профілю призми; d — діаметр оброблюваного отвору, мм.

Проектування затискних пристроїв. Затискні пристрої: механічні (важільні, клинові, гвинтові, ексцентрикові та ін.) і силові (пневматичні, гідравлічні та комбіновані).

Важільні затискачі (рис. 42.8, а, б, в) застосовують, коли потрібно збільшити силу затискування (правило важеля) або змінити напрям передаваної сили.

Для важільних силових механізмів мають місце розрахункові залежності:

$$P = Q \frac{l_1 + l_2}{l_2}; \quad P = Q \frac{l_2}{l_1}; \quad P = Q \frac{l_2}{l_1 + l_2}.$$

Клинові затискачі (рис. 42.8, г) застосовують в оправках, патронах, а найчастіше — як підсилювачі приводів затискних механізмів. В разі застосування односкісних клинових затискачів, щоб забезпечити силу затискування Q , необхідно прикласти зусилля

$$P = F + T_1 = Q [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1],$$

де α — кут клина; φ та φ_1 — кути тертя.

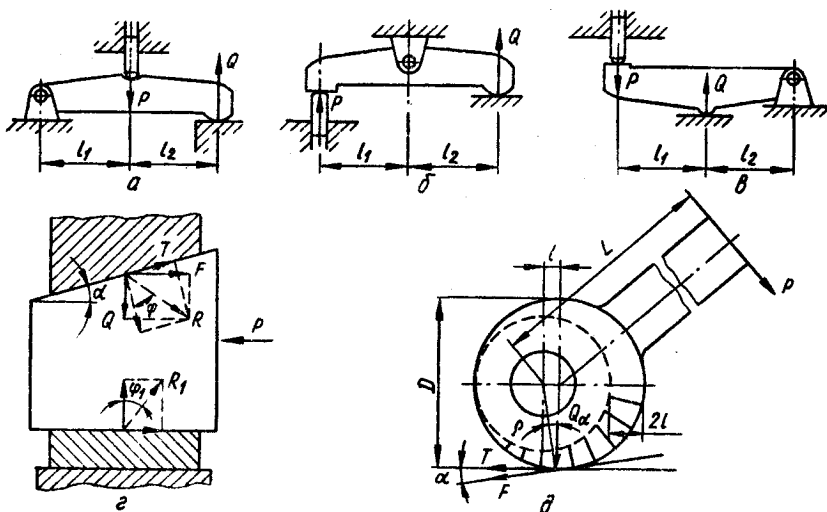


Рис. 42.8. Затискачі:

а, б, в — важільні, г — клиновий; д — ексцентриковий

Проте клинові затискачі мають істотні недоліки (збільшений хід клина при малих кутах α , можливе зміщення заготовки під час переміщення клина).

Гвинтові затискачі — найпростіші загискні пристрої універсальні і надійні в роботі.

Щоб забезпечити потрібну силу затискування Q , необхідно прикласти до рукоятки зусилля

$$P = \frac{Q}{l} [r_{cp} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + fR],$$

де l — довжина рукоятки; r_{cp} — середній радіус різьби; α — кут підняття різьби; φ — кут тертя; f — коефіцієнт тертя; R — радіус контактної поверхні гвинта і п'яти.

Недолік гвинтових пристроїв — значні затрати часу на закріплення і розкріплення заготовок.

Ексцентрикові затискачі (рис. 42.8, б) широко застосовують у пристроях завдяки їх швидкодії і зручності в роботі. Їх виготовляють з круглими або криволінійними ексцентриками. Останні застосовують рідше (вони нетехнологічні у виготовленні).

Зусилля, яке треба прикласти для затискування заготовки, можна визначити із співвідношення

$$T = F \cos \alpha = \frac{LP}{r_{cp}} \cos \alpha,$$

де r_{cp} — змінний радіус ексцентрика, який дорівнює $r_{cp} = (D + e)/2$; $e = 0,5(\delta + \omega Q) + 0,5$ — ексцентриситет; δ — допуск на розмір заготовки в місці прикладення сили затискування; Q — сила затискування ексцентрика, Н; ω — піддатливість затискного пристрою, мм/Н; P — зусилля на рукоятці, Н; L — довжина рукоятки (зведена), тобто відстань від місця прикладення зусилля P до центра отвору ексцентрика, мм.

Величину $\cos \alpha$ можна прийняти за 1, оскільки кут α близький до 0.

Зусилля T також можна визначити, припустивши, що ексцентриковий затискач працює за типом клина:

$$T = Q [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1].$$

Тоді зусилля на рукоятці круглого ексцентрика

$$P = \frac{Q(D + e)}{2L} [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1].$$

Проектуючи ексцентрикові затискачі, кут підняття ексцентрика приймають $\alpha = 4^\circ$, кути тертя $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 43'$ при коефіцієнті тертя $f = 0,1$.

Важілі, гвинти, гайки затискних пристроїв виготовляють із сталі 35, 45 і піддають обробці до твердості 35...40 НРС. Ексцентрики

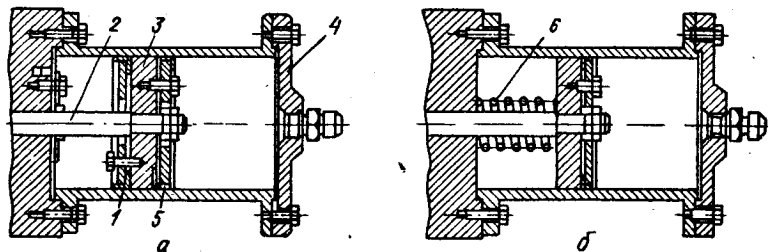


Рис. 42.9. Пневматичні приводи пристроїв:

a — двосторонньої дії; *б* — односторонньої дії; 1 — циліндр; 2 — шток; 3 — поршень; 4 — кришки; 5 — ущільнювальні елементи; 6 — пружина

виготовляють із сталі 20, цементують на глибину 1...1,2 мм і поліпшують до твердості 56...62 HRC.

Силові (механізовані) затискні пристрої широко застосовують у машинобудівному виробництві, бо вони мають переваги порівняно з механічними (ручними): вони швидкодійні, сила затискування у них постійна протягом обробки всіх заготовок даної партії і рівномірно розподіляється по всій поверхні заготовки.

Різновиди пневматичних затискачів наведено на рис. 42.9.

Зусилля на штоці циліндра визначають за формулами: для приводів односторонньої дії

$$P = \frac{\pi D^2 p \eta}{4 \cdot 10^6} - F;$$

для привода двосторонньої дії, коли робоча порожнина розміщена на протилежному від штока боці:

$$P = \frac{\pi D^2 p \eta}{4 \cdot 10^6},$$

де D — внутрішній діаметр циліндра, мм; p — питомий тиск повітря, Па; η — ККД привода (приймають $\eta = 0,8...0,9$); F — опір пружини в крайньому робочому положенні, Н.

З наведених залежностей визначають діаметри циліндрів та поршнів, розв'язуючи обернену задачу: вибрати робочі органи затискного пристрою, коли відома сила затискування.

Гідравлічні затискачі за принципом дії практично не відрізняються від пневматичних. Їхньою перевагою є компактність, але вони складніші в експлуатації. Нині поширені пристрої з комбінованими (пнеumoгідравлічними) затискачами.

Корпусні і напрямні елементи. Корпус — базовий елемент пристрою, оскільки він сприймає основні навантаження, що виникають під час обробки. Тому корпусні деталі пристроїв мають бути достатньо міцні, жорсткі і точні.

Поряд з цими вимогами корпуси мають забезпечувати зручність установлення заготовки і легкість видалення стружки. Корпуси, призначені для встановлення на стендах, повинні мати оброблені установочні поверхні до $Ra = 1,26 \dots 0,63$ мкм. Вони мають бути легкі, не громіздкі і технологічні в експлуатації. Швидкообертові корпуси після виготовлення треба балансувати (зрівноважувати).

Корпусні деталі пристроїв можуть мати різну конструкцію. Разом з тим корпуси стандартизовано, що дає можливість зменшити витрати на проектування і виготовлення їх.

Корпуси пристроїв виготовляють з чавуну і конструкційних сталей звичайної якості. Перед механічною обробкою чавунні і комбіновані зварні корпуси піддають старінню, щоб зняти внутрішні напруження.

Як напрямні деталі пристроїв використовують кондукторні втулки, втулки для борштанг, копіри для обробки складних поверхонь та ін. Вони призначені для напрямляння інструментів у процесі обробки.

Кондукторні втулки застосовують в основному під час свердлильних робіт. Вони бувають постійні, змінні, швидкозмінні і спеціальні. Постійні втулки 2 (рис. 42.10, а) впресовують по глухий посадці у корпус 1 пристрою і використовують під час обробки одним інструментом. Змінні втулки 2 (рис. 42.10, б) фіксуються в корпусі 1 пристрою за допомогою гвинта 3.

На діаметр отвору втулки встановлено допуск за 6-м квалітетом точності (система вала) для проходу свердла або зенкера з посадкою f8, а для розверток — з посадкою g7.

Кондукторні втулки виготовляють із сталей марок У10А, У12А, 9ХС, 20Х. Після термічної обробки твердість їх має становити 60...62 НРС.

Для напрямлення борштанг з різцями розточувальних верстатів використовують спеціальні кондукторні пристрої.

Для обробки складних фасонних поверхонь застосовують копіри, які забезпечують переміщення інструмента відносно заготовки заданою траєкторією для одержання відповідного профілю поверхні.

42.6.3. Верстатні пристрої

Загальні відомості. *Верстатними* називають пристрої, призначені для виконання операцій на металорізальних верстатах. Нині розроблено нормалізовані системи технологічного оснащення. Кожна система характеризується ступенем універсальності, складності і техноло-

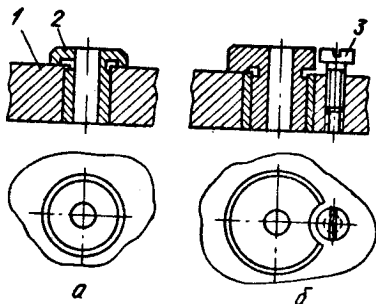


Рис. 42.10. Різновиди кондукторних втулок:

а — постійні; б — змінні

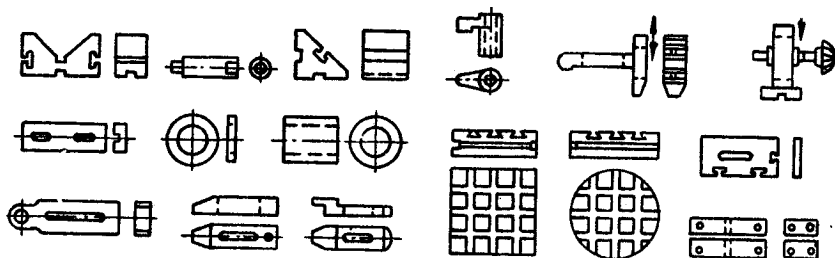


Рис. 42.11. Основні елементи УСО

гічним призначенням. Існують такі системи (комплекси) оснащення універсально-безналагоджувальна, універсально-налагоджувальна, універсально-складальна, збірно-розбірна, спеціалізована налагоджувальна, нерозбірна спеціальна.

До універсально-безналагоджувального оснащення (УБО) належать: кулачкові патрони, машинні лещата, верстатні центри, ділильні головки тощо. УБО використовують, як правило, в одиночному та мало-серійному виробництві. Конструкції УБО стандартизовано.

Система універсально-налагоджувального оснащення (УНО) ґрунтується на використанні комплекту спеціальних змінних пристроїв (наладок), закріплюваних на універсально-безналагоджувальному оснащенні. Змінні наладки розробляють, виходячи з конструктивних особливостей оброблюваних заготовок.

Типовий комплект деталей і складальних одиниць універсально-складального оснащення (УСО) складається з восьми груп. Сюди входять базові деталі (прямокутні і квадратні плити, планшайби, базові косинці та ін.), корпусні та опорні деталі (призми, косинці, різні опори), установочні деталі (пальці та перехідні втулки, шпонки тощо), напрямні деталі (прихвати, гвинтові затискачі та ін.), деталі кріплення (гвинти, болти, шпильки тощо) та інші різні деталі, а також нормалізовані нерозбірні складальні одиниці (ділильні пристрої, затискачі та ін.). Повний комплект елементів УСО складається з 25...

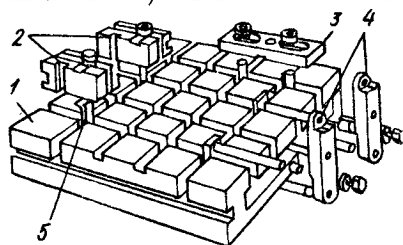


Рис. 42.12. Монтажна схема УСО для фрезерних робіт:

1 — базова плита; 2 — прямокутні опори; 3 та 4 — прихвати різних конструкцій; 5 — шпонка

30 тис. деталей і певної кількості нерозбірних механізмів.

На рис. 42.11 показано основні елементи УСО. У базових корпусних та опорних елементах УСО зроблено Т-подібні пази для з'єднання окремих елементів за допомогою болтів, шпильок та шпонок з Т-подібними головками (рис. 42.12).

На рис. 42.12 наведено монтажну схему УСО для фрезерних ро-

біт. Тут 1 — базова плита; 2 — прямокутні опори; 3 та 4 — прихвати різних конструкцій; 5 — шпонка.

Оскільки основні деталі УСО призначено для багаторазового використання, їх виготовляють із сталі 12ХНЗА з подальшою цементацією і загартуванням до твердості HRC 60...64. Для виготовлення напрямних і установочних деталей застосовують сталь У8А та У10А з загартуванням до твердості HRC 50...55. Матеріал прихватів та шайб — сталь 45. Пристрої, складені за системою УСО, у кожному випадку одноцільові, тобто спеціальні, проте система УСО універсальна з точки зору виготовлення цих пристроїв.

На складання пристроїв середньої складності витрачають 2,5...5 год, а на складання повторних компонок часу потрібно в кілька разів менше. Строк служби базових, опорних елементів і нерозбірних одиниць становить у середньому 20 років, а решти елементів УСО — 10...15 років. Недоліком УСО є порівняно мала їхня жорсткість.

Застосування УСО дає можливість різко скоротити час на підготовку технологічного оснащення. Система УСО перспективна для мало-серійного виробництва.

Збірно-розбірне оснащення (ЗРО). На відміну від універсально-складальної системи ЗРО поряд з типовими деталями і складальними одиницями містить спеціальні, число яких в одному пристрої досягає 10...15 %. Спеціальні деталі проектують і виготовляють в основному для установочних і затискних елементів оснащення відповідно до конструкції оброблюваної заготовки.

Універсально-налагоджувальне оснащення (УНО). Система УНО ґрунтується на використанні комплекту змінних наладок, закріплюваних на універсально-безналагоджувальному оснащенні. Змінні наладки проектують відповідно до конфігурації і розмірів оброблюваних заготовок. Вони являють собою установочні, затискні або напрямні елементи пристрою. Змінні наладки встановлюють з використанням точних пазів, штирів або шліфів у базовій частині пристрою без зняття його з верстата. УНО застосовують, коли число деталей — операцій, закріплених за верстатом, становить від 2 до 20.

Як приклад розглянемо методику компонування УНО для токарних і свердлильних робіт. Щоб встановити і закріпити різні за конфігурацією заготовки по зовнішньому діаметру застосовують дво- і трикулачкові патрони із змінними кулачками (рис. 42.13). Змінні кулачки 2 спряжують з основними кулачками 1 патрона через шпонковий виступ або паз і фіксують гвинтами. Форма губок змінних кулачків

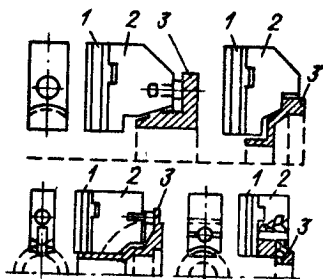


Рис. 42.13. Методика компонування УНО для токарних та свердлильних робіт:

1 — основні кулачки; 2 — змінні кулачки; 3 — оброблювана заготовка

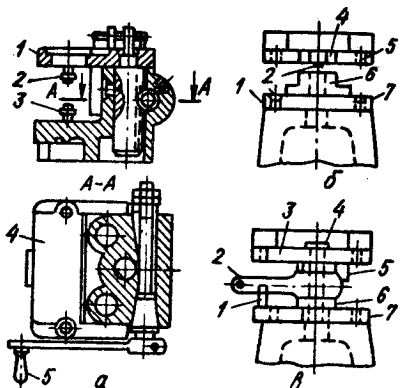


Рис. 42.14. Використання скальчатих кондукторів:

а — переналаджувальний скальчатий кондуктор для свердильних робіт; 1 — верхня плита; 2 та 3 пальці; 4 — основа кондуктора; 5 — рукоятка; 6 — приклад компонування змінних накладок до скальчатого кондуктора; 1 та 3 — гвинти; 2 — штифти; 4 — втулки; 5 — заготовки; 6 та 7 — змінні плити; 6 — наладка для свердління отвору у важелі; 1 — палець; 2 — важіль; 3 — верхня змінна плита; 4 — втулка; 5 — сухарі; 6 — опора; 7 — нижня змінна плита.

залежить від конфігурації оброблюваних заготовок 3.

На рис. 42.14, *а* зображено скальчатий кондуктор для свердильних робіт. У цьому кондукторі верхню плиту 1 переміщують по трьох напрямних (скалках) поворотом рукоятки 5. Основа 4 кондуктора і верхня плита мають по два установочних пальці. Пальці 3 призначені для змінних установочних елементів, наприклад для призми, а пальці 2 — для центрування змінної кондукторної плити.

На рис. 42.14, *б* та *в* показано приклади компонування змінних наладок до скальчатого кондуктора. Заготовку 5 (рис. 42.14, *б*) встановлюють за двома отворами на змінну плиту 7, яку фіксують на основі кондуктора за допомогою двох штифтів 2. Плиту 7 закріплюють гвинтами 1. Верхня частина наладки являє собою змінну кондукторну плиту 6 з двома кондукторними втулками 4, яку фіксують також двома штифтами і закріплюють гвинтами 3. Час на переналадження такого пристрою становить 3...4 хв.

На рис. 42.14, *в* показано наладку для свердління отвору у важелі 2. Нижня змінна плита 7 має опору 6 та упорний палець 1. Верхня змінна плита 3 має три сухарі 5, розташовані під кутом 120°, для центрування важеля по зовнішньому контуру і контурну втулку 4.

Система УНО набуває великого поширення в серійному виробництві на лініях змінно-поточної обробки і дає можливість різко скоротити затрати часу на підготовчо-заклучні роботи та строки технологічної підготовки нового виробництва.

Спеціалізоване налагоджувальне оснащення (СНО). Систему СНО призначено для певної групи виготовлюваних (ремонтваних) деталей (операцій). Таке оснащення застосовують у виконанні групових технологічних процесів.

На рис. 42.15 показано приклад спеціалізованого налагоджувального оснащення для фрезерування торців у деталях 1 та 2. По дві заготовки кожної назви базуються в призмах, причому осьове положення заготовок різної довжини обмежується упорами в торець. Як видно, обидві деталі обробляються без зміни установочних і затискних елементів пристрою.

У СНО можна застосовувати другорядні змінні деталі, наприклад шайби різної товщини для забезпечення затискування заготовок різної висоти без заміни установочного або затискного пристрою. Це дає можливість поліпшити використання устаткування. Проте ефективність оснащення пов'язана з правильним добором деталей за спільністю конструктивних і технологічних ознак, що, в свою чергу, залежить від конкретних виробничих умов.

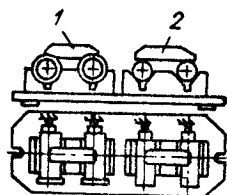


Рис. 42.15. Приклад спеціалізованого налагоджувального оснащення для фрезерування торців у деталях:

1 та 2 деталі

Нерозбірне спеціальне оснащення (НСО). Систему проектують і виготовляють для виконання однієї певної операції, тобто вона являє собою непереналагоджуваний пристрій одноцільового призначення. НСО високопродуктивне, але дороге, тому його застосування економічно виправдане в масовому і великосерійному виробництві.

Оснащення для верстатів з програмним керуванням. На верстатах з програмним керуванням (ПК) обробляють деталі широкої номенклатури малими партіями. Характерним для цих верстатів є швидка змінюваність партій, складність і підвищена точність обробки деталей. Пристрої для деталей з ПК мають бути простими і надійними в роботі, жорсткими для досягнення заданої точності обробки, забезпечувати швидке встановлення і знімання оброблюваних заготовок, допускати швидке переналагоджування і бути придатними для групової обробки. Для концентрованої багатоперехідної обробки складних деталей вони мають забезпечувати можливість підведення робочого інструмента до всіх оброблюваних поверхонь з різних боків заготовки.

Заготовки встановлюють на попередньо оброблені бази, використовуючи найчастіше такі поверхні заготовки: три взаємно перпендикулярні площини (установлення на шість точок), нижню площину і два базових отвори, центрові гнізда, циліндричні поверхні (зовнішню і внутрішню) і торець для тіл обертання. Характерною і важливою умовою вибору баз для встановлення заготовки у пристрій є суміщення їх з осями координат, від яких вказано задані розміри. На рис. 42.16, а показано приклад такого суміщення. Додержання цієї умови полегшує розрахунок координат опорних точок траєкторії руху інструменту від вибраного початку відліку (нульової точки).

Затискні пристрої характеризуються простотою конструкції (прихвати, кулачки патронів та планшайб). Їх виготовляють ручного типу і з приводом гідравлічного або механічного типів. Затискні пристрої у вигляді прихватів малогабаритні, легко розміщуються у затиснутих місцях і не заважають виконувати обробку. В разі можливості забезпечити останню умову передбачається обробка заготовки з її перезатискуванням (перехватом), розчленування процесу обробки на даному верстаті на два послідовних етапи. Спершу

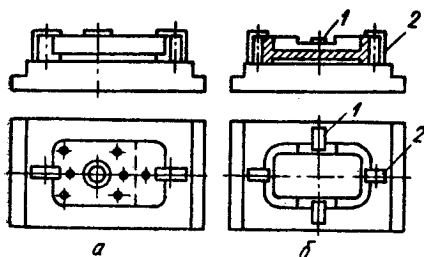


Рис. 42.16. Пристрої для верстатів з ЧПК:
1 — перші затискачі; 2 — другі затискачі

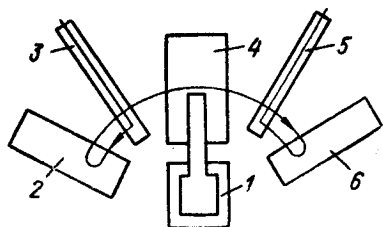


Рис. 42.17. Схема розташування робота для обслуговування трьох верстатів:
1 — робот; 2, 4 та 6 — верстати з ЧПК;
3 — конвеєр подачі заготовок; 5 — конвеєр видалення готових деталей

заготовку закріплюють першими затискачами 1 (рис. 42.16, б) і обробляють її відкриті поверхні. Потім перед початком другого етапу обробки заготовку закріплюють другими затискачами 2, а затискачі 1 знімають, звільняючи закриті до того поверхні заготовки. При правильному виборі місць закріплення заготовки точність розмірів і взаємного положення оброблених поверхонь досить висока. Це зумовлюється тим, що в разі перетискування заготовки її положення на верстаті не зміниться.

Затискні пристрої характеризуються точним виготовленням і високою надійністю в роботі. Це особливо важливо в тих випадках, коли верстат з програмним керуванням обслуговує робот. Під час токарної обробки він бере заготовку з ємкості (з транспортера) і встановлює її в точно орієнтованому положенні в кулачку патрона. Усі рухи робота, закріплення та відкріплення заготовки виконуються від керуючої програми верстата (керуючої ЕОМ для групи верстатів) При недостатній точності позиціонування захвата робота кулачки патрона мають розводитися на величину більшу, ніж при ручному встановленні заготовки.

Стационарно розташований робот може обслуговувати два-три верстати (рис. 42.17), а робот, переміщуваний по поверхні горизонтальних напрямних, — лінію верстатів.

На розточувальних, фрезерних та свердлильних верстатах заготовки можна встановлювати обробленою базою безпосередньо на стіл верстата з орієнтацією відносно бічних упорів, закріплених у Т-подібних пазах. Замість упорів на столі верстата часто закріплюють лінійку або косинець, а по них установлюють заготовку базовими площадками. Для токарної обробки заготовок типу фланців, втулок використовують клинові самоцентрівні патрони з швидким переставлянням кулачків на потрібний діаметр. Патрони мають гідравлічний, пневматичний або електромеханічний привод. Заготовки типу валів обточують у центрах з передачею момента повідцевим трикулачковим

патроном з швидким переставлянням кулачків на потрібний розмір. Патрони мають гідро-, пневмо- або електромеханічний привод. Для повної обробки валів з одного встановлення застосовують повідцеві центри, а також повідцеві шайби з торцевими рифленнями і плаваючим переднім центром. Необхідна осьова сила для проникнення рифлень у торець заготовки створюється гідравлічним або електромеханічним пристроєм задньої бабки — обертовим центром. Передаваний крутний момент становить 100 Н · м і більше. Для фрезерних верстатів з ЧПК використовують механо-гідравлічні лещата нормальної і підвищеної точності, нерухомого і поворотного типів.

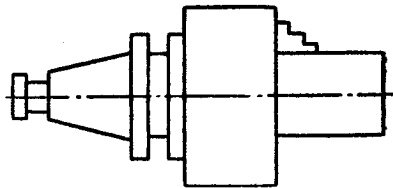


Рис. 42.18. Патрон-супутник для автоматичної лінії з керуванням за допомогою ЕОМ

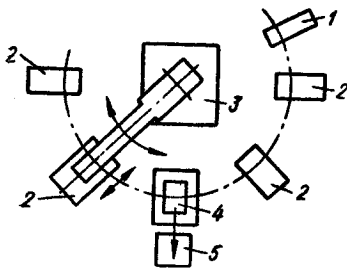
Відомо використання базових плит з набору УСП. Ці деталі мають високу точність виконання і мало спрацьовуються у процесі експлуатації. Плити забезпечують відкриту схему установки і добру доступність різального інструменту до оброблюваної заготовки.

Для верстатів з ПК, керованих від ЕОМ, використовують універсальні і переналагоджувані пристрої-супутники. Прикладом перших може бути трикулачковий самоцентрівний патрон (рис. 42.18). На спеціальному стенді у цей патрон закріплюють заготовку, а потім він передається послідовно на верстати даної дільниці. Оброблену деталь знімають, а патрон передають на вихідну позицію для закріплення нової заготовки. Патрони мають конічну поверхню для точного встановлення на шпинделі верстата і швидкодіючий автоматичний пристрій для надійного кріплення.

Переналагоджувані пристрої-супутники мають змінні установочні і затиски пристрої. Вони придатні також і для групової обробки.

На багатоопераційних верстатах «обробних центрах» з двопозиційними столами використовують пристрої-дублери. Тимчасом як закріплена в одному пристрої заготовка обробляється, в іншому пристрої оброблена деталь знімається і встановлюється нова заготовка. Таке суміщення часу сприяє підвищенню продуктивності праці і кращому використанню дорогого устаткування.

Промислові роботи широко застосовуються в механоскладальному виробництві. У механічній обробці їх використовують як допоміжні пристрої, для виконання таких функцій: узяти орієнтовану заготовку з тари (бункера), поставити у верстатний пристрій (патрон), зняти оброблену заготовку з верстата, покласти її в тару і передати на подальшу позицію обробки без втрати орієнтації заготовки. Безвідказне виконання цих допоміжних функцій багато в чому залежить від конструкції захватів, робота, які є його змінним і переналагоджуваним оснащенням.



Фиг. 42.19. Компонування робочого місця складального робота

У складальному виробництві роботи можуть виконувати і технологічні функції — забезпечувати автоматичне складання нескладних вузлів або окремі етапи загального складання виробу. Їх можна використати як окремі технологічні установки на складанні вузлів, вмонтувавши в потокову лінію з автономною системою керування і в складні автоматичні комплекси з загальною системою керування. У масовому виробництві застосовують циклові і спеціальні

складальні роботи, у малосерійному з широкою номенклатурою виробів — універсальні научувані роботи з ЧПК. В усіх випадках роботи мають бути обладнані складальним пристроєм, в який насамперед ставлять базову деталь складаного вузла і після її автоматичного закріплення послідовно встановлюються всі спряжувані деталі. Потім складений вузол відкріплюється і передається в тару на дальшу позицію. Весь цикл складання виконується автоматично, без участі людини, за заздалегідь складеною програмою.

Складальний пристрій встановлюють на столі або стояку біля робота. У найпростішому випадку це — плита з елементами для точного встановлення базової деталі складуваного вузла. Затискні пристрої (якщо вони потрібні) роблять пневматичними або гідравлічними з керуванням від системи робота. Під час складання точних спряжень точність позиціонування руки робота може виявитись недостатньою. У цьому випадку застосовують додаткові пристрої для точного спрямування спряжуваних деталей. Пристрій має бути, по можливості, простим, з відкритою робочою зоною, яка забезпечує підведення руки робота для встановлення деталей. У малосерійному виробництві пристрій може бути швидко складений з елементів УСП.

Конструювання складального пристрою тісно пов'язане із загальним компонуванням робочого місця (рис. 42.19). До нього входять вібробункери та магазини 2 для спряжуваних деталей, магазин 1 змінних інструментів та захватів, а також пристрій для приймання складеного виробу (лотік, транспортер, позиція для передавання на подальший агрегат 5). Розташування цих пристроїв визначає цикл роботи робота 3 і загальну схему складального пристрою 4.

42.6.4. Складальні пристрої

Складальні пристрої, які використовуються для механізації ручного складання, забезпечують точне і швидке встановлення спряжуваних елементів виробу, значно підвищують продуктивність праці. За ступенем спеціалізації їх поділяють на універсальні і спеціальні.

Універсальні пристрої застосовують в одиничному та малосерійному виробництві. До них належать плити, складальні балки, призми та косинці, струбцини, домкрат і різні допоміжні деталі та пристрої (підкладки, клини, гвинтові прихвати). Плити та балки, призначені для встановлення, вивірювання і закріплення складаних машин чи їхніх вузлів. Виготовляють їх з чавуну, причому на обробленій поверхні роблять Т-подібні пази. Плити та балки встановлюють на фундамент на 50...100 мм вище від рівня підлоги і старанно вивіряють у горизонтальному положенні за рівнем. Призми та косинці призначені для встановлення і закріплення вузлів та базових деталей. Їхні установочні поверхні обробляють і на них роблять наскрізні довгасті вікна для кріпильних болтів. Струбцини використовують для тимчасового скріплювання деталей та вузлів складаних машин, а також для виконання деяких допоміжних робіт (випрямлення, запресування, розпресування). Домкрати призначені для вивірювання і підтримування громіздких і важких деталей та вузлів.

Спеціальні пристрої застосовують у великосерійному та масовому виробництві для виконання певних складальних операцій. За призначенням розрізняють два основних типи спеціальних пристроїв. До першого з них належать пристрої для нерухомого встановлення і закріплення базових деталей та вузлів складаного виробу. Пристрої цього типу забезпечують необхідну стійкість деталі у процесі складання і підвищують продуктивність праці, оскільки робітники звільняються від необхідності тримати об'єкт складання руками. На рис. 42.20, *a* показано пристрій першого типу для кріплення картера редуктора заднього моста автомобіля. До пристроїв цього типу звичайно не ставлять вимог точного встановлення закріплюваних деталей; сила закріплювання має бути достатня, щоб запобігти зміщуванню деталі під дією сил і моментів, які виникають під час виконання складальних операцій.

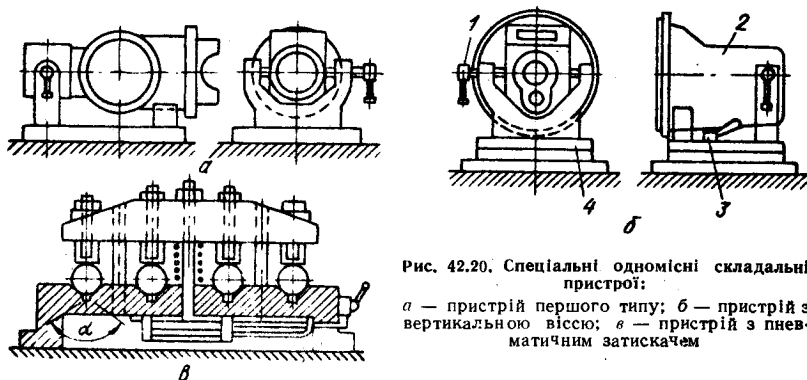


Рис. 42.20. Спеціальні однієсні складальні пристрої:

a — пристрій першого типу; *б* — пристрій з вертикальною віссю; *в* — пристрій з пневматичним затискачем

Для зручності і підвищення продуктивності праці складальників пристрої часто роблять поворотними. На рис. 42.20, б показано пристрій з вертикальною віссю повороту для складання коробки передач, картер 2 якої закріплюється на опорах затискачем 1. Після повороту на потрібний кут верхню частину 4 фіксують і закріплюють затискачем 3.

Пристрої для кріплення базових деталей та вузлів можуть бути одно- та багатомісними. Одномісні пристрої призначені для закріплення одного складаного виробу (рис. 42.20, а та б). В разі використання багатомісних пристроїв продуктивність праці складальників підвищується в результаті скорочення допоміжного часу на встановлення виробів.

Роботу на багатомісному пристрої ведуть за принципом послідовної або паралельної концентрації технологічних переходів, наприклад, при одночасному затягуванні різьбових з'єднань на всіх закріплених у пристрої деталях за допомогою багатошпиндельного гайковерта. Багатомісні пристрої мають гарантувати рівномірне і швидке закріплення всіх деталей. Пристрій з пневматичним затискачем, показаний на рис. 42.20, в, задовольняє таку вимогу.

Пристрої цього типу можуть бути стаціонарні і пересувні. Стаціонарні пристрої встановлюють на верстаках або верстатних стендах, пересувні — на візках або плитах конвеєрів. У разі складання невеликих і легких виробів такі пристрої часто знімають з конвеєра на розташоване поряд робоче місце для виконання заданої операції і знову ставлять на конвеєр. У цьому випадку конвеєр призначений лише для транспортування складаного виробу разом з пристроєм. Під час автоматичного складання ці пристрої (пристрої-супутники) мають забезпечувати точне встановлення базових деталей. У них треба передбачати пристрій для знімання готового виробу після закінчення складання.

До іншого типу спеціальних складальних пристроїв можна віднести пристрої для точного і швидкого встановлення з'єднаних деталей або частин виробу. В разі використання пристроїв цього типу складальникам не треба вивіряти взаємне положення спряжуваних елементів, бо воно забезпечується автоматично доведенням до контакту з опорами та напрямними елементами пристрою. Такі пристрої застосовують для зварювання, паяння, клепання, склеювання, розвальцювання, посадки з натягом, різьбових та інших складальних з'єднань. Вони забезпечують значне підвищення продуктивності праці, а тому необхідні при автоматизації процесу.

На рис. 42.21 показано пристрій для складання складаного колінчастого вала, що забезпечує співвісність його корінних шийок 1 та 4. Їх встановлюють і закріплюють у центруючих призмах 2 та 3 перед затягуванням гайок 5 та 7 корбової шийки 6.

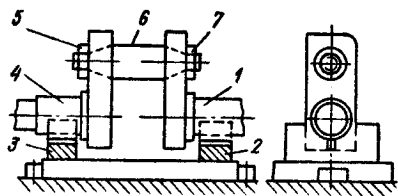


Рис. 42.21. Пристрій для складання складаного колінчастого вала

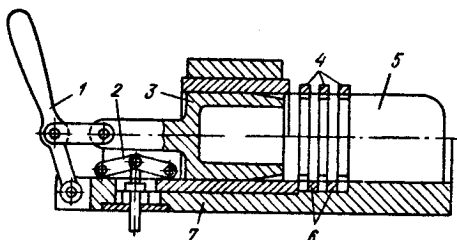


Рис. 42.22. Пристрій для надівання кілець на поршень

На рис. 42.22 показано пристрій для надівання поршневих кілець на поршень. Кільця 4 закладають замками донизу між рухомими півкільцями 6. Конусну оправку 3 важелем 1 вводять у кільця і розтискують їх до розміру, необхідного для вільного введення поршня. Натискаючи на педаль, робітник через шарнірну систему 2 та повзун 7 стискає півкільця та кільця, утримуючи останні в розведеному стані після відведення оправки 3 ліворуч. Після встановлення поршня 5 педаль звільняється і кільця сідають у свої канавки.

На рис. 42.23 показано пневматичний пристрій для складання муфти зчеплення автомобільного двигуна. Під час складання необхідно попередньо стиснути пружини 1 між натискним диском 2 та кожухом 3. Цього досягають осаджуванням кожуха чотирма Г-подібними прихватами 4, зв'язаними з пневматичною системою 5. Потім закручують гайки. Після того, як піднято прихвати, складену муфту виймають з пристрою. На рис. 42.24 показано пристрій для усунення перекосу під час запресування тонкого диска 2 на вал 3. Спрямування диска забезпечується гільзою 5. Пристрій встановлюють на стіл 4 преса, а запресування виконують за допомогою повзуна 1, доводячи його до упора.

У складальних пристроях застосовують ті самі затискні механізми, що й у верстатних. Якщо робоча зона пристрою обмежена необхідністю подачі спряжуваних деталей складними траєкторіями, затискний, пристрій має бути по можливості малогабаритним і розташованим так, щоб не утруднювати складання. Цю вимогу задовольняють низько розміщені перехвати і Г-подібні притискачі. Для скорочення допоміжного часу привод затискних пристроїв здійснюють від силових вузлів — пневмо- або гідроциліндрів. У разі використання гідроциліндрів створюється компактніша конструкція складального пристрою.

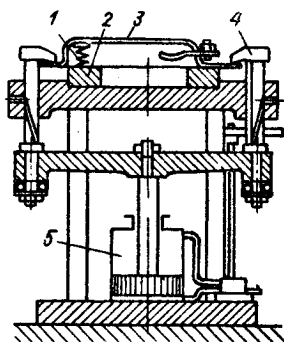


Рис. 42.23. Пристрій для складання муфти зчеплення

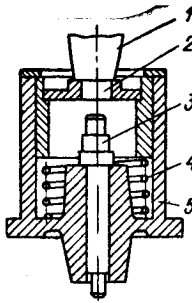


Рис. 42.24. Пристрій для запосовування дисків на вал

Безпосередньо закріплювати базові деталі складаного вузла на магнітній (електромагнітній) плиті не можна, бо вони можуть намагнітитись. Для великих сил закріплення дуже зручні і швидкодійні вакуумні затискні пристрої, а для великих сил — пружинні. Останні часто застосовують у пристроях для паяння та склеювання деталей. Вони не перешкоджають тепловому розширенню деталей від нагрівання і стискуванню їх під час охолодження. Як матеріал для пружин використовують сплави на основі Co-Ni-Cr-W-Mo , які витримують високу температуру нагріву (до 400°C) без помітного зниження механічних властивостей.

Пружинні затискачі застосовують на стаціонарних пристроях і на пристроях-супутниках. На рис. 42.25, а показано транспортований пристрій з притискачем приклеюваних фрикційних накладок 2 до гальмових колодок 1 за допомогою пружини 4 і гнучкої металевої або тканинної стрічки 3. Надівають і знімають стрічку за допомогою стаціонарного пристрою (рис. 42.25, б). В результаті надходження стиснутого повітря в циліндр 9 відбувається стискування пружини вилкою 7 на штоці 8. Ліва вилка 6 при цьому впирається в нерухомі штирі 5.

Щоб визначити сили закріплення, треба знати умови виконання складальних процесів. Так, під час склеювання клеєм БФ-2 та ін. з'єднані деталі потрібно притискувати із зусиллям $15\text{--}20\text{ МПа}$. Під час паяння силу притискування встановлюють, виходячи з умови міцної фіксації складаних деталей. У різьбових з'єднаннях базова деталь виробу сприймає реактивний момент від затягування цих з'єднань, а тому їх треба міцно утримувати від прокручування. В разі застосування багатошпindelного гвинтозакручувального пристрою реактивний момент сприймають базова деталь і корпус пристрою. Знаючи зовнішню силу або момент, схему встановлення і закріплення складаного виробу, а також реакції опор, можна знайти необхідну силу закріплення. Методика розрахунку сил закріплення така сама, як і у верстатних пристроях.

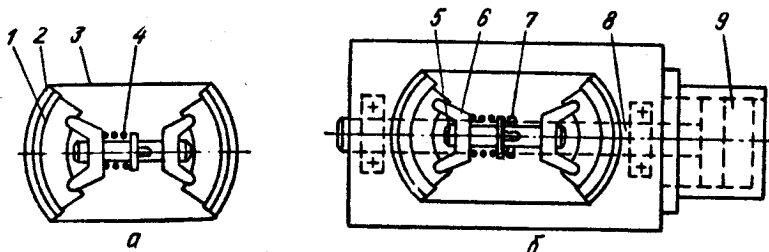


Рис. 42.25. Пристрій для приклеювання фрикційних накладок на гальмові колодки

42.6.5. Контрольні пристрої

Контроль якості виробів надзвичайно важливий у ремонтному виробництві, особливо в разі виготовлення виробів за принципом повної взаємозамінності.

Контрольні пристрої застосовують для перевірки заготовок, деталей та вузлів машин. Пристрої для перевірки деталей застосовують на проміжних етапах обробки (міжопераційний контроль) і для остаточного приймання, виявлення точності розмірів, взаємного положення поверхонь і правильності геометричної форми їх.

Висока точність сучасних машин зумовлює використання в контрольних пристроях високочутливих вимірників, а також важливість правильного вибору принципіальної схеми та конструкції пристрою.

Контрольні пристрої поділяють на пасивні та активні. Пасивні застосовують після виконання операцій обробки. Активні встановлюють на верстатах; вони контролюють деталі в процесі обробки, подаючи сигнал на органи верстата або робітникові про припинення обробки або зміну умов її виконання в разі виникнення браку. Контрольні пристрої із самостійних пристроїв перетворюються у складову частину автоматичних систем. Це дає можливість знизити собівартість продукції в результаті усунення браку і виключення контролю як самостійної операції.

Контрольні пристрої (звичайні і автоматичні) мають забезпечувати задану точність і продуктивність контролю, бути зручними в експлуатації, простими у виготовленні, надійними у тривалій роботі і економічними.

Контрольний пристрій складається з установочних, затискних, вимірювальних та допоміжних елементів, змонтованих у корпусі пристрою.

Найпростіша схема пристрою — схема з жорсткими граничними елементами для перевірки висоти уступів (розміри H_1 та H_2) ступінчастої деталі, яку в процесі контролю пересувають по плиті вручну (рис. 42.26). Контроль виконують від нижньої базової площини.

Схему індикаторного пристрою для перевірки співвісності наведено на рис. 42.27. Контрольовану деталь 3 надівають на консольний порожнистий палець 2 і в процесі перевірки повертають рукою на один оберт. При ексцентриситеті малого отвору вимірювальний накопичувач 1 передає рух через важіль 4 та штифт 5 на індуктор 6. На його шкалі фіксується подвоєна величина ексцентриситету.

На рис. 42.28 показано схему багатомірного пристрою для перевірки поршня. Індикаторами 1, 2, 3 перевіряють відповідно відстань від осі отвору під палець поршня, перпендикулярність осі отвору до осі поршня

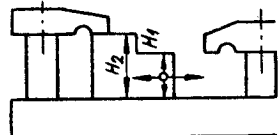


Рис. 42.26. Пристрій з жорсткими граничними елементами

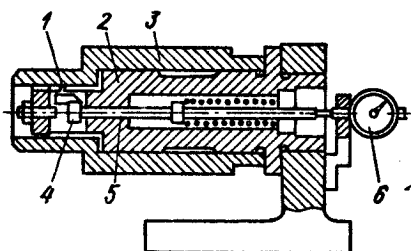


Рис. 42.27. Індикаторний пристрій для перевірки співвісності двох отворів

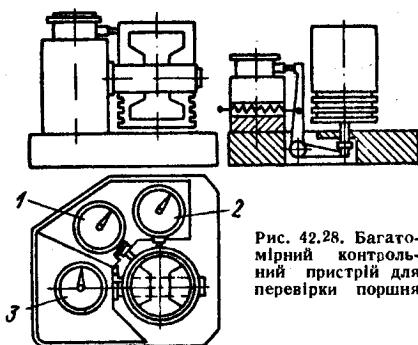


Рис. 42.28. Багатомірний контрольний пристрій для перевірки поршня

і розташування осі отвору в одній площині з віссю поршня. Контролюючи два останні розміри, необхідно переставляти деталь. Різниця показів індикаторів 3 та 2 дорівнює подвоєній величині вимірюваної похибки.

42.6.6. Автоматизація проектування пристроїв

Роботи по виробництву оснащення включають у себе проектування технологічних процесів обробки деталей з вибором необхідного устаткування та інструменту, нормування праці, визначення відомостей про заготовки та комплектуючі готових виробів, підготовку програм для верстатів з ЧПК, розробку конструкцій інструменту другого порядку, одержання техніко-економічної інформації для планування та управління виробництвом.

Удосконалювати проектування пристроїв можна за рахунок автоматизації цих процесів з допомогою ЕОМ. Для цього враховують специфічні особливості пристроїв, а також характерні риси конструкцій пристроїв. Автоматизація проектування пристроїв різко скорочує матеріальні затрати і час на конструювання та виготовлення їх, а також підвищує ефективність процесів технологічної підготовки ремонту машин.

Складовими економічної ефективності автоматизації проектування є такі ефекти: E_1 — зниження трудомісткості проектування; E_2 — прискорення процесів підготовки виробництва виробів; E_3 — підвищення рівня нормалізації конструкцій пристрою; E_4 — підвищення ступеня оснащення виробництва пристроями; E_5 — поліпшення якості проектування конструкцій; E_6 — підвищення ефективності праці інженерів; E_7 — скорочення затрат на підготовку інженерних кадрів. Загальний економічний ефект виражається сумою $E = \sum_{i=1}^7 E_i$.

Не всі складові цієї суми можна оцінити. Для деяких з них існують методи наближеної оцінки.

Річний ефект від зниження трудомісткості проектування пристроїв визначають за формулою зведених затрат:

$$E_1 = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] Q,$$

де C_1 та C_2 — собівартість проектування одного пристрою середньої складності відповідно в базовому і впроваджуваному варіантах; E_n — нормативний коефіцієнт окупності капітальних затрат; K_1 та K_2 — питомі капітальні затрати в базовому і впроваджуваному варіантах; Q — річний обсяг проектуваних конструкцій,

$$Q = \sum_{i=1}^m (h'_i + h''_i),$$

де h' та h'' — відповідно число верстатних пристроїв i -ї групи складності, проєктованих протягом року в процесі технологічної підготовки і поточного оснащення виробництва; m — число груп складності конструкцій, які використовуються на даному підприємстві.

Собівартість проектування однієї конструкції у базовому (впроваджуваному) варіанті

$$C_{1,2} = \sum_{i=1}^n t_i B_i K_i,$$

де t_i — час виконання i -ї проектної операції в базовому (впроваджуваному) варіанті; B_i — її вартість; K_i — коефіцієнт, що враховує накладні витрати; n — число операцій.

Затрати на ручні операції визначаються зарплатою інженерно-технічних працівників. Затрати на машинні операції пов'язані із собівартістю 1 год роботи машини:

$$C_{\text{ЕОМ}} = \frac{Z_{\text{експ}}}{\Phi_p} = \frac{1}{\Phi_p} \sum_{i=1}^7 Z_i,$$

де $Z_{\text{експ}}$ — експлуатаційні річні затрати ЕОМ; Φ_p — річний фонд корисного часу; Z_1 — фонд основної і додаткової зарплати персоналу ЕОМ; Z_2 — сума річних амортизаційних відрахувань; Z_3 — вартість електроенергії, споживаної ЕОМ протягом року; Z_4 — вартість ремонту основного і допоміжного устаткування; Z_5 — вартість утримання приміщення; Z_6 — річна вартість допоміжних матеріалів для ЕОМ; Z_7 — інші непрямі витрати.

Рекомендується брати $Z_{\text{експ}} = 0,3C_e$, де C_e — вартість ЕОМ за преїскурантом.

Суть людино-активного (інтерактивного) проектування пристроїв полягає в автоматичному виведенні на засіб відображення (дисплей) проектної ситуації, що потребує участі конструктора; спостереженні і коригуванні виведеної ситуації відповідно до прийнятого рішення; відображенні коригувальної інформації в моделі конструкції. Побудо-

ві інтерактивних систем передусе системний аналіз операцій, які виконуються під час проектування на ЕОМ, поділ їх на формалізовані і важкоформалізовані. Відповідно до цього слід розподілити функції між людиною і машиною у процесі проектування.

У побудові систем автоматичного проектування пристроїв (САПП) ЕОМ виділяють такі функції: 1) виконання різноманітних розрахунків; 2) пошук інформації і її відображення в цифровому і графічному вигляді; 3) перетворення інформації з однієї форми подання в іншу; 4) побудова схем функціональних груп елементів (схем установки, затискача та ін.); 5) визначення розмірних параметрів і попереднє компонування конструктивних елементів (КЕ); 6) перетворення цифрових моделей у графічні і навпаки; 7) виконання операцій розпізнавання перетинів КЕ; 8) занесення інформації про коригування в інформаційну модель конструкції; 9) економічна оцінка конструкції; 10) попереднє компонування складальних креслень; 11) побудова розрізів, перерізів та аксонометричних зображень за командою конструктора; 12) масштабування і визначення форматів креслень; 13) розв'язування більшості задач визначення видимості; 14) побудова виносок; 15) складання специфікації; 16) розв'язування задач ТПП та ін.

За оператором-конструктором раціонально зберегти функції: 1) оцінки прийнятих рішень на окремих стадіях і в комплексі; 2) остаточне визначення складу і структури функціональних груп КЕ і конструкції в цілому; 3) поліпшення компоновки конструкції, спрямоване на підвищення роботоздатності та інших характеристик, у тому числі на усунення перетинів; 4) підвищення естетичних та ергономічних показників конструкції, уточнення форми окремих КЕ для зменшення маси; 5) вирішення завдань видимості; 6) побудови деяких елементів розмірної сітки; 7) раціоналізації компоновки проєкцій на полі креслення; 8) активного управління процесом проектування.

У формі графічних моделей (ГМ) при людино-машинному проектуванні відбивається інформація про КЕ. Найповнішою графічною моделлю КЕ є сукупність його проєкцій, побудованих відповідно до правил ЄСКД. Проте така модель у практиці машинного проектування є інформаційно надлишкова. Проектування повних ГМ на ЕОМ пов'язане з великими затратами машинного часу і пам'яті, а також потребує вдосконалення технічних показників засобів відображення. Тому доцільно для кожного КЕ створити певну сукупність плоских зображень, що моделюють КЕ на екрані в ситуаціях, які вимагають участі конструктора. Такі моделі не включають в себе всієї множини ліній, які формують проєкції КЕ, а лише лінії їхніх апроксимованих зовнішніх контурів. ГМ формуються в ЕОМ у вигляді цифрових описів. Опис ГМ містить у собі певну множину описів елементарних складових, кожна з яких являє собою відрізок прямої або дугу. Він включає в себе інформацію про тип T , розмір a складової, координати x_1 та

y_1 і x_2 та y_2 , її початку і кінця. Інформаційний опис графічної моделі КЕ

$$\Gamma_m = \{[(T_i, a_i, x_{1i}, y_{1i}, x_{2i}, y_{2i})_{i=\overline{1,m}}] X_j, Y_j, \phi_j\}_{j=1}^n,$$

де X_j, Y_j та ϕ_j — координати (вектор ϕ_j) положення j -го контуру ГМ у двовимірному просторі; m — число елементарних складових в i -му контурі ГМ; n — число контурів в ГМ. Параметри виразу Γ_m повністю зв'язані з параметрами інформаційної моделі конструкції пристрою:

$$T_i = T(E); a_i = a(\bar{v}); x, y = f(E, \bar{v}); \phi_j = \psi(\psi).$$

Безумовно, існують обернені зв'язки параметрів інформаційної моделі пристрою з описом ГМ конструктивних елементів. За допомогою обернених інформаційних взаємозв'язків можна виконувати головну функцію інтерактивного проектування пристроїв — усунення перетинів КЕ. Цього досягають коригуванням розмірів, положення чи форми КЕ, змінюючи відповідно вектори \bar{v} та ψ моделі або вводячи в неї додаткові структурні елементи.

Згідно з інформаційною моделлю інтерактивного проектування пристроїв (рис. 42.29) опис конструкції або її фрагмента $\bar{K}(t_{i=1})$ відбивається в ЕОМ у вигляді сукупності описів, необхідних для прийняття рішення щодо графічних об'єктів OO_1 . Потім OO_1 перетворюється в опис OO_2 мовою засобу відбивання і зображається на екрані у вигляді сукупних графічних моделей $\{GM\}$. Після введення конструктором до системи кванта коригувальної інформації $\Delta\{GM\}$ остання перетворюється в квант Γ_m опису зображення, підсумовується з описом OO_2 і формує новий опис OO'_2 необхідних ГМ мовою дисплея. Далі OO'_2 перетворюється в опис ГМ мовою подання їх в ЕОМ, формується квант $\Delta\bar{K}(t_i)$ зміни цифрової моделі конструкції і здійснюється її коригування, яке приводить конструкцію до стану $\bar{K}(t_{i=2})$.

Розглянута модель не описує всієї інформації, яку конструкторові потрібно вивести на екран дисплея. Крім конкретної проектної ситуації, відбитої у вигляді сукупності ГМ, конструкторові потрібно знати, що робити з виведеними моделями. Для цього на екран треба видати постановку задачі в текстово-графічній формі. Текстова частина має містити вказівки про те, що треба зробити конструкторові, графічна — чим оперувати, розв'язуючи задачу. Текст доцільно писати в мінімальній кількості мовою, близькою до природної. На графіку

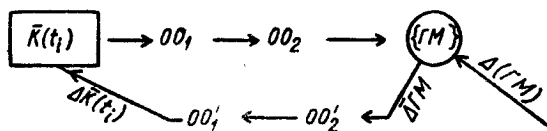


Рис. 42.29. Інформаційна модель інтерактивного проектування пристроїв

важливо розрізняти три різновиди ГМ: ті, що визначають коригування конструкції, але не коригуються; ті, що безумовно коригуються; ті, що визначають коригування і самі коригуються. Цього можна досягти, позначаючи кожну з названих груп своїм різновидом ліній. У ГМ необхідно передбачити зображення прив'язної точки і осі абсцис ВСК.

Операція коригування конструкції здійснюється виконанням директив, що задаються у будь-якій з таких послідовностей: а) *DGXY* (G, X, Y) — перенесення коригованої КЕ з кодом G на заданий приріст $\Delta x, \Delta y$ у площині OXY ; б) *DP* \varnothing *VG* (G, A) — поворот КЕ з кодом G на кут A відносно своєї прив'язувальної точки; в) *DISPL* (G) — виведення КЕ з кодом G на екран; г) *ANIGL* (G) — виключення КЕ з кодом G з конструкції; д) *INTR* (G) — введення КЕ в конструкцію; е) *RETVRN* — вихід з діалога і передача керування автоматичному режиму.

Названі директиви, а також деякі інші функції інтерактивного режиму виконуються спеціальним програмним забезпеченням, яке включає засоби виведення і введення ГМ, їхнього переміщення та повороту, виготовлення, перетворення типу ГМ \rightleftharpoons КЕ, фіксації змін ГМ у цифровій моделі конструкції та ін. Генерування ідей у процесах інтерактивного проектування доцільно здійснювати за допомогою системи пошуку укрупнених вирішень і у вигляді аналогів конструкцій пристроїв. Така система може аналізувати вхідну інформацію, формулювати пошукові запити, шукати аналоги. Система може забезпечити багатоаспектний пошук, супроводжуваний мінімальним пошуковим шумом і часом пошуку.

Для використання в системі пошуку розроблено інформаційно-логічну мову (ІЛМ). Інформація цією мовою подається у вигляді виразів, до складу яких входять дескриптори і зміцнювальні покажчики. Постійна інформація пошукової системи, яка включає опис конструкцій приладів, зберігається в архіві у зовнішній пам'яті ЕОМ. Кожному пристрою, що знаходиться в архіві, поставлено у відповідність пошуковий образ, який містить найхарактерніші дані про конструкцію, записані у виразах ІЛМ. Архів і програмне забезпечення пошуку мають структуру, що допускає перебудову їх у зв'язку з виробничими змінами.

Створення САПП вимагає великих затрат праці кваліфікованих спеціалістів, а їхнє впровадження на підприємствах з дуже відмінними виробничими умовами пов'язане із значною переробкою системи. Тому слід розробляти модульні системи проектування, які настраюються на конкретні умови виробництва. Щоб розв'язати це завдання, потрібно поліпшувати і формалізувати процеси проектування пристроїв, стандартизувати елементи конструкції, широко використовувати ЕОМ третього покоління, розвивати алгоритмічні мови, теорію і практику побудови банків даних. Найважливішим є створення пакетів прикладних програм (ППП).

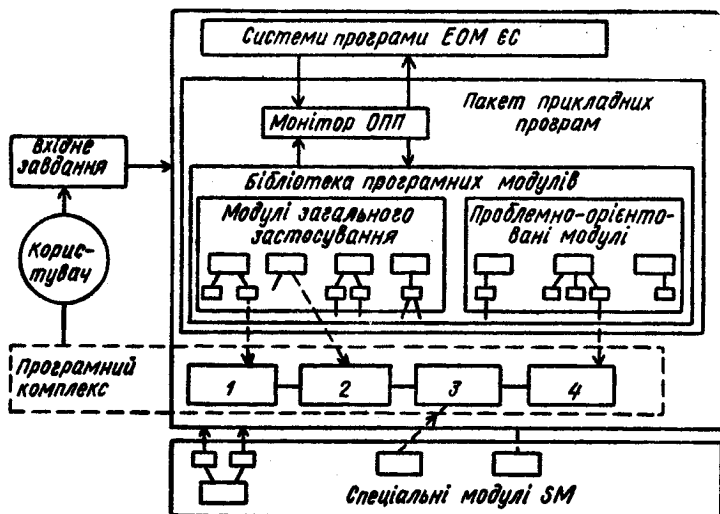


Рис. 42.30. Схема побудови програмного комплексу на базі ППП

ППП — це спеціалізована система програмування, яка має проблемну орієнтацію на розв'язання задач конкретного класу. Ця система розширює можливості ОС ЕОМ, їхнього системного програмного забезпечення у побудові програмних комплексів обробки даних певних користувачів. ППП для конструювання пристроїв включає в себе вхідну мову, бібліотеку програмних модулів (БПМ), базу даних і керуючу (моніторну) програму пакета. Крім багатьох функцій введення, трансляції, керування обчислювальним процесом, монітор має бути здатним на базі БПМ ППП синтезувати програмні комплекси конкретного підприємства. БПМ ППП складається з модулів загального застосування і проблемно орієнтованих модулів. Перші, призначені для розв'язування завдань, які можуть зустрічатися не тільки під час проектування конкретного виду оснащення, наприклад пристроїв, а й застосовуватись у конструюванні будь-яких машинобудівних об'єктів. Сюди належать, наприклад, програми розв'язування геометричних задач, формування і друкування специфікації, аналізу видимості ліній на кресленні, виконання інженерних розрахунків та ін.

До складу проблемно орієнтованих входять модулі синтезу конструкцій (вибору схем установок, визначення числа КЕ функціональної групи, розміщення КЕ у просторі та ін.); модулі формування описів ТІ та ГМ, розрахунку параметрів розмірних сіток, визначення структури складального креслення та ін. Модулі загального застосування разом з проблемно орієнтованими модулями, утворюють групу універсальних програм. Кожна САПП (PS) розглядається як об'єднання

комплексів (множин): $PS = \bigcup_{i=1}^6 P_i$, де P_1 — системні програми конкретної обчислювальної системи; P_2 — технічні засоби автоматизації проектування; P_3 — програмні модулі загального застосування БПМ; P_4 — комплекс проблемно орієнтованих модулів БПМ; P_5 — спеціальні програмні модулі; P_6 — база даних.

Програмний комплекс РК \subset PS САПП: $PS = \bigcup_{i=1}^5 P_i$.

У кожному конкретному випадку побудови САПП необхідно модульний комплекс, одержаний на основі ППП, доповнити комплексом спеціальних модулів, що відбивають специфіку підприємства (організації), для якої створюється САПП (рис. 42.30). Програмні комплекси формує користувач за допомогою ЕОМ за вхідним завданням, складеним вхідною мовою ППП. Режим побудови програмних комплексів має бути інтерактивним. Програмний комплекс САПП необхідно поєднати з базою даних і утворену систему реалізувати на конкретних технічних засобах.

42.7. Робототехніка в ремонтному виробництві

42.7.1. Сучасний стан питання

На сучасному етапі науково-технічного прогресу особливо інтенсивно розвиваються теорія автоматичного керування, теорія інформації та техніка її обробки. Саме ця тенденція з урахуванням традиційних напрямів у машинобудуванні і в ремонті машин (удосконалення двигунів, передаточних механізмів та робочих органів) дала можливість ставити питання про створення напряму в автоматизації виробництва, який базується на принципово новому класі універсального устаткування — промислових роботах.

Основними рисами промислових роботів є їхня механічна досконалість і безперервно зростаючий інтелект, що розширює сферу застосування робототехніки, яка вже охоплює промисловість, сільське господарство, транспорт, медицину, наукові дослідження практично в усіх галузях знань.

Структуру робота, який взаємодіє з навколишнім середовищем, можна спрощено проілюструвати рис. 42.31. У загальному випадку робот складається з чотирьох систем:

виконавчої (маніпуляційної) — для цілеспрямованого впливу на навколишнє середовище;

інформаційно-вимірjuвальної (сенсорної) — для забезпечення робота інформацією про стан зовнішнього середовища, результати впливу на нього маніпуляційної системи (або взаємодії системи робот — об'єкт —

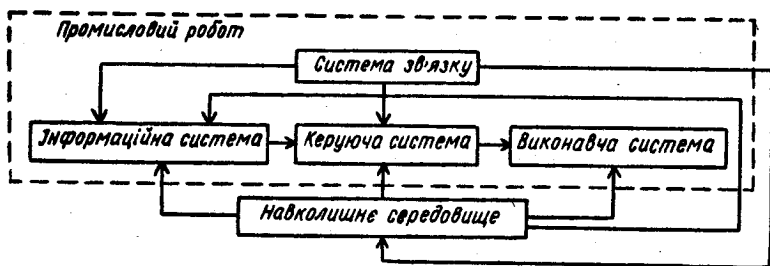


Рис. 42.31. Узагальнена структура робота, який взаємодіє з навколишнім середовищем

середовище) і стану самого робота відповідно до вимог системи управління;

системи керування (інтелекту) — для вироблення закону керування маніпуляційною системою на підставі даних, що надходять від інформаційної системи, а також для організації спілкування робота з людиною або іншими функціональними пристроями, з якими взаємодіє робот; інтелектуальні здібності робота визначаються головним чином алгоритмічним і програмним забезпеченням його системи керування;

системи зв'язку — для організації обміну інформацією між роботом і людиною або іншими функціональними пристроями (в тому числі роботами) певною зрозумілою їм мовою.

Рівні інтелекту та інформаційного забезпечення промислового робота визначаються характеристикою навколишнього середовища, з яким взаємодіє (на який впливає виконавча система робота). У робототехнічних системах під навколишнім середовищем розуміють об'єкти роботизації, які можуть перебувати в неупорядкованому (і тоді середовище не підготовлене), впорядкованому (підготовлене середовище) і частково впорядкованому стані. Приклад неупорядкованого стану об'єктів наведено на рис. 42.32, *а*, де об'єкти різних класів (зокрема, *A* та *B*) займають хаотичне положення на поверхні. У цьому випадку завданнями систем інформації і керування будуть: знайти об'єкт на поверхні, визначити клас, а також положення об'єкта за характерною ознакою (наприклад, за позначкою «х») і планування алгоритму дій управління на ланки виконавчої системи робота з метою забезпечити оптимальні умови взаємодії робота з середовищем.

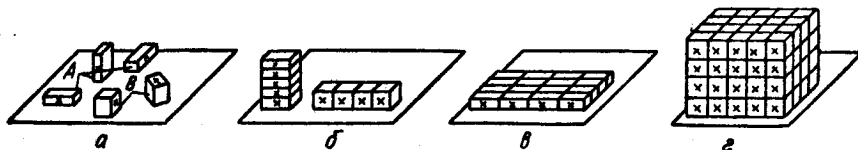


Рис. 42.32. Стан навколишнього середовища

З розглянутого вище випливає, що зниження інформаційного навантаження і рівня інтелекту робота можливе, коли заздалегідь підготувати середовище, впорядкувавши об'єкти за класами, зорієнтувавши у просторі і один відносно одного. Приклади впорядкованого розташування об'єктів показано на рис. 42.32, б (лінійне нагромадження орієнтованих об'єктів одного класу), на рис. 42.32, в (поверхнева нагромадження орієнтованих об'єктів одного класу) та на рис. 42.32, г (об'ємне нагромадження об'єктів).

Однією з важливих проблем робототехніки є аналіз роботизованого виробництва, що передбачає етапи підготовки середовища (впорядкування об'єктів) спеціальними засобами. Можливість упорядкування об'єктів розглядається при цьому як один з основних моментів оцінки технологічності об'єктів під роботизоване виготовлення. Особливо важливим є використання засобів та методів упорядкування середовища в разі роботизації багатомономенклатурного малосерійного виробництва, коли відсутність таких засобів зумовлює надто розгалужену систему інформаційного забезпечення, що здорожчує робототехнічну систему, в цілому знижує надійність її функціонування й підвищує затрати на експлуатацію роботів.

Гнучкість автоматизованих виробничих систем, особливо в умовах малосерійного багатомономенклатурного виробництва, можна забезпечити способом організації їх за модульним принципом, основою якого є елементи нижнього рівня структури гнучких автоматизованих виробництв — робототехнологічні комплекси. Такі виробництва являють собою комплексні об'єднання верстатів з ЧПК, іншого технологічного (у тому числі і складального) устаткування та роботів з мікропроцесорним керуванням, з системами автоматизованої підготовки виробництва, включаючи його технологічний аналіз, проектування виробів і розробку технології.

Багатоманітність технологічних процесів виготовлення виробів вимагає використання типових засобів та методів побудови роботизованих виробництв, у зв'язку з чим дедалі актуальнішим стає вироблення правильних (об'єктивних) принципів проектування, при яких процес, що роботизується, виступає об'єктом керування і передбачає вдосконалення організації виробництва й вибір методів виготовлення, які гарантують оптимальні умови взаємодії елементів системи робот — об'єкт — середовище. Такий підхід дає можливість розв'язувати завдання синтезу оптимальних робототехнічних систем, що мають мінімальне число теплових швидкопереналагоджуваних елементів.

Одним з перспективних напрямів промислової робототехніки, спрямованих на підвищення ефективності проектування, скорочення строків освоєння і зниження трудомісткості виготовлення автоматизованого технологічного устаткування для процесів, що роботизуються, на базі уніфікованих і стандартизованих елементів робот — об'єкт —

середовище, система керування, є розробка систем автоматизованого проектування робототехнологічних комплексів.

Особливе місце у створенні елементної бази промислових роботів відводиться розробці дискретних лінійних та ротацийних приводів і багатопільових захватних органів, що значною мірою забезпечує підвищення одного з основних технічних показників роботів і системи в цілому й їхню технологічну і функціональну універсальність.

Створення робототехнологічних комплексів на базі гнучких технологічних переналагоджуваних систем потребує розгалуженої структури групового керування функціональними механізмами і промисловими роботами. При цьому зростає роль математичного, алгоритмічного і програмного забезпечення керування як окремими елементами, так і робототехнологічними комплексами в цілому.

42.7.2. Основні поняття і завдання робототехніки

Одним з основних напрямів економічної стратегії на сучасному етапі розвитку суспільства є забезпечення всемірного зростання суспільного виробництва, інтенсифікація темпів зростання продуктивності праці, поліпшення якості продукції і посилення режиму економії.

Завдання підвищення ефективності виробництва надзвичайно складне і багатогранне. Його розв'язання у всіх галузях народного господарства дедалі більше залежить від комплексної автоматизації виробничих процесів. За останні роки в розв'язанні завдань автоматизації виробництва сталися значні зміни. Тепер автоматичні лінії створено не тільки в автомобільній, тракторній та підшипниковій галузях промисловості, а й у виробництві електронної техніки, радіоприймачів, магнітофонів.

Повсюдно поширені нині сучасні системи керування, зокрема системи програмного керування на основі використання обчислювальної техніки. Якнайширше застосування ЕОМ для розв'язання практичних завдань керування окремими системами машин і видами виробництва з вирішенням не тільки суто специфічних завдань керування машинами і технологічними процесами, а й більш загальних завдань контролю, організаційно-економічних питань і безпосереднього керування ходом виробничого процесу дали можливість перейти до практичної реалізації проблеми комплексної автоматизації не тільки масового і великосерійного, а й серійного та індивідуального виробництва.

Остання обставина має надзвичайно велике значення, оскільки для промисловості поширена повсюдна тенденція до індивідуального характеру виробництва і частой зміни номенклатури випуску виробів.

Оскільки автоматизація являє собою комплексне конструкторсько-технологічне завдання створення принципово нової техніки на базі

прогресивних технологічних процесів обробки, складання і контролю виробів, її ні в якому разі не слід розуміти лише як процес впровадження елементів і засобів автоматики і насичення ними вже існуючих чи тільки проєктованих конструкцій машин та систем.

У широкому розумінні під автоматизацією виробничих процесів слід розуміти комплекс заходів для розробки нових прогресивних технологічних процесів і проєктування на їхній основі високопродуктивного технологічного устаткування, що здійснює робочі та допоміжні процеси без безпосередньої участі людини.

Для успішного розв'язання завдань дальшого підвищення ефективності суспільного виробництва треба якнайширше впроваджувати в промисловість гнучкі засоби автоматизації, створювати автоматизовані виробництва на базі використання верстатів з ЧПУ, промислових роботів та маніпуляторів.

Робототехніка — напрям розвитку науки і техніки у галузі механізації й автоматизації ручних операцій. Предметом робототехніки є розробка і дослідження роботів та пов'язана з цим сукупність проблем, починаючи від теоретичних досліджень, розрахунків, конструювання, створення роботизованих виробництв та керування ними і закінчуючи питаннями аналізу економічних та соціальних проблем впровадження роботів у промисловість. Основною галуззю застосування робототехніки є комплексна автоматизація виробництва, скорочення числа робітників і зміна їхніх функцій.

Очевидно, що для реалізації цих завдань не досить використовувати традиційні засоби автоматизації і механізації. Для цього потрібні принципово нові засоби, які б характеризувалися швидким переналагоджуванням для виконання нових операцій при великій номенклатурі виготовлюваних деталей, частій зміні об'єктів виробництва (виробів) і низькій серійності їх, а також широкою універсальністю виконуваних дій. Таким засобом автоматизації нового типу, що характеризується багатофункціональністю механічних дій, універсальністю виконуваних операцій та алгоритмів взаємодії із зовнішнім середовищем, є робот.

У загальному розумінні роботи — такий клас технічних систем, який у своїх діях відтворює подібність рушійних та інтелектуальних функцій людини. При цьому робот відрізняється від традиційного автомата більш універсальними можливостями, багатотіловим призначенням, здатністю переналагоджуватися на виконання різноманітних функцій, різних трудових операцій та інтелектуальних дій, у тому числі у змінних і непередбачуваних обставинах.

У різних сферах матеріального виробництва найбільшого поширення набули промислові роботи. Промисловий робот являє собою переналагоджувану автоматичну машину для виконання різних маніпуляційних дій у виробничому процесі.

Під переналагоджуванням розуміють перепрограмування і меха-

нічне перенастроювання робота, під маніпуляційними діями — переміщення і орієнтування в просторі об'єктів маніпулювання.

Впровадження промислових роботів у промислове виробництво дає можливість розв'язувати такі завдання:

здійснювати практичні заходи для комплексної автоматизації, у першу чергу, для виробництв з малосерійним та індивідуальним випуском деталей;

автоматизувати роботу значної частини морально застарілого устаткування завдяки використанню системи ЧПК робота для керування технологічним устаткуванням і, як наслідок, автоматизації операцій, які раніше виконувались вручну;

скоротити строки технологічної підготовки виробництва і строки переходу до освоєння нового виду об'єкта виробництва в разі його заміни або модернізації внаслідок збереження у складі основного технологічного устаткування переналагоджуваних автоматичних машин-роботів;

підвищити коефіцієнт змінності роботи основного технологічного устаткування та інтенсифікувати режими його роботи;

створити комплексно автоматизовані цехи і дільниці на базі верстатів з ЧПК, новітніх типів основного технологічного устаткування з централізованим керуванням дільниць та цехів від автономних ЕОМ по лініях зв'язку;

розробити заходи по створенню нових технологічних процесів, які не можна реалізувати за безпосередньою участю людини;

підвищити культуру виробництва і певною мірою компенсувати дефіцит кадрів у ряді виробничих професій (наприклад, у верстатобудуванні, ливарному виробництві).

У процесі розвитку робототехніки визначилися два самостійних, але взаємозв'язаних напрями:

створення і виробництво роботів як машин принципово нового типу;

створення роботизованих виробництв, об'єктів та процесів (причому в цьому випадку розв'язуються такі завдання, як створення нових технологій, устаткування і виробництв у цілому, які ґрунтуються на використанні роботів, і модернізація існуючих технологічних процесів способом їх автоматизації на базі застосування промислових роботів).

У виникненні ідеї створення роботів їх прообразом стала людина, яка виконує певні фізичні дії та операції. Тому роботу властива активна і цілеспрямована інформаційна та фізична взаємодія із зовнішнім середовищем, яка реалізується за допомогою відповідного її функціонального складу.

Типовими вузлами (модулями) робота є виконавчі органи — механічні руки-маніпулятори, керуючі пристрої, які приводять у рух приводи маніпуляторів, пристрої нагромадження, зберігання та пере-

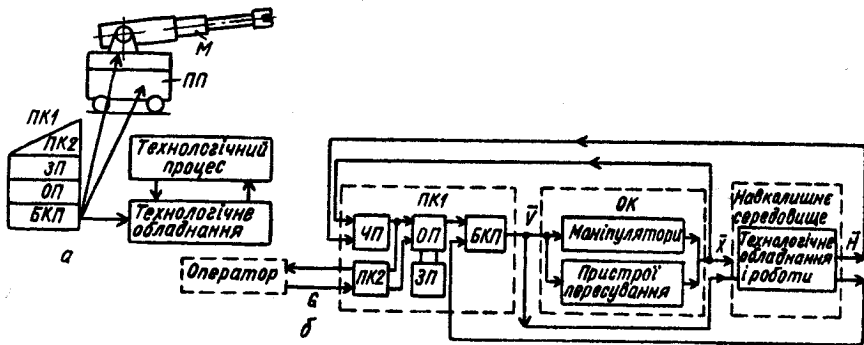


Рис. 42.33. Принципіальна будова промислового робота

робки інформації у вигляді мікропроцесора, що входить до складу робота або автономної ЕОМ, а також блоки інформації про стан зовнішнього середовища — сенсорні пристрої (за аналогією з органами чуття людини — органи чуття робота). В ряді випадків робота має органи пересування. Конструктивно він може бути виконаний у напільному варіанті — з переміщенням на колесах, гусеницях чи механічних ногах і в підвісному (стельовому) варіанті з переміщенням по монорейці або тельферних балках.

На рис. 42.33 показано типову структурну схему робота і функціональні зв'язки блок-схеми керування ним. Конструктивно робота складається з маніпулятора — руки *М*, пристрою пересування *ПП* (для рухомих роботів) і пристрою керування *ПК1*, в якому є пульт керування *ПК2*, запам'ятовуючий пристрій *ЗП*, обчислювальний пристрій *ОП*, блоки керування приводом маніпулятора та пристрою пересування *БКП* (рис. 42.33, а).

Маніпулятор робота *М* звичайно являє собою багатоланковий шарнірний механізм із заданим числом ступенів рухомості (звичайно 3...9), який закінчується кистю — захватним пристроєм для закріплення об'єкта маніпулювання (інструменту для виконання різних технологічних робіт або деталі).

Пульт керування *ПК2* робота призначено для введення у керуючий пристрій завдання у вигляді програми команд і контролю правильності виконання завдання. Запам'ятовуючий пристрій *ЗП* призначено для зберігання інформації про програму роботи робота, порядок взаємодії блоків *ПК1* та інші дані. В обчислювальному пристрої *ОП* реалізується алгоритм керування роботом, а блок керування приводами маніпулятора *БКП* здійснює подавання в певній послідовності команд на виконавчі органи — приводи маніпулятора та пристрою пересування робота.

Слід зауважити, що маніпулятори *М* та пристрої пересування *ПП* в сукупності є об'єктом керування *ОК* для *ПК1* (рис. 42.33, б).

На схемі функціональної взаємодії блоків та органів робота показано зв'язки окремих ланок системи керування, починаючи від введення завдання G оператором і закінчуючи надходженням у комплекс чутливих (сенсорних) пристроїв $ЧП$ інформації X про стан власне робота та H про стан зовнішнього середовища, яке через блоки $ОП$ та $БКП$ трансформується в завдання V на приводи маніпулятора та пристрою пересування.

42.7.3. Основні означення

Механічна рука — автоматичний пристрій, що діє без участі людини. Застосовується в основному для транспортних та допоміжних операцій. Щоб переналагодити механічну руку з однієї операції на іншу, потрібно відрегулювати або замінити окремі кінематичні ланки, подовжити чи вкоротити важелі, замінити кулачки, переставити упори, перебудувати кінцеві вимикачі або реле. Основою керування механізму є пристрої циклової автоматики — упори, кінцеві вимикачі, релейні схеми. Механічні руки широко застосовуються в автоматичних лініях для встановлення і знімання оброблюваних деталей.

Телеоператор — механізм з дистанційно керованим людиною виконавчим робочим органом. Призначений для роботи у важких умовах, а також в небезпечному для людини середовищі (при підвищеній радіації, у космічному просторі, під час вивчення глибинних ділянок морів та океанів, подавання і перевертання нагрітої заготовки в робочому просторі ковальсько-пресових машин під час відкритого кування, засипання шихти в плавильні печі).

Виконавчий пристрій промислового робота — пристрій, що виконує його рухові функції. До складу виконавчого пристрою входять маніпулятор (маніпулятори) і пристрій керування.

Маніпулятор промислового робота — пристрій, що являє собою багатоланковий механізм з розімкнутим кінематичним ланцюгом, оснащений приводом та робочим органом.

Захватний пристрій промислового робота — орган маніпулятора, призначений для захоплення або утримування об'єкта виробництва або технологічного оснащення.

Робочий орган маніпулятора промислового робота — пристрій, який здійснює безпосередньо взаємодію робота із зовнішнім середовищем. Звичайно являє собою хватний пристрій або робочий інструмент.

Керуючий пристрій промислового робота призначений для формування і видачі керуючих дій виконавчому органу відповідно до заданої програми.

Вимірювальний пристрій промислового робота здійснює збирання інформації для керуючого пристрою про стан промислового робота

і зовнішнє середовище. Здебільшого входить до складу керуючого пристрою.

Пристрій зв'язку оператор — робот — це блок робота, який забезпечує обмін інформацією між людиною-оператором і керуючим пристроєм. У ряді випадків може входити до складу керуючого пристрою.

Обслуговуючий промисловий робот — робот, який виконує допоміжні переходи або транспортні операції, наприклад завантажувально-розвантажувальний і транспортний роботи.

Операційний промисловий робот — робот, який виконує технологічні операції або їхні елементи, наприклад зварювання, складання, нанесення покриттів.

Роботизація виробництва — комплексне поняття, що охоплює широке коло аспектів — від створення нових технологій, нового устаткування до розробки принципів керування і організації виробництва, в якому широко використовуються роботи, а також проведення комплексних техніко-економічних досліджень по визначенню оптимального ступеня універсальності окремих типів роботів.

Роботизоване виробництво — виробництво, в якому на різних його стадіях у необхідному і достатньому обсязі використовуються промислові роботи і маніпулятори.

Об'єкт роботизації — деталь, виріб, над яким виконуються потрібні згідно з технологічним процесом дії та операції, здійснювані за допомогою промислових роботів та маніпуляторів.

Роботизований технологічний процес — технологічний процес, в якому як основне технологічне устаткування використовують промислові роботи та маніпулятори.

Роботизована технологічна дільниця — дільниця виробництва, на якій функціонують у комплексі основні виробничі машини (автомати, напівавтомати, верстати з ЧПК, зварювальні агрегати, пресові, кувальні та ливарні машини) і промислові роботи.

Робототехнологічний комплекс — сукупність основних технологічних машин і промислових роботів, які працюють в єдиному виробничому циклі обробки (виготовлення) деталей і здатні швидко перенастроюватись на новий вид продукції. У ряді випадків робототехнологічними комплексами керують за допомогою ЕОМ. Об'єднання кількох робототехнологічних комплексів у складну розвинену систему, керовану за допомогою автономної або централізованої ЕОМ веде до створення роботизованої технологічної лінії. У багатьох випадках до складу таких ліній входять верстати з ЧПК, що дає можливість створювати автоматичні лінії з гнучким зв'язком, придатні для експлуатації в умовах одиничного і малосерійного виробництв.

Програмне керування промисловим роботом — автоматичне керування виконавчим пристроєм промислового робота і технологічним устаткуванням, що функціонує разом з ним.

Позиційне керування промисловим роботом — вид програмного керування, при якому рух виконавчого пристрою робота програмується за впорядкованою в часі кінцевою послідовністю точок робочого простору без контролю руху між ними.

Контурне керування промисловим роботом — різновид програмного керування, при якому рух виконавчого пристрою робота програмується у вигляді траєкторії в робочому пристрої з безперервним контролем швидкості.

Циклове керування промисловим роботом — підклас позиційного керування роботом, при якому послідовність точок програмується за допомогою пристрою релейного типу.

Адаптивне керування промисловим роботом — вид керування, при якому безпосередньо в процесі керування змінюється алгоритм керування у функції стану зовнішнього середовища і самого робота.

Групове керування промисловими роботами — процес керування кількома промисловими роботами, об'єднаними загальною системою керування. Зауважимо, що система керування може бути реалізована як на базі керуючих пристроїв промислових роботів і (або) спільного керуючого пристрою, так і на базі ЕОМ.

Програма керування промисловим роботом — послідовність команд, яка забезпечує задане функціонування промислового робота і технологічного устаткування, яке працює разом з ним.

Програмування промислового робота — процес складання, занесення в керуючий пристрій і відлагодження програми керування промисловим роботом.

Навчання промислового робота — процес програмування за допомогою попереднього керування рухом його виконавчого пристрою людиною-оператором із занесенням у керуючий пристрій параметрів цього руху, що визначають програму керування.

Робочий простір промислового робота — простір, в якому може перебувати виконавчий пристрій промислового робота під час його функціонування.

Робоча зона промислового робота — простір, в якому може перебувати робочий орган маніпулятора промислового робота під час його функціонування.

Базова система координат промислового робота — система координат, відносно якої задаються геометричні характеристики робочої зони робота.

Число ступенів рухомості промислового робота визначається числом ступенів свободи кінематичного ланцюга маніпулятора промислового робота відносно базової системи координат, а також числом ступенів свободи пристрою пересування робота.

Номінальна вантажність промислового робота характеризується найбільшим значенням маси предмета виробництва або робочого інструмента, при якому гарантується захоплення їх, утримування і

забезпечення встановлених експлуатаційних характеристик промислового робота.

Зусилля захвату — сила дії хапального органа маніпулятора на захоплюваний предмет.

Техніка позиціонування робочого органа — відхилення позиції робочого органа від положення, заданого програмою керування.

42.7.4. Принципи побудови переналагоджуваних робототехнічних систем

Переналагоджувана робототехнічна система (РТС), по суті, є розвинутим робототехнічним комплексом з мінімальним числом основного технологічного устаткування і промислових роботів. Звичайно РТС складається з одного — трьох верстатів та робота, які в сукупності утворюють єдину систему.

Як відомо, ступінь універсальності устаткування нерозривно зв'язаний з видом виробництва. Для кожного з них існують певні норми і вимоги, зумовлені особливостями основного технологічного устаткування. Так у великосерійному та масовому виробництвах широко застосовують спеціалізоване устаткування, яке гарантує значно більшу продуктивність, ніж універсальне, яке застосовується повсюдно в індивідуальному та малосерійному виробництвах. Разом з тим для спеціалізованого устаткування характерна низька експлуатаційна гнучкість і придатність тільки для зміни точно визначеного виду продукції. Тому в разі зміни характеру виробництва і виду виготовлюваних виробів спеціальне устаткування часто доводиться знімати з виробництва і замінити новим, вдаючись при цьому до великих капітальних затрат.

Цих недоліків позбавлене універсальне устаткування, хоч його продуктивність нижча, ніж спеціалізованого.

Усунути протиріччя між універсальним і спеціалізованим устаткуванням і об'єднати їхні переваги можна, застосувавши агрегатний (модульний) принцип побудови устаткування, який ґрунтується на системному підході, який стосовно до роботизованого виробництва передбачає одночасне розв'язання завдань автоматизації виробництва і створення комплексу технічних засобів, які функціонально доповнюють один одного і дають можливість компоувати з них широку номенклатуру автоматизованого устаткування, що гарантує виконання будь-якого окремого завдання.

Модульно-агрегатні засоби можна успішно розробляти на базі широкої уніфікації об'єктів виробництва, типізації і групової технології. Останньому мають передувати широкі підготовчі роботи в усіх ланках виробництва.

Модульно-агрегатні засоби треба безперервно вдосконалювати, розвивати і нарощувати їх універсальні можливості збільшувати число

компоновок. Це, в свою чергу, зумовлює додатковий економічний ефект.

Характерним прикладом у цьому відношенні є створення єдиної серії ЕОМ (ЄС ЕОМ). Значних успіхів у галузі розробки агрегатних технічних засобів було досягнуто у верстатострументальній промисловості колишнього СРСР: це й широка номенклатура агрегатних верстатів, і нині повсюдно застосовувані переналагоджувані модульні універсально-складальні пристрої (комплекти УСП). Нині більшість багатоопераційних верстатів, обробляючі центри з ЧПК і автоматичних ліній складають з агрегатних вузлів і пристроїв керування.

Переваги модельно-агрегатного методу конструювання стосуються і робототехніки. На початок 1982 р. в колишньому СРСР вже було створено для різних потреб понад 200 моделей промислових роботів. Проте були випадки, коли для тієї самої мети створювали маловідмітні конструкції. Наприклад, у різних галузях промисловості на операціях штампування успішно експлуатуються роботи з близькими технічними характеристиками: «Бриг», «Циклон» та ін. (характеристики наведено в додатку). Це пов'язано з надмірною спеціалізацією роботів і всіма властивими їй недоліками. Частково подолати недоліки спеціалізації, а отже, втрати роботами (у певних межах) універсальності та гнучкості може система створення широкого класу роботів з різними технічними характеристиками на основі однієї чи кількох базових моделей за умови наступності конструкцій, а також уніфікації деталей, вузлів та систем.

Прогресивним розв'язанням протиріччя між спеціалізацією в робототехніці є створення конструктивно уніфікованих рядів промислових роботів та модульна побудова їхніх конструкцій. Розв'язуючи завдання уніфікації номенклатури типу промислових роботів, їх компонентів, вузлів та блоків, необхідно враховувати фактор конструктивно-технологічної сумісності роботів з обслуговуванням технологічним устаткуванням. При цьому важливо враховувати і характер виробництва. Так, для умов малосерійного та індивідуального виробництва, де трудність виготовлення виробів значно вища, ніж в умовах масового виробництва, створити робототехнічну систему завжди складніше.

Модульний принцип побудови промислових роботів полягає в тому, що з конструктивно закінчених; уніфікованих або стандартних вузлів (модулів) для кожного конкретно розв'язуваного завдання можна скласти робот або робототехнічну систему, яка виконує функціональне завдання. Як типові модулі роботів та компонованих з них робототехнічних систем можна використовувати пристрої піднімання, піднімання і повороту, повороту і переміщення з пристроєм фіксації, повороту і переміщення, обертання, коливання, висування, висування і обертання, горизонтального ходу руки, вертикального ходу руки,

руху кисті, елементи несучих конструкцій (корпус, основа, траверза, кронштейн) і захватних пристроїв.

Конструкції моделей з приводними пристроями істотно різняться залежно від використовуваного в них привода: пневматичного, гідравлічного, електричного і комбінованого.

Тип керуючого пристроєм робота (цикловий, позиційний, адаптивний, контурний, комбінований) істотно впливає на конструкцію модулів з приводними пристроями — в них застосовуються різні кінцеві вимикачі, релейні схеми, фазові, кодові та інші чутливі пристрої.

Конструктивні варіанти модулів різняться кінематичними та силовими характеристиками (параметрами зусиль та моментів у кінематичних ланках, величинами швидкостей та прискорень, лінійних і кутових переміщень) і визначаються умовами експлуатації їх (ступенем пилезахищеності, вибухобезпечністю виконання, теплозахищеністю, пожежобезпечністю тощо).

Модульний метод конструювання промислових роботів зумовлює такі можливості:

1. Споживач за бажанням може вибрати конструкцію робота оптимального типу.

2. Істотно скорочується цикл розробка — виготовлення-впровадження робота, оскільки для створення нового робота використовують уніфіковані деталі.

3. Значно знижуються затрати на проектування та виготовлення однієї моделі промислового робота.

4. Забезпечується взаємозамінність між гідравлічними та пневматичними сервоприводами.

5. Виникає можливість конструювання робота, скомпонованого в будь-якій системі координат (прямокутній, циліндричній, сферичній, комбінованій) з широким діапазоном переміщення руки, а в разі потреби — з граничним спрощенням конструкції до використання лише однієї чи двох координат.

6. Розширюються галузі застосування роботів, оскільки робот модульної модифікації характеризується більшою універсальністю (надлишковістю) порівняно з роботами звичайної конструкції, а тому його легко можна перекомплектувати на виконання різних операцій.

7. Істотно спрощується ремонт робота в процесі експлуатації, а також виконання профілактичних, регламентних і контрольно-регулювальних робіт. Створюються умови для розробки і впровадження засобів діагностики роботів у процесі експлуатації їх.

Проте найголовніше у використанні модульного методу конструювання полягає в тому, що він дає можливість практично реалізувати ідею переналагоджуваних робототехнічних систем (РТС). Справді, маючи широкий вибір стандартних модулів, можна скомпонувати робототехнічний комплекс або РТС будь-якої складності. Цей шлях дає можливість створювати агрегатизовані роботизовані лінії, призначені

як для виготовлення деталей, так і для комплексного складання виробів.

Види компоновання РТС визначаються робочою зоною маніпулятора, розміщенням в ній засобів упорядкування середовища (ЗУС), технологічного устаткування та транспорту. Оптимальні компоновки РТС мають відповідати таким вимогам: найпростіший доступ руки робота в усі необхідні точки робочої зони; максимум коефіцієнта використання робочого простору; максимум коефіцієнта заповнення площі РТС.

Розглянемо питання компоновання системи на прикладі складальної переналагоджуваної РТС. Під найпростішим доступом у необхідні точки робочого простору розуміють таке розміщення ЗУС, технологічного і транспортного устаткування при заданій послідовності складання і вибраному маніпуляторі, при якому на виконання всіх необхідних операцій з даною складальною одиницею буде затрачено найменший час. Одним з найважливіших показників оптимального компоновання РТС є коефіцієнт використання робочого простору і коефіцієнт заповнення площі. У загальному випадку робот виконує рухи в такій послідовності: рух захоплення деталі; рух від місця захоплення деталі в зону складання; рух установлення деталі; рух до місця укладання готового виробу; рух до місця захоплення приєднуваної деталі.

Траєкторію переміщення захватного пристрою робота можна поділити на переміщення в позиції завантажування; переміщення у вільному просторі; переміщення в зоні складання; переміщення в зоні укладання готового виробу.

Якщо вважати корисними всі переміщення, крім переміщень у вільному просторі, то об'єм корисної частини простору робота $V_k = V_{k1} + V_{k3} + V_{k5}$, де V_{k1} , V_{k3} та V_{k5} — відповідно перша, третя та п'ята робочі зони, обслуговувані роботами.

Відношення корисного об'єму простору до всього робочого простору робота $V_{p,n}$ називатимемо коефіцієнтом використання робочого простору робота:

$$K_{p,n} = V_k / V_{p,n}.$$

Якщо один робот обслуговує кілька складальних зон,

$$K_{p,n} = \frac{\sum V_{k1}}{V_{p,n}} + \frac{\sum V_{k3}}{V_{p,n}} + \frac{\sum V_{k5}}{V_{p,n}}.$$

Для оцінки площі, яку займає все технологічне устаткування (основне і допоміжне) користуються коефіцієнтом заповнення площі:

$$K_{z,n} = \frac{S_n}{S_{т,y} + S_p + S_{доп}},$$

де S_n — площа під усім устаткуванням; $S_{т,y}$ — площа під основним

технологічним устаткуванням; S_p — площа, яку займає робот; $S_{доп}$ — площа під допоміжним устаткуванням.

Отже, проектуючи РТС слід якомога максимізувати коефіцієнт використання робочого простору робота і коефіцієнт заповнення площі РТС.

Після оптимізації компоновки РТС складають докладну технологічну карту складального процесу, на підставі якої будують циклограму роботи РТС і обчислюють її продуктивність. Циклограма роботи РТС — основа для синтезу електричної, пневматичної та гідравлічної схем РТС.

42.7.5. Структура роботизованого виробництва

Сучасне роботизоване виробництво являє собою складну систему, яка включає ланки, об'єднані у виробничий процес, складний щодо технології і структури взаємозв'язків. Взаємозв'язки між окремими елементами і ланками у такій системі мають досить складний характер. По суті, у такій системі в кожній конкретній ситуації виникає нескінченна багатоманітність швидко змінюваних умов, факторів та зовнішніх впливів, які істотно позначаються на виконанні основного технічного завдання — заважають чи сприяють досягненню потрібного результату.

На рис. 42.34 показано типову структурну схему машинобудівного заводу, з якої видно зв'язки окремих ланок виробничого процесу. Для машино- і приладобудування виробничий процес складається з трьох основних фаз: виготовлення заготовок, обробки і складання.

Основний обсяг обробки виконується в механічних цехах, де заготовками надають форми остаточної деталі з відповідними вимогами якості і точності поверхонь. Процеси механічної обробки досить різноманітні. Це чорнові, напівчистові, чистові та фінішні операції, виконувани на верстатах різного функціонального призначення.

У проміжках між окремими операціями механічної обробки відповідно до вимог технології, а також з метою зняття внутрішніх напружень у поверхневих шарах деталей, після механічної обробки і надання деталям потрібних фізико-механічних властивостей (структура матеріалу, твердість поверхневого шару і т. п.) частина деталей надходить у термічні цехи.

У складальних цехах з готових деталей складають елементи машин, вузли і власне машини. На спеціальних дільницях цих цехів здійснюють контроль, випробування, регулювання, настроювання, пакування і консервують виробу.

Заготовки для механообробних цехів надходять з ливарного, ковальсько-пресового і штампувального цехів. У ряді випадків (особливо на приладобудівних заводах) окремо виділяють цех переробки

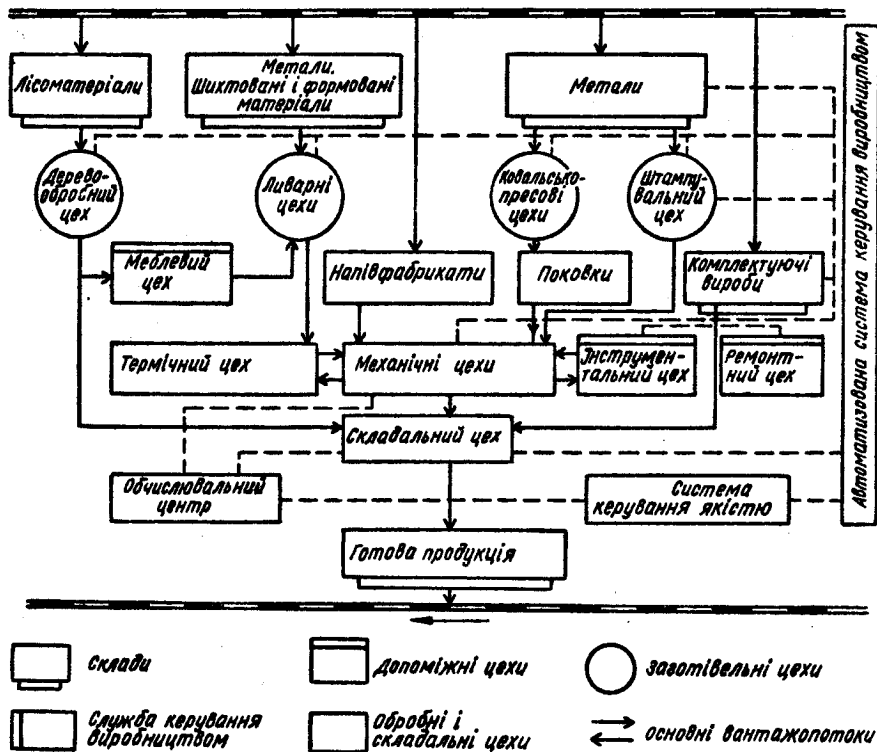


Рис. 42.34. Структурна схема машинобудівного заводу

пластмас. Вироби з цього цеху надходять безпосередньо на складання або (в разі потреби) на обробку в механообробні цехи, а потім — на складання.

Така ж структура виробництва з деякими змінами в основному зберігається і для приладобудівних заводів. У складі таких заводів з'являються цехи друкованих плат, монтажні цехи з монтажними дільницями настроювання і регулювання, спеціалізовані цехи мікроелектроніки та інші.

Для підтримання нормального ходу виробничого процесу, крім основних цехів, до складу заводу входять допоміжні служби: інструментальні цехи, а також цехи нестандартного устаткування.

Структура роботизованого виробництва відрізняється від традиційної тим, що в ній в усі ланки виробничої системи впроваджено промислові роботи, переналагоджувані робототехнічні системи, робототехнологічні комплекси й автоматичні роботизовані лінії.

Наведемо приклади використання роботів у роботизованих виробництвах:

у ливарному — для обслуговування різноманітних ливарних машин (відцентрового лиття, лиття під тиском, лиття по виплавлюваних моделях), нагрівальних та роздавальних печей; роботу доручається наносити керамічні покриття на виплавлювані моделі, видаляти модельну масу та керамічні стержні з виливків, обрубувати ливни-облойки;

у термічному — для обслуговування загартувальних машин і різних печей для нагрівання заготовок деталей;

у ковальсько-пресовому — для обслуговування нагрівальних печей, штампувальних та обрізувальних пресів і горизонтально-кувальних машин;

у штампувальному — для роботи з обрізувальними пресами, пресами глибокого витягування, лініями універсальних штампів, прес-автоматами листового штампування, гільотинними ножицями та іншим устаткуванням;

у зварювальному — для обслуговування зварювальних машин при точковому та дуговому зварюванні деталей, а також у разі зварювання тертям;

у гальванохімічному — для обслуговування гальванічних ванн, виготовлення друкованих плат і фотошаблонів;

у малярному — для нанесення теплозахисних лакофарбових покриттів методом розпилювання, а також в разі фарбування деталей методом занурення;

у механообробному — для обслуговування металорізальних верстатів різного функціонального призначення, у тому числі напівавтоматів і верстатів з ЧПК, а також для обслуговування зачисних та дробоструминних установок, промивних ванн;

у складальному — для виконання складальних операцій, які не потребують розв'язування задач вибору складаних деталей; вибір об'єкта складання вимагає застосування для технологічного процесу інтелектуального робота, здатного просторово сприймати і розпізнавати образи;

на транспортних роботах — для транспортування різних предметів з орієнтацією їх, наприклад під час операцій перенесення з конвеєра на конвеєр, з конвеєра в тару; особливо успішно застосовують роботи на транспортуванні ламких виробів, наприклад кінескопів, нагрітих предметів — гарячого скла, розжарених заготовок, ковців з рідким металом;

під час складання з розставлянням і укладанням деталей на стелажих; особливістю цих робіт є порівняно великий набір позицій у межах циклу: знімаючи предмет з того самого місця конвеєра, робот розміщує їх у заданому порядку в різні комірки конвеєра чи стелажі.

Наведені приклади застосування роботів у роботизованому виробництві не вичерпують усієї різноманітності використання їх. У міру вдосконалення роботів сфера застосування їх розширюватиметься, охоплюючи як нові, максимально автоматизовані підприємства, так і такі, що вже склалися, з усталеними технологічними процесами. Так, існуючі моделі промислових роботів можуть працювати у складі конвеєрних ліній лише за умови заміни безперервного конвеєра на пульсуючий. Це вимагає серйозних змін виробничого процесу, що не завжди доцільно. Тому створення конструкцій роботів, здатних працювати з рухомими транспортними пристроями конвеєра дасть можливість роботизувати таке виробництво без істотних переробок.

42.7.6. Ієрархія взаємодії людини з роботом

Ієрархічна структура взаємодії людини з роботом цілком визначається системою керування. За цією ознакою, а також залежно від функціонально-структурних можливостей і цільового призначення роботи поділяються на автоматичні, біотехнічні, маніпуляційні та інтерактивні маніпуляційні.

В керуванні діями **автоматичних роботів** роль людини обмежується налагодженням, пуском і контролем їхньої роботи. Автоматичні роботи поділяються на три види.

Програмні роботи працюють за задалегідь спроектованою програмою, яку вводять у пристрій пам'яті. В разі зміни виду продукції у виробництві і технологічного процесу її виготовлення одну програму можна замінити на іншу.

Програмні роботи — типові представники роботів першого покоління. До них належать вітчизняні роботи моделей УМ-1, «Універсал-50М», «Універсал-5», ПР-10И, ПР-10С, ПР-35, ПРК-20, а також іноземні «Юнімейт», «Версатран» та «Тралфа» (США); SR-5 та SR-10 фірми «Сінко Денкі» (Японія) та ін.

Оскільки роботи першого покоління переважно виконують сукупність жорстко запрограмованих операцій, потрібно, щоб зовнішнє середовище, в якому функціонує робот, задалегідь було добре відоме і певним чином організоване. Наприклад, деталі заготовки, з якими маніпулює робот, мають бути точно орієнтовані у просторі і в заданому вихідному положенні надходити на виробничу позицію.

Більшість роботів першого покоління, обладнана системами ЧПК. Вони запам'ятовують і відтворюють в автоматичному циклі задану керуючу програму будь-яке число раз. Жорсткі програми в пам'яті робота спрощують його конструкцію і полегшують переналагодження в конкретних виробничих умовах.

Проте ряд операцій (складання, монтаж) через їхню складність не можна запрограмувати жорсткою програмою. Для виконання цих процесів потрібні системи іншого класу — адаптивні роботи.

Адаптивні роботи — роботи другого покоління — мають здатність самонавчатись, адаптуватися до зовнішніх умов і характеризуються великою інформаційною ємкістю. Виконавчі руки цих роботів обладнано системою чутливості (сенсорними пристроями). Як сенсорні пристрої можна використати датчики, що видають інформацію про стан рук і предметів, з якими має маніпулювати робот, а також про умови середовища, де відбувається робочий процес. До них належать контактні датчики сигналізації дотику рук робота до деталей, локаційні, що визначають швидкість руху і відстань до предмета, телевізійні і оптичні системи штучного зору, датчики зусиль, моментів, кольору, температури та інші.

Сукупність цих датчиків дає можливість роботам виконувати різні цикли операцій у неповністю визначеній і частково змінюваній обстановці з адаптацією до неї, з пошуковими режимами, з автоматичним наведенням. Датчики чутливості подають сигнали в ЕОМ, де відбувається обробка інформації, що надійшла, про умови середовища (фактичну обстановку) і виробляються сигнали керування, які подаються на приводи виконавчих рук робота.

Інтелектуальні роботи — роботи третього покоління, які часто називають інтегральними, мають елементи штучного інтелекту. За допомогою сенсорних пристроїв (наприклад, датчиків зору, тиску, температури) вони здатні розпізнавати предмети в просторі, будувати модель середовища, виробляти і автоматично приймати плани розв'язання поставлених завдань, а також своїх подальших дій, виконувати операції в розпізній обстановці, змінювати свої дії із зміною ситуації, самонавчатись у міру нагромадження виробничого досвіду.

У процесі керування біотехнічними маніпуляційними роботами безперервно бере участь людина-оператор. Для таких систем харак-

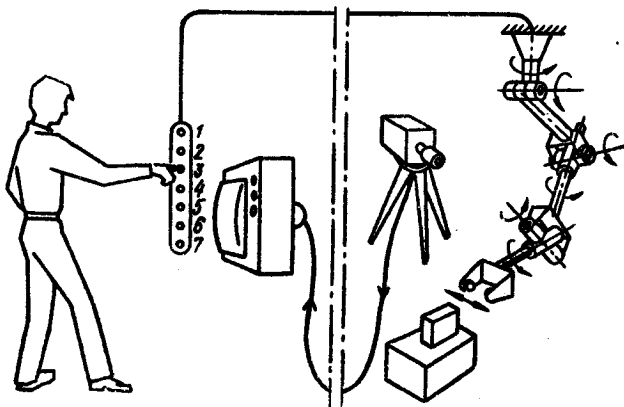


Рис. 42.35. Схема дистанційного командного керування біотехнічним роботом

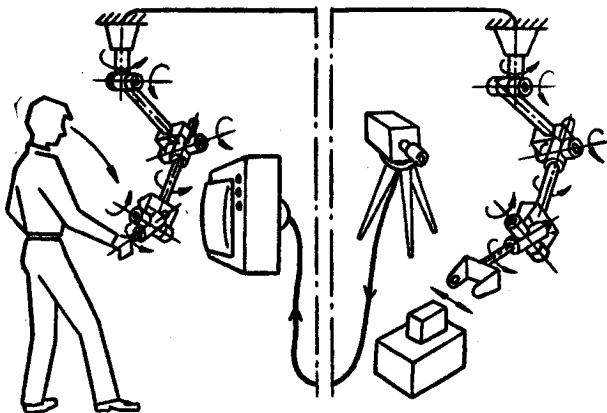


Рис. 42.36. Принцип копіювального біотехнічного керування

терна відсутність пам'яті. Ці роботи мають три різновиди, що треба враховувати при технологічній підготовці виробництва. В основу поділу роботів на різновиди покладено різні методи керування.

Командне керування — дистанційне включення виконавчих приводів робота з командного пульта кнопками, тумблерами, штокерами та перемикачами. Процес включення керуючих сигналів, порядок їх наступності і черговість подавання у виконавчі органи робота виконує оператор (рис. 42.35).

Копіювальне керування здійснює задавальний пристрій, кінематично подібний до виконавчої руки робота (рис. 42.36). Цей пристрій може розташовуватись на будь-якій відстані від виконавчої руки робота. Людина-оператор тримає задавальний пристрій руками і пересуває його належним чином. При цьому виробляються сигнали керування, які по лініях дистанційного зв'язку надходять на виконавчі руки маніпулятора, які в подальшому режимі відпрацьовують усі необхідні переміщення, точно копіюючи рухи рук оператора. Такі системи роботів звичайно працюють в екстремальних умовах.

Напівавтоматичне керування характеризується тим, що людина-оператор, натискаючи на керуючу рукоятку з кількома ступенями свободи, задає тим самим за допомогою дистанційних засобів необхідні переміщення руці робота (рис. 42.37). За сигналом від керуючої рукоятки ЕОМ формує і видає необхідну суму сигналів для виконавчих приводів руки робота, забезпечуючи їй рухомість так, щоб реалізувався заданий оператором рух.

Основна особливість **інтерактивних маніпуляційних роботів** — часткова участь людини у процесі керування, що виражається у різних формах взаємодії оператора з ЕОМ. Розрізняють три види керування.

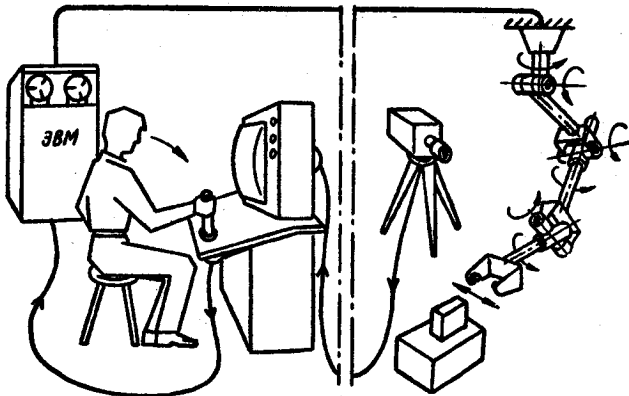


Рис. 42.37. Схема керування роботом від задавального пристрою типу рукоятки

Автоматизоване керування, яке означає чергування в певній послідовності повністю автоматизованих і біотехнічних режимів керування. У такому поєднанні весь цикл операцій розчленяється на складові частини, причому ті з них, на реалізацію яких розрахований даний робот, виконуються автоматично, а решта — в біотехнічному режимі. Оператор вибирає послідовність включення автоматичних режимів і тривалість ручного біотехнічного керування. Незалежно від поєднання режимів в усіх випадках використовують ЕОМ.

Супервізорне керування характеризується тим, що всі частини заданого циклу операцій виконуються роботами окремо в автоматичному режимі. Перехід від однієї частини операції до іншої виконує оператор, подаючи відповідну команду за допомогою рукоятки, світловим пером на екрані дисплея чи іншим способом.

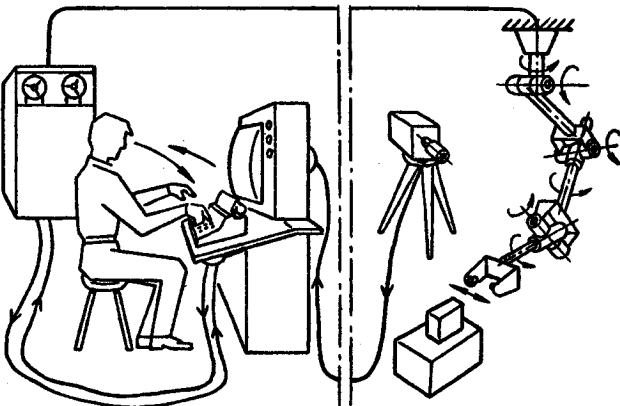


Рис. 42.38. Діалогове керування маніпуляційним роботом

Диалогове керування, особливістю якого є те, що робот стає творчим партнером людини, — вищий ступінь автоматизації робототехніки. Режим роботи передбачає автоматичне виконання роботом операцій частинами у поєднанні з великою різноманітністю спілкування людини-оператора з ЕОМ у процесі керування (рис. 42.38). У даному випадку зменшується залежність від попередньо складених програм, а робот бере участь у формулюванні завдань для досягнення мети.

Контрольні запитання

1. Чим оцінюється технологічність конструкції виробу?
2. Чим визначається вибір заготовки?
3. Що таке коефіцієнт використання матеріалу? Як його визначають?
4. У чому полягає попередня обробка вихідних заготовок?
5. Що таке інструмент?
6. Як вибирають різальний інструмент?
7. На чому ґрунтується вибір засобів контролю?
8. Які обов'язкові показники процесу контролю?
9. Що розуміють під механізацією та автоматизацією технологічних процесів?
10. Який порядок вибору засобів механізації та автоматизації технологічних процесів?
11. Що називається припуском на обробку і які бувають припуски?
12. Які фактори визначають величину припуску?
13. Чим визначаються режими різання?
14. Які існують методи нормування в машинобудуванні?
15. Що таке технічна норма часу?
16. Що таке технологічний час?

Глава 43

ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СКЛАДАННЯ

43.1. Поняття про складання і точність складальних робіт

Призначення складання і його організація. Технологічний процес складання машин та механізмів являє собою частину виробничого процесу, що характеризується послідовним з'єднанням деталей у підгрупи, групи, готові вироби.

Залежно від типу ремонтного виробництва складання виконують різними методами і засобами. При одиничному виробництві його виконують за принципом концентрування операцій. Із збільшенням обсягу виробництва відбувається перехід від концентрації операцій до їх диференціювання.

Базовою деталлю називають основний елемент, з якого починається процес складання. У сучасному машинобудуванні складання поділяється на вузлове і загальне. Під вузловим складанням розуміють

послідовне з'єднання підгруп та груп, а під загальним — складання готового виробу. Деталі надходять на складання після остаточного контролю, але перед складанням окремих деталей слід виконати роботи згідно з технічними умовами комплектувати за масою і виконати слюсарно-підгінні роботи (шабрування, обпилювання), фарбування, промивання, очищення і мащення.

Якість роботи машини значною мірою залежить від якості виконання зварювальних робіт. Трудомісткість складання у виготовленні більшості машин досить значна (30...50 % загальної трудомісткості). Якість складання залежить від точності складання, методів його організації, чистоти складуваних деталей, оснащення робочих місць, контролю у процесі складання і випробування складених вузлів, агрегатів.

Звичайно використовують два методи складання: потоковий і тупиковий. Перший організується на конвеєрі періодичної дії.

При будь-якому методі організації складання починається з базової деталі, а потім до неї приєднують інші і утворюється вузол, який є вихідним для даного процесу складання (рис. 43.1). З'єднавши базовий вузол з іншими змонтованими кількома деталями та вузлами, матимемо агрегат. Наприклад, базовий агрегат рами з іншими змонтованими агрегатами й деталями утворює готовий виріб — автомобіль.

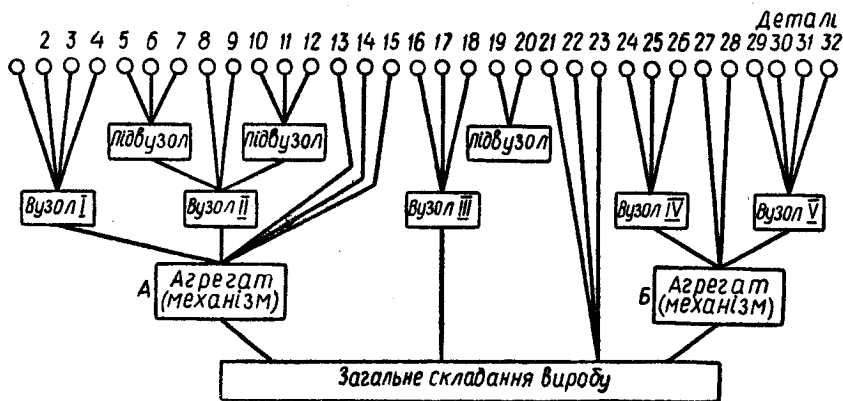
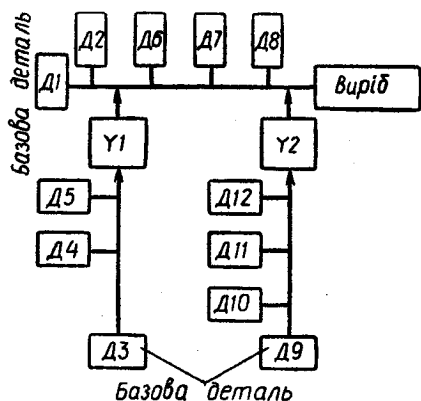


Рис. 43.1. Схема складання автомобіля

Точність складальних робіт. Під час складання машин можливі помилки взаємного розташування їх елементів, неякісні спряження, а також деформації деталей та вузлів місцевого і загального характеру. Неправильне складання вузлів обертання призводить до їх незрівноваженості, а неякісні спряження стиків зменшують їх контактну жорсткість і практичність.

Похибки складання можуть бути спричинені:

відхиленнями розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь спряжуваних деталей. Ці відхилення впливають на зазори і натяги, погіршуючи задані посадки. В результаті відхилень виникають радіальні й торцеві биття після складання вузлів обертання, неспіввісність, а також неправильні положення складених елементів машини;

неякісною обробкою спряжуваних поверхонь, в результаті чого виникають їх нещільне прилягання, зниження контактної жорсткості стиків і герметичності з'єднань;

неточним встановленням і фіксацією, неякісною підгонкою і регулюванням спряжуваних елементів машини;

порушенням умов і режимів виконання складальних операцій, геометричними неточностями складального устаткування, пристроїв та інструментів, а також їхньою недостатньою жорсткістю і т. д.

Задана точність складання може бути забезпечена такими методами:

індивідуальною підгонкою спряжуваних деталей та вузлів виробу за допомогою шабрування, притирання, спільної обробки спряжених поверхонь (цей метод застосовують в умовах одиничного і малосерійного виробництва);

регулюванням зазорів або взаємного положення елементів виробу за рахунок застосування різних компенсаторів;

виконанням з'єднань до повної або часткової взаємозамінності і т. п.

Вибір того чи іншого методу забезпечення точності визначається аналізом розмірних ланцюгів складуваного виробу.

Найпрогресивніші прийоми складання можна використати при наявності взаємозамінних деталей, що підлягають зчленуванню. При цьому процес складання виконується найпростіше, без застосування додаткових слюсарно-підгінних операцій. Проте це можливо лише в умовах масового і великосерійного виробництва, коли за допомогою досконалих методів обробки і контролю можна мати взаємозамінні деталі. Взаємозамінність деталей забезпечується виготовленням їх з необхідними розмірами у межах допусків, що відповідають даному квалітету точності.

Розглянемо багатоланковий розмірний ланцюг (рис. 43.2). Похибка замикаючої ланки A_3' визначається з рівняння

$$\omega_{A_1} = \omega_{A_2} + \omega_{A_3} + \omega_{A_4} + \omega_{A_3}'$$

звідки

$$\omega_{A_3'} = \omega_{A_1} - \omega_{A_2} - \omega_{A_4} - \omega_{A_5}$$

або, з умови «складальності вузла»

$$\omega_{A_3'} = \omega_{A_1} + (-\omega_{A_2}) + (-\omega_{A_4}) + (-\omega_{A_5})$$

Правила побудови розмірного ланцюга в загальному вигляді можна сформулювати так:

1) похибка розміру замикаючої ланки розмірного ланцюга дорівнює алгебраїчній сумі похибок розмірів складових ланок цього ланцюга:

$$\omega_s = \sum_{i=1}^{n_s-1} \omega_i,$$

де ω_i — похибка розміру i -ої ланки; n_s — кількість ланок розмірного ланцюга, у тому числі замикаюча ланка;

2) допуск на замикаючу ланку розмірного ланцюга дорівнює алгебраїчній сумі допусків розмірів складових ланок цього ланцюга:

$$\delta_s = \sum_{i=1}^{n_s-1} \delta_i,$$

де δ_i — допуск i -ої ланки ланцюга.

Потрібної точності складання можна досягти відповідними технологічними методами складання.

Класифікація з'єднань. Процес складання вузла або агрегату являє собою ряд операцій по складанню типових з'єднань. Усю багатоманітність з'єднань можна поділити на такі види:

рухомі рознімні (поршень — циліндр, зубчасті і деякі шліцьові з'єднання і т. п.);

рухомі нерознімні (радіальні шарикопідшипники);

нерухомі рознімні (різьбові, шпонкові, конусні та інші з'єднання);

нерухомі нерознімні (заклепкові і зварні з'єднання, а також з'єднання, здійснювані за пресуванням, паянням, склеюванням тощо).

Складання рухомих з'єднань (циліндричних зубчастих передач). Зубчасті передачі належать до найпоширеніших передач в автомобілебудуванні. Щоб забезпечити нормальне складання і подальшу роботу циліндричних зубчастих передач, треба додержувати таких умов: точка дотику зуб'їв шестірні (точка колового зусилля) має лежати на початковому колі обох шестерень і зачеплення має бути плавним, без поштовхів і ривків. Перша вимога гарантується наявністю

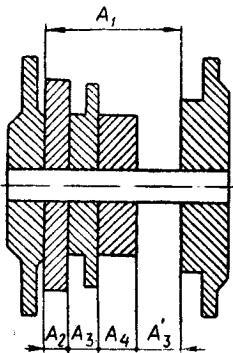


Рис. 43.2. Багатоланковий розмірний ланцюг

у шестерень заданих діаметрів початкових кіл і їх концентричності, а також відповідною відстанню між осями шестерень. Плавне зачеплення визначається однаковою товщиною всіх зуб'їв. Важливим фактором, що визначає експлуатаційні якості зубчастої передачі, є боковий зазор між зуб'ями S , який залежить від міжцентрової відстані A_m , товщини зуб'їв s , непаралельності та перекосу осей.

Після складання зубчастого з'єднання боковий зазор перевіряють за допомогою індикаторного пристрою, повертаючи на певний кут одну з шестерень при нерухомій іншій.

Зміна бокового зазора S між зуб'ями циліндричних шестерень виражається формулою

$$\Delta S \approx 0,7 \Delta A_m,$$

де ΔA_m — зміна міжцентрової відстані.

Складання нерухомих (пресових) з'єднань. Запресовування в холодному стані можна здійснювати статичним тиском або ударом. При цьому швидкість запресування має не перевищувати 5 мм/с. Найбільше зусилля запресування залежить від натягу, властивостей матеріалу деталей, похибок форми, шорсткості поверхонь. Його можна визначити за формулою

$$P' = f \pi d' l p',$$

де f — коефіцієнт тертя під час запресування; d' — номінальний діаметр поверхні спряження; мм; l — довжина запресування, мм; p' — напруження стискування на контактній поверхні, Па.

Величину p' обчислюють за формулою

$$p' = l (d' \delta \cdot 10^{-3}) \frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2},$$

де δ — розрахунковий натяг, мкм; c_1 та c_2 — коефіцієнти, що залежать від діаметрів спряжуваних деталей; E_1 та E_2 — модулі пружності матеріалу спряжень деталей.

Складання різбових з'єднань. Різбові з'єднання в конструкціях вузлів машин становлять 15...25 % загальної кількості з'єднань. Їхня поширеність пояснюється простотою і надійністю, зручністю регулювання затягування, а також можливістю розбирання і повторного складання з'єднання без заміни деталей.

Різбові з'єднання застосовують для забезпечення нерухомості і міцності спряжуваних деталей; забезпечення міцності і герметичності; правильності встановлення спряжуваних деталей; регулювання взаємного положення деталей.

Процес складання різбових з'єднань у загальному випадку складається з таких елементів: подавання деталей, встановлення їх і попереднього вкручування (наживлення), підведення інструмента, закручування, затягування, відведення інструмента, дотягування,

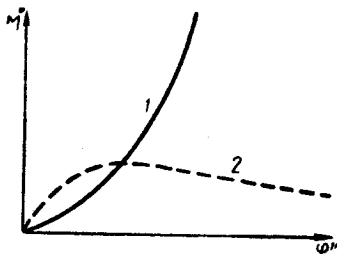


Рис. 43.3 Характер зміни момента закручування залежно від типу різьбового з'єднання:

1 — з'єднання деталей за допомогою болта та гайки; 2 — накручування гайки на шпильку

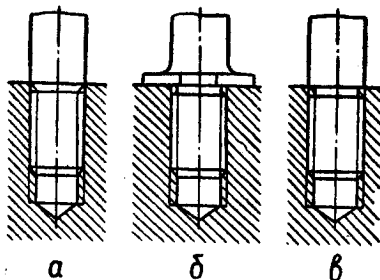


Рис. 43.4. Способи забезпечення нерухомості шпильок у корпусі деталі

шплінтування або виконання іншого процесу, необхідного, щоб запобігти самовідкручуванню.

У загальному випадку роботу закручування, виконувану під час складання різьбового з'єднання, можна обчислити, користуючись виразом

$$A_z = \int_0^{M_{зат}} M'' d\varphi'',$$

де M'' — момент у процесі закручування; φ'' — кут повороту вкручування деталі; $M_{зат}$ — момент, потрібний для затягування з'єднання.

Приблизно 80 % енергії, що витрачається на весь процес закручування, витрачаються на подолання сил тертя і близько 20 % — на затягування. Характер зміни функції $M'' = f(\varphi)$ залежить від конструкції з'єднання (рис. 43.3).

П становка шпильок. Нерухомості шпильки, закрученої в корпус, досягають за рахунок натягу, що створюється одним з трьох способів: конічним збігом різьби (рис. 43.4, а), упорним буртом (рис. 43.4, б) або тугою різьбою з натягом по середньому діаметру (рис. 43.4, в).

У першому випадку шпильку закручують у гніздо досить вільно аж до збігу, а при дальшому її обертанні у витках збігу виникають розклинювальні сили, які створюють необхідний натяг. Недоліки цього способу полягають у тому, що розклинювальна дія нерідко спричиняє надмірне зминання початкових витків в отворі і утворення мікроскопічних радіальних тріщин, особливо коли базова деталь чавунна. Тому такий спосіб звичайно застосовують у з'єднаннях, які не несуть особливо великих навантажень і не зазнають вібрацій.

Натяг, створений упором бурта в базову деталь, не має недоліку першого способу, але постановка таких шпильок досить ускладнюється під час механізованого чи автоматизованого складання, оскільки крутний момент у кінці закручування шпильок різко збільшується, що позначається на інструменті. Такий натяг під час подальшого

затягування гайки ослаблюється, бо шпилька при цьому видовжується і тиск бурта на базову деталь зменшується.

У третьому випадку нерухомість з'єднання досягається за рахунок натягу по середньому діаметру (радіальний натяг) усіх витків, а також зминання початкових витків різьби в отворі. Краще, коли різьба на таких шпильках виконано накатуванням, бо, коли різьба нарізна фрезерована чи навіть шліфована, можливе заїдання і «схоплювання» витків, що утруднює подальше розбирання з'єднання.

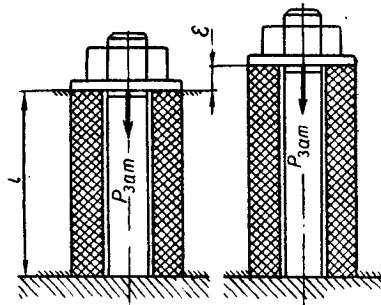


Рис. 43.5. Схема затяжки болтового з'єднання

Складання болтових з'єднань. Попереднє затягування болтових з'єднань під час складання відіграє істотну роль у підвищенні довговічності роботи вузла чи машини. Ступінь попереднього затягування болта залежить від сил, які навантажують з'єднання. Відомо, що під дією сили $P_{зат}$ (рис. 43.5) болт видовжується на величину ϵ_6 , а деталь (у вигляді елементарного порожнистого циліндра, еквівалентного щодо жорсткості фланцю) стискується на величину ϵ_d . При цьому очевидно, що

$$\epsilon_6 = \frac{P_{зат} l}{E_6 F_6}; \quad \epsilon_d = \frac{P_{зат} l}{E_d F_d},$$

звідси

$$\frac{\epsilon_6}{\epsilon_d} = \frac{E_d F_d}{E_6 F_6},$$

де l — довжина болта між внутрішніми торцями головки та гайки; E_6 та E_d — відповідно модулі пружності болта та деталі; F_6 та F_d — поперечні перерізи болта та деталі (умовного циліндра) відповідно.

У той момент, коли під час роботи з'єднання в машині чи механізмі на нього почне діяти сила P (робоче зусилля), болт видовжується на величину $\Delta\epsilon$ і на цю саму величину зменшується деформація стягнутої деталі, а сила тиску болта на деталь (елементарний порожнистий циліндр) зменшується до величини $P_1 = P_{зат} - \Delta P$.

Під дією сили P_1 має забезпечуватись ущільнення стику A' . Якщо попереднє затягування створює силу $P_{зат} > \Delta P$, то зазора в стику A' не буде (умова нерозкриття стику).

Враховуючи, що для болта $\Delta\epsilon_6 = \frac{(P - \Delta P) l}{E_6 F_6}$, а для деталі $\Delta\epsilon_d = \frac{\Delta P l}{E_d F_d}$, величину ΔP можна визначити з виразу

$$\Delta P = \frac{P}{1 + \frac{E_6}{E_d} \frac{F_6}{F_d}}.$$

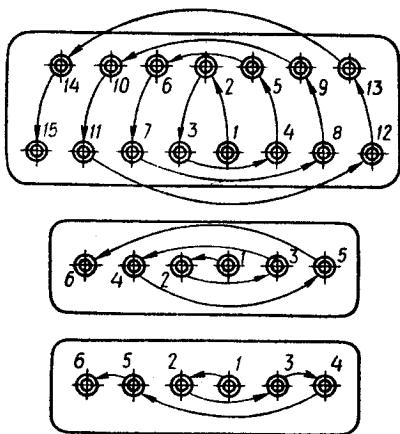


Рис. 43.6. Послідовність затягування гайок

Встановлення гайок. Процес закручування гайки умовно можна уявити як такий, що складається з трьох елементів: наживлювання, вільне закручування на довжину різьби виступаючої частини болта (шпильку) і затягування із заданим моментом.

Наживлювання гайки відіграє важливу роль у досягненні високої якості нарізних з'єднань.

Якщо гайок багато, рекомендується закручувати їх у певному порядку (рис. 43.6). Закручують їх за «методом спіралі». Спочатку затягують середні гайки, потім пару сусідніх справа та пару сусідніх зліва і т. д. Затягувати спочатку крайні гайки недоцільно, бо це часто призводить до викривлення, жолоблення або перекосування деталей. Доцільно затягувати гайки поступово, тобто спочатку затягнути всі гайки на третину момента затягування, потім на дві третини і, нарешті, повністю. Гайки, розташовані по колу, затягують хрест-навхрест, причому також поступово.

У процесі розбирання нарізних з'єднань рекомендується додержувати зворотного порядку відкручування гайок. Це дасть можливість запобігти перекосам скріплених деталей. Під час розбирання треба спочатку трохи відпустити всі гайки і лише після цього відкрутити їх повністю.

43.2. Характеристики складальних операцій

Розглядаючи складальні операції, слід показати організаційно-технологічні характеристики складальних операцій.

Такт складання — це розрахунковий фонд часу (змінний, місячний, річний), поділений на програму випуску за відповідний період:

$$\tau = \Phi_d / N_b,$$

де Φ_d — дійсний річний (місячний, змінний і т. д.) фонд часу, год;
 N_b — річна (місячна, змінна і т. д.) програма випуску виробів, шт.

Організаційні форми складання залежать від такту і типу виробництва. Розрізняють стаціонарну і потокову організації складання. Стаціонарне складання характеризується виконанням складальних операцій на постійних (стаціонарних) робочих місцях, до яких подають деталі, вузли та комплектуючі вироби. Цю форму організації складання застосовують в одиночному і малосерійному виробництвах. Для

виконання складальних операцій під час стаціонарного складання потрібні робітники високої кваліфікації.

Потокове складання характеризується виконанням складальних процесів на рухомих чи нерухомих спеціалізованих робочих місцях потокової лінії. Рухоме потокове складання виконується передаванням складуваного об'єкта на складальному конвеєрі, що безперервно чи перервно рухається, а також переміщенням його за допомогою механічних пристроїв або вручну (на рольгангах, візках, по лотках тощо). Таку форму організації складання застосовують у серійному і масовому виробництвах.

Нерухоме потокове складання виконують на нерухомих робочих місцях. При цьому виконують спеціалізовані види складальних робіт, пересуваючись від одного поста (стенда) до іншого. Її широко застосовують у серійному виробництві. Тривалість складання на потоковій лінії визначають за формулою

$$t_{c.п} = \tau n_{p.м},$$

де $n_{p.м}$ — кількість робочих місць (стендів) на лінії складання.

Кількість робочих місць на потоковій лінії складання визначається кількістю складальних і контрольних операцій, а також кількістю резервних місць (наприклад, для підганяння, притирання і т. п.).

Продуктивність складання на даному робочому місці визначають за формулою

$$N_0 = \frac{\Phi_d R_{сп}}{t_{шт.с}},$$

де N_0 — кількість виробів, що їх складають за планований проміжок часу (змiна, місяць, рік); $t_{шт.с}$ — поштучний час виконання даної операції складання; $R_{сп}$ — спискова чисельність робітників на даному робочому місці.

Коефіцієнт завантаження робочих місць визначають за формулою

$$\eta_{з.с} = \frac{t_{шт.с}}{\tau R_{сп}}.$$

Загальний коефіцієнт завантаження потокової лінії

$$\eta_{з.л} = \frac{1}{n_{p.м}} \sum_{i=1}^{i=n_{p.м}} n_{з.с.i}.$$

Коефіцієнт трудомісткості складального процесу

$$\eta_{тр.с} = T_c / T_{обр},$$

де T_c та $T_{обр}$ — відповідно трудомісткість складання та обробки всіх елементів, що входять до складальної одиниці (у годинах, хвиликах, людино-годинах тощо).

Коефіцієнт собівартості складального процесу застосовується в тих випадках, коли підприємство одержує по кооперації комплектуючі вироби машини. Його визначають за формулою

$$\eta_c = C_c / C_{обр},$$

де C_c та $C_{обр}$ — відповідно собівартість складання і обробки всіх елементів, які входять до складальної одиниці.

43.3. Технологічні методи складання

Існують такі технологічні методи, що гарантують задану точність складання: метод пригонки, регулювання, повної взаємозамінності, часткової взаємозамінності, групової взаємозамінності.

Метод пригонки застосовують, як правило, в одиничному і малосерійному виробництвах. Заданої точності Δ_0 при цьому досягають, знявши з однієї із спряжуваних деталей необхідний шар матеріалу (рис. 43,7, а), заданого зазора Δ_z — підгонкою деталі за допомогою шабрування, притирання, обпилювання і т. п. Припуск на пригонку визначають за формулою

$$Z = \Delta_z - \Delta_0,$$

або

$$Z = \delta_{з, \max} - \delta_z,$$

де $\delta_{з, \max}$ — максимальний допуск замикаючої ланки, який визначають з урахуванням розширеного поля допуску на розміри спряжуваних деталей; δ_z — заданий допуск на замикаючу ланку.

Метод регулювання. Суть методу полягає в тому, що заданої точності розміру замикаючої ланки досягають, змінюючи розмір компенсуючої ланки (компенсатора) K — заздалегідь вибраного елемента, виконавчий розмір якого має збільшене поле допуску. З його допомогою досягають необхідного розміру замикаючої ланки. Як показано

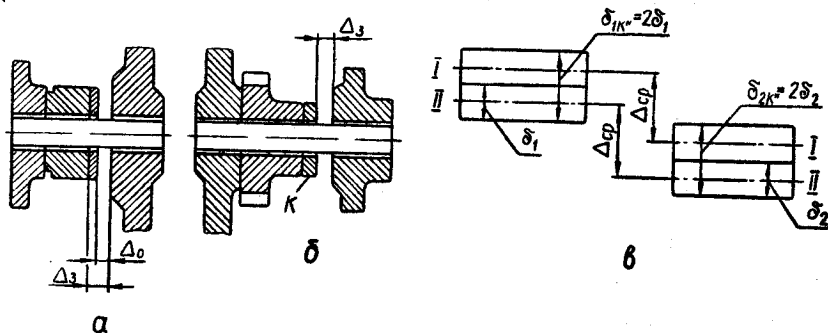


Рис. 43.7. Методи складання:

а — підгонка; б — регулювання; в — групова взаємозалежність; I, II — групи гартування

на рис. 43.7, б, щоб мати необхідний зазор у з'єднанні, застосовують компенсуюче кільце K . Як компенсатор використовують прокладки, регулювальні гвинти, втулки тощо.

Цей метод широко застосовують у машинобудуванні, бо він універсальний, не залежить від числа ланок, допуску на замикаючу ланку і типу виробництва. За допомогою компенсаторів можна регулювати не тільки допуск на замикаючу ланку в процесі складання, а й спрацювання основної деталі в процесі експлуатації машини.

Метод повної взаємозамінності застосовують у випадку, коли допуск на замикаючу ланку розраховують за граничними значеннями допусків на розміри складових ланок:

$$\delta_3 = \sum_{i=1}^{n-1} \delta_i.$$

При цьому процес складання з технологічного погляду спрощується, бо зводиться тільки до добору і зчленування складових ланок (деталей) без додаткової пригонки. Через відсутність операцій пригонки легко налагодити автоматичну лінію складання. Проте ускладнюється процес механічної обробки, оскільки він потребує визначення досить жорстких допусків на розміри складових ланок. Отже, метод найдоцільніше застосовувати в умовах великосерійного і масового виробництва для дволанкових розмірних ланцюгів (наприклад, у спряженнях вал — втулка, вал — підшипник). Для багатоланкових ланцюгів цей метод трудомісткий і економічно недоцільний.

Метод неповної взаємозамінності відрізняється від попереднього тим, що з метою зниження собівартості складання допуски на розміри складових ланок навмисне збільшують.

Якщо припустити, що дійсні відхилення розмірів складових ланок — випадкові незалежні величини, то, застосовуючи для розрахунків допуски на замикаючу ланку метод підсумовування за теорією ймовірностей, матимемо

$$\delta_3 = K' \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} (a_i \delta_i^2)},$$

де K' — коефіцієнт ризику, що характеризує процент виходу значень замикаючої ланки за межі встановленого допуску (при $K' = 3$ ризик браку становить 0,2 %); a — коефіцієнт, що характеризує закон розподілу.

Розглянемо доцільність збільшення полів допуску на складові ланки ланцюга в разі складання за методом неповної взаємозамінності на конкретному прикладі. Припустімо, що розмірний ланцюг складається з п'яти ланок і допуск на замикаючу ланку встановлено 0,12 мм.

При цьому допуск, мм, на середню ланку

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\delta_3}{n-1} = \frac{0,12}{5-1} = 0,03.$$

Припускаємо, що закон розсіювання розмірів близький до закону Сімпсона, тобто $K' = 3$, $a = 1/6$, а середній допуск, мм, на замикаючу ланку

$$\delta_{\text{ср}} = \frac{\delta_3}{K' \sqrt{a(n-1)}} = \frac{0,12}{3 \sqrt{\frac{1}{6}(5-1)}} \approx 0,06.$$

Отже, допуск на замикаючу ланку при попередній точності можна збільшити майже в 2 рази.

Складання за цим методом доцільне в серійному і масовому виробництвах для багатоланкових ланцюгів.

Метод групової взаємозамінності. Суть цього методу (він називається також селективним складанням) полягає в тому, що деталі виготовляють із збільшеними полями допусків. Перед складанням спряжувані деталі сортують на розмірні групи з однаковими допусками. У практиці звичайно визначають виробничі (кратні) допуски, збільшуючи їх у кратне число разів.

На рис. 43 7, в наведено схему розміщення допусків спряжуваних деталей. Виробничі допуски визначають за формулами

$$\delta_{1k} = k''\delta_1; \delta_{2k} = k''\delta_2,$$

де k'' — коефіцієнт кратності допусків (або кількість груп сортування деталей; у даному разі $k'' = 2$); δ_1 та δ_2 — відповідно допуски для спряжуваних деталей.

Загальне поле технологічних допусків

$$\delta = \delta_{1k''} + \delta_{2k''} = k''(\delta_1 + \delta_2),$$

звідки

$$k'' = \frac{\delta_{1k''} + \delta_{2k''}}{\delta_1 + \delta_2}.$$

У розглядуваному прикладі $k'' = 2$.

Очевидно, що для забезпечення однакового для всіх спряжень середнього натягу $\Delta_{\text{ср}}$ необхідно, щоб $\delta_1 = \delta_2$. Отже, в межах однієї розмірної групи складання деталей виконують за методом повної взаємозамінності.

Метод селективного складання забезпечує досягнення найвищої точності. Його застосовують для складання точних (прецизійних) спряжень: плунжерні пари, шатунно-поршневі групи і т. п.

43.4. Нормування складальних операцій

У нормуванні складальних робіт виділяють неповний оперативний час. При цьому час встановлення і знімання деталей визначають окремо, оскільки ці прийоми під час виконання ручних робіт мають самостійний характер і довготривалі.

З урахуванням цього формула для визначення поштучного часу складання набуде вигляду

$$t_{шт.с} = t_{н.оп} + t_y + t_{обсл} + t_{ф},$$

Таблиця 43.1

Дія	Емпірична залежність
Закручування гайок болтів штуцерів гвинтів шпильок	$t_0 = (0,011\bar{x} + 0,306) m'$
	$t_0 = (0,006\bar{x} + 0,144) m'$
	$t_0 = (0,016\bar{x} + 0,039) m'$
	$t_0 = (0,020\bar{x} + 0,517) m'$
	$t_0 = (0,032\bar{x} + 0,067) m'$
Встановлення шплінтів та штифтів шайб, прокладок, втулок сальників, грязеприймачів, пильників кришок та головок у напрямних валів та осей шестерень, зубчастих коліс, муфт і секторів на вали та осі без шпонок	$t_0 = 0,017\bar{x}m'$
	$t_0 = 0,005\bar{x}m'$
	$t_0 = (0,005\bar{x} + 0,001) m'$
	$t_0 = (0,004\bar{x} + 0,047) m'$
	$t_0 = (0,016\bar{x} + 0,317) m'$
Те саме з шпонкою	$t_0 = (0,003\bar{x} + 0,061) m'$
Встановлення пружин	$t_0 = (0,820\bar{x} + 0,413) m'$
Запресування втулок, коліс та заглушок шарико- та роликопідшипників	$t_0 = 0,833\bar{x}m'$
	$t_0 = (0,002\bar{x} + 0,033) m'$
Свердління по місцю (електродрилем)	$t_0 = 0,012\bar{x}m'$
Нарізування різби (вручну) плашкою та мітчиком	$t_0 = (0,077\bar{x} + 0,098) m'$
Підгонка (припилювання) шпонок до шпонкового паза	$t_0 = (0,083\bar{x} + 0,067) m'$
	$t_0 = (0,391\bar{x} + 0,911) m'$

Примітка. Тут \bar{x} — середнє арифметичне значення елемента деталі (довжина, ширина тощо), мм; m' — кількість деталей або однакових елементів, використовуваних під час складання (гайок, болтів, отворів тощо).

де $t_{н.оп}$ — неповний оперативний час; t_y — час встановлення і знімання деталі (вузла); $t_{обсл}$ — час організаційно-технічного обслуговування робочого місця; $t_{ф}$ — час перерв на відпочинок та фізичні потреби.

Нормування окремих елементів поштучного часу здійснюється за нормативними довідниками, складеними на підставі хронометрування складальних операцій на передових машинобудівних підприємствах.

У серійному виробництві до норми часу включають підготовчо-заклучний час складальних робіт. Технічну норму часу на партію виробів визначають за формулою

$$T_n = t_{шт,сн} + T_{п,з},$$

де $T_{п,з}$ — підготовчо-заклучний час (для складальних робіт дорівнює 600...900 с, для слюсарних — 300...600 с); n — розмір партії.

Нормувати основний час складальних робіт з похибкою 5...15 % можна на основі відомих емпіричних залежностей (табл. 43.1).

Визначивши основний час кожного виду робіт, можна знайти час $t_{опi}$, затрачуваний на i -ту складальну операцію з урахуванням допоміжного часу, який становить 15...60 % t_0 :

$$t_{оп,i} = (0,15 \dots 0,60) t_0 + i_0.$$

Знаючи конструкцію вузла і технологічний процес складання, визначають загальний оперативний час $t_{оп}$, затрачуваний на всю конструкцію в цілому:

$$t_{оп} = \sum_{i=1}^k t_{опi},$$

де k — кількість складальних одиниць нижчого порядку.

Коли врахувати, що додатковий час на складальні операції становить приблизно 6...10 % $t_{оп}$, а підготовчо-заклучний — 3...6 % $t_{оп}$, то поштучно-калькуляційний час на виконання складальних робіт можна обчислити за формулою

$$t_{шт,к} = (0,06 \dots 0,10) t_{оп} + (0,03 \dots 0,06) t_{оп}/N + t_{оп}.$$

Розбиральні роботи нормують за тими самими залежностями, але збільшуючи добуті значення на 15 %.

43.5. Проектування складальних операцій

Під *технологічною операцією* складання розуміють закінчену частину складального процесу, здійснювану на одному робочому місці одним робітником чи групою робітників. Операції під час складання поділяють на переходи, прийоми та встановлення.

Складальним переходом називають закінчену частину операції, виконувану без заміни інструмента чи пристрою. Переходи бувають технологічні та допоміжні. Допоміжні переходи, так само як і під час механічної обробки, не пов'язані безпосередньо з кількісними і якісними змінами об'єкта складання, а призначені тільки для виконання технологічних переходів.

Переходи розчленовуються на окремі прийоми — частини переходу, які складаються з простіших рухів робітника або інструмента.

Установленням називають кожну окрему дію для надання об'єктам складання певного відносного положення.

Під час проектування враховують тип виробництва і організаційні форми складання; наприклад, під час потокового складання тривалість операції має дорівнювати чи бути кратною такту складального процесу.

Під час складання особливу увагу треба приділити точності базування, схемі закріплення базових елементів; вибрати технологічне устаткування, пристрої, інструменти; визначити режими виконання операцій, норми часу, розряд роботи і т. д. Ефективність розробленого технологічного процесу складання оцінюють за трудомісткістю і собівартістю складання.

Для підвищення ефективності складальних процесів треба максимально прагнути до зменшення ручних прийомів, розширення застосування механізації й автоматизації процесів.

Основні вихідні дані для розробки технологічного процесу складання (розбирання) вузла — робоче креслення; специфікація вхідних деталей; річна виробнича програма; довідкова література і нормативні дані щодо устаткування, пристроїв, інструментів і технічного нормування.

Розробляти технологічний процес починають з вивчення конструкції вузла і його взаємодії з іншими вузлами машини. Потім складають загальний план операцій і технологічну схему складання (розбирання) вузла. Виходячи із заданої програми робіт, за довідковими даними чи даними діючого підприємства вибирають устаткування, пристрої та інструменти. На закінчення нормують складальні роботи, використовуючи нормативні дані чи розрахункові залежності.

Складають загальний план операцій і технологічну схему складального (розбиранного) процесу. Оперативну карту технологічного процесу складання (розбирання) складають, додержуючи вимог існуючих міждержавних стандартів.

Устаткування та інструменти вибирають, виходячи із заданої річної виробничої програми складання (розбирання) виробів. При цьому керуються каталогами устаткування та інструменту, які застосовують у машинобудуванні і ремонтному виробництві або використовують на діючому підприємстві.

43.6. Удосконалення методів формування складальних з'єднань

Нерухомі з'єднання із застосуванням пресових зусиль. Широко використовувані в машинобудуванні нерухомі з'єднання (зокрема з'єднання з гарантованим натягом) дають можливість передавати значні крутні моменти, ударні навантаження і осьові зусилля. До таких з'єднань належать складені колінчасті вали, центри і вінці зубчастих коліс, підшипники кочення та ін. Для їх формування застосовують гідравлічні, пневмогідравлічні, електромеханічні та інші

преси. Пресове устаткування вибирають за розрахунковою силою запресування з коефіцієнтом запасу 1,5...2 і габаритними розмірами складуваного вузла (великі значення коефіцієнтів вибирають для менш потужних пресів). Для посадки складських валів з зубчастими колесами в серійному виробництві застосовують пневматичні прес-скоби.

Для запресування потрібно, щоб спряжувані поверхні були старанно очищені (промиті, протерті, зняті забоїни і заусениці). Орієнтуванню деталі сприяє створення конусності на валі в межах 7...10°. Щоб мати міцніші з'єднання, деталі добирають за оптимальними натягами. Рекомендується під час запресовування змащувати поверхні (звичайно машинним маслом) для запобігання утворенню задирів. При цьому мастило не повинно сприяти взаємному переміщенню деталей під час роботи з'єднань. Доцільно користуватись мастилом з кислотним числом не більш як 0,028. Застосовують також суміш машинного масла і графіту. Найкращі результати під час запресування (зменшення сили запресування до 30 %, усунення вібрацій преса і задирів) мають у випадку змащування спряжуваних поверхонь дисульфідмолібденовим мастилом MoS_2 . Витримуючи значні контактні тиски, таке мастило сприяє зменшенню коефіцієнта тертя до 0,02. При цьому з'єднання, сформовані навіть при значних натягах, розпресовуються без задирів контактних поверхонь.

Силу запресування контролюють за манометром гідравлічного преса або у відповідальних випадках самописним манометром. Контроль якості здійснюють зовнішнім оглядом запресованих деталей, а також вивченням діаграми запресування.

Застосування різних стндів та пристроїв для запресування деталей значно прискорює роботу й підвищує її якість. Використання гвинтових пристроїв дає можливість запресувати деталі у важкодоступних місцях. При цьому забезпечується плавність виконання операції, що сприяє зменшенню деформації деталей.

Для складання нерознімних з'єднань типу вал — втулка із застосуванням пресових зусиль можна використати різні способи. Так, з метою підвищення надійності з'єднання на торцях охоплюючої деталі роблять проточування концентрично її отвору, вставляють в отвір порожнисту охоплювану деталь і протягують її. При цьому потоншується стінка і проточки заповнюються металом утворюваних буртів. У процесі протягування на охоплювану деталь з боку вільного торця діють зусиллям, яке становить 1,1...1,2 найбільшого зусилля протягування. Пропонований спосіб складання дає можливість мати міцне з'єднання деталей як у випадку вільного встановлення втулок (з зазором), так і в разі встановлення з натягом.

Для з'єднання сталевих вала і втулки використовують кільцевий вкладиш з м'якішого металу, наприклад алюмінію, латуні чи міді, який розміщують на циліндричній шийці вала. На шийці вала і в отворі втулки роблять кільцеві канавки завглибшки 0,1...0,6 мм. Під час

стискування з'єднуваних деталей в осьовому напрямі частина матеріалу вставки заповнює канавки вала і втулки, забезпечуючи їх надійне з'єднання.

В іншому випадку втулку деформують у межах пружних деформацій одночасно з обкатуванням. При цьому деформуюче зусилля прикладають у точках, що випереджають точки контакту складуваних деталей.

Підвищенню довговічності з'єднання сприяє утворення в зоні, яка прилягає до торця охоплюючої деталі, кільцевої канавки з радіусом твірної, що дорівнює $0,01 \dots 0,1$ діаметра охоплюваної деталі, і глибиною $0,05 \dots 0,2$ цього радіуса.

Для посадки шестерень, великих підшипників кочення, довгих і тонких втулок та інших деталей з номінальним діаметром 100 мм і більше рекомендується застосовувати *гідропресовий метод складання* який передбачає нагнітання шару масла під високим тиском (до $100 \dots 200$ МПа) між контактуючими поверхнями, в результаті чого спряжувані поверхні переміщуються в умовах напіврідинного тертя.

Використання гідропресового методу з'єднання деталей відкриває широкі можливості для створення принципово нових конструкцій вузлів та механізмів, оскільки в цьому випадку з'єднання з гарантованим натягом (нерознімні) класифікуються як рознімні.

У деяких випадках цей метод дає можливість збільшити натяг і відмовитись від застосування шпонок у разі посадки гарячим способом або охолодженням у рідкому азоті, в результаті чого значно зменшуються трудомісткість і цикл виготовлення машин, економиться якісний метал і забезпечуються надійність та міцність з'єднання.

Застосування гідропресового методу дає можливість також роз'єднувати деталі з довжиною поверхні контакту, що перевищує $1,5d$ без їх пошкодження.

У малосерійному виробництві під час ремонту і монтажу великогабаритних з'єднань підведення масла здійснюється через розподільні канавки або з торця спряження без автоматичного регулювання тиску і витрати залежно від натягу.

У масовому і великосерійному виробництвах використовується диференціальний спосіб подавання масла в зону контакту спряжуваних поверхонь. Необхідний тиск масла створюється під час переміщення запресовуваного вала і зв'язаного з ним поршня. Різниця діаметрів вала та поршня забезпечує надлишковий об'єм масла у порожнині між охоплюючою деталлю і поршнем. Масло в порожнину надходить від насосної станції під тиском 5 МПа. Сила запресування у $5 \dots 7$ разів нижча, ніж в разі застосування преса.

Установка Іжевського механічного інституту з автоматичним підвищенням тиску масла в процесі запресування вала-шестірні в зубчасте колесо складається з силового та підтискного циліндрів, пристрою, що забезпечує підтискування зубчастого колеса до опори

із сферичною п'ятою, і торцевого ущільнення. Як привод використано насосну станцію з подаванням масла 8 л/хв, яка розвиває максимальний тиск до 6,5 МПа. Швидкість запресування — 6,8 мм/с, тиск масла в зоні контакту спряжуваних поверхонь — 90...125 МПа залежно від натягу з'єднання. Інтенсифікація забезпечується за рахунок підвищення швидкості запресовування і розпресовування з'єднань до 170 мм/с.

Досвід застосування гідропресового методу запресовування і розпресовування деталей дає підстави для таких висновків:

у процесі складання (розбирання) можна використовувати будь-які мінеральні масла. Найкращим є масло в'язкістю $2,9 \text{ }^\circ\text{E}_{100}$. Витрата його приблизно 0,01 кг на поверхню 100 см² при натягу з'єднання 0,1 мм;

маслорозподільні канавки слід робити вздовж з'єднання на відстані 12...20 мм від торця деталі залежно від їх конструкції. При різних перерізах охоплюючої деталі одну з канавок слід робити в місці більшого перерізу;

число канавок залежить від довжини L_c спряження деталей і виду поперечного перерізу охоплюючої деталі. При співвідношенні $L_c \leq d'$ (d' — номінальний діаметр з'єднання) і однаковому поперечному перерізу охоплюючої деталі роблять одну канавку, а при змінному перерізі — дві. За умови, що $2d' > L_c > d'$, роблять дві канавки при будь-якому перерізі охоплюючої деталі, а коли $L_c > 2d'$, потрібні три канавки;

з'єднання з кількома маслорозподільними канавками доцільно розпресовувати кількома насосами одночасно (за числом канавок);

з'єднання, які довго були в експлуатації і не мають маслорозподільних канавок, розпресовують із застосуванням масла під тиском, якщо в них просвердлити один або кілька отворів (залежно від складності охоплюючої деталі) розміром 5...7 мм, а також отвір з різьбою для кріплення насоса. Масло нагнітається у з'єднання під тиском, що перевищує контактний тиск на кромки просвердленого отвору. Найбільшого ефекту можна досягти, розмістивши отвори під кутом 25...30° до осі охоплюючої деталі;

особливо ефективно застосовувати гідропресовий метод для конічних з'єднань, бо в процесі їх розбирання під час нагнітання масла на контактних поверхнях виникають розклинювальні сили, які сприяють роз'єднанню деталей;

гідропресовий метод можна застосовувати для складання і розбирання шпонкових з'єднань. При цьому маслорозподільну канавку виконують у вигляді незамкнутого кільця, а маслопідвідний канал розміщують діаметрально протилежно шпонковому пазу;

гідропресовий метод можна успішно застосовувати як в одиничному й малосерійному, так і в великосерійному й масовому виробництвах.

Нерознімні з'єднання із застосуванням нагрівання й охолодження.

До продуктивних методів утворення з'єднань з гарантованим натягом належать посадка з підігріванням охоплюючої деталі, посадка з охолодженням охоплюючої деталі і комбінована посадка при одночасному нагріванні охоплюваної та охолодженні охоплюваної деталей. Теплові посадки в 2,5...3 рази міцніші від з'єднань, утворюваних на пресах. Залежно від натягу і конструкції деталей їх нагрівають у киплячій воді, в гарячому маслі, нагрітому до температури 393 К (посадка підшипників кочення та інших дрібних деталей); газовими пальниками; електричними нагрівниками, які працюють на струмі промислової або високої частоти.

Якість з'єднання залежить від правильного розрахунку температури нагріву. При високій температурі можливі перегрів металу, зниження міцності деталі і її деформація, а в разі недостатнього нагрівання або охолодження можливе передчасне «схоплювання» спряжуваних деталей і тоді потрібне додаткове запресування потужним пресом, а це не завжди можливе і допустиме. Температуру нагрівання або охолодження, К, визначають за формулою

$$\theta^n = \frac{i + a}{k_\alpha d'} \cdot 10^{-3} \pm \theta_n,$$

де i — натяг з'єднання, мкм; a — необхідний гарантований зазор між спряжуваними деталями для вільної їх посадки, мм (приймається залежно від діаметра з'єднання і маси деталі або від діаметра з'єднання і часу, що відводиться на посадку); k_α — коефіцієнт лінійного розширення матеріалу для посадок з підігріванням охоплюючої деталі або коефіцієнт лінійного стискування для посадок з охолодженням охоплюваної деталі; θ_n — початкова температура деталі, К (плюс — при нагріванні, мінус — при охолодженні); d' — номінальний діаметр з'єднання, мм.

Посадка деталей з нагріванням часто буває єдиною можливою, наприклад посадка великих бандажів на колеса діаметром 4 м і більше. У деяких випадках, щоб гарантувати якість складання з натягом тонкостінних довгомірних деталей, охоплюючу деталь нагрівають через проміжний елемент у вигляді легкоплавкого металу, наприклад олова, який не змочує її поверхні.

Суть з'єднання деталей типу вал — втулка з натягом із застосуванням нагрівання, розробленого в Пензенському політехнічному інституті, полягає в тому, що на одній з деталей перед складанням роблять заглибини і виконують складання із заздалегідь заданим натягом. Після цього з'єднання нагрівають до температури пластичного стану контактуючої поверхні однієї з деталей і видержують при заданій температурі протягом 1,5...2 год, а потім охолоджують з швидкістю 2...3 К/хв.

Пластична деформація та інтенсифікація процесу повзучості поверхневих шарів, що виникають під час нагрівання, призводять до загітання металу однієї з деталей у заглибини іншої. Напрямок заглибини має бути перпендикулярний до напрямку дії результуючого вектора експлуатаційного зусилля, тобто, якщо на з'єднання діє скручувальне навантаження, то заглибини розташовують уздовж осі з'єднання; коли на з'єднання діє зсуваюча сила, спрямована вздовж осі з'єднання, то заглибини роблять у вигляді кільцевих канавок на одній із спряжуваних деталей; коли ж результуючий вектор навантаження спрямований під кутом α до осі з'єднання, то заглибини роблять у вигляді гвинтової лінії, кут нахилу якої до осі з'єднання становить $90^\circ - \alpha$.

Заглибини роблять на тій деталі, границя текучості якої найбільша. Якщо границя текучості з'єднуваних деталей однакова, то заглибини роблять на охоплюючій деталі, бо при цьому скорочується час на загітання металу в заглибини і не знижується границя втомленості охоплюваної деталі в разі роботи її в режимі знакозмінних навантажень.

Застосування індукційного нагрівання деталей відкриває широкі можливості для вдосконалення технології складання. Індукційні пристрої малогабаритні, прості в керуванні, надійні в роботі, легко вмонтовуються в автоматичне складальне устаткування. Вони дають можливість здійснити не тільки нагрівання окремих ділянок (посадочних місць) до заданої температури, а й наскрізне прогрівання всього об'єму деталі. Швидкість нагрівання може становити $275...278 \text{ K/c}$ і більше.

Установки індукційного нагрівання живляться струмами промислової частоти напругою $220/380 \text{ В}$. Вони можуть бути із замкнутим і замикальним магнітопроводом. В останньому випадку нагрівана деталь є складовою частиною магнітопроводу. Такі установки досконаліші і характеризуються високими техніко-економічними показниками. Час нагрівання в них до температури $523...553 \text{ K}$ становить $3,5...4 \text{ хв}$ при значно меншій витраті електроенергії порівняно з установками із замкнутим контуром. Установка має температурне реле, яке спрацює, коли буде досягнуто заданої температури.

До недоліків теплових способів складання належать важкодоступність нагрівання великогабаритних деталей, можливість їх жолоблення. Ці способи неприйнятні, якщо спряжувані деталі мають гальванічне покриття.

Для підвищення втомленісної міцності з'єднань з гарантованим натягом і уповільнення процесів фретинг-корозії, яка виникає на поверхнях спряження у зв'язку з контактним тертям деталей при їх циклічному навантаженні, рекомендується підматочинну частину осі або вала перед тепловою посадкою покривати синтетичним клеєм.

В разі з'єднання деталей методом глибокого охолодження охоплювану деталь охолоджують у рідкому азоті або у твердій вуглекислоті,

які мають температуру відповідно 83...77 та 348...353 К. Використовувати для цього рідкий кисень або повітря не рекомендується у зв'язку з їх вибухонебезпечністю.

Охолодження успішно застосовують для посадки штифтів, осей та довгомірних втулок з тонкими стінками. Наприклад, бронзова втулка завдовжки 1250 мм, із зовнішнім діаметром 460 мм товщиною стінок 15 мм охолоджується за 35...40 хв. Запресувати таку втулку пресом неможливо, бо вона деформується.

На практиці застосовують охолодження деталей без контакту і з безпосереднім контактом з охолодником. При першому способі потрібні складніші установки, тривале, але рівномірне охолодження; при другому (прискореному) — установки простіші, але потрібна велика витрата охолодника, охолодження менш рівномірне.

В установці без контакту деталей з охолоджуючим середовищем азот з посудини Дьюара надходить змійовиком в охолоджуваній простір, де встановлено деталі. Проходячи змійовиком, азот охолоджує деталі і у вигляді пари виходить в навколишнє середовище. У таких установках, крім рівномірного охолодження деталей, витрата охолодної рідини на 20...25 % менша, ніж в установках з безпосереднім контактом, і є можливість регулювати температуру в процесі охолодження.

Установка з безпосереднім контактом деталей з навколишнім середовищем складається з металевого бака, між зовнішніми і внутрішніми стінками якого прокладено теплоізоляцію. Азот заливають крізь отвір у теплоізоляційній кришці, крізь нього ж виходить пара. У зв'язку з швидким випаровуванням азоту необхідно підтримувати певний рівень рідини в камері охолодження на 70...100 мм вищій від верхньої точки охолоджуваних деталей.

Втулки з товщиною стінок 5...10 мм охолоджуються за 6...10 хв, з товщиною 20...30 мм — за 20...30 хв. Витрата рідкого азоту на 1 кг охолоджуваного металу становить для сталі 20 — 0,375 кг, сталі 45 — 0,362 кг, чавуну — 0,386 кг, алюмінію — 0,741 кг, бронзи — 0,390 кг. Витрата сухого льоду становить 18...20 % маси охолоджуваних деталей.

Розглянутий метод формування з'єднань має такі недоліки: при глибокому і тривалому охолодженні ударна в'язкість металу зменшується, що необхідно враховувати, вибираючи метод формування відповідальних з'єднань. У разі посадки загартованих деталей охолодженням натяг з'єднання і контакти тиску на спряжуваних поверхнях можуть бути значно збільшені. Можлива поява тріщин і руйнування деталей. До недоліків охолодження (як і нагрівання) належить виникнення температурного зазора між буртом вала та втулкою після посадки.

Під час посадки деталей із значними натягами одночасно нагрівають охоплюючу деталь і охолоджують охоплювану. Так, у разі

посадки втулки в отвір станини великої формувальної машини втулку охолоджують сухим льодом до температури 198...193 К і нагрівають стінки отвору в станині гарячою водою до 343 К. Воду наливають у циліндричну частину станини і підігрівують електронагрівником. Різниця температур втулки і прилеглої частини станини 423 К забезпечує вільну насадку втулки з гарантованим натягом 0,3 мм. Така посадка на прес можлива у зв'язку з розмірами станини і значною деформацією втулки під час запресувань. Комбінований метод посадки з 8...10 разів економічніший за метод, який здійснюється самим тільки нагріванням. Втулку можна охолодити в рідкому азоті, але при цьому потрібні великогабаритні охолодні установки і значна витрата холодоагента.

У деяких випадках для з'єднання сталюого вала з деталями типу кулачків, ексцентриків, зубчастих коліс тощо. Посадочні поверхні спряжуваних деталей покривають тонким шаром металевого припою, заповненого твердими частинками, наприклад корунду, з подальшою посадкою деталі за допомогою розігрівання чи охолодження. При цьому досягається висока міцність нерозбірного з'єднання без застосування допоміжних механічних елементів і порушення структури металу передавальних елементів. У такий спосіб можна з'єднати вал з шестернею (шорсткість спряжуваних деталей 6...10 мкм). При цьому шестерню нагрівають до температури 473...523 К і здійснюють посадку на вал з подальшим охолодженням.

Різьбові і клейові з'єднання. У загальному обсязі складальних робіт на різьбові з'єднання припадає значна частка. Для їх виконання використовують різні механізовані засоби: електро- та пневмоінструменти, гідроключі, гайковерти та інші, які підвищують продуктивність складальних робіт у 2...5 разів.

Механізований інструмент з пневматичним приводом має нижчий ККД (0,25), ніж з електричним (0,6...0,8), і вимагає застосування різних способів зменшення шуму та вібрації. Проте він конструктивно простіший, легший, не потребує захисту від електричного пробивання, достатньо надійний, експлуатаційні витрати на нього менші. Підвищена питома потужність, можливість перевантаження двигуна, швидка пристосовуваність до зміни умов роботи сприяють його широкому використанню.

Для затягування різьбових з'єднань, щоб забезпечити заданий крутний момент, застосовують різні таровані ключі, розраховані на автоматичне виключення, коли досягнуто заданої сили затягування, а також динамометричні ключі, що контролюють силу затягування за допомогою спеціальних показників. Оскільки прикладування сила затягування значною мірою залежить від коефіцієнта тертя, на який впливають багато факторів (якість спряжуваних поверхонь болта та гайки, шорсткість обробленої поверхні, змащування, покриття та ін.), то застосування таких ключів не завжди гарантує

точну силу затягування. У деяких випадках затягування поворотом гайки на певний, розрахований конструктором кут після контакту її з спряженою поверхнею, дає більш стабільні результати. Для цього застосовують простий пристрій, який дає можливість після дотикання деталі повернути гайку додатково на заданий кут і тим самим створити необхідну силу затягування. Видовження вимірюють мікрометром або індикатором.

З метою підвищення ефективності складальних робіт механізований інструмент постійно вдосконалюють. Так, у гайковому ключі з обмеженням крутного моменту з метою спрощення конструкції застосовано кулачок, який виконано у вигляді U-подібної пружини. Оскільки пружина ключа постійно не навантажена, він гарантує стабільність передаваного моменту. До того ж він досить чутливий у роботі на малих крутних моментах.

Для розширення технологічних можливостей торцевого ключа у стопорінні різьбових з'єднань його робочу частину виконують у вигляді виступу з двома зустрічно спрямованими скосами, що утворюють похиле ребро. Ключ має уступ і упор, які взаємодіють із стопорним елементом.

Щоб закручувати кріпильні деталі у важкодоступних місцях, створено торцевий ключ, стакан якого встановлено з можливістю осевого переміщення. На внутрішньому торці його зроблено скоси відповідно до числа граней отвору, нізхідні в напрямі закручування по радіусу описуваного кола навколо зіва робочої головки до зовнішнього торця стакана в точку перетину граней.

З метою забезпечення надійності різьбового з'єднання внутрішній вал торцевого ключа зроблено ступінчастим, підпружиненим в осьовому напрямі, з кільцевою проточкою на одному з виступів. Зовнішній вал зроблено з осьовими пазами. Ключ має упори, що проходять через ці пази, і рухому в осьовому напрямі втулку з фланцем, яку встановлено на зовнішньому валу. Втулка кінематично зв'язує внутрішній вал з курком рукоятки. В ній є діаметрально протилежні отвори, в яких розміщено упори, що взаємодіють з кільцевою проточкою виступу внутрішнього вала.

Щоб збільшити крутний момент, і підвищити точність затягування, гайковий ключ обладнано рамкою у вигляді рівнобедреного трикутника, в основі якого за допомогою підшипників встановлено гвинт силового механізму, і скобою з пальцем, закріпленою на гайці, зробленій у вигляді втулки з внутрішнім конусом, відповідними вкладишами, що зв'язані між собою пружним кільцем, поперечними похилими пазами та стержнями, закріпленими на вкладишах і розташованими і відповідних пазах втулок. Вкладиші утворюють у зборі центральний нарізний отвір, що охоплює гвинт. Рукоятку ключа виконано з поздовжнім пазом, через який проходить палець скоби.

Нині розроблено типовий ряд пневматичних та електричних складальних інструментів, у тому числі ударно-імпульсних гайковертів для механізації операцій складання різьбових з'єднань з моментом затягування 1...40 Н · м, кілька типорозмірів силових головок для вмонтування у блоки багатшпindelних верстатів, гайковертів з крутним моментом 2...25 Н · м і кутових пневматичних гайковертів з крутними моментами 2; 4 та 6 Н · м.

Пневматичні багатшпindelні різьбозакручувальні машини комплектують із силових пневматичних головок. Вони характеризуються стабільними крутними моментами при тиску повітря в мережі до $5 \cdot 10^5$ Па.

Складність відносної орієнтації різьбових деталей перед з'єднанням часто утруднює автоматизацію процесів їх складання. Порушення орієнтованого подавання деталей спричиняє відкази складального устаткування, заклинювання різьби, поломку інструментів і пошкодження спряжуваних деталей. Бракованими іноді бувають великі деталі, наприклад блоки, виготовлені з алюмінію. Орієнтування і наживлення різьбових деталей можна забезпечити вихровим потоком, проте при цьому не вдається здійснити затягування з необхідним крутним моментом. Це завдання успішно розв'язується, якщо традиційний механізований різьбозакручувальний інструмент обладнати додатковою пневмовихровою головою.

В одному з таких пристроїв різьбозакручувальний патрон розміщений з зазором у втулці пристрою для створення вихрового повітряного потоку в корпусі. Втулка має канали з сипловими отворами для подавання стиснутого повітря, спрямовані по дотичній до її внутрішньої поверхні. Патрон з'єднано з підпружиненою на шпindelі привода обертання насадкою за допомогою замкового з'єднання з осьовим і радіальним зазорами. Осьовий зазор між патроном і насадкою перевищує крок різьби у з'єднанні деталей.

Під час обертання шпindelя у внутрішню порожнину втулки крізь соплові отвори надходить стиснуте повітря, і пристрій переміщується до складуваної деталі. При цьому патрон з установленою в ньому різьбовою деталлю, яку подано з живильника, дістає обертання від шпindelя. Повітряний потік, спрямований по дотичній до внутрішньої поверхні втулки, спричиняє обертання і поздовжні коливання патрона з різьбовою деталлю. Контактном різьбових деталей під дією вібраційних коливань патрона гарантується надійний пошук і наживлення їх з подальшим закручуванням на всю довжину різьбової частини і затягуванням потрібного крутного момента. Закручування різьбових деталей в умовах вихрових коливань відбувається стабільніше, оскільки коефіцієнт тертя в коливальному процесі помітно нижчий.

Зменшенню трудомісткості формування різьбових з'єднань сприяє розробка спеціальних кріпильних деталей: самоформованих гвинтів,

які виключають застосування гайок, швидкознімних шайб, розрізних стопорних кілець тощо.

Самоформовані гвинти призначені головним чином для кріплення деталей із сталюого листа завтовшки 0,8...1,2 мм до балок і тонкостінних деталей без попереднього свердління. При цьому виключаються похибки через неспівосність отворів. Самоформовані гвинти поділяються на самонарізні (утворюють різьбу нарізуванням з видавленням матеріалу) і самовитискувальні (утворюють різьбу в отворі накатуванням без видалення стружки). Під час закручування самонарізних гвинтів треба стежити, щоб вони зберігали правильну орієнтацію відносно геометричної осі отвору. Якщо гвинт закручують у латунь, алюміній чи пластмаси, то змащування не потрібне, а в сталь — потрібне змащування мінеральним маслом, у чавун — гасом.

Для з'єднання деталей з листової маловуглецевої сталі, латуні та алюмінію доцільно використовувати самовитискувальні гвинти, а з чавуну та бронзи — самонарізні. Для нарізування різьби в отворах деталей з в'язкого матеріалу потрібні більші зусилля, ніж в отворах деталей з ламкого матеріалу. Так, для з'єднання деталей з латуні з великим вмістом цинку доцільно застосовувати самонарізні гвинти, а з меншим вмістом — самовитискувальні. Якщо довжина різьби близька до діаметра гвинта, доцільно застосовувати самовитискувальні гвинти для з'єднання деталей з попередньо підготовленим отвором, оскільки забірна частина таких гвинтів має кращі умови для формування різьби.

За кордоном випускають самовитискувальні гвинти для свердління отворів у металі завтовшки 1,5...5 мм і одночасного витискування різьби. Такі гвинти завдовжки 8...68 мм виготовляють із загартованої сталі. Свердління відбувається з подачею 0,1 мм/об, утворення різьби — з подачею 1,06...1,81 мм/об; частота обертання головки для закручування 1800...2000 хв⁻¹; час — у середньому 5 с. Такі з'єднання дають можливість суміщати свердління і витискування різьби, закручувати і стопорити різьбові з'єднання, зменшувати затрати на інструмент, гарантувати співвісність отворів і додержувати нульових зазорів, знижувати втомленість оператора, створювати незначний крутний момент під час свердління.

Самоформовані гвинти гарантують високу надійність з'єднань і застосовуються у складанні автомобілів, тракторів, зернозбиральних комбайнів «Нива».

У виробництві різних конструкцій можна успішно застосовувати метод склеювання спряжуваних поверхонь, ефективність якого часто вища від ефективності традиційних методів з'єднання (скручування, склепування, зварювання). Клейові з'єднання гарантують високу циклічну міцність, знижують масу конструкції, дають можливість мати гладеньку поверхню виробів і в ряді випадків поєднувати кріплення з герметизацією. Поєднання склеювання з

контактним зварюванням та іншими технологічними процесами істотно підвищує статистичні і циклічні характеристики, а також у ряді випадків антикорозійні властивості утворюваного комбінованого з'єднання.

У масовому машинобудівному виробництві застосовують клеї на основі епоксидних, силіконових, поліуретанових смол, модифікованих акрилатів, а також анаеробні і ціанакрилатні клеї. Щоб прискорити їх затвердіння, використовують полімерні затверджувачі, ІЧ випромінювання, дію мікрохвиль, а також діелектричне електронно-променеве та УЗ нагрівання.

Нині розроблено однокомпонентні клеї ВК-31, УР-5-207, КТИ-1 для склеювання інструментів. Вони гарантують високу стабільність міцнісних показників клейових з'єднань. Клейові з'єднання вал — втулка роботоздатні у більшості вузлів машин, де застосовують подадку зубчатих коліс або шківів на вал.

Склеюванню властиві і певні недоліки: невелика міцність при нерівномірному відриві, схильність до старіння, необхідність застосовувати складне, а в ряді випадків унікальне устаткування (автоклави, преси і т. д.) і комплекс дорогого високоточного оснащення.

Орієнтування і складання деталей за допомогою вібрацій та магнітного поля. Точність відносної орієнтації деталей значною мірою залежить від відхилення розмірів деталей, характеру їх закріплення у пристроях, температурних змін та інших факторів. Щоб усунути їх вплив, часто доводиться вдаватися до різних технологічних прийомів (введення фасок на складуваних деталях, застосування спеціальних пристроїв), які знижують точність процесу складання.

Використання методу орієнтування деталей в обертовому потоці дає можливість ефективно виконувати відносну орієнтацію деталей навіть у тому випадку, коли їхні осі істотно не збігаються або розташовані під різними кутами. Метод дає можливість складати деталі широкої номенклатури — від легких приладів до великих вузлів, наприклад автомобілів. Орієнтувальні пристрої, за допомогою яких реалізується метод, прості, надійні в експлуатації і мають габаритні розміри, які не набагато перевищують розміри орієнтовуваних деталей.

Ряд факторів, характерних для вихрового потоку, сприяють здійсненню процесу складання. До них належить відсутність жорсткого кінематичного зв'язку між орієнтованою деталлю і орієнтувальним пристроєм, що значно знижує можливість заклинювання складальних одиниць у процесі з'єднання їх.

Вихровий потік здатний передати деталі значний обертовий момент, що поліпшує умови складання циліндричних поверхонь, а в разі нециліндричних з'єднань створює можливості автоматичного пошуку спряжуваних деталей. Значне розрідження у приосьових шарах дає можливість впливати на зусилля, необхідне для орієнту-

вання деталі під час складання, і, отже, на здійснення складального процесу в цілому. Деталь, уміщена у вихрову трубу, піддається вібрації в широкому діапазоні. Коливання можуть бути як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах. Під час уведення деталі у вихровий потік на початкових стадіях процесу утворюється змащувальний клин, який перешкоджає контакту деталі із стінками труби. На стадіях вихрового руху деталі, що розвивається, відбувається інтенсифікація коливань. Вихід деталі в осьовому напрямі з труби порушує рівновагу потоку і системи вихрова труба — деталь. Тому розрідження в центрі потоку можна використати для створення осьового зусилля, необхідного для складання. Це зусилля можна створити штучним асиметричним розташуванням деталі у вихровій трубі.

Осьове зусилля вихрового потоку на відміну від зусилля, створеного механічними системами, не гасить осьових вібрацій деталі і діє на неї по осі незалежно від характеру переміщень. Під час використання вихрової труби з відповідними параметрами в системі може утворюватись пневматична подушка значної вантажності.

Пневмовихрові пристрої можна використати для складання плоских деталей без попереднього їх базування, а також для групового складання, наприклад базової деталі з кількома кріпильними.

Вихровий метод використовується для орієнтування і складання деталей типу дисків, кілець, шайб. Для створення коливань заданого характеру застосовують пневмовихровий генератор, що складається із стержня, встановленого з зазором у пристрої, який виконано у вигляді втулки з соплами, спрямованими по дотичній до її внутрішньої поверхні. Із стержнем жорстко зв'язаний фланець, який є орієнтувальним пристроєм.

На основі вказаного методу створено автомат для складання штока роз'єднувального крана гальмової системи автомобіля. Автомат має 12-позиційний поворотний стіл, у кожній позиції якого розташовано пристрій для орієнтування і складання з використанням спрямованих вібрацій. Гайки та шайби подаються з вібробункерів на поверхню орієнтатора імпульсами стиснутого повітря, гумові діафрагми — з трубчастого магазину шибєрним живильником.

Гайки, шайби та діафрагми під дією вібрацій переміщуються від периферії до центра орієнтатора, де займають орієнтоване положення в концентрично розташованих гніздах. Шток роз'єднувального крана подається з вібробункерів у зону орієнтатора, де під дією вібрацій орієнтується відносно шайб, діафрагм та гайок. При цьому відбувається наживлювання. Затягується різьбове з'єднання автоматично пневмогайковертом з контролем обертового моменту.

Розробляючи технологічні процеси із застосуванням пневмовихрових пристроїв, особливу увагу треба приділяти оптимальному вибору параметрів тиску стиснутого повітря, діаметрів сопел та зазору

між стінками вихрової труби і вміщеною в неї деталлю. Правильний вибір цих параметрів забезпечує високу стабільність процесу.

Орієнтування деталей під час складання може здійснюватись за допомогою спрямованих вібрацій. Опорній поверхні складального пристрою надають коливних рухів навколо координатних осей з частотою, яка безперервно змінюється від низької до ультразвукової і з зсувом по фазі. Щоб забезпечити гармонічний характер коливань, здійснюють кочення опорної поверхні з похилом по розташованому в горизонтальній площині колу будь-якого діаметра порівняно з діаметром опорної поверхні. Щоб підвищити продуктивність процесу орієнтування, складальному пристрою можна надати коливання навколо горизонтальних осей, які лежать поза опорною поверхнею для деталей з одночасним обертанням його навколо вертикальної осі.

У деяких випадках для орієнтування і складання деталей доцільно використати магнітне поле. У Латвії розроблено спосіб автоматичного складання вузлів, які складаються з комплекту феромагнітних деталей, встановлюваних в отвори базової немагнітної деталі. Концентруючи додаткові магнітні поля вздовж осей складання, витискують основне магнітне поле. Градієнт кожного магнітного поля збігається з напрямом складання. Напрямок струму у провідниках, які створюють додаткові магнітні поля, вибирають протилежним і періодично змінюють його амплітуду.

З метою автоматизації комплектування групи, яка складається з певної кількості феромагнітних деталей, запропоновано спосіб набирання стопи втягування деталей у неоднорідне магнітне поле, наприклад у міжполюсний простір електромагніту, і відтинанням зайвих впливів додаткової немагнітної сили, яка виштовхує їх з магнітного поля. Ця сила на межі стопи спочатку дорівнює, а потім перевищує силу, створену електромагнітом.

Спосіб складання немагнітних струмопровідних деталей полягає в тому, що деталі вміщують у змінне магнітне поле в такий спосіб, щоб контури індукованих струмів складуваних деталей перекривались. Необхідну частину пульсації магнітного поля вибирають за найменшою деталлю. Якщо складувати деталі вмістити у магнітне поле, в них індукуються струми, від яких виникають вторинні магнітні поля. На деталі діють електродинамічні сили, які намагаються сумістити контури струмів, що веде до з'єднання деталей.

Для підтримання оптимальної силової дії розрахунку частоту пульсації магнітного поля, знайдену за меншою деталлю, збільшують на 30...50 %, а потім у міру входження однієї деталі в іншу її зменшують до мінімального значення, що відповідає частоті, розрахованій за більшою деталлю.

Щоб забезпечити складання групи деталей на різних поверхнях спряження базової деталі, змінне магнітне поле накладають локально вздовж кожної осі складання і надають йому конфігурації в на-

прямі, перпендикулярному до осі складання, яка відповідає конфігурації спряжуваного елемента базової деталі. Індукцію кожного локального поля вибирають залежно від параметрів складуваних деталей. Конфігурацію кожного локального поля змінюють так, щоб на початку процесу складання вона охоплювала контури поверхонь спряження базової і складуваної деталей, а потім, в міру їх суміщення, конфігурацію поля звужують до збігання з контуром поверхні спряження базової деталі.

Для підвищення продуктивності складання деталей складної форми змінне магнітне поле (основне) періодично вимикають, а на цей період накладають змінне магнітне поле під кутом 90° . Амплітуду і тривалість імпульсів полів змінюють у часі від початку до кінця процесу, причому амплітуду імпульсів основного поля збільшують з одночасним зменшенням тривалості імпульсів обох полів. Індукцію обох полів і період їх дії на деталі вибирають з умови послідовних розворотів однієї деталі відносно іншої до суміщення їхніх спряжуваних поверхонь.

Для складання і розбирання з'єднань у магнітному полі запропоновано спосіб, що ґрунтується на ефекті магнітострикції, який полягає у зміні геометричних розмірів під дією магнітного поля. Матеріали вала (охоплюваної деталі) і втулки (охоплюючої деталі) добирають так, щоб коефіцієнт поперечної магнітострикції вала був менший, ніж у втулки. Тоді під дією магнітного поля діаметр отвору втулки збільшується більше, ніж діаметр вала, що сприяє складанню деталей.

Контрольні запитання

1. Що таке технологічний процес складання машин і механізмів?
2. В яких випадках машини не приймають у ремонт?
3. Які існують технологічні методи складання?
4. Від чого залежить точність відносної орієнтації деталей?
5. У чому суть гідропресового методу складання?

ТЕХНОЛОГІЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

Глава 44

ПРИЙМАННЯ АВТОМОБІЛІВ ТА ДОРОЖНЬОЇ ТЕХНІКИ В РЕМОНТ І ВИПУСК ІХ З РЕМОНТУ

44.1. Порядок приймання і випуску машин

Приймання і випуск автомобілів. Автомобілі та їх складові частини приймає в капітальний ремонт представник авторемонтного підприємства. На підставі приймання складають приймально-здавальний акт (додатки 1 і 2) за результатами зовнішнього огляду, випробувань пробігом на контрольно-випробувальних стендах або із застосуванням інших засобів об'єктивного контролю та діагностики, розбирання в необхідному обсязі для контролю технічного стану складових частин.

У капітальний ремонт приймають при наявності:

наряду на ремонт, паспорта встановленої форми (в разі здавання автомобіля, для автомобіля і двигуна, які вже проходили капітальний ремонт) і технічного паспорта автомобіля;

наряду на ремонт, довідки про стан складових частин і паспорта встановленої форми (в разі здавання складових частин, для двигунів, які вже проходили капітальний ремонт).

Автомобілі та їх складові частини, які здають у капітальний ремонт, мають бути комплектними. Встановлено першу і другу комплектності автомобілів та їх складових частин, які здають у капітальний ремонт і одержують з нього.

Перша комплектність — повнокомплектні автомобілі з кузовами, кабінами, платформами, з усіма складовими частинами, апаратурою, приладами та всіма деталями, передбаченими конструкцією конкретного автомобіля, включаючи запасне колесо, без комплекту інструментів. Дозволяються відхилення в комплектності автомобілів у межах конструктивних змін, прийнятих за період випуску даної моделі.

Друга комплектність відрізняється від першої тим, що автомобілі здають у ремонт і видають з ремонту без платформи, металевих кузовів, спеціального обладнання та деталей їх кріплення на шасі.

Двигун першої комплектності — двигун у зборі з усіма складовими частинами, встановленими на ньому, включаючи компресор,

вентилятор, насос, гідропідсилювач рульового керування, муфту зчеплення, систему живлення (паливну апаратуру) прилади систем охолодження і машення, електрообладнання та прилади системи випуску газів без глушника та приймальної труби.

Двигун другої комплектності — двигун у зборі з муфтою зчеплення без вентилятора, водяного насоса, компресора, насоса, гідравлічного підсилювача рульового привода, повітроочисника, масляних фільтрів, водяних патрубків, генератора, стартера, датчиків контрольних приладів, системи вентиляції картера, карбюратора, наливних насосів, паливопроводів, розподільника і свічок запалювання.

Автомобілі, що їх здають у капітальний ремонт, мають бути укомплектовані придатними для експлуатації акумуляторними батареями, всіма колесами (включаючи запасне) з шинами, накачаними і придатними для експлуатації. Шини мають бути без будь-яких пошкоджень з висотою рисунка протектора для пасажирських автомобілів не менш як 1 мм, інших автомобілів — не менш як 0,5 мм.

У разі відсутності повного комплекту деталей у складових частинах, а також заміни деталей непридатними автомобілі та їх складові частини в ремонт не приймають, про що відмічають у приймально-здавальних актах.

У капітальний ремонт не приймають вантажних автомобілів будь-якого призначення, якщо їхні кабіни та рами підлягають списанню, а також автобуси, легкові та вантажопасажирські автомобілі, якщо їхні кузови підлягають списанню.

Агрегати та вузли автомобілів, що їх здають у ремонт окремо, не приймають у капітальний ремонт, якщо під час приймання виявлено, що їхні базові деталі (або основні деталі складальних одиниць, які не мають базових деталей) підлягають списанню у брак за діючими нормативними документами на капітальний ремонт автомобілів та агрегатів відповідних моделей.

Приймання, зберігання і видача у виробництво ремонтного фонду організують зі складу ремонтного фонду, який складається з майданчиків для приймання і зберігання ремонтного фонду, майданчика для автомобілів, прийнятих на зберігання, майданчика для зберігання списаних автомобілів. Габаритні розміри майданчиків визначають, виходячи з розрахункової кількості перехідного запасу, нормальних проходів, проїздів та протипожежних розривів між об'єктами зберігання. Для механізації вантажно-розвантажувальних робіт обладнують естакади для зливання мастила з агрегатів. З метою раціонального використання площ складу ремонтного фонду використовують багатоярусні стелажі для зберігання агрегатів. Переміщують агрегати і знімають їх із стелажів краном-штабелером. Ремонтний фонд підприємства розміщують за марками автомобілів і агрегатів. Кожному автомобілю чи агрегату присвоюють номер замовлення.

Випускають автомобілі з капітального ремонту в комплектності. Параметри автомобілів та їхніх складових частин мають відповідати встановленим для нових автомобілів з усіма колесами (без запасного), передбаченими конструкцією, з накачаними і придатними для експлуатації шинами. Щоб обмежити навантажувальний режим протягом періоду обкатки, бензинові та дизельні двигуни першої комплектності мають бути обладнані опломбованими обмежувальними пристроями. Технічний ресурс капітально відремонтованих автомобілів має становити не менш як 80 % ресурсу, передбаченого для нових автомобілів.

До автомобіля, який випускають з капітального ремонту, додається така документація:

до автомобіля — паспорт автомобіля з позначкою про виконаний ремонт, паспорт капітально відремонтованого автомобіля та двигуна (додатки 1 та 2), інструкція з експлуатації;

до двигуна — паспорт (додаток 3) та інструкція з експлуатації.

Складаючи приймально-здавальні акти, виконують зовнішній огляд, перевіряють якість регулювань, контролюють наявність палива, мастил, охолодної рідини та рідини гідроприводів, проводять стендові випробування складових частин, обкатку і випробування двигунів, випробування автомобілів пробігом.

Результати контролю вносять до журналу випробувань автомобілів та їх складових частин за формою, встановленою авторемонтним підприємством.

Зовнішнє очищення і миття машин та їх агрегатів. Автомобілі і дорожню техніку перед здаванням у капітальний ремонт треба старанно вимити і очистити від забруднень. Перед початком зовнішнього очищення і миття з машин знімають електричні прилади, акумулятори, стрічки транспортерів, гумові та інші деталі, які можна пошкодити миючими розчинами.

Мийні операції звичайно виконують у три етапи:

1. Зовнішнє миття машини (агрегату) з одночасним випарюванням (промиванням) картерів.

2. Миття частково розібраних агрегатів для видалення смолистих відкладів, накипу і вилучення з картерів залишків масел.

3. Миття й очищення рами і деталей після повного розбирання.

Вибір способу очищення залежить від ступеня забрудненості машини і виду забруднень. Грудочки грязі та пил, просочений нафтопродуктами, смолисті та інші забруднення знімають звичайно вручну скребачками.

Для зовнішнього миття використовують насоси низького тиску (0,3...0,4 МПа), пересувні струминні установки ГАРУ високого тиску або пароводоструминні машини типу ОМ-3360. Вода з насоса надходить по двох напірних шлангах у мийні пістолети, які дають можливість мати розсіяну або зосереджену (кинджальну) струмину. На

ремонтно-механічних заводах здійснюють зовнішнє миття за допомогою мийних камер ОМ-1438, ОМ-7459 та ін., змонтованих на базі тракторів. У них є система водонапірних труб з соплами, розташованими з усіх боків. Машину подають на візку по рейковій колії до камери лебідкою або тягачем і мють під тиском 0,6...0,8 МПа при температурі мийної рідини 343...353 К. Використана рідина стікає у відстійник, звідки її потім перекачують у ємкість для нагрівання і повторної подачі до сопел. Тривалість миття машини — 25...30 хв.

Одночасно з очищенням треба пропарити і промити системи мащення і охолодження. Агрегати мють у струминних камерних установках тупикового та конвеєрного типів (наприклад, ОМ-691, ОМ-947).

Для зовнішнього миття використовують 10 %-й розчин каустичної соди, а також синтетичні речовини МЛ-51, «Тракторин», «Аерол» та ін. Під час миття необхідно дотримувати правил охорони праці, встановлені для робіт з хімічно активними речовинами.

44.2. Вхідний контроль ремонтного фонду

Загальні положення. Вхідний контроль — це перевірка ремонтного фонду, запасних частин, напівфабрикатів, матеріалів та іншої продукції, що надходить на підприємство. Значення такого контролю велике, оскільки від його результатів залежить якість відремонтованих виробів.

За даними проф. А. Ф. Дергачова, причини низькоякісного ремонту розподіляються так:

- порушення умов на контроль і сортування деталей — 20 %;
- порушення технології відновлення деталей — 15 %;
- поставляння неякісних запасних частин — 25 %;
- порушення технічних умов на складання і випробування — 40 %.

Ці дані показують, що одна з основних причин низької якості ремонту — незадовільний стан вхідного контролю, ефективність якого пропонується оцінювати за допомогою коефіцієнта

$$k_{\text{вх.к}} = \frac{n_1}{n_1 + n_2},$$

де n_1 та n_2 — відповідно кількість виробів (матеріалів, сировини і т. д.), забракованих під час виконання вхідного контролю і на дальших етапах виробництва.

Як показав А. С. Берлянд, щоб забезпечити якість ремонту, потрібні оперативність, достовірність і активність. Операції вхідного контролю не повинні порушувати встановленого ритму виробництва, мають відповідати вимогам на приймання і бути придатними для використання в основному виробництві. Активність вхідного контролю полягає у діях, спрямованих на постачальників або суміж-

ників з метою підвищення якості матеріалів, запасних частин тощо, які вони поставляють.

Комплектуючі вироби, запасні частини, сировина, матеріали та напівфабрикати піддаються одноступінчастому контролю, оскільки його результати цілком достатні для оцінки якості і придатності для виконання. Звичайно запасні частини, матеріали, сировина та комплектуючі вироби піддаються вибірковому контролю, а ремонтний фонд — суцільному контролю з індивідуальною перевіркою кожного об'єкта, який здають у ремонт. Суть вибіркового контролю полягає в тому, що безперервно контролюють кожний *i*-й виріб із загальної маси продукції і за частотою виявлення неякісних деталей оцінюють якість продукції, яка надходить.

Одна з функцій вхідного контролю — приймання ремонтного фонду.

Важливий показник якості машин (автомобілів і дорожніх машин), які здають у ремонт, — їхня комплектність. Так, для автомобілів встановлено дві комплектності: перша — автомобілі, укомплектовані всіма складовими частинами (основними і допоміжними); друга — допускається відсутність спеціального устаткування і вантажної платформи. До показників якості ремонтного фонду належить технічний стан деталей та вузлів. Під час здавання в ремонт не допускається доскладання автомобілів з непридатних деталей або заміна частини деталей, вузлів та агрегатів, які виробили свій ресурс.

Для приймання автомобілів обладнують спеціальні пости контролю (рис. 44.1), які розміщують безпосередньо в зоні зберігання ремонтного фонду або поблизу, на відособлених майданчиках. Бажаючи, щоб ці пости було винесено з основної виробничої зони і облад-

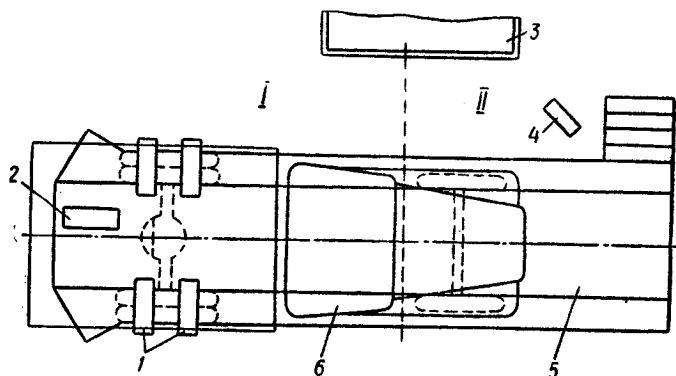
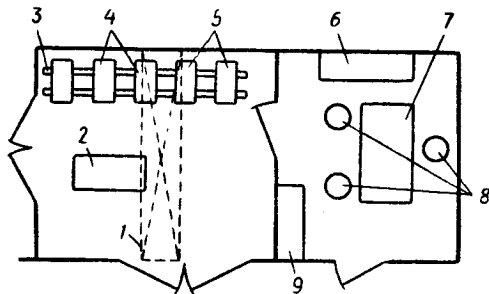


Рис. 44.1. Пост приймання автомобілів у ремонт:

I — зона контролю робоздатності автомобіля; *II* — зона контролю комплектності автомобіля; 1 — стенд з біговими барабанами; 2 — махова маса стенда; 3 — кабіна контрольного майстра; 4 — пульт контрольних приладів (спідометр); 5 — оглядова канава; 6 — випробовуваний автомобіль

Рис. 44.2. Планування поста приймання двигунів у ремонт:

1 — кран-балка; 2 — стэнд-катувач; 3 — стелажі-підставки; 4 — двигуни, які пройшли контроль; 5 — двигуни, які чекають на контроль; 6 — книжкова шафа; 7 — стіл контролера; 8 — стілець; 9 — інструментальна шафа



нано випробувальним стендом. Випробовуваний автомобіль вкочують ведучими колесами на барабани стенда і після пуску двигуна послідовним включанням передач розганяють його. Вважається, що автомобіль витримає випробування, якщо він розвиває швидкість не нижче як 30...40 км/год.

Швидкість руху автомобіля контролюють за спідометром, привод якого здійснюється від барабанів стенда.

Пости контролю для приймання двигунів обладнують контрольною площадкою, кабіною чи окремим приміщенням для контролера. Контрольну площадку рекомендується обладнати в закритому приміщенні з опаленням і добрим освітленням. Орієнтовне планування поста показано на рис. 44.2.

Двигуни, що їх здають у ремонт, мають задовольняти вимоги, обумовлені міждержавними стандартами і технічними умовами. Параметри контролю наведено у відомості технічного контролю двигунів під час приймання їх у ремонт.

Організуючи вхідний контроль, слід використати статистичні методи контролю якості. Аналіз і оцінку технологічного процесу за допомогою статистичних методів можна організувати на підприємствах будь-якої потужності. Стандартами передбачено два методи статистичного регулювання технологічних процесів: метод середніх арифметичних значень і розмірів, а також метод медіан і індивідуальних значень.

Метод середніх арифметичних значень ($\bar{x} - R'$) і розмірів застосовують для процесів, до яких ставляться високі вимоги щодо точності, для експрес-лабораторних аналізів. Метод медіан і індивідуальних значень ($\bar{x} - x_i$) застосовують в усіх випадках, коли відсутні автоматичні засоби вимірювання.

Обсяг вибірки залежить від стабільності, продуктивності та інших факторів і становить 3...10 шт. (за другим методом — 5 шт.). Період вибірки або проби залежить також від стабільності і продуктивності процесів і визначається дослідним способом. Звичайно при першому методі період відбору вибірки встановлюють 1...2 год.

Розрахунок методом медіан і індивідуальних значень ведуть у такий спосіб. Підготовляють контрольну карту (рис. 44.3), на яку

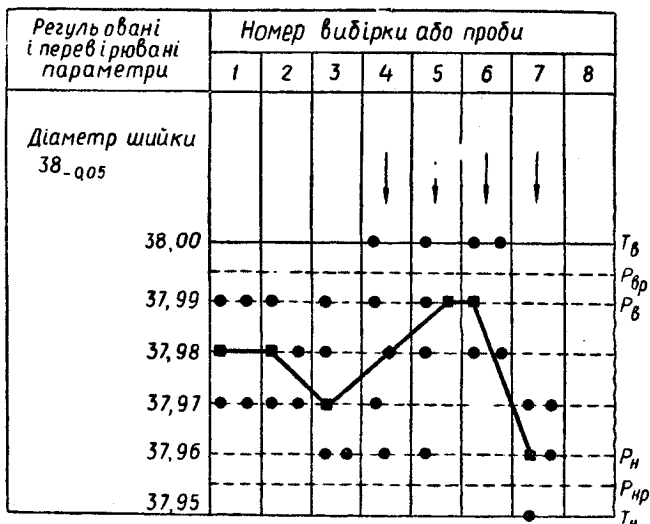


Рис. 44.3. Розрахунок за методом медіан та індивідуальних значень

наносять лінії, що характеризують межі допусків T_b та T_z , межі регулювання для медіан P_b та P_z і для піврозмахів $P_{вр}$ та $P_{зр}$. Відібрані одиниці вибірки або проби вимірюють за контрольованим параметром, результати наносять на графік у вигляді точок. Результати вимірювання проби з 5 шт. зображують на графіку групою з п'яти точок, розташованих в одній площині з номером проби. Кожну точку ставлять у рядку, що відповідає розміру деталі. Якщо вибірка складається з 5 шт., кожна третя точка буде медіаною x . На графіку її позначають хрестиком. Якщо медіани не виходять за межі регулювання P_b та P_z , а крайні значення одиниці вибірки не виходять за межі піврозмахів $P_{вр}$ та $P_{зр}$, то технологічний процес відбувається задовільно, і продукцію, виготовлену між двома черговими вибірками, приймають без додаткового контролю. Якщо точки виходять за межі регулювання, беруть позачергову вибірку. В разі повторного виходу точок за межі регулювання технологічний процес вважають порушеним. У контрольній карті роблять позначку у вигляді стрілки і вживають заходів для усунення причини, що порушила перебіг процесу. При цьому продукцію, виготовлену між двома останніми вибірками, піддають суцільному контролю силами виробничого персоналу.

Продукцію постачальників (запасні частини, комплектуючі виробни, а також матеріали і напівфабрикати) перевіряють на якість, а потім передають на склад на зберігання. Контроль за якістю зберігання входить до функції вхідного контролю.

Економічна ефективність вхідного контролю. Вхідний контроль — невіддільний елемент технологічного процесу. Підготовка вхідного контролю має починатись і закінчуватись одночасно з підготовкою виробництва. Крім того, вхідний контроль, особливо контроль комплектуючих виробів, не можна робити всеосяжним: затрати на спеціальне оснащення нерідко виявляються досить значними. Тому на стадії підготовки виробництва користуються даними про надійність виробів, одержаними під час випробування зразків і підготовку контролю в повному обсязі включають до менш надійних і найбільш трудомістких у заміні виробів. Зміст вхідного контролю, його спрямування і обсяг підготовки показано в табл. 44.1.

Таблиця 44.1

Зміст вхідного контролю	Забезпечуваний параметр	Обсяг підготовки
Контроль: зовнішнього вигляду	Функціональна придатність	Забезпечення науково-технічною та конструкторською документацією; відбирання і затвердження еталонів зовнішнього вигляду
геометрії (вимірюваний)	Складальність	Розробка технологічних процесів контролю; забезпечення спеціальним і універсальним контрольно-вимірювальним інструментом та приладами
Випробування: визначальні	Роботоздатність	Розробка методик випробувань; забезпечення випробувальним обладнанням
періодичні	Надійність	Те саме

Коли ж у ході виробництва виявиться потреба у введенні додаткових операцій вхідного контролю, то спочатку визначають їх економічну ефективність і доцільність, за основний критерій яких приймають зменшення числа замін комплектуючих виробів зовнішнього постачання. Одержаній економічний ефект порівнюють із затратами на впровадження вхідного контролю.

Економічний ефект від впровадження вхідного контролю являє собою зменшення затрат на заміну дефектних виробів під час технологічних випробувань, обкатки та експлуатації машин. До затрат, пов'язаних з впровадженням вхідного контролю, входять капітальні затрати (проекування, виготовлення, монтаж і налагодження устаткування, вартість виробничих площ) і заробітна плата контролюючого апарату. Коли виявиться, що сума затрат на його впровадження менша від затрат на заміну дефектного виробу до впровадження вхідного контролю, то контроль економічно доцільний.

44.3. Технічна діагностика під час ремонту

Основою процесу управління якістю ремонту автомобілів та дорожніх машин є відомості про його стан, тобто сукупність властивостей, які не тільки визначають надійність роботи, а й є важливими для прийняття тих чи інших організаційних і технічних рішень. У будь-якому вузлі і агрегаті є багато станів його робоздатності за рахунок різної інтенсивності спрацювання спряжень деталей. Тому на етапі приймання машин у ремонт надзвичайно важливо визначити технічний стан як машини в цілому, так і її агрегатів. Це можливо за умови використання технічної діагностики, що являє собою науку про розпізнавання стану технічної системи. Технічна діагностика має відповідати вимогам однозначності і повторюваності. Однозначність дає можливість одержувати об'єктивну інформацію про стан об'єкта діагностики незалежно від зовнішніх умов. Повторюваність зумовлює ідентичність оцінок того самого стану об'єкта незалежно від кількості вимірювань різними діагностичними засобами.

Розвиток засобів і методів технічної діагностики веде до якісних змін організації і технології ремонту автомобілів та дорожньої техніки. Нині на ремонтних заводах (наприклад, Дарницькому дослідно-експериментальному ремонтному заводі) використовують автоматизовані системи управління, які дають можливість мати дані про вхідний контроль ремонтного фонду, напівфабрикати та комплектуючі вироби, потребу в матеріалах і т. д., що дає змогу раціонально планувати виробничий процес і гарантує ритмічність у роботі ремонтного підприємства.

Деталі під час ремонту вибраковують, якщо вони відпрацювали ресурс, вичерпали існуючі допуски на ремонт, в разі експлуатаційних руйнувань деталей, що перевищують допустимі для відновлення; через відсутність об'єктивних методів визначення технічного стану деталей та агрегатів, а також відповідних технологічних методів ремонту.

Багато причин вибракування прямо чи посередньо пов'язані з технічними можливостями засобів і методів контролю та їх дефектації. Трудність їх виконання полягає у правильній постановці діагностичного завдання і в тому, що технічний стан має оцінюватись без шкоди для діагностованого об'єкта. Для цього використовують неруйнівні випробування або неруйнівний контроль — основний вид дефектації під час ремонту, який дає можливість робити висновки про вузли і деталі машин. Технологія виконання неруйнівного контролю регламентується відповідними картами, в яких вказано послідовність його операцій і наводяться необхідні дані для оцінки технічного стану контрольованого об'єкта.

44.4. Ремонтпридатність

Показники ремонтпридатності. Середня оперативна трудомісткість (тривалість, вартість) технічного обслуговування (ремонту) даного виду — математичне сподівання оперативної трудомісткості (тривалості, вартості) одного технічного обслуговування (ремонту) даного виду за певний період експлуатації чи наробітку. Звичайно під певним періодом експлуатації розуміють ремонтний цикл як найменший повторюваний період експлуатації об'єкта, протягом якого здійснюють усі встановлені нормативно-технічною документацією види технічного обслуговування (ТО) і ремонту. Щоб визначити цей показник за самими тільки видами ТО, можна прийняти період експлуатації, що дорівнює циклу ТО, протягом якого виконуються в певній послідовності всі встановлені в нормативно-технічній документації види ТО.

Якщо об'єкт не мав капітального ремонту протягом усього строку його служби або встановлено наробіток об'єкта, на базі якого обчислюється значення його наробітку на відказ, доцільно на цій самій базі визначати і величину середньої оперативної тривалості (трудомісткості, вартості) як різних планових ремонтів, так і непланових.

Середня оперативна трудомісткість ТО (ремонту) i -го виду

$$S_{\text{ТО(р)},i} = \frac{1}{n_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{f=1}^{a_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{l=1}^k t_{fl,i}^{(j)}, \quad (44.1)$$

де $n_{\text{ТО(р)},i}$ — число ТО (ремонтів) i -го виду за встановлений період експлуатації чи наробітку; $a_{\text{ТО(р)},i}$ — число виконавців ТО (ремонту) i -го виду; k — число операцій при виконанні ТО (ремонту) i -го виду; $t_{fl,i}^{(j)}$ — оперативний час роботи f -го виконавця на l -й операції в j -му порядку виконання ТО (ремонту) i -го виду.

Середня оперативна тривалість ТО (ремонту) i -го виду

$$\tau_{\text{ТО(р)},i} = S_{\text{ТО(р)},i} / a_{\text{ТО(р)},i}. \quad (44.2)$$

Середня оперативна вартість ТО (ремонту) i -го виду

$$B_{\text{ТО(р)},i} = \frac{1}{n_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{f=1}^{a_{\text{ТО(р)},i}} \sum_{l=1}^k B_{fl,i}^{(j)}, \quad (44.3)$$

де $B_{fl,i}^{(j)}$ — вартість робіт за певний час f -го виконавця на l -й операції в j -му порядку виконання ТО (ремонту) i -го виду.

Питома сумарна оперативна трудомісткість (тривалість, вартість) ТО (ремонтів) — це відношення суми математичних сподівань оперативної трудомісткості (тривалості, вартості) всіх видів ТО (ремонтів) до заданого наробітку об'єкта. Якщо середні оперативні затрати за формулами (44.1) — (44.3) обчислювали на базі ремонтного циклу, то заданим наробітком у визначенні питомих оперативних

затрат є середній радіус до першого капітального ремонту ($T_{p, cp1k}$). Тоді значення питомої оперативної сумарної трудомісткості (тривалості, вартості) ТО (ремонтів) будуть відповідно

$$\bar{S}_{TO(p)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} S_{TO(p),i}}{T_{p, cp1k}}; \quad (44.4)$$

$$\bar{\tau}_{TO(p)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} \tau_{TO(p),i}}{T_{p, cp1k}}; \quad (44.5)$$

$$\bar{B}_{TO(p)} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} B_{TO(p),i}}{T_{p, cp1k}}, \quad (44.6)$$

де $N_{TO(p)}$ — число видів ТО (ремонтів) у ремонтному циклі.

Якщо середні оперативні затрати визначають на базі даного наробітку, то у формули (44.4) — (44.6) замість $T_{p, cp1k}$ підставляють величину цього наробітку. Одиницями наробітку можуть бути як години, так і інші одиниці вимірювання (кілометри, кубометри, гектари, цикли тощо).

Середня сумарна оперативна трудомісткість (тривалість, вартість) ТО (ремонтів) — це сума оперативних трудомісткостей (тривалостей, вартостей) ТО (ремонтів) усіх видів за певний період експлуатації або наробітку об'єкта. Ці показники визначаються через середні оперативні показники для кожного виду ТО (ремонту) за формулами:

$$S_{TO(p)}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} S_{TO(p),i}$$

$$\tau_{TO(p)}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} \tau_{TO(p),i}$$

$$B_{TO(p)}^{\Sigma} = \sum_{i=1}^{N_{TO(p)}} n_{TO(p),i} B_{TO(p),i}$$

Об'єднана питома оперативна трудомісткість (тривалість, вартість) ТО і ремонтів — це сума питомих оперативних трудомісткостей (тривалостей, вартостей) ТО і ремонтів усіх видів за певний наробіток об'єкта:

$$\bar{S}_{об} = \bar{S}_{ТО} + \bar{S}_p;$$

$$\bar{\tau}_{об} = \bar{\tau}_{ТО} + \bar{\tau}_p;$$

$$\bar{B}_{об} = \bar{B}_{ТО} + \bar{B}_p.$$

Усі показники ремонтпридатності оцінюються затратами праці, часу і коштів, необхідних для виконання слюсарних операцій під час демонтажу, монтажу, розбирання і складання складальних одиниць та їх елементів, а також для виконання супутніх підготовчих та заключних операцій. Ці затрати визначаються при заданому наборі інструментів і пристроїв, кваліфікації операторів, умовах навколишнього середовища і умовах виконання робіт.

Вимоги до показників ремонтпридатності складальних одиниць. Уперше такі вимоги, а саме до середніх оперативних трудомісткостей (тривалостей, вартостей) капітального ремонту складальних одиниць або їх заміни, сформульовано під час виконання структурного аналізу надійності машин у цілому на етапі розробки технічного завдання на її проектування. Вимоги до таких показників обґрунтовані вибраним критерієм граничного стану машини. Проте на наступних стадіях проектування машини ці вимоги можуть бути уточнені з урахуванням вимог до комплексних показників її надійності (коефіцієнтів готовності k_r і технічного використання $k_{т.в}$).

Звичайно коефіцієнт готовності машин $k_r = 0,9...0,99$. Якщо скористатися виразом, аналогічним виразу $\bar{\tau}_в \leq \frac{1}{k_r} - 1$, то середня сумарна оперативна тривалість відновлення машини після відказів

$$0,1T_{p.c.p} \geq \tau_{в}^{\Sigma} \geq 0,01T_{p.c.p}, \quad (44.7)$$

де $T_{p.c.p}$ — середній ресурс машини, год.

Середню об'єднану оперативну тривалість ремонтів і ТО можна визначити з виразу, аналогічного виразу $\bar{\tau}_{об} \leq \frac{1}{k_{т.в}} - 1$. При цьому коефіцієнт технічного використання для машин розглядуваного класу звичайно нормується в інтервалі $k_{т.в} = 0,8...0,95$:

$$0,25T_{p.c.p} \geq \tau_{об} \geq 0,05T_{p.c.p}. \quad (44.8)$$

Різниця між значеннями оперативних тривалостей за формулами (44.7) та (44.8) — середня об'єднана оперативна тривалість планових ремонтів і ТО:

$$0,15T_{p.c.p} \geq \tau_{об}^{пл} \geq 0,04T_{p.c.p}.$$

Оскільки $\tau_{об}^{пл} = \tau_p^{\Sigma} + \tau_{ТО}^{\Sigma}$, то, задаючись значенням середньої сумарної тривалості ТО $\tau_{ТО}^{\Sigma}$, матимемо значення середньої сумарної тривалості планових ремонтів у ремонтному циклі, яке не повинно перевищувати значення

$$\tau_p^{\Sigma} \leq (0,15...0,04)T_{p.c.p} - \tau_{ТО}^{\Sigma}.$$

Отже, за допомогою структурного аналізу можна обґрунтувати найважливіші показники ремонтпридатності на етапі проектування машини.

Коефіцієнти доступності і перешкод для складальної одиниці можна вивести із зовнішніх характеристик первинних матриць, розглянутих вище. Так, коефіцієнт доступності, що характеризує ремонтну технологічність конструкції складальної одиниці,

$$k_{дi} = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{N_i} (x_j^{(1)} - 1)}{\sum_{j=1}^{N_i} x_j^{(1)}} = \frac{N_i}{M_i};$$

коефіцієнт перешкод

$$k_{пi} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} (y_j^{(1)} - 1)}{\sum_{j=1}^{N_i} y_j^{(1)}} = 1 - \frac{N_i}{M_i}.$$

З наведених виразів ясно, ці два коефіцієнти характеризують протилежні сторони технологічності складальної одиниці, оскільки $k_{дi} = 1 - k_{пi}$. Інакше кажучи, чим краща доступність (вищий коефіцієнт $k_{дi}$), тим менше перешкод створюють супутні операції під час ремонту даного вузла і навпаки. Слід мати на увазі, що для деталей

$$k_{дi} \neq 1 - k_{пi}.$$

Оцінка ремонтпридатності одиничними показниками. Основними показниками ремонтпридатності на стадії експлуатації, тобто експлуатаційної технологічності, є затрати часу і коштів для відновлення роботоздатного стану.

Оскільки ці затрати залежать від багатьох факторів, зокрема від умов експлуатації, рівня ремонтної бази, кваліфікації обслуговуючого персоналу, які для різних кліматичних зон і АТП не однакові і мають імовірнісний характер, то для їх визначення використовують математичні методи, що ґрунтуються на теорії ймовірностей і математичній статистиці.

Середній час відновлення, тобто математичне сподівання часу відновлення роботоздатності

$$t'_в = M(t_в) = \int_0^{\infty} t f_в(t) dt,$$

де $M(t_в)$ — математичне сподівання часу відновлення роботоздатного стану самоскидної установки; $f_в(t)$ — густина розподілу часу відновлення.

При достатній кількості статистичних даних середній час відновлення

$$t_в^{*'} = \frac{1}{m_{BK}} \sum_{i=1}^{m_{BK}} t_{yi},$$

де t_{yi} — час усунення i -го відказу; $m_{\text{вк}}$ — кількість відказів на розглядуваний період.

Показники $t'_в$ — величини випадкові, у зв'язку з чим поряд із середніми їх значеннями потрібно знати характеристики розсіювання — дисперсію $D(t'_в)$ або середнє квадратичне відхилення $\sigma(t'_в)$:

$$D(t'_в) = \frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^{m_{\text{вк}}} (t'_{yi} - t'_в)^2;$$

$$\sigma(t'_в) = \sqrt{D(t'_в)} = \sqrt{\frac{1}{m_{\text{вк}}-1} \sum_{i=1}^{m_{\text{вк}}} (t_{yi} - t'_в)^2}.$$

Ймовірність відновлення в заданий час

$$P_в(t) = \int_0^t f_в(t) dt.$$

Статистичне значення ймовірності відновлення

$$P_в^*(t) = 1 - \frac{n_в(t + \Delta t)}{N_в(t + \Delta t)},$$

де $n_в(t + \Delta t)$ — число автомобілів (самоскидних систем), не відновлених за проміжок часу від t до $t + \Delta t$; $N_в(t + \Delta t)$ — загальне число автомобілів (самоскидних систем), що підлягають відновленню за час від t до $t + \Delta t$.

Щоб визначити $P_в^*(t)$, треба знати закон розподілу часу відновлення. У машинобудуванні найчастіше використовуються такі види законів часу відновлення: експоненціальний, Вейбулла, логарифмічно нормальний, нормальний.

Функція щільності ймовірностей відновлення має вигляд: за законом Вейбулла

$$f_в(t) = n\mu t^{n-1} e^{-\mu t^n},$$

або з урахуванням перетворень

$$f_в(t) = \frac{n}{a} \left(\frac{t}{a}\right)^{n-1} e^{-(t/a)^n},$$

де n та μ — параметри закону; при логарифмічно нормальному законі

$$f_в(t) = \frac{1}{t_\sigma (\ln t) \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-[\ln t - (\ln t)]^2 / (2\sigma^2)},$$

при нормальному законі

$$f_в(t) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-(t_i - \bar{t})^2 / (2\sigma^2)}.$$

Конкретний вид функції визначається в кожному окремому випадку і залежить від конструктивних особливостей машини в цілому.

Як показники експлуатаційної технологічності застосовують також інтенсивність відновлення роботоздатності машини протягом одиниці часу за умови, що до цього моменту роботоздатність ще не відновилась. Знаючи закон розподілу часу відновлення, визначаємо значення інтенсивності відновлення:

$$\mu(t) = \frac{f_B(t)}{1 - F_B(t)},$$

де $F_B(t)$ — функція розподілу часу відновлення роботоздатності. За статистичними даними значення $\mu(t)$ знаходять із залежності

$$\mu^*(t) = \frac{m_B(t + \Delta t)}{n_B(t) \Delta t},$$

де Δt — розглядуваний проміжок часу; $m_B(t + \Delta t)$ — число відновлень в інтервалі часу від t до $t + \Delta t$; $n_B(t)$ — число невідновлених самоскидних установок (вузлів) на момент часу t .

Досконалість конструкції з позицій пристосованості до ремонтів певною мірою характеризується такими показниками.

Разова оперативна трудомісткість щоденного обслуговування ($S_{щ.о}$), люд.-год,

$$S_{щ.о} = \sum_{i=1}^n S_i^{щ.о},$$

де n — кількість операцій щоденного ТО; $S_i^{щ.о}$ — середня оперативна трудомісткість i -ої операції щоденного ТО.

Питома оперативна трудомісткість ТО ($S_{ТО}$), люд.-год/тис. км,

$$\bar{S}_{ТО} = \sum_{i=1}^n \frac{(\tau_i)^{ТО}}{(l_i)^{ТО}} 1000,$$

де $(\tau_i)^{ТО}$ — середня трудомісткість i -ої операції ТО, люд.-год; $(l_i)^{ТО}$ — середня періодичність i -ої операції ТО, км; n — кількість операцій ТО.

Питоме число операцій під час ТО машини (наприклад, автомобіля) за видами робіт (n_0), од. операцій/тис. км,

$$n_0 = \sum_{i=1}^n \frac{n_i}{l_i} 1000,$$

де n_i — i -та операція технічного обслуговування самоскидної установки; l_i — періодичність i -ої операції ТО, км.

Питома оперативна трудомісткість поточних ремонтів $\bar{S}_{\text{тр}}$, люд.-год/тис. км,

$$\bar{S}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^b (\tau_i)^{\text{ТР}}}{l_n} 1000,$$

де $(\tau_i)^{\text{ТР}}$ — середня трудомісткість i -го технічного ремонту, люд.-год; l_n — сумарний пробіг самоскидної установки до капітального ремонту, км; b — кількість усіх випадків технічного ремонту за період випробувань.

Дослідження в галузі автомобільного транспорту показали, що значення питомої оперативної трудомісткості $\bar{S}_{\text{тр}}$ буде достовірним, якщо за період спостережень усі підконтрольні автомобілі потребували ремонту. Враховуючи, що надійність машини внаслідок розробки нових конструкцій і модернізації існуючих підвищується, $\bar{S}_{\text{тр}}$ для генеральної сукупності слід визначати з урахуванням імовірності відказу:

$$\bar{S}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^b (\tau_i)^{\text{ТР}}}{l_n} 1000 [1 - P(l)],$$

де $P(l)$ — імовірність безвідказної роботи.

З урахуванням перетворень залежність матиме вигляд:

при нормальному законі розподілу строків служби самоскидної системи, вузлів, деталей

$$\bar{S}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^b (\tau_i)^{\text{ТР}}}{l_n} 1000 \left[1 - \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^l e^{-\frac{(l-\bar{l})^2}{2\sigma^2}} dl \right];$$

при розподілі строків служби за законом Вейбулла

$$\bar{S}_{\text{тр}} = \frac{\sum_{i=1}^b (\tau_i)^{\text{ТР}}}{l_n} 1000 [1 - n\mu^n l^{n-1} e^{-\mu^n l^n} dl].$$

Контрольні запитання

1. Як приймають автомобілі та їх складові частини в капітальний ремонт?
2. В яких випадках машини не приймають у ремонт?
3. Які вимоги ставлять до відремонтованих дорожніх машин?
4. Що таке вхідний контроль ремонтного фонду?
5. Що таке технічна діагностика?
6. З яких причин відбраковують деталі під час ремонту?
7. Які ви знаєте показники ремонтпридатності?

ТЕХНОЛОГІЯ РОЗБІРНО-ОЧИСНИХ ПРОЦЕСІВ

45.1. Організація розбірно-мийних робіт

Роль розбірного процесу. У капітальному ремонті автомобілів і дорожніх машин важливе місце належить розбірному процесу. Кінцевим продуктом цього процесу є деталі, які потім використовуються у виробництві без ремонту або після відновлення їх. Тому під час розбирання машин, їх агрегатів та вузлів треба забезпечувати максимальну збереженість деталей.

Кількість придатних деталей, трудомісткість відновлення тих, що потребують ремонту, залежать від організації і технології виконання розбірних робіт. Тріщини, пробоїни, погнутість, обломи, зрив різьби та інші дефекти в деталях часто виникають в результаті порушень технологічних прийомів розбирання.

Одержувані після розбирання різні групи деталей потребують від виробництва різних затрат. Придатні деталі обходяться виробництву приблизно в 6...10 % від їх преїскурантної ціни, відремontовані — 30...40 %, а заміна деталей — в 110...150 %. Старанне і якісне розбирання підвищує збереженість деталей та нормалей, скорочує подальші операції ремонту, впливає на якість і собівартість продукції.

Розбірний процес — одна з особливостей ремонтного виробництва. Він являє собою сукупність різних операцій по роз'єднанню всіх об'єктів ремонту до деталей у певній послідовності. Розбірний процес включає в себе мийно-очисні, власне розбірні, підйомно-транспортні по переміщенню об'єктів ремонту і контрольно-сортувальні роботи. Від загальної трудомісткості розбірного процесу на частку власне розбірних робіт припадає 60...65 %.

Розбирання машин під час капітального ремонту виконують у такому порядку: загальне розбирання на агрегати, вузли та деталі, розбирання агрегатів на вузли та деталі; розбирання вузлів та складальних одиниць на деталі. Так, розбирання автомобілів (рис. 45.1) починається із знімання кузова, оперення, паливних баків, радіаторів, приладів електрообладнання і паливної апаратури. Потім від'єднують механізми керування і пуску двигуна, виключання зчеплення, рульового керування, керування гальмами та ін. Після цього з рами знімають двигун, коробку передач і т. п. В останню чергу від'єднують ходову частину автомобіля (передній і задній мости), і на місці розбирання залишається тільки рама.

На процес розбирання істотно впливає його організація. Залежно від обсягу виробництва розбирання може бути організоване на стаціонарних постах або на потокових лініях.

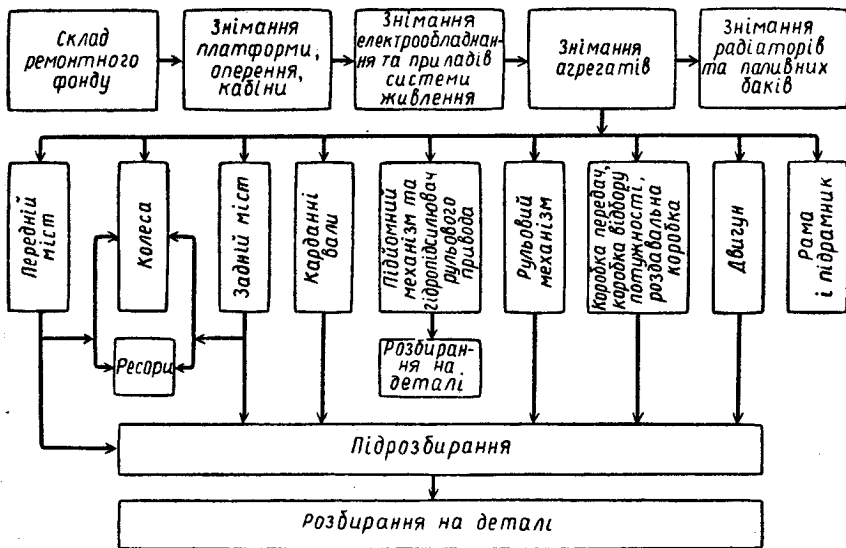


Рис. 45.1. Схема розбирання автомобіля

Пост — частина виробничої площі, призначена для виконання певних операцій технологічного процесу, на якій є необхідне устаткування, пристрої та інструменти. На посту може бути одне або кілька робочих місць.

Робочим місцем називається зона трудової діяльності одного чи кількох робітників. Окрема одиниця устаткування, обслуговувана одним або кількома робітниками, наприклад стенд для розбирання двигуна, вважається одним робочим місцем. Кожна позиція конвеєра незалежно від числа робітників на даній позиції також вважається одним робочим місцем. Якщо устаткування призначене для обслуговування певного робочого місця розбирання, то воно належить до цього робочого місця і не є самостійним. Наприклад, верстат для відкручування гайок стрем'янок ресор — не самостійне робоче місце, а обслуговує робоче місце розбирання мостів автомобіля.

Передова організація виробничого процесу характеризується досягненням ритмічної роботи окремих постів, найкоротшим шляхом пересування об'єктів ремонту, максимальним виходом придатних деталей при найменших затратах.

Основні організаційні форми розбирання (рис. 45.2) — непотокова і потокова. При непотоковій організації розбирання може виконуватись на універсальних, спеціалізованих або мішаних постах. Коли ж процес розбирання організовано на потоці, об'єкти ремонту можуть бути нерухомими або пересуватись. Потоківі лінії бувають

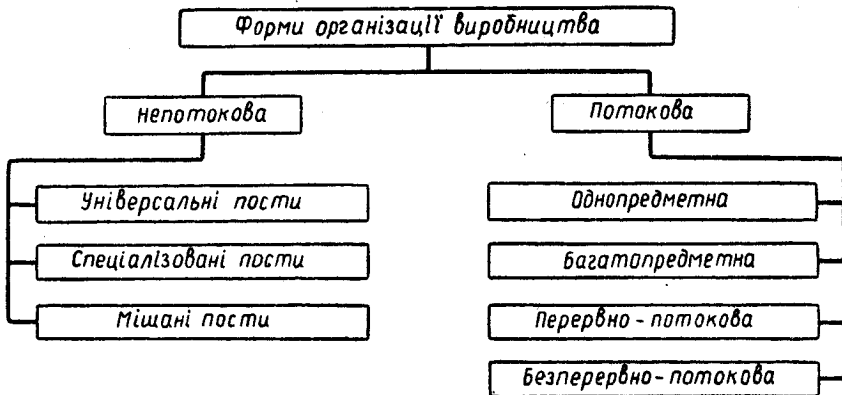


Рис. 45.2. Форми організації процесу розбирання

однопредметні, багатопредметні, переривчасто-потокові і безперервно-потокові.

При поточковому способі устаткування і робочі пости розміщують-ся одне за одним у порядку виконання операцій технологічного процесу, який виконується на кількох постах, причому послідовність і обсяг операцій, а також число робітників на постах такі, що за певний проміжок часу, який дорівнює такту поточної лінії, розбирають один виріб.

Тактом розбирання називається проміжок часу між розбиранням двох послідовних автомобілів чи агрегатів на поточної лінії, тобто проміжок часу, через який останні складові частини об'єкта ремонту, що його розбирають, знімають з останнього поста (робочого місця) потокової лінії.

Потоковий спосіб розбирання автомобілів на агрегати здійснюють за допомогою конвеєрів. Розбирають агрегати на вузли і деталі на стендах, естакадах чи конвеєрах. Потокова форма організації процесу розбирання найпрогресивніша. Вона дає можливість поліпшити якість розбирання, підвищити продуктивність праці і знизити собівартість розбірних робіт.

Застосування поточкового методу розбирання дає можливість зосередити одноіменні технологічні операції на спеціалізованих постах, скоротити кількість однойменних інструментів на 30 %, збільшити інтенсивність використання технологічного оснащення на 50 % і підвищити продуктивність праці розбиральників на 20 %.

Один з різновидів потокової форми організації процесу розбирання є застосування багатопредметної потокової лінії. Такі лінії доцільно застосовувати на ремонтних підприємствах з різномарковою невеликою програмою по капітальному ремонту. Вони пристосовані

для розбирання однакових агрегатів і вузлів різних марок машин, для яких спільні технологічні умови розбирання.

Багатопредметні потокові лінії поділяються на змінно-потокові і групові. На змінно-потокових лініях передбачають почергове розбирання всього добового обсягу або його частини агрегатів однієї назви, потім другої і т. д. Така організація розбирання створює певні зручності в роботі і на дільниці контролю-сортування, куди протягом певного періоду часу надходять деталі розібраних агрегатів однієї назви. Проте така робота потребує складнішої організації виробництва (ступінчастий вихід спеціалізованих робітників, створення великого запасу агрегатів тощо).

Групова потокова лінія пристосована для одночасного розбирання агрегатів різних назв з послідовним чергуванням їх залежно від наявності ремонтного фонду і потреби в об'єктах для ліній складання. На великих спеціалізованих авторемонтних підприємствах процес розбирання слід організувати на однопредметних поточкових лініях.

З економічних заходів насамперед слід відмітити зацікавленість робітників у поліпшенні якості своєї праці і підвищенні прибутку цеху за рахунок використання на виробництві більшої кількості придатних деталей, а також зниженням частин дефектів у деталях у зв'язку з порушенням технології розбирання.

На ряді ремонтних підприємств застосовують таку систему заробітної плати, при якій, крім оплати на розбирання об'єкта ремонту, передбачено додаткову оплату за збільшення виходу деталей, придатних для повторного використання. При цьому більшу доплату дають за збільшення виходу придатних деталей з числа найчастіше пошкоджуваних.

Організація процесу розбирання має забезпечувати ритмічність усього виробничого процесу. Кількість машин та агрегатів, що розбираються, має точно відповідати кількості випуску і встановленим нормам запасу по всьому виробництву. У зв'язку з цим треба передбачати якнайшвидшу передачу розібраних деталей на подальші операції технологічного процесу, оскільки це має вирішальний вплив на загальний ритм авторемонтного підприємства. Таку передачу доцільно організувати із застосуванням транспортувальної тари. Наявність у достатній кількості спеціальної оборотної тари різко скорочує час на вантажно-розвантажувальні роботи і підвищує збереженість деталей під час транспортування.

45.2. Технологічний процес розбирання

Технологічний процес розбирання залежить від типу машини, яку розбирають, і її конструктивних особливостей. Під час розбирання слід виконувати такі основні вимоги.

1. Виключати можливість спотворення геометричних параметрів.
 2. Забезпечувати максимальний фронт робіт із застосуванням механізованого інструменту та устаткування при мінімальних затратах часу на допоміжні операції.

3. Обов'язково зберігати комплектність вузлів.

4. Застосовувати тимчасову консервацію для захисту від корозії незахищених поверхонь.

Проектування технологічного процесу розбирання включає в себе виконання таких робіт: вибір методу раціональної організації

Таблиця 45.1

Номер				Основний напис					
цеху	дільниці	операції		Назва і зміст операції	Устаткування (назва інвентарний номер)	Пристрій, допоміжний інструмент	Робочий інструмент	Вимірювальний інструмент	

вивчення конструкції розбираного виробу; поділ виробу на розбірні групи і підгрупи; визначення змісту розбірних операцій і встановлення раціональної їх послідовності; встановлення режимів розбирання і норм часу на виконання розбірних операцій; розробка завдання на конструювання необхідного інструменту, пристроїв та устаткування; призначення технічних умов на розбирання виробів, вузлів та спряжень; визначення раціональних способів транспортування виробів на розбирання; розробка технологічного планування розбірної дільниці (цеху); розробка й оформлення технічної документації.

Таблиця 45.2

Номер				Основний напис		Перехід		Технологічний режим	Пристрій	Інструмент
цеху	дільниці	робочого місця	операції	Операція	Устаткування (модель)	номер	зміст			

Технологічну документацію оформляють у вигляді маршрутної карти (табл. 45.1), в якій наводяться найраціональніша послідовність виконання операцій, устаткування, пристрої та інструменти. Крім того, на кожен операцію складають операційні карти (табл. 45.2).

Деталі деяких спряжень, які під час виготовлення обробляють разом, у процесі розбирання не можна знеособлювати одну відносно одної. До таких деталей належать: картер зчеплення та блок циліндрів, кришки корінних підшипників (блок циліндрів, кришки ша-

тунних підшипників), шатуни та ін. Деталі, які не підлягають знеособленню, після розбирання знову з'єднують болтами (кришки підшипників) або зв'язують дротом (шестерні). Агрегати розбирають на деталі у два етапи. Спочатку їх частково розбирають для полегшення миття й очищення. Наприклад, у двигуні знімають піддон масляного картера, головку циліндрів, кришки клапанних коробок і розподільних шестерень; у коробці передач знімають кришку картера у зборі і кришку додаткового привода і т. д. Після миття агрегати повністю розбирають на деталі.

Технологічний процес має передбачати повне розбирання з'єднань на деталі, в тому числі і заклепкових з'єднань, що необхідно для якісного очищення деталей, ретельного контролю і визначення можливості їх ремонту. Нерідко в деталях бувають тріщини, що йдуть від отвора під заклепку навіть у неослабленому заклепковому з'єднанні. Виявити такі тріщини без повного розбирання заклепкового з'єднання практично неможливо.

Під час розбирання машин, агрегатів, а також вузлів на деталі доводиться мати справу з рухомими й нерухомими з'єднаннями. Такі з'єднання поділяються на розбірні та нерозбірні.

Розбірними називають з'єднання, які можна розібрати без пошкодження спряжених деталей. Кількість розбірних з'єднань в автомобілях залежно від конструктивних особливостей становить 70... 80 % усіх з'єднань. Решта з'єднань належить до групи нерозбірних, хоч в умовах ремонту автомобілів деяку частину цих з'єднань все-таки розбирають.

Нерухомі нерозбірні з'єднання деталей з плоскими поверхнями виконують за допомогою зварювання, паяння, клепаання, а деталі з гладенькими циліндричними поверхнями — за допомогою зварювання, склеювання, розвальцьовування і гарячих пресових посадок.

Нерухомі розбірні з'єднання із спряжуваними плоскими поверхнями виконують за допомогою болтів, шпильок, вкручуваних у нарізні отвори однієї із спряжуваних деталей. Деталі з циліндричними поверхнями з'єднують за допомогою відповідних посадок, а також шліців, різьби і додаткових деталей: шпонок, штифтів, клинів.

Рухомі розбірні з'єднання застосовують для деталей з гладенькою циліндричною або шліцьовою поверхнею.

Найбільш масові з'єднання в конструкції автомобіля — різьбові. Вони становлять 60...70% усіх його з'єднань. Можуть бути також з'єднання двох деталей із застосуванням посадок з натягом. У таких з'єднаннях найчастіше застосовують підшипники (близько 28 %), втулки (23 %), шестірни (13 %), пальці, осі, штифти (11%), сальники (8 %) та ін.

До основних видів розбірних робіт можна віднести розбирання різьбових з'єднань і з'єднань з гарантованим натягом. Трудомісткість розбирання цих видів з'єднань становить близько 60 % усієї трудомісткості власне розбірних робіт.

45.3. Механізація розбірних і мийно-очисних процесів

Якість виконання розбірних робіт залежить насамперед від рівня їх механізації, який визначається концентрацією виробництва. При цьому використання високопродуктивного спеціального устаткування і підйомно-транспортних пристроїв під час розбірних і мийно-очисних процесів економічно виправдано на великих спеціалізованих ремонтних заводах.

В організації розбірних робіт велику увагу слід приділяти механізації пересування машин, агрегатів, вузлів і деталей. Нині під час розбирання машин на агрегати і деталі застосовують конвеєри, гідравлічні підйомники, стенди, естакади, підвісні кран-балки, преси та інше устаткування. Так, для транспортування агрегатів, деталей і вузлів на окремих виробничих дільницях і між цехами великого поширення набули підвісні конвеєри. До них належать вантажонесучі 1, вантажощтовхальні 2 і вантажотягальні 3 конвеєри (рис. 45.3).

Як підйомно-транспортні засоби використовують кран-балки, роликові конвеєри, а також монорейки і консольно-поворотні крани, оснащені електротельферами або пневматичними підйомниками.

Підвісна кран-балка складається з роликів візків, які за допомогою електродвигунів можуть переміщатись по рейкових коліях з балок двотаврового перерізу. По кран-балці у напрямі, перпендикулярному до рейкової колії, може переміщатись електротельфер (рис. 45.4).

Роликовий конвеєр — вантажонесучий роликовий конвеєр неприводного типу, виконаний у вигляді опорних роликів, встановлених у раму (рис. 45.5). Для переміщення до вантажу прикладають тягове або штовхальне зусилля. Роликові конвеєри виготовляють секціями.

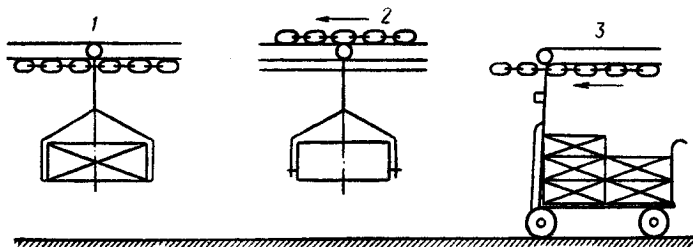


Рис. 45.3. Підвісні конвеєри

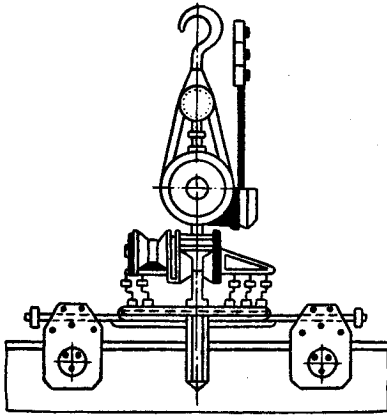


Рис. 45.4. Підвісна кран-балка

Монорейка — однорейкова колія з балки двотаврового перерізу, яку прикріплено до силових елементів будівельних конструкцій. По цій колії переміщуються спеціальні роликові візки.

На рис. 45.6 наведено конвеер для розбирання агрегатів. Для встановлення і закріплення агрегатів та вузлів, які підлягають розбиранню, застосовують стенди, установки, естакади, конвеери. Їх класифікують за такими основними ознаками: числом установлюваних агрегатів, характером і способом їх закріплення і призначенням. За кількістю

встановлюваних агрегатів стенди можуть бути одно- і багатомісними, а за призначенням — універсальними і спеціалізованими. Універсальні стенди призначено для встановлення однотипних агрегатів різних моделей автомобілів або різних агрегатів однієї моделі автомобіля. Багатомісні стенди за характером виконання робіт поділяються на два типи: обслуговувані одним і кількома робітниками. Найраціональніші комбіновані стенди, оскільки невіднімними елементами їх є гайковерти, електромеханічні головки, знімачі, преси і т. п. Класифікацію стендів наведено на рис. 45.7.

Для розбирання двигунів на рухомих постах потокової лінії, крім конвеера (див. рис. 45.6), застосовують стенд-естакаду (естакадний конвеер) (рис.45.8).

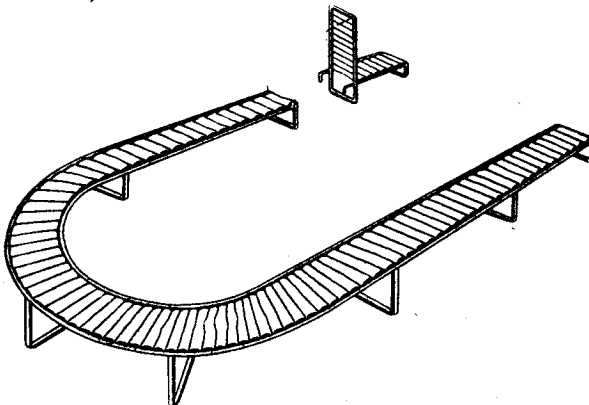


Рис. 45.5. Роликовий конвеер

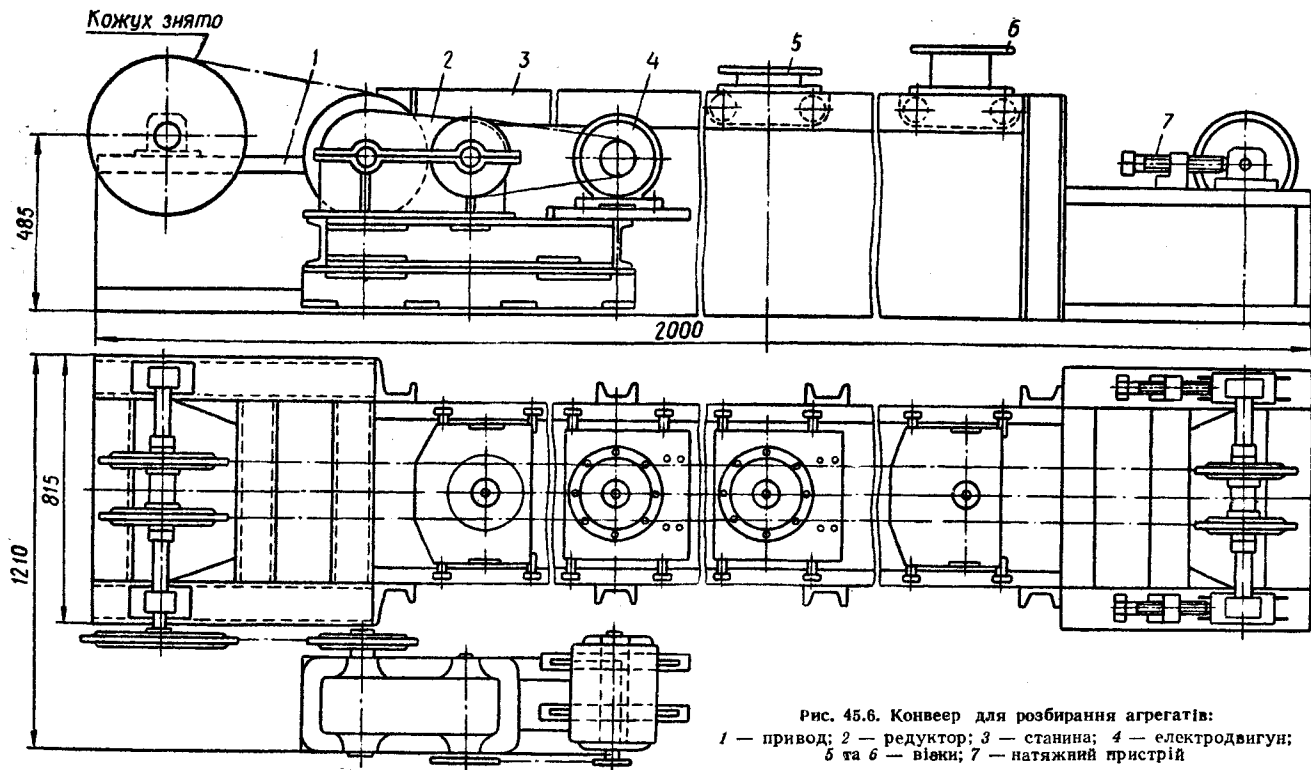


Рис. 45.6. Конвеєр для розбирання агрегатів:
1 — привод; 2 — редуктор; 3 — станина; 4 — електродвигун;
5 та 6 — віжки; 7 — натяжний пристрій

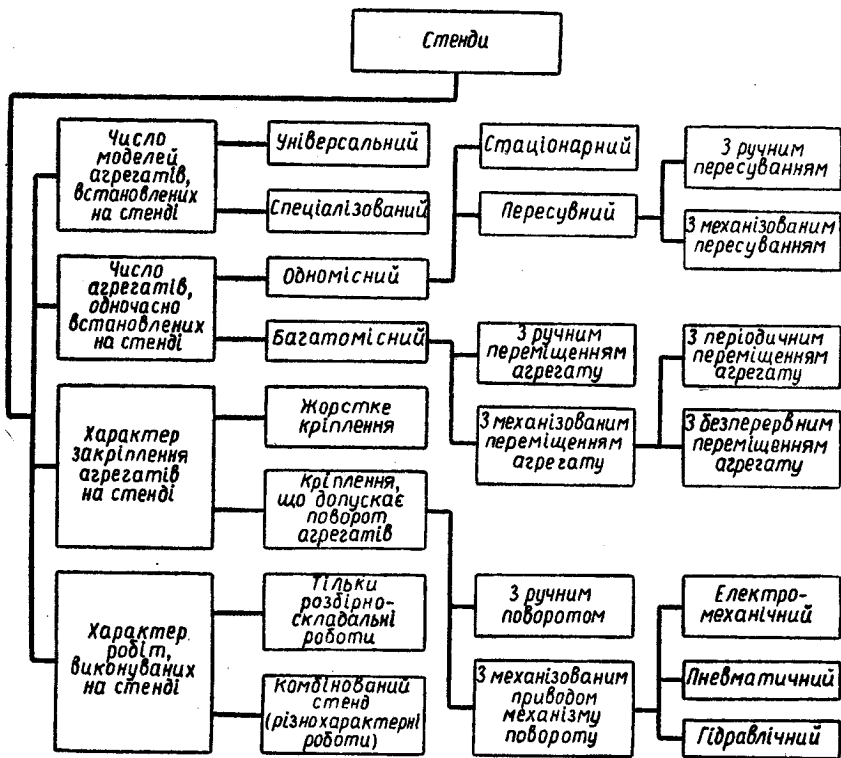


Рис. 45.7. Класифікація стендів

З метою підвищення продуктивності праці використовують стенд для розбирання (і складання) головок блока циліндрів двигунів ЗІЛ (рис. 45.9):

Основні технічні дані стенда

Тип стенда	Стационарний
Привод	Пневматичний
Робочий тиск у пневматичній системі, МПа	0,4
Хід притисної планки, мм	145
Зусилля, яке розвиває стенд, кН	95
Габаритні розміри, мм	1043 × 750 × 1045
Маса, кг	250

Під час розбирання головку циліндрів установлюють на стояки 12. Потім піднімають підставку 4 і разом з нею повертають головку

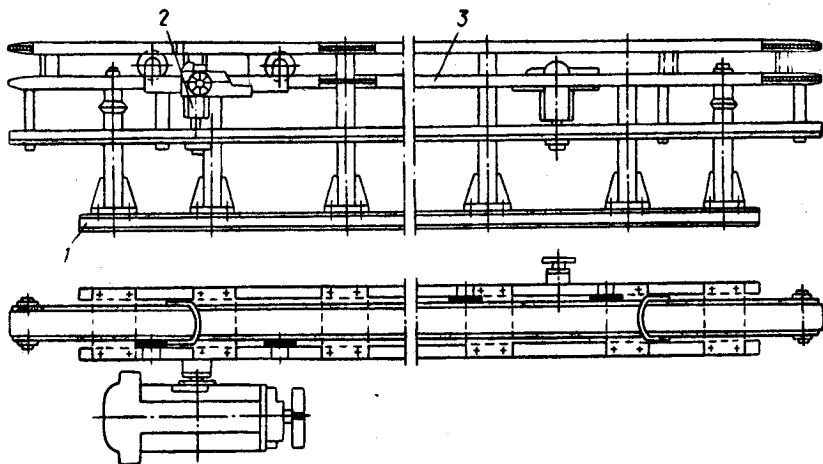


Рис. 45.8. Стенд-естакада для розбирання двигунів:
 1 — станина; 2 — каретка для встановлення і пересування двигуна; 3 — поворотний пристрій

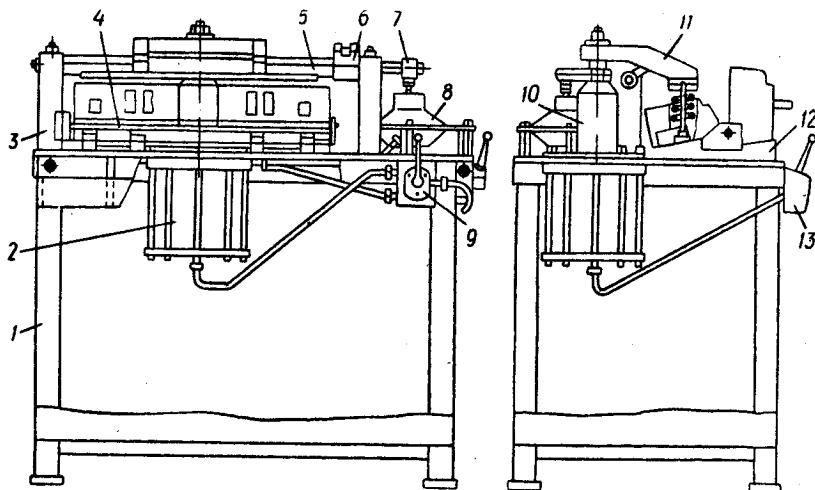


Рис. 45.9. Стенд для розбирання і складання головок блока циліндрів:
 1 — стіл; 2 — пневмоциліндр; 3 — стояк; 4 — підставка; 5 — вісь; 6 — малий важіль; 7 — важіль; 8 — пневмокамера; 9 — кран керування; 10 — втулка; 11 — важіль з планкою; 12 — стояк; 13 — ящик

циліндрів у робоче положення. Після включання пневмоцилиндра 2 важіль 11 з натискною планкою опускається вниз і стискує пружини клапанів, що дає можливість зняти сухарі клапанів. Після цього важіль 11 повертається у верхнє положення і головку циліндрів розбирають далі.

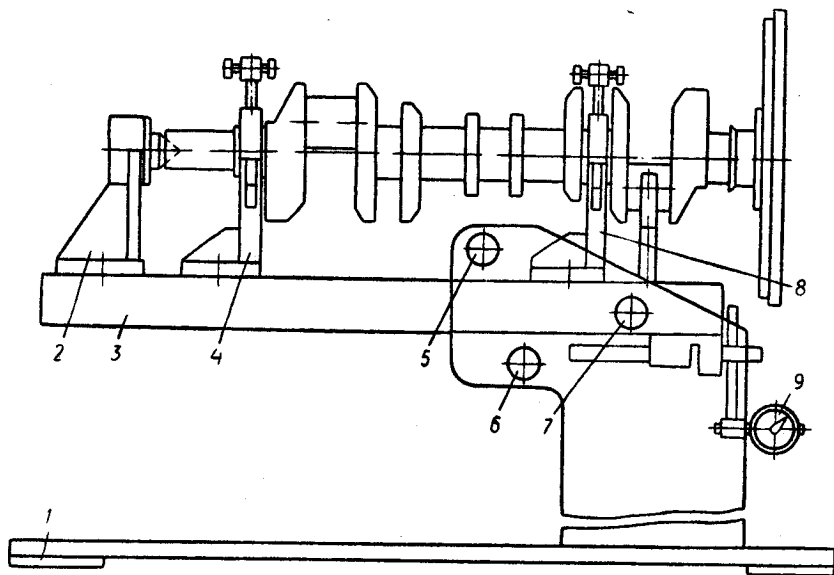


Рис. 45.10. Стенд для розбирання і складання колінчастого вала з маховиком:
 1 — рама; 2, 4 та 8 — знімні стояки; 3 — балка; 5 — вісь; 6 та 7 — фіксатори; 9 — індикатор

Конструкція стенда передбачає можливість розбирати і складати кожний клапан окремо. Важіль 6, переміщуючись уздовж осі на ковзній шпонці, може встановлюватись проти будь-якого клапана. Поворотом рукоятки крана керування 9 на боковій стороні стенда включається в роботу пневмокамера 8. Шток пневмокамери з'єднано з важелем 7, який забезпечує стискування пружини клапана поворотом осі 5 і важеля 6.

Для полегшення процесу розбирання і складання колінчастого вала з маховиком призначено стенд Р777 (рис. 45.10):

Основні технічні дані стенда

Тип	Стационарний
Поворот колінчастого вала, град	90
Спосіб повороту	Вручну
Спосіб фіксації	Вручну, штирем
Габаритні розміри, мм	1050 × 500 × 945
Маса, кг	160

Колінчастий вал без маховика встановлюють на стояки 2, 4 та 8 балки 3, яка перебуває в горизонтальному положенні. Потім встановлюють маховик і кріплять його до фланця колінчастого вала. Після складання колінчастий вал з маховиком балки 3 встановлюють у вертикальне положення і фіксують за допомогою фіксатора 6.

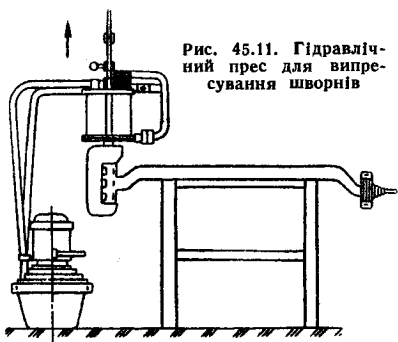


Рис. 45.11. Гідравлічний прес для випресування шворнів

Обертанням колінчастого вала за допомогою індикатора 9 визначають торцеве биття маховика. Балку із складеним і перевіреним колінчастим валом встановлюють у горизонтальне положення і фіксують за допомогою фіксатора 7, після чого колінчастий вал знімають зі стенда.

Під час розбирання на балку 3 встановлюють колінчастий вал з маховиком. Порядок роботи під час розбирання той самий, що й під час складання, за винятком перевірки торцевого биття маховика.

На стенді виконують роботи по розбиранню і складанню колінчастих валів двигунів, наприклад, ГАЗ-53.

Основне устаткування для розбирання посадок з натягом — преси і знімачі. Залежно від розташування штока і напрямку дії створюваного зусилля розрізняють преси вертикальні і горизонтальні, а за характером їх використання — стаціонарні і переносні. Крім того, преси поділяються на універсальні і спеціальні, ручні і приводні. Ручні преси бувають рейкові, гвинтові та ексцентрикові, а приводні — пневматичні, гідравлічні, пневмогідравлічні та електромагнітні.

На рис. 45.11 наведено схему гідравлічного преса для випресування важковидалюваних шворнів з балки переднього моста автомобіля. Знімачі звичайно застосовують з механічним, гідравлічним або пневматичним приводом (для розбирання спряжень з зусиллям до 30 кН застосовують механічний і пневматичний приводи, а при більших зусиллях рекомендується гідравлічний привод). У загальному обсязі розбірних робіт значне місце належить розбиранню різьбових з'єднань. Такі з'єднання становлять близько 70 % усіх з'єднань машини, а трудомісткість їх розбирання — 25...64 % загальної трудомісткості розбірних робіт. Застосування механізованих інструментів значно скорочує час розбирання і в 3...5 раз підвищує продуктивність праці. Крім того, застосування механізованих інструментів сприяє збереженню значної кількості кріпильних деталей, придатних для повторного використання.

Для розбирання різьбових з'єднань основним механізованим інструментом є гайковерти, які за типом двигуна поділяються на електричні, пневматичні та гідравлічні. За конструктивним вирішенням вони можуть бути ручними, підвісними і стаціонарними. Основні дані гайковертів наведено в табл. 45.3.

Найбільшого поширення набули електрогайковерти, які працюють на струмі підвищеної частоти — 180...200 Гц з напругою 36 В. Перевага пневмогайковертів — безпечні і надійні в роботі, не бояться

перевантажень, живляться стиснутим повітрям ($p = 0,5...0,6$ МПа). Проте цей інструмент як переносний не можна використати в усіх випадках. Добираючи механізований інструмент, слід керуватися крутним моментом, необхідним для відкручування різьбового з'єднання, що має певний розмір різьби:

Розмір різьби	M6	M8	M10	M12	M14	M16	M18	M20	M24	M27
Крутний момент, Н·м	15...20	50...100	50...120	80...200	120...250	150...300	200...400	200...450	150...500	200...600

З усіх різновидів з'єднань деталей у машині близько 20 % становлять пресові. Добираючи прес, необхідне для запресування зусилля, H , можна наближено визначити за такими формулами:

для сталених маточини і вала

$$P_1 = 2\delta l;$$

для чавунної маточини і сталюго вала

$$P_1 = 1,15\delta l,$$

де δ — розрахунковий натяг, мкм; l — довжина маточини, мм.

Необхідне для випресування зусилля звичайно перевищує зусилля запресування в 1,5...2 рази.

Таблиця 45.3

Робоча характеристика	Гайковерт		
	електричний	гідравлічний	пневматичний

Відношення моменту, що його розвиває інструмент, до маси інструмента, Н·м/кг	0,7...1,0	2,5...3,5	2,0...2,5
Коефіцієнт корисної дії	40...50	55...60	7,0...11
Маса інструмента, кг	8,0...10	2,5...3,0	2,0...2,5

Механізація пресових робіт полягає в широкому застосуванні різних знімачів. Механізований інструмент за видом використовуваної енергії може бути електричним, пневматичним чи гідравлічним. Кожний з перелічених видів інструмента має свої переваги і недоліки. Найпоширеніші механізовані інструменти з електричним і пневматичним приводом. Найраціональнішим й найперспективнішим механізованим інструментом з електричним приводом є високочастотний механізований електричний інструмент з частотою 200 Гц і напругою 36 В. Пневматичний інструмент широко застосовується в ремонтному виробництві завдяки простоті конструкції, надійності і безпеці в роботі.

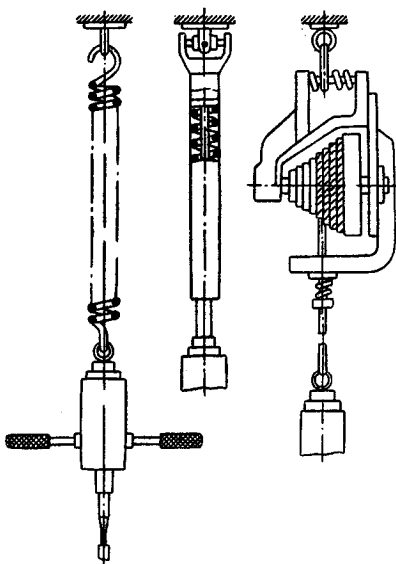


Рис. 45.12. Еластичні підвіски

для інструмента з крутним моментом як до 120 Н · м, та і вище.

Практичний інтерес становить використання пневмогідравличних приводів (рис. 45.13). Порівняно з гідравличними вони мають значно менший об'єм масла в замкнутій гідросистемі (1,5...2 л замість 50...70 л). За допомогою пневматичного редуційного клапана робочий тиск у гідросистемі привода можна регулювати від 1,6 до 10 МПа.

Розглянемо схему перетворювача тиску прямої дії з одним під'єднаним до нього робочим гідравличним циліндром.

З рівноваги системи знаходимо

$$p_r \frac{\pi d^2}{4} = p_n \frac{\pi D_1^2}{4}; \quad p_r = p_n \left(\frac{D_1}{d} \right)^2,$$

де p_r — тиск рідини; p_n — тиск повітря.

На поршень 4 робочого гідравличного циліндра рідина діє з силою

$$P_1 = p_r \frac{\pi D^2}{4} \eta = p_n \left(\frac{D_1}{d} \right)^2 \frac{\pi D^2}{4} \eta.$$

Поклавши, що

$$p_n \frac{\pi D_1^2}{4} = P_1,$$

матимемо

$$P_1 = P_2 \left(\frac{D}{d} \right)^2 \eta,$$

Вибираючи механізований інструмент, слід враховувати можливість авторемонтного підприємства, а для конкретних операцій — забезпечення якісного розбирання даного спряження.

Щоб гарантувати належні умови праці, механізований інструмент слід закріплювати на підвісках над місцем розбирання вузлів, агрегатів або автомобілів.

Конструктивно підвіски поділяються на еластичні і жорсткі. На рис. 45.12 зображено підвіски з циліндричною і спіральною пружинами, які не приймають на себе реактивний крутний момент. Тому їх слід застосовувати для інструмента, який розвиває крутний момент до 120 Н · м. Жорстка підвіска зручніша в користуванні і її можна застосовувати

де P_1 — сила на штоці робочого гідралічного циліндра, P_2 — сила на плунжері; η — ККД привода ($\eta = 0,8 \dots 0,9$).

Деталі розібраних агрегатів знежирюють і миють, а також очищають від смолистих відкладів, нагару, іржі та старої фарби. Як правило, ці операції механізовано, і виконують їх

у камерах конвеєрного типу струминним способом або в установках способом занурення, гідропіскоструминною обробкою в установках з обертовим барабаном і т. п.

Характеристика забруднень і методи очищення поверхні. Забруднення поділяють на експлуатаційні, пов'язані з експлуатацією автомобілів і тракторів, і технологічні, пов'язані з процесом ремонту.

Експлуатаційні забруднення. Герметизуючі мастики, пасти та прокладки після розбирання спряжень залишаються на поверхні. Для видалення їх решток слід користуватися механізованим інструментом — голкофрезами, щітками тощо.

Лакофарбові покриття видаляють при капітальному ремонті. Особливо важко видаляти покриття на основі мелаіноалкідних та алкідностирольних емалей.

Масла й мастила — найпоширеніший вид забруднень. Під час експлуатації мастильні матеріали зазнають значних змін, спричинених процесами окислення та полімеризації. Ступінь цих змін залежить від температурно-часових факторів.

У двигунах у процесі старіння масла і згорання палива утворюються вуглецеві відклади, які поділяються на асфальтосмолисті, лакові і нагари.

Асфальтосмолисті відклади — мазеподібні згустки, що відкладаються на стінках картерів, щоках колінчастих валів, розподільних шестірнях, масляних насосах, фільтрах та маслопроводах.

Лакові відклади — плівки, що утворюються в зоні поршневих кілець, на юбці і внутрішніх стінках поршнів.

Нагари — тверді вуглецеві сполуки, які відкладаються на деталях двигунів (стінках камери згорання, клапанах, свічках, днищі поршня, випускному трубопроводі, розпилувачах форсунок). Основу нагару складають карбени та карбоїди (30...80 %), масла та смоли (8...30 %), решта — оксикислоти, асфальтени і зола. Нагари містять більшість нерозчинних або погано розчинних складових (табл. 45.4).

Дорожньо-грунтові відклади нагромаджуються в основному в ходовій частині. Забрудненість залежить від умов експлуатації (сезон

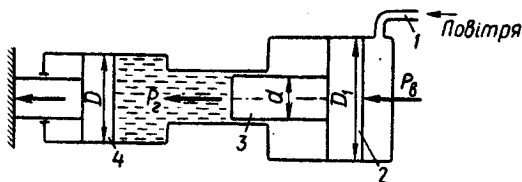


Рис. 45.13. Схема пневмогідралічного перетворювача тиску прямої дії:

1 — повітропровід; 2 — поршень пневмоциліндра односторонньої дії; 3 — плунжер гідроциліндра (влі жешток пневмоциліндра); 4 — поршень робочого гідралічного циліндра односторонньої дії

робіт, дорожні умови тощо). Міцність утримування частинок грязі (адгезія) залежить від шорсткості поверхні, розміру частинок, вологості повітря і ряду інших факторів. Адгезія дрібних пиловатих частинок на поверхні досить значна. Видалити їх можна щіткою або ганчір'ям.

Масляно-грязьові відклади виникають у разі потрапляння дорожньої грязі та пилу на поверхні деталей, забруднені маслом. Можливе і зворотнє явище — потрапляння масла на поверхні, забруднені дорожньою гряззю. При цьому грязь просочується маслом.

Таблиця 45.4

Марка двигуна	Деталь	Склад, %		
		Розчинні (органічні) речовини	Нерозчинні мінеральні речовини	Вода
ЗІЛ-130	Елементи масляного фільтра	52,4	46,0	1,6
ГАЗ-53	Блок циліндрів	78,5	11,7	9,8
ЯМЗ-236	Штовхач	54,5	44,5	1,0
	Головка циліндрів	31,9	68,1	—
	Клапан випускний	31,2	68,8	—
ЯМЗ-238НБ	Блок циліндрів	90,4	6,0	3,6
КамАЗ-740	Коромисло клапана	58,4	40,1	1,5
	Клапан випускний	29,4	70,6	—
	Головка циліндрів	32,0	68,0	—

Продукти корозії утворюються в результаті хімічного чи електрохімічного руйнування металів та сплавів. На поверхні сталейних і чавунних деталей з'являється плівка червонувато-бурого кольору — гідроксиди заліза (іржа), яка розчиняється в кислотах і лише трохи в лугах і воді. Алюмінієві деталі також зазнають корозії, продуктами якої є оксиди або гідроксиди алюмінію.

Накип утворюється в системі водяного охолодження двигуна під час експлуатації. Відкладаючись на стінках сорочок охолодження двигуна і радіатора, накип утруднює теплообмінні процеси і порушує нормальну роботу двигуна. Утворення накипу зумовлене вмістом у воді розчинених солей кальцію і магнію, тобто твердістю води.

Крім накипу, в системах охолодження двигунів утворюються муляваті відклади внаслідок потрапляння в систему механічних домішок (пісок, глина), органічних речовин (мікроорганізми, рослини) і утворення продуктів корозії.

Технологічні забруднення. Деталі, що надходять на складання, можуть бути забруднені залишками ливарної землі, окалини, притиральних паст, пилом з повітря, стружкой і твердими частинками у масляних каналах, зернами абразиву, шархо-

ваними в поверхню, і т. п. В разі незадовільного очищення деталей від цих забруднень настає інтенсивне спрацювання. Задири, подряпини і риси, що виникають у період припрацювання, істотно впливають на первинне спрацювання деталей.

Технологічні забруднення мають свої особливості, які треба враховувати, вибираючи технологію очищення. Тверді забруднення хімічно не зв'язані з поверхнею (пил, мікропорошки, шлак, стружка), а звичайно зв'язані з масляною плівкою і видаляються разом з нею. Винятком є стружка в каналах, оксидні плівки, зерна абразиву, шаржовані в поверхню металу. Для їх видалення потрібна сильна і спрямована гідродинамічна дія або тривала кавітаційна (ультразвукова) дія. Видаляючи притиральні пасти, слід мати на увазі, що видаляти треба одночасно рідкі і тверді компоненти паст, бо видалення самих тільки рідких компонентів, наприклад розчинення, утруднить видалення твердих складових у зв'язку з їх засушуванням і ущільненням, що ускладнить їх емульгування.

Продукти спрацювання в результаті обкатки треба вилучати з системи під час фільтрації циркулюючого масла.

Залежно від кількості залишкових забруднень розрізняють три рівні очищення: макро-, мікро- і активаційне очищення.

Макроочищення — процес видалення з поверхні найбільших забруднень. *Мікроочищення* — видалення забруднень з мікронерівностей поверхні. *Активаційне очищення* — травлення металу до активованого стану.

Застосовують різні способи контролю залишкової забрудненості поверхні. Для макроочищення можна застосовувати протирання, ваговий і люмінесцентний методи, а для мікро- та активаційного очищення — люмінесцентний та метод змочування водою.

Ваговий метод полягає в тому, що залишок забруднення визначають зважуванням. Порівнюючи очищені зразки з еталонами, можна швидко і з достатньою точністю оцінювати миючу здатність різних засобів. Протирають поверхню серветкою, тканиною або ватним тампоном. Наявність бруду на матеріалі протирання кількісно оцінюють зважуванням.

Люмінесцентний метод ґрунтується на здатності масел люмінесцювати під впливом ультрафіолетового проміння. Величина і інтенсивність світної поверхні вказують на її забрудненість.

Метод змочування поверхні водою ґрунтується на здатності металевої поверхні утримувати нерозривну плівку води, якщо ця поверхня не має масляних (гідрофобних) забруднень.

Очищення поверхні — видалення з неї забруднень до певного рівня чистоти. Існують різні методи очищення: механічний, фізичний, хімічний, фізико-хімічний і хіміко-термічний. В основі кожного використовується певний спосіб руйнування забруднень і видалення

ня їх з поверхні. Для прискорення процесів очищення застосовують такі способи інтенсифікації: підвищення температури і тиску очищувального середовища, вібраційна активація його тощо.

У загальному вигляді роботу очищення визначають з рівняння

$$A_0 = A_{фх} + A_m,$$

де $A_{фх}$ — робота, яку виконує очищувальне середовище за рахунок фізико-хімічної активності; A_m — робота, пов'язана з механічним

Таблиця 45.5

Спосіб очищення	Забруднення					
	Дорожно-грунтові відклади	Масла і мастила	Асфальто-смолисті відклади	Набір	Продукти корозії	Лакофарбові відклади
Механічний:						
гідродинамічний (струмина) високого тиску	++	++ (1)	++ (1)	—	—	—
механізований (кісточкова кришка, склосфера)	0	0	0	++	+	0
вібраобразивний	0	0	++ (1)	++ (1)	++	0
Фізико-хімічний:						
струминне очищення	+	++ (1)	+(1)	—	—	++ (2)
очищення зануренням	++ (1)	++ (1)	++ (4)	—	++ (3)	+(2)
комбіноване очищення (зануренням і струминне)	—	—	++ (4,1)	—	++ (3,1)	++ (2)
Хіміко-термічний:						
лужний розплав	0	0	+	++	+	0

Примітка. Тут «++» — застосування перспективне; «+» — звичайно застосовується; «—» — малоефективне; 0 — недоцільне; 1 — розчини синтетичних миючих засобів; 2 — лужні розчини з прискорювачами; 3 — кислотні розчини з інгібіторами корозії; 4 — розчинно-емульгуючі засоби.

впливом середовища на руйнування забруднення і його зв'язку з поверхнею.

Чим активніше фізико-хімічне середовище, тобто чим більша $A_{фх}$, тим менше потрібно механічної енергії; чим менша $A_{фх}$, тим більше A_f потрібно затратити, щоб досягти однакового ефекту очищення.

Вибір процесу очищення за рахунок оптимальної величини $A_{фх}$ та A_m ґрунтується на технологічних і економічних міркуваннях. Робота $A_{фх}$ залежить від мийно-очищувальної активності середовища, його концентрації і температури. Робота A_m залежить від механічної інтенсивності процесу очищення (струмини, вібрації, ультра-

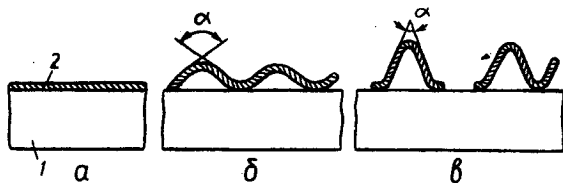


Рис. 45.14. Схема дії гарячого миючого розчину на масляну плівку:
 а — вихідний стан ($\alpha = 180^\circ$); б — $\alpha = 90^\circ$; в — $\alpha \leq 90^\circ$

звукових коливань тощо). Способи очищення, рекомендовані для видалення різних забруднень, наведено в табл. 45.5.

Миючі засоби. Розглянемо механізм видалення масляної плівки з деталей миючим розчином. На рис. 45.14, а показано вихідний стан масляної плівки 2 на поверхні деталі 1.

Під впливом гарячого миючого розчину масляна плівка швидко нагрівається і внаслідок розширення і дії сил поверхневого натягу набуває хвилястого вигляду з кутом $\alpha \approx 90^\circ$ (рис. 45.14, б). Далі масляна плівка деформується настільки, що, руйнуючись (рис. 45.14, в), утворює масляні краплини, які обволікаються миючим розчином. В результаті цього сила зчеплення цих частинок з металом зменшується і вони легко видаляються з поверхні деталей тиском струмини розчину.

Отже, з розглянутої схеми випливає, що головною умовою високої якості знежирювання деталей є забезпечення оптимальної температури миючого розчину. При недостатній температурі масляна плівка на деталі не деформується і зберігає свою площинність, незважаючи на дію миючого розчину. З підвищенням температури значно знижується в'язкість забруднення, підвищується його текучість, поліпшується ефективність знежирення.

Миюча дія полягає у видаленні рідких і твердих забруднень з поверхні і переведенні їх у миючий розчин у вигляді розчинів чи дисперсій. Миюча дія проявляється у складних процесах взаємодії забруднень, миючих засобів і поверхонь. Основні явища, що визначають миючу дію, — це змочування, емульгування, диспергування, піноутворення і стабілізація. Вони пов'язані з поверхневим натягом і поверхневою активністю миючих засобів.

Відомо, що вздовж поверхні рідини діють сили натягу, які намагаються скоротити цю поверхню. Вони дістали назву сил поверхневого натягу. Поверхневий натяг вимірюють роботою, яку треба затратити, щоб збільшити поверхню рідини на 1 см^2 . Добуток поверхневого натягу на величину поверхні називають вільною поверхневою енергією. Здатність речовин знижувати вільну поверхневу енергію характеризує поверхневу активність цих речовин. Речовини, які знижують поверхневий натяг розчину, називаються поверхнево-активними (ПАР).

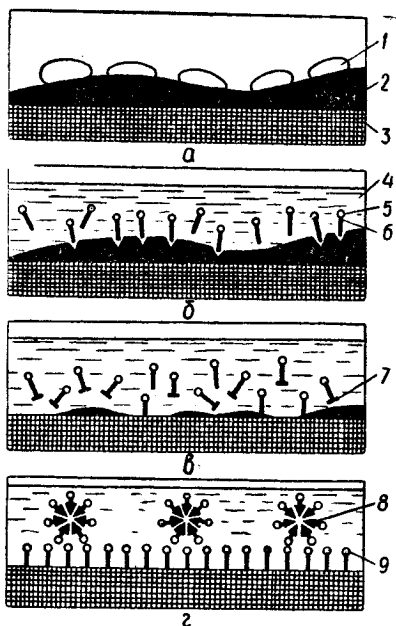


Рис. 45.15. Схема процесу миття:

- 1 — краплини води; 2 — забруднення; 3 — очищувана поверхня; 4 — миючий засіб; 5 — гідрофільна частина молекули ПАР; 6 — гідрофобна частина молекули ПАР (радикал); 7 — перехід частинок забруднення в розчин; 8 — частинки забруднення, стабілізовані в розчині; 9 — адсорбція молекул ПАР на очищеній поверхні

Змочування полягає в розтіканні краплини рідини на поверхні твердого тіла. Поверхні, які змочуються водою, називаються *гідрофільними*, а які не змочуються, — *гідрофобними*. Змочуваність твердого тіла рідиною залежить від поверхневого натягу рідини, від природи і складу рідини і твердого тіла. Наприклад, поверхні, забруднені маслами, добре змочуються вуглецевими розчинниками і не змочуються чистою водою. Додавання до води ПАР знижує її поверхневий натяг і забезпечує змочування забруднених маслами поверхонь.

Забруднення здебільшого складаються з двох фаз: рідкої (масла, смоли) і твердої (асфальтени, карбени, ґрунтові і пилові частинки і т. д.). Видалення цих забруднень з поверхні відбувається двома шляхами: емульгуванням рідкої фази (утворення емульсії) і диспергуванням твердої фази (утворення дисперсій).

Емульсією називають систему незмішуваних рідин, одна з яких розподілена у вигляді дрібних краплинок в іншій. Емульсії поділяються на два типи: прямі — «масло у воді» і зворотні — «вода в маслі». Під мас-

лом тут розуміють будь-яку органічну речовину, яка не розчиняється у воді і водних розчинах.

Емульгування рідкої фази забруднень можливе у водних розчинах ПАР. Молекули ПАР створюють на поверхні краплин масла міцні адсорбційні шари. Гідрофобна частина молекули зв'язується з маслом, а гідрофільна орієнтується в бік водного розчину (рис. 45.15). При цьому відбувається гідрофілізація краплин масла, що перешкоджає їх злиттю. Речовини, в даному випадку ПАР, які адсорбуються на поверхні гідрофобних частинок, називаються *емульгаторами*.

Диспергування твердої фази забруднень відбувається завдяки адсорбції ПАР на частинках забруднень. Малий поверхневий натяг розчину дає можливість йому проникати в найменші тріщини частинок забруднення і адсорбування ПАР на поверхнях цих частинок. Адсорбовані молекули ПАР створюють розклинювальний тиск на

частинки, руйнуючи і подрібнюючи їх. На процеси емульгування і диспергування великою мірою впливає механічна дія розчину, що сприяє руйнуванню забруднень.

Важливий етап процесу миття — *стабілізація* в розчині відмитих забруднень і запобігання повторному їх осіданню на очищену поверхню. Стабілізація забруднень залежить в основному від складу миючого розчину і технологічних умов його застосування (концентрація, температура, забрудненість).

Зрештою процес миття можна уявити як такий, що складається з ряду послідовних етапів. Оскільки майже всі забруднення гідрофобні, то вода, маючи великий поверхневий натяг, не зможе забруднені поверхні і стягується в окремі краплинки (рис. 45.15, а). Під час розчинення у воді миючого засобу поверхневий натяг розчину різко зменшується і розчин зможе забруднення, проникає в його тріщини і пори (рис. 45.15, б). При цьому знижується зчеплюваність частинок між собою і з поверхнею. В результаті механічної дії молекул миючої речовини частинки бруду переходять у розчин (рис. 45.15, в). Молекули миючого засобу обволікають забруднення і відмиту поверхню, що перешкоджає укрупненню частинок і осіданню їх на поверхні (рис. 45.15, г). В результаті частинки забруднення у змученому стані стабілізуються у розчині і видаляються разом з ним.

У побуті робити висновки про якість миючого розчину прийнято за кількістю утвореної піни. Це не зовсім правильно. Піна сприяє утримуванию диспергованого забруднення і запобігає осадженню його на очищену поверхню.

Під час очищення поверхні металів піноутворення має велике значення. В одних випадках його вплив позитивний, наприклад в разі пароводострумного або електролітичного очищення, коли шар піни запобігає розбризкуванню миючого розчину або створює захисний шар, який зменшує проникнення їдких випарів в атмосферу. Здебільшого піноутворення — фактор негативний, бо обмежує використання інтенсивного перемішування миючого розчину. Наприклад, у струминних мийних машинах не можна застосовувати миючі засоби з високим рівнем піноутворення.

Лужність миючих розчинів — важливий фактор, що визначає ефективність очищення. Лужність визначає здатність розчинів нейтралізувати кислі компоненти забруднень, омиляти масла, знижувати контактний натяг розчинів, твердість води і т. д. Розрізняють загальну і активну лужність. Загальну лужність визначають титруванням кислотою з індикатором метилоранжем, а активну — титруванням з фенолфталеїном. Миюча дія розчинів залежить тільки від рівня активної лужності.

Показником лужності, так само як і кислотності, є водневий показник pH , який визначають як логарифм оберненої величини

концентрації іонів водню. Оскільки миюча дія властива частині лужних сполук, дисоційованих на вільні іони, то водневий показник може правити за критерій активності або миючої здатності розчинів.

Великого поширення в усіх процесах очищення набули синтетичні миючі засоби (СМЗ). Основою їх є ПАР, активність яких підвищено за рахунок введення лужних електролітів. Розчини СМЗ щодо миючої здатності значно переважають розчини їдкого натру і різних лужних сумішей. Склад СМЗ для струминних і занурювальних способів очищення наведено в табл. 45.6.

Таблиця 45.6

Компоненти миючих засобів	Марка і склад миючих засобів, % маси						Темп-100
	Лабомід		МС				
	101	203	6	8	15	16	
Сода кальцинована	50	50	40	38	44...42	42	40,5
Тринатрійфосфат	—	—	—	—	—	—	20
Триполіфосфат натрію	30	30	25	25	22	26	15
Метасилікат натрію	16,5	10	29	29	28	28	20
Карбамід	—	—	—	—	—	—	2,8
Синтанол ДС-10	3,5	8	6	—	—	—	1,5
Синтамід-5	—	—	—	8	—	—	—
Алкілсульфаги	—	2	—	—	—	—	—
Оксифос-Б	—	—	—	—	6...8	—	—
Синтамід-510	—	—	—	—	—	4	—
Оксифос КД-6	—	—	—	—	—	—	0,2

Зазначені СМЗ випускають у вигляді сипкого гігроскопічного порошку білого або світло-жовтого кольору. Вони нетоксичні, негорючі, пожежобезпечні і добре розчиняються у воді. Розчини СМЗ допускають одночасне очищення деталей з чорних, кольорових і легких металів та сплавів. На відміну від розчинів їдкого натру вони безпечні в застосуванні. Вузли й деталі, які підлягають нетривалому зберіганню (10—15 днів), не потребують після очищення розчинами СМЗ додаткової антикорозійної обробки. Антикорозійний захист забезпечується за рахунок силікатів, що входять до складу СМЗ.

Ефективність розглянутих СМЗ показано в табл. 45.7, з якої видно, що СМЗ в 3...5 раз ефективніші від розчинів їдкого натру. Засоби Лабомід-101, Лабомід-102 та МС-6 призначено для мийних машин струминного типу, а Лабомід-203 та МС-8 — для машин занурювального типу. Розроблено нові склади технічних миючих препаратів Темп-100 та Темп-100А. Препарати Темп ефективніші за Лабомід та МС і, крім того, Темп-100А характеризується підвищеною пасивною дією відносно очищуваної поверхні.

Робочі концентрації розчинів СМЗ залежать від забрудненості поверхні і становлять 5...20 г/л. Найкраще миюча дія розчинів СМЗ

проявляється при температурі 353 ± 5 К. При 343 К і нижче різко знижується миюча здатність розчину і посилюється піноутворення. Для піногасіння використовують дизельне паливо, яке додають у розчин і кількості 10...15 г/л.

У ремонтному виробництві використовують розчин каустичної соди, який дуже токсичний і його не можна застосовувати для очищення та миття деталей з алюмінію і його сплавів. Алюміній реагує з лугами з утворенням розчинної солі (алюмінату натрію), тому для

Таблиця 45.7

Миючий засіб	Концентрація, г/л	Чистота поверхні в балах залежно від часу очищення *, с					
		30	60	90	120	180	240
Ідкий натр	15...20	2	4	—	5,0	6,5	7
Лабомід-101	30	2	4,5	6	8	9,5	10
МЛ-62	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Лабомід-203	30	3	7	8,5	10	10	—
МС-6	30	2	4,5	7	8	9,5	10
МС-8	30	3,5	7,5	9	10	10	—
Силірон У-64	10	—	—	—	—	8	—
	20	—	—	—	—	9,5	10
	30	3	5	9	9	10	10

* Визначено на установці КИ-3127. За піновірними властивостями СМЗ істотно різняться між собою.

знежирення деталей з алюмінію та алюмінієвих сплавів використовують розчини на основі кальцинованої соди (10...15 г/л) з додаванням тринатрійфосфату (10...25 г/л) і рідкого скла (10...15 г/л).

Механізація мийно-очисних робіт. Автомобілі і дорожні машини, а також їх деталі, що надходять у капітальний ремонт, мають різні забруднення, які утворилися в процесі експлуатації. Недостатнє їх очищення — одна з найсерйозніших причин зниження якості ремонту. Продуктивність праці під час розбирання і складання забруднених об'єктів ремонту різко знижується. За даними досліджень, за рахунок самого тільки підвищення якості очищення можна на 25...30 % підвищити ресурс відремонтованих агрегатів і на 15...20 % продуктивність праці на розбірно-складальних роботах.

Струминна мийна установка ОМ-4267 призначена для миття складальних одиниць та деталей із застосуванням СМЗ. Конструкція установки (рис. 45.16) має ванну 1 для миючого розчину, мийну камеру 2, конвеєр 3, систему 4 подавання й перекачування розчину і електрошафу 5.

Промивання у струминних мийних машинах із застосуванням відповідних миючих засобів, у тому числі і синтетичних, не забезпечує

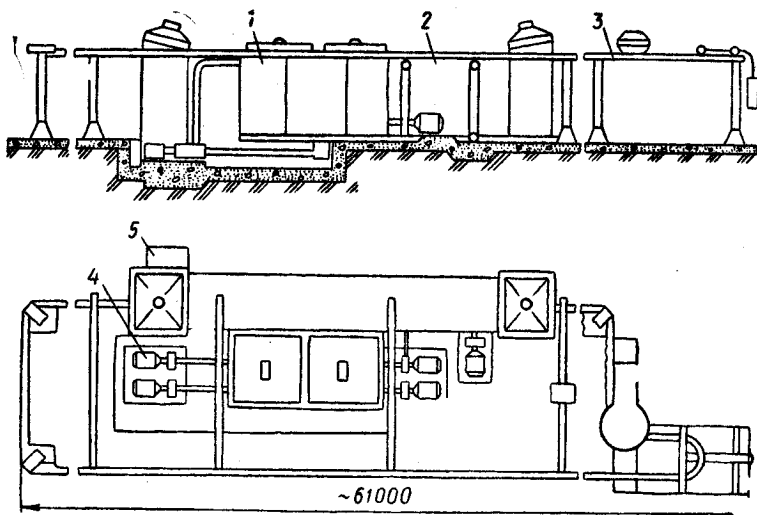


Рис. 45.16. Мийна установка ОМ-4267

належного ступеня очищення від смолистих відкладів, особливо на поверхнях, які безпосередньо не піддаються дії струменів. У зв'язку з цим деталі із смолистими відкладами очищають у ваннах (очищення занурюванням — «вिवарюванням»). У такий спосіб можна очищати навіть шасі автомобіля.

Для очищення занурюванням як миючі засоби застосовують Лабомід-203 та МС-8 концентрацією 20...30 г/л. Робоча температура розчинів 353...373 К. Використовувати для очищення занурюванням розчини каустичної соди з концентрацією понад 50 г/л недоцільно, бо їх миюча здатність з дальшим підвищенням концентрації не збільшується. Щоб підвищити миючу здатність, до розчину каустичної соди вводять силікати (рідке скло, метасилікат натрію) і різні ПАВ. Розчини миючих засобів Лабомід-203 та МС-8 у 3...4 рази ефективніші від розчинів каустичної соди.

Інтенсивність процесу очищення деталей занурюванням зростає, якщо перемішувати розчин у ванні або перемішувати очищувані деталі. З цією метою виварювальні ванни із статичною видержкою деталей замінюють установками з ваннами, що мають осьові насоси, вібраційні та коливні платформи. Тривалість очищення деталей у таких установках порівняно із звичайними ваннами скорочується в 1,5...2 рази. Щоб не поширювались шкідливі випари під час очищення деталей занурюванням, ванни обладнують кришками, які герметично закриваються.

Один із шляхів реалізації очищення занурюванням — застосування роторних машин АКТЬ-227 та ін. Об'ємне завантаження таких

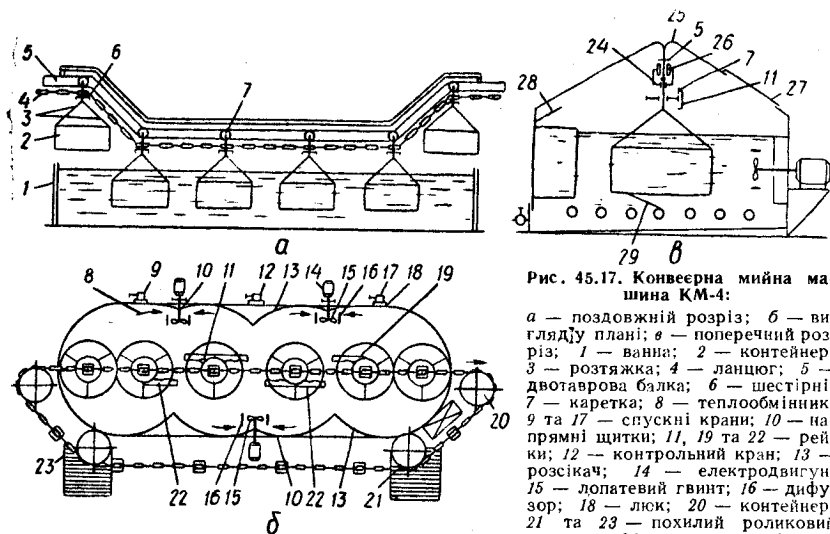


Рис. 45.17. Конвейерна мийна машина КМ-4:

а — поздовжній розріз; б — вигляд зверху; в — поперечний розріз; 1 — ванна; 2 — контейнер; 3 — розтяжка; 4 — ланцюг; 5 — двотаврова балка; 6 — шестірні; 7 — каретка; 8 — теплообмінник; 9 та 17 — спускні крани; 10 — напрямні щитки; 11, 19 та 22 — рейки; 12 — контрольний кран; 13 — розсікач; 14 — електродвигун; 15 — лопатевий гвинт; 16 — дифузор; 18 — люк; 20 — контейнер; 21 та 23 — похилий роликівий конвейер; 24 — упорний підшипник; 25 та 27 — пірця; 26 — ролики; 28 —

машин у кілька разів вище ніж у струминних, що значно підвищує продуктивність праці. Періодичне занурювання в розчин і виймання з нього очищеного ремонтного фонду створює обмін розчину біля його поверхні.

Конвейерна мийна машина КМ-4 з безперервним циклом роботи призначена для очищення деталей на великих авторемонтних підприємствах (рис. 45.17).

Конструкція машин складається з ванни 1, в якій вміщено гребні гвинти 15 для перемішування рідини. Каретки, на яких підвішено корзини з очищуваними деталями, переміщуються за допомогою рухомого конвеєра. Рухаючись по конвеєру, корзина опускається в мийочу рідину і пересувається уздовж ванни до виходу в протилежному кінці. Під час просування уздовж ванни корзини за допомогою рейок обертаються навколо вертикальної осі і шестірні на конвеєрі.

Для видалення асфальтосмолистих відкладів з деталей використовують розчинники і розчинно-емульгуючі засоби (РЕЗ). Найпоширеніші розчинники:

хлоровані (тетрахлоретилен, трихлоретилен, хлористий метилен, чотирхлористий вуглець, дихлоретан), які добре розчиняють мінеральні масла, асфальтосмолисті відклади і старі лакофарбові покриття; вони пожежобезпечні, але високотоксичні;

ароматичні (бензол, ксилол) використовують для розчинення мінеральних масел і асфальтосмолистих відкладів; бензол високотоксичний;

насичені (дизельне паливо, гас, тракторний бензин, уайт-спірит), які добре розчиняють мінеральні масла, консистентні мастила і консерваційні суміші; з розчинників вони найменш токсичні.

З розчинників найбільше застосовують дизельне паливо, гас, бензин та уайт-спірит. Хлоровані вуглеводні, які щодо очищувальної здатності в десятки разів ефективніші від перелічених вище, поки не застосовуються у зв'язку з високою токсичністю. Проте їх використовують при наявності спеціальних установок, які працюють за замкнутим циклом з додержанням вимог техніки безпеки.

Для очищення деталей від асфальтосмолистих відкладів при низькій температурі рекомендують РЕЗ АС-15 та «Ритм», які відрізняються від СМЗ тим, що видаляють забруднення за рахунок часткового їх розчинення з наступним емульгуванням забруднень, що залишились.

Очищення за допомогою РЕЗ здійснюють у два етапи. При цьому деталі видержують у цих засобах при кімнатній температурі і обполіскують у розчині будь-якого СМЗ при температурі 323 ± 5 К. Засіб АМ-415 готують на основі розчинника ксилолу, а «Ритм» — на основі хлорованих вуглеводів типу трихлоретилену. Особливістю РЕС є їх токсичність і деяка вогнебезпечність, а тому застосовувати ці засоби треба в герметизованих машинах занурювального типу з додержанням особливих заходів безпеки. За допомогою РЕЗ очищають деталі з чорних металів та алюмінієвих сплавів.

При однаковому способі використання розчинів СМЗ та РЕЗ для машин занурювального типу РЕЗ у 5...15 раз ефективніші за СМЗ. Для двоетапної технології з застосуванням РЕЗ розроблено мийні машини конвеєрного типу. Вони являють собою ванну для мийного розчину, в якій є платформа, яку завантажують очищуваними деталями. Платформа робить зворотньо-поступальні рухи з частотою 1...2 Гц і величиною ходу 50...200 мм. Привод руху платформи здійснюється від мережі стиснутого повітря тиском 0,4...0,5 МПа. Промисловість випускає кілька типів таких машин — ОМ-5287, ОМ-5299 та ін.

Від нагару, накипу та продуктів корозії деталі очищають механічним, термохімічним та комбінованим способами.

Тверді відклади на автомобільних деталях очищають механічним способом за допомогою металевих щіток, кісточковою кришкою, металевим піском, гідропіскоструминною обробкою. Металеві щітки обертаються від електродрила. Незважаючи на простоту такого способу, ним користуються лише на дрібних підприємствах, оскільки він не гарантує необхідної якості очищення і належного рівня продуктивності праці. Очищення деталей від нагару кісточковою кришкою — досконаліший спосіб, який характеризується високою продуктивністю при цілком задовільній якості очищення. Кісточкову криш-

ку виготовляють із шкаралупи зерен плодів. Це м'який матеріал, який, видаляючи забруднення, не руйнує поверхні деталей, у тому числі алюмінієвих.

Перед обробкою кісточною кришкою видаляють масляні і асфальтосмолисті забруднення. Деталі очищають у спеціальних установках. Кісточною кришкою очищають лише поверхні, які потрапляють у зону прямої дії струменя. Внутрішні порожнини, кармани і заглибини складної форми залишаються неочищеними.

Установка, яка очищає деталі кісточною кришкою, призначена для механізації процесів очищення деталей від нагару, накипу та інших забруднень:

Основні технічні дані установки

Тип	Стационарна камера
Тиск стиснутого повітря, МПа	0,4...0,6
Витрата повітря, м ³ /год	200
Габаритні розміри, мм	2100 × 1090 × 2300
Маса, кг	350

Установка (рис. 45.18) для очищення кісточною кришкою великогабаритних деталей (блок циліндрів, головка блока) складається з камери 5 очищення, бункера 3 з кісточною кришкою, змішувального механізму 1, вологовіддільника 12, приймального стола 11, візка 10. Камера очищення являє собою зварний металевий каркас, облицьований зовні листовим залізом, а зсередини (для зменшення шуму під час роботи установки) — гумою. Дно камери зроблено з двох перфорованих листів заліза, прикріплених до каркаса. Через задню стінку до камери введено шланг 8 з соплом 9 на кінці, призначений для очищення деталей. Спереду, в зоні обслуговування установки, на вертикальному облицьовальному листі є два отвори для доступу рук робітника в зону очищення. До країв цих отворів прикріплено спеціальні рукави для запобігання травмам рук працюючого і відносної герметизації установки. Вентиляційний зонт 7 камери під'єднано до витяжної мережі вентиляції. На похилому передньому листі укріплено оглядове вікно 6 і два світильники для освітлення робочої зони.

У камері очищення передбачено сопло 4 для обдування деталей повітрям після очищення. З правого боку камера має двері для заванта-

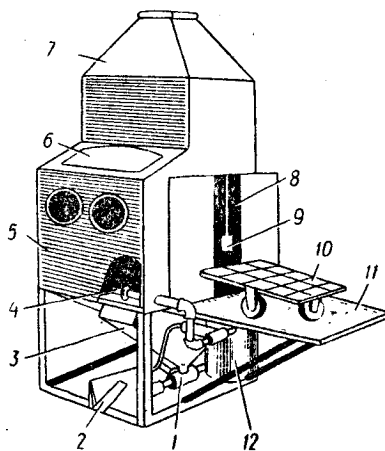


Рис. 45.18. Установка для очищення деталей кісточною кришкою

жування деталей. У змішувальному механізмі є інжекторний пристрій, до входу якого від вологовіддільника через пробковий кран підводиться стиснуте повітря. До виходу інжекторного пристрою прикріплено гнучкий шланг з соплом для подачі робочої суміші. Керують інжекторним пристроєм за допомогою пробкового крана, зв'язаного тягою з педаллю 2.

Піскоструминного очищення під час ремонту не застосовують, оскільки від нього приміщення забруднюється кварцевим пилом, що призводить до захворювань на силікоз. Гідропіскоструминне очищення виключає появу кварцевого пилу, і його можна рекомендувати для очищення деталей від корозії і старої фарби.

Термохімічний метод передбачає очищення деталей в лужному розплаві. Найпоширеніший склад розплаву містить 65 % їдкою натру, 30 % азотнокислого і 5 % хлористого натрію. Температура розплаву (673 ± 20) К. Установки ОМ-4944 та ОМ-5458 застосовують для очищення деталей від нагару, накипу та іржі в лужному розплаві.

Установка ОМ-4944 складається з чотирьох ванн. У першій ванні деталі для зруйнування забруднень вдержують протягом 5...10 хв у лужному розплаві. У другій ванні деталі промивають текучою водою: різкий перепад температур спричиняє бурхливе утворення пари, що сприяє руйнуванню розпушених ниток нагару, накипу чи іржі і розчиненню решток розплаву.

У третій ванні здійснюють кислотну обробку (травлення) з метою просвітлення поверхні деталей і нейтралізації решток лугу. В разі одночасного очищення деталей з чорних металів і алюмінієвих сплавів травлення ведуть розчином фосфорної кислоти (85 г/л) з додаванням хромового ангідриду (125 г/л) при температурі (303 ± 5) К. У четвертій ванні деталі промивають остаточно гарячою водою. Загальний час циклу обробки становить 20...25 хв. Контейнери з деталями завантажують і вивантажують, а також переміщують з однієї ванни в іншу електротельфером.

Установку ОМ-5458 обладнано автооператором, що дає можливість переміщувати деталі в автоматичному режимі. Дрібні деталі (клапани, штовхачі, нормалі та ін.) очищають в обертових барабанах з рідким наповнювачем. Як такий використовують гас, дизельне пальне Лабомід-203 або МС-8.

Барабан завантажують на 75 % його об'єму. В робочому положенні він має бути завантажений на $2/3...3/4$ своєї висоти і обертатися зі швидкістю 16...18 хв⁻¹. Перспективним є очищення дрібних деталей (клапанів, штовхачів) від твердих відкладів віброабразивним способом, при якому деталі і обробне середовище (водні розчини Лабоміду або МС і наповнювачі у вигляді ураліту, мармурової кришки, подрібнених абразивних кругів) вміщують у контейнер, якому надають коливної руху.

Установка для миття й очищення дрібних деталей в обертовому барабані (рис. 45.19) складається з привода 1 барабана; шестигранного барабана 4 з перфорованими стінками, який обертається в підшипниках, встановлених на верхній рамці каркаса; ванни 5 для мючої рідини; пневмоциліндра 6 двосторонньої дії для піднімання й опускання ванни; каркаса 2, всередині якого є напрямні, в яких рухаються ролики ванни; ковпака 3 з дверцятами для завантаження деталей у барабан.

Основні технічні дані установки

Тип	З обертовим барабаном у рідкому середовищі
Міюча рідина	Гас
Місткість ванни, л	90
Частота обертання барабана, хв ⁻¹	34
Завантаження деталей	Ручне
Вивантаження деталей	По похилій площині у нагрюмаджувач
Час миття, хв	15...20
Маса завантажуваних деталей, кг	87
Габаритні розміри, мм	1070 × 1880 × 1485

Спочатку відкидають дверцята ковпака і підводять барабан люком у верхнє положення, а потім відкривають дверцята барабана і завантажують його деталями, які треба помити. Після цього закривають дверцята барабана і ковпака і включають пневмоциліндр для піднімання ванни з мючою рідиною у верхнє положення. Потім вмикають привод і мють деталі. Закінчивши миття, ванну опускають у нижнє положення і чисті деталі вивантажують у нагрюмаджувач по похилій площині, утвореній дверцятами барабана. Після цього цикл миття деталей повторюється.

Для періодичного зливання мючої рідини у ванні є два відводи з гвинтовими пробками.

Деталі невеликих розмірів, але складної конфігурації, зокрема деталі системи живлення і електрообладнання очищають у мийних установках ультразвуком.

Деталі, що підлягають очищенню, вміщують у ванну з мючим розчином, де під дією ультразвуку в мючому розчині утворюються області стиску й розрідження. Утворення пустот у рідині і спричинені ними дії (гідравлічні удари) там, де вони ви-

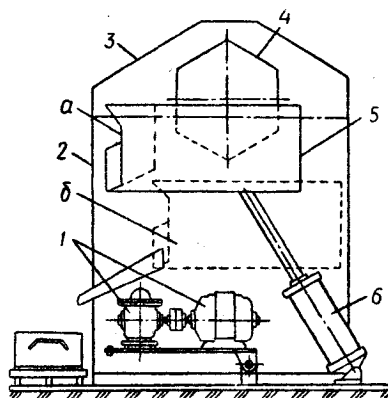


Рис. 45.19. Установка для миття дрібних деталей в обертовому барабані

никають, дістало назву кавітації. Під дією кавітації забруднення на поверхні деталі руйнуються і видаляються разом з миючим розчином. Як миючі засоби доцільно застосовувати водні розчини Лабоміду або МС (залежно від забрудненості концентрація розчину становить 10...30 г/л, температура розчину 328...338 К) або розчинники та засоби на їх основі (гас, дизельне паливо, АМ-15 та ін.).

Застосовуване під час ультразвукового очищення устаткування звичайно складається з ультразвукової ванни, генератора струму високої частоти та випромінювача (перетворювача струму високої частоти в ультразвукові коливання), вмонтованого в дно ванни. Як випромінювачі в основному застосовують магнітострикційні перетворювачі, які перетворюють електричні коливання ультразвукового генератора в механічні ультразвукові коливання, які передаються мийчій рідині у ванні.

Для видалення накипу і продуктів корозії, крім очищення в розплаві солей, кісточковою кришкою або металевим піском, об'єкти ремонту обробляють у 10...12 %-му розчині інгібованої соляної кислоти при температурі 351...358 К протягом 20...25 хв. Після обробки в кислотному розчині об'єкти ремонту споліскують у розчині кальцинованої соди (5 г/л) і тринатрійфосфату (2 г/л).

Старі лакофарбові покриття найчастіше видаляють обробкою деталей у лужних розчинах каустичної соди концентрацією 80...100 г/л при температурі 353...363 К протягом 60...90 хв.

Деталі промивають гарячою водою в установках ванного або струминного типу. Завершальна операція — пасивування поверхні деталей з розчином нітриту натрію концентрацією 5 г/л при температурі 323...333 К. Якщо видалити стару фарбу в лужних розчинах не можна з конструктивних чи технологічних міркувань, її видаляють за допомогою змивок або розчинників. Хімічна промисловість випускає такі марки змивок: СД (СП), СД (ОБ) та АФТ-1. Швидкість дії змивок: СД (СП) — 5 хв; СД (ОБ) — 30 хв і АФТ-1 — 20 хв. Витрата відповідно — 170, 150 і 250 г/м². Руйнівна дія змивки АФТ-1 підвищується в разі добавляння до неї фосфорної кислоти з розрахунку 15 мл на 1 л змивки. Як змивку можна застосовувати розчинник Р-4 № 646 та 647.

Від консервативних мастил деталі очищають у розчинах СМЗ Лабомід-101 концентрацією 10 г/л при температурі 363...373 К. Установки АКТБ-180 або ОМ-3600 та інших конструкцій з пульсуючим потоком рідини застосовують для очищення масляних каналів блока циліндрів і колінчастого вала.

Щоб зняти консерваційні мастила з деяких точних деталей (плунжерні пари, розпилювачі, шарико- та роликопідшипники) застосовують бензин. Після промивання деталей у бензині їх можна знежирювати в розчині, склад якого наведено в табл. 45.8.

Для очищення деталей електрообладнання застосовують гас. Як заміник гасу та бензину можна застосовувати газовий контакт — побічний продукт очищення мінеральних масел сірчаною кислотою на нафтопереробних заводах. Склад газового контакту, %: сульфонафтові кислоти — 40; мінеральні масла — 8; сірчана кислота — 1; вода — решта. У зв'язку з підвищеною подразливою дією на шкіру рук газовий контакт застосовують тільки за умови механізованого миття.

Поширеним миючим засобом на авторемонтних заводах є розчин на основі каустичної соди NaOH. Проте слід мати на увазі його подразнювальну дію (особливо коли концентрація перевищує 1,2...1,5 %) на шкіру рук. Застосовуючи розчин підвищених концентрацій, треба обов'язково після цього промивати деталі в ванні гарячою водою, додавши нітрит натрію або хромпik, що запобігає корозії деталей.

Таблиця 45.8

Компонент	Масова частка, %	
Кальцинована сода	0,15... 0,26	0,1...0,3
Натрієвий хромпik	0,08... 0,1	—
Нітрат натрію	—	0,1...0,3
Рідке скло	—	0,1...0,3
Вода	Основа	Основа

Примітка. Температура розчину 333...343 К.

45.4. Охорона праці

Організація робочих місць для розбирання має ґрунтуватись на таких основних вимогах:

на пости розбирання ремонтний фонд має надходити старанно вимитий і очищений;

робочі місця мають бути спеціалізовані, тобто кожен робітник має виконувати певні види робіт, що дає можливість скоротити час на підготовку до роботи і повніше використати інструменти та пристрої;

робоче місце має передбачати максимальну економію рухів робітника. Це має бути закладено в конструкцію устаткування (висота конвеєра, стенда, взаємне розташування робочих місць і т. д.);

робоче місце має бути оснащене засобами механізації основних і допоміжних робіт, забезпечене необхідною документацією, місцем для інструменту, спеціалізованою тарою.

Основні вимоги техніки безпеки полягають ось у чому. Дільниця розбирання повинна мати міцні неспалімі стіни і підлоги з рівною (без порогів), гладенькою, але не слизькою, ударостійкою поверхнею, яка не вбирає нафтопродуктів. Підлогу треба систематично очищати від мастила й бруду. Стелю і стіни слід фарбувати у світлі тони.

Устаткування має бути розставлене з додержанням розривів без скупчення на дільниці великої кількості агрегатів і деталей. Забо-

роняється захарашувати проходи, проїзди та підходи до дощок з пожежним інструментом та вогнегасниками.

Агрегати і деталі, які під час роботи контактують з етильованим бензином, слід попередньо мити гасом у спеціальних ваннах, що мають місцеве відсмоктування.

Агрегати й деталі масою понад 20 кг треба знімати, транспортувати і встановлювати за допомогою підйомно-транспортних засобів. Зусилля під час піднімання вантажу механізмом має бути спрямовано вертикально. Підтягувати вантажі краном заборонено. Розбирати агрегати, які мають пружини (передня незалежна підвіска, зчеплення, клапанний механізм та ін.), дозволяється тільки на спеціальних стендах або за допомогою пристроїв, що гарантують безпечну роботу.

Під час випресовування деталей, які мають щільну посадку, на пресах останні треба обладнувати запобіжними ґратами.

Освітленість робочих місць штучним світлом має відповідати для робіт середньої точності при малому контрасті розрізнення об'єкта з фоном (фон світлий) для газорозрядних ламп: комбіноване — 400 лк, загальне — 200 лк; для ламп розжарювання: комбіноване — 400 лк, загальне — 100 лк.

Для гарантування електробезпеки кожне виробниче приміщення окільцьовують шиною заземлення, розташованою на 0,5 м від підлоги, з надійними контактами. Опір шини заземлення в будь-якому місці має не перевищувати 4 Ом. Усі корпуси електродвигунів, а також металеві частини устаткування, які можуть опинитися під напругою, мають бути занулені або заземлені.

Переносний електроінструмент можна застосовувати при напрузі не більш як 36 В (звичайно, за умови, що він справний). Якщо переносний електроінструмент працює від напруги понад 36 В, його треба видавати разом із захисними пристроями (діелектричні рукавички, взуття, килимки та ін.). Загальне освітлення може мати будь-яку напругу, освітлення верстатів — 36 В, переносні лампи — 12 В. Застосовувати голі лампи (без арматури) забороняється.

Усі стаціонарні світильники мають бути міцно закріплені, щоб вони не давали хитних тіней.

Використаний обтиральний матеріал складають у металеві ящики з кришками. Наприкінці зміни ящики слід очищати, щоб уникнути самозаймання обтирального матеріалу.

Дільниці промивання й очищення належать до ділянок підвищеної вогнебезпечності. Враховуючи, що для очищення застосовують лужні розчини, розчинники та інші шкідливі речовини, до охорони праці ставлять підвищені вимоги. Працюючих на цих дільницях забезпечують спецодягом, індивідуальними засобами захисту (рукавички, окуляри, респіратори і т. д.). Дільниці обладнують надійною

припливно-втяжною вентиляцією. Приміщення для очищення, санітарно-гігієнічне обладнання цехів та дільниць мають відповідати будівельним нормам і правилам проектування промислових підприємств (СНиП).

Удосконалення безпеки праці на дільницях очищення полягає у використанні негорючих і нетоксичних миючих засобів (наприклад, на водній основі), у відмовленні від ручної праці і застосуванні автоматизованих ліній очищення з замкнутим виробничим циклом.

Контрольні запитання

1. У чому полягає розбірний процес?
2. Які види робіт включає в себе розбірний процес?
3. Які існують організаційні форми розбирання?
4. Які умови мають виконуватись під час розбирання?
5. Яке устаткування застосовують під час розбирання машин?
6. Які бувають види забруднень?
7. Які існують методи очищення поверхні?
8. Що є головною умовою високої якості знежирення?
9. Які існують вимоги до організації робочих місць під час розбирання?
10. У чому полягають основні вимоги техніки безпеки під час розбирання?

Глава 46

ТЕХНОЛОГІЯ ДЕФЕКТАЦІЇ

46.1. Дефектація і сортування деталей

Після розбирання автомобіля вимиті й очищені деталі піддають дефектації і сортуванню. Дефектація — процес виявлення технічного стану деталей порівнянням фактичних показників з даними технічної документації (технічними умовами, робочим кресленням деталей тощо).

У зв'язку із специфікою ремонтного виробництва контроль технічного стану застосовують на різних стадіях виробничого процесу. Схема загального контролю в процесі капітального ремонту автотранспортних засобів передбачає «вхідний» і «вихідний» контроль, а також контроль технологічного процесу (рис. 46.1).

Мета дефектації розібраних деталей — визначення їх технічного стану і сортування на відповідні групи: придатні, ті, що підлягають відновленню на даному підприємстві, і непридатні. Поділ продукції

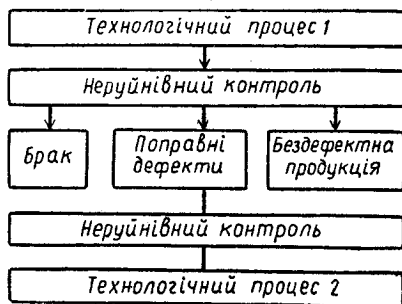


Рис. 46.1. Схема послідовного контролю

на три групи — брак, з виправними дефектами і бездефектна продукція — здійснюється на основі вибору відповідного методу контролю, норм допустимих дефектів і технологічних можливостей відновлення деталей з допустимими дефектами. Результати дефектації і сортування використовують у вдосконаленні технологічних процесів, для визначення коефіцієнтів придатності і розподілу деталей за маршрутами відновлення.

Багато які причини вибракування прямо чи посередньо пов'язані з технічними можливостями засобів і методів контролю та дефектації. На норми вибракування істотно впливають також технологічні можливості авторемонтного підприємства. Нерідкі випадки вибракування деталей, які мають виправні дефекти, тільки через відсутність відповідних методів ремонту.

Після сортування придатні деталі відправляють у комплектувальне відділення, а непридатні — на склад брухту або використовують для виготовлення інших деталей.

Деталі, що потребують відновлення, після визначення маршруту ремонту надходять на склад деталей, які очікують ремонту, і далі на відповідні дільниці ремонту. Громіздкі деталі (рами, картери задніх мостів тощо) контролюють безпосередньо на робочих місцях.

У процесі дефектації і сортування маркують фарбою: придатні — зеленою, непридатні — червоною, а ті, що підлягають відновленню, — жовтою. Кількісні показники дефектації і сортування деталей фіксують у дефектувальних відомостях або за допомогою спеціальних підсумовуючих лічильних пристроїв.

Дефектацію звичайно починають із зовнішнього огляду деталей: визначають загальний технічний стан деталі і виявляють зовнішні дефекти — тріщини, пробоїни, вм'ятини тощо. Щоб виявити приховані дефекти, застосовують спеціальні прилади і пристрої, робота яких ґрунтується на неруйнівних методах контролю.

Розвиток засобів і методів дефектації дає можливість поліпшити якість ремонту автотранспортних засобів. На великих авторемонтних заводах використовують автоматизовані системи керування (АСК), в тому числі і на дільницях дефектації деталей, які ґрунтуються на використанні електронних обчислювальних машин (ЕОМ) і дають можливість одержувати необхідну інформацію про кількісні показники виробничого процесу, потреби в матеріалах, комплектуючих виробках і забезпечувати ритмічність роботи цехів та дільниць.

Отже, комплекс методів дефектації або методів технічної діагностики, який дає можливість мати кількісні критерії якості продукції, відіграє дедалі важливішу роль у забезпеченні ресурсу капітально відремонтованих автотранспортних засобів до рівня 0,8 ресурсу нових.

46.2. Характерні дефекти деталей

Дефект — це кожна окрема невідповідність продукції вимогам, встановленим нормативною документацією.

За наслідками дефекти поділяються на критичні, значні і мало-значні.

Критичний — дефект, при якому використовувати продукцію за призначенням практично не можна або забороняється відповідно до вимог техніки безпеки.

Значний — дефект, який істотно впливає на використання продукції за призначенням і (або) на її довговічність, але не є критичним.

Малозначний — дефект, який істотно не впливає на використання продукції за призначенням і на довговічність.

За місцем розташування всі дефекти поділяються на зовнішні і внутрішні. Зовнішні дефекти — деформація, поломки, зміна геометричної форми і розмірів, які визначаються вимірюванням або візуально. Внутрішні дефекти — тріщини від втомленості, дислокація, тріщини термічної втомленості і т. д. — виявляються різними способами структуроскопії деталей. До структуроскопії належать: магнітодефектоскопія, рентгеноскопія, ультразвукова дефектоскопія тощо.

Отже, в процесі дефектоскопії деталей виконується комплекс робіт, що полягає у виявленні та характеристиці дефектів у деталях.

За можливістю виправлення дефекти поділяють на поправні та непоправні.

Поправні — дефекти, усунення яких технічно можливе і економічно доцільне. До них належать деформації, вм'ятини, обломи, спрацювання поверхонь, задири та інші дефекти, які не призводять до цілковитої втрати роботоздатності деталі.

Непоправні — дефекти, усунення яких технічно неможливе або економічно недоцільне. До них належать тріщини — від втомленості, термічної обробки, повзучості, контактні; корозія — місцева, кристалічна, щільна, газова, високотемпературна і т. д.

За причинами виникнення дефекти поділяють на три класи: конструктивні, виробничі та експлуатаційні.

Конструктивні дефекти — невідповідність вимогам технологічного завдання або встановлених правил розробки (модернізації) продукції. Причини таких дефектів: помилковий набір матеріалу виробу, неправильне визначення розмірів деталей, режиму термічної обробки і т. д. Ці дефекти — наслідок недосконалості конструкції та помилок конструювання.

Виробничі дефекти — невідповідність вимогам нормативної документації на виготовлення (ремонт) чи поставку продукції. Такі дефекти виникають у результаті порушення технологічного процесу під час виготовлення або відновлення деталей збірних одиниць.

Виробничі дефекти поділяють на шість груп:

1. Дефекти плавлення і лиття — відхилення хімічного складу від заданого, в результаті чого змінюються механічні властивості сплаву, ліквациї, газові пори, формувальні і шлакові вclusions, усадочні раковини, спаї, гарячі і холодні тріщини тощо.

Таблиця 46.1

Клас деталі	Дефекти	
	усувні	неусувні
Товстостінні корпусні	Деформації, вм'ятини, суцільна корозія, обломи, забитість різьби та отворів, спрацювання	Тріщини: від втомленості, повзучості, контактні. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна, газова, розтріскування під напругою
Тонкостінні корпусні	Деформації, вм'ятини, суцільна корозія, розриви	Тріщини: від втомленості, термічної втомленості, контактні. Корозія: місцева, міжкристалітна, газова, щілинна
Прямі круглі стержні	Спрацювання поверхні, деформації, обломи, суцільна корозія	Тріщини: від термічної втомленості, втомленості, контактні, повзучості, розтріскування під напругою
Прямі круглі стержні з фасонною поверхнею	Те саме	Тріщини: від термічної втомленості, втомленості, контактні, повзучості. Корозія: газова, міжкристалітна, місцева
Порожнисті стержні	Спрацювання поверхні, деформація, задири, корозія суцільна	Тріщини: від термічної втомленості, втомленості, повзучості. Корозія: газова, міжкристалітна, місцева
Диски з гладеньким периметром	Спрацювання поверхні, деформація, обломи, корозія суцільна	Тріщини: від термічної втомленості, втомленості, повзучості, контактні, розтріскування під напругою. Корозія: міжкристалітна, місцева
Диски з фасонним периметром	Спрацювання поверхні, деформація, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, контактні, повзучості. Корозія: міжкристалітна, щілинна, газова, місцева
Некруглі стержні	Спрацювання поверхні, деформація, обломи, корозія суцільна	Тріщини: від втомленості, контактні, термічної повзучості. Корозія: місцева, міжкристалітна, щілинна

2. Дефекти, що виникають під час обробки тиском: поверхневі і внутрішні тріщини, розриви, rischi, волосовини, закати, плени, розшарування, флокени, торцеві тріщини, затиски і т. д.

3. Дефекти термічної, хіміко-термічної та електрохімічної обробки: термічні тріщини, знеуглецювання, науглецювання, водневі тріщини, перегрів, перепал, невідповідність шару гальванічного покриття, тріщини, відшарування покриттів та ін.

4. Дефекти механічної обробки: дрібні тріщини, припали, шліфувальні тріщини, порушення геометричних розмірів.

5. Дефекти, що виникають під час виправлення монтажу і демонтажу: тріщини рихтувальні, монтажні, погнутість, обломи різьби, порушення посадок.

6. Дефекти у з'єднаннях металів: раковини, пори, шлакові вклучення, перегрів, зміна розмірів зерна, гарячі і холодні тріщини, непровар, неповне заповнення шва, напусток, зміщення кромок шва, непропаювання, непроклеювання, відшарування та ін.

До експлуатаційних належать дефекти, що виникають в результаті спрацювання, втомленості, корозії і т. д., а також неправильної експлуатації. У процесі експлуатації найбільше відказів виникає через спрацювання. Спрацювання деталей залежить від ряду факторів, зокрема від умов тертя.

Залежно від наявності між тертьовими тілами мастила розрізняють тертя сухе, граничне і рідинне.

Враховуючи, що кожному класу деталей властиві конструктивні особливості і певні умови експлуатації, можна орієнтовно встановити характерні дефекти деталей кожного класу. У табл. 46.1 наведено приклади такої класифікації за Г. О. Малишевим.

46.3. Технічні умови на дефектацію деталей

Нині частину загальної нормативно-технічної, конструкторської, технологічної, експлуатаційної і ремонтної документації стандартизовано. Вона є єдиною для всіх підприємств та організацій незалежно від їх підпорядкованості і приналежності до галузі.

Технічні умови (ТУ) на контроль і сортування деталей в умовах авторемонтного виробництва розробляються на основі аналізу умов роботи деталі, фізико-механічних властивостей, переліку можливих дефектів тощо. Їх складають у вигляді карт (табл. 46.2), які містять таку деформацію по кожній деталі зокрема: назва деталі і номер за каталогом, перелік дефектів, способи їх виявлення і рекомендовані способи усунення, ескіз із зазначенням місць розташування дефектів, основні розміри деталі, матеріал, твердість.

Способи встановлення дефектів призначають, виходячи з досвіду роботи автобудівних та авторемонтних підприємств і на підставі наукових досліджень, виконаних з метою розробки нових методів дефектації деталей.

46.4. Контроль розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей

Стан деталей, спряжень і комплектних груп можна визначити оглядом, перевіркою на дотик, за допомогою вимірювальних інстру-

ментів та ін. У процесі огляду виявляють зруйновані деталі (тріщини, викришування поверхонь, злами і т. д.), наявність відкладів (накип, нагар тощо), витікання води, масла, палива. Перевіркою на дотик визначають спрацювання і змінання ниток різьби на деталях після попереднього затягування, еластичність сальників, наявність задирів, подряпин тощо. Відхилення спряжень від заданого зазора чи натягу деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю і т. д. визначають за допомогою вимірювальних інструментів.

Способи і схеми вимірювань визначаються розмірними параметрами загального вигляду. До них належать відхилення в розташуванні і формі; хвилястість і шорсткість поверхні; розміри гладеньких циліндричних з'єднань; розміри, що входять до розмірних ланцюгів; розміри конічних з'єднань та кутові розміри; розміри різьбових з'єднань і передач; розміри шпонкових і шліцьових з'єднань.

Вибір засобів контролю має ґрунтуватись на забезпеченні заданих показників процесу контролю й аналізу затрат на реалізацію контролю при заданій якості виробу.

Вибираючи засоби контролю, слід використати ефективні для конкретних умов засоби контролю, регламентовані міждержавними, галузевими стандартами і стандартами підприємств.

Вибір засобу контролю включає такі етапи:

аналіз характеристик об'єкта контролю і показників процесу контролю;

визначення попереднього складу засобів контролю;

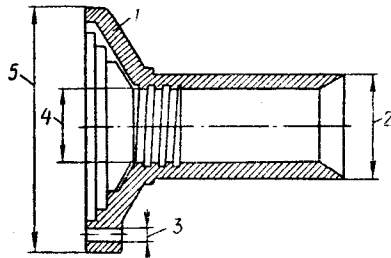
визначення остаточного складу засобів контролю, їх економічного обґрунтування, складання технологічної документації.

Залежно від виробничої програми, стабільності вимірюваних параметрів можна використовувати універсальні, механізовані чи автоматизовані засоби контролю.

У ремонті найбільшого поширення набули універсальні вимірювальні прилади та інструменти. За принципом дії їх можна поділити на такі види:

1. Механічні прилади — лінійки, штангенциркулі, пружинні прилади, мікрометричні прилади і т. д. Вони характеризуються простою, високою надійністю вимірювань, проте мають порівняно невисоку точність і продуктивність контролю. Під час вимірювань треба додержувати принципу Аббе (компараторний принцип), згідно з яким потрібно, щоб вісь шкали приладу і контрольований розмір деталі були розміщені на одній прямій, тобто лінія вимірювання має бути продовженням лінії шкали. Якщо цього принципу не додержувати, то переки і непаралельність напрямних вимірювального приладу спричиняють значні похибки вимірювання.

2. Оптичні прилади — окулярні мікрометри, вимірювальні мікроскопи, колімаційні і пружинно-оптичні прилади, проектори, інтерференційні засоби і т. д. З їх допомогою досягають найвищої точності



Деталь: кришка підшипника ведучого вала коробки передач,
№ 52.1701040
Матеріал: чавун сірий СЧ 18

Номер позначки на ескізі	Можливі дефекти	Спосіб встановлення і контрольний інструмент	Розмір, мм		Висновок
			за робочим кресленням	допустимий без ремонту	
1	Обломи і тріщини на кришці	Огляд	—	—	Бракувати
2	Спрацювання шийки під муфту виключення зчеплення	Скоба 43,8 мм або мікрометр 25...50 мм	$44_{-0,115}^{-0,07}$	43...80	Ремонтувати. Осталювання або вібродугове наплавлювання
3	Спрацювання отворів під болти	Пробка 9,2 мм	8,5	9,2	Ремонтувати. Заварювання
4	Спрацювання отвору з маслосгонною різьбою	Пробка 35, 65 мм	$35,18^{+0,10}$	35,65	Бракувати при розмірі понад 35,65 мм
5	Спрацювання фланця зовнішньому діаметру	по Скоба 115,90 мм або мікрометр	$116_{-0,05}^{-0,01}$	115,90	Ремонтувати. Вібродугове наплавлювання

вимірювань. Проте прилади цього виду складні, їх настроювання і саме вимірювання потребують великих затрат часу. Прилади дорогі і часто не досить надійні і недовговічні.

3. Пневматичні прилади — довжиноміри. Використовуються в основному для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, відхилень форми поверхонь (у тому числі внутрішніх), конусів і т. п. Пневматичні прилади мають високу точність і швидкодію. Ряд вимірювальних завдань, наприклад точні вимірювання в отворах малого діаметра, розв'язується тільки за допомогою приладів пневматичного типу. Проте прилади цього виду найчастіше потребують індивідуального тарування шкали з використанням еталонів.

4. Електричні прилади набувають дедалі більшого поширення в автоматичній контрольно-вимірювальній апаратурі. Перспективність приладів зумовлена їх швидкістю, можливістю документування результатів вимірювання, зручністю керування.

Основний елемент електричних вимірювальних приладів — вимірювальний перетворювач (датчик), який сприймає вимірювальну величину і виробляє сигнал вимірювальної інформації у формі, зручній для передачі, перетворення і інтерпретації. Перетворювачі поділяються на електроконтактні (рис. 46.2), електроконтактні шкальні головки, пневмоелектроконтактні, фотоелектричні, індуктивні, ємнісні, радіоізотопні, механотронні.

Промисловість випускає нормалізовані вузли засобів автоматичного контролю, що дало можливість створити блокову конструкцію автоматичних вимірювальних засобів. Крім перетворювача, такі засоби складаються з вимірювальної станції, порогового, завантажувального, транспортуючого, запам'ятовуючого, виконавчого (сортувального) і перетворюючого пристроїв.

Загальний напрям розвитку вимірювальних засобів для малосерійного, індивідуального та спеціалізованого виробництва — створення універсальних збірних, легко переналаджуваних пристроїв, які складаються з агрегатних вузлів серійного виробництва. Такі вузли збірних пристроїв широко випускаються як у нас, так і за кордоном. Ті чи інші вузли і пристрої вибирають за відповідною довідковою літературою.

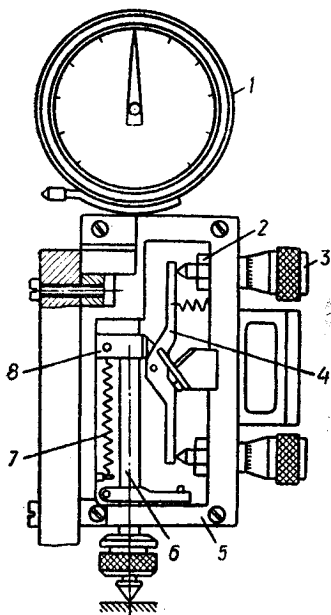


Рис. 46.2. Електроконтактний граничний перетворювач мод. 228:

- 1 — настроювальна вимірювальна головка;
- 2 — нерухоми контакти;
- 3 — барабанчики;
- 4 — двоплечий важіль;
- 5 — корпус;
- 6 — вимірювальний шток;
- 7 — пружина;
- 8 — пересувна планка

Останнім часом у нас і за кордоном інтенсивно розробляють засоби вимірювань нового типу — координатні вимірювальні машини, призначені для контролю складних корпусних деталей, точного вимірювання довжин, похибок форми та інших параметрів. Найуніверсальніші трикоординатні вимірювальні машини, що мають автоматичну систему обробки результатів, виконану на базі мікро-ЕОМ. Трикоординатна вимірювальна машина, розроблена Одеським заводом фрезерних верстатів, дає можливість виконувати вимірювання по осях x , y та z , які відповідно дорівнюють 400, 250 та 100 мм. Ціна поділки шкали по кожній координаті дорівнює 0,5 мкм.

На підприємствах автобудування і ремонту деталей більшого значення набувають автоматичні й автоматизовані технологічне устаткування, верстати та інструмент. Технологічним процесом на такому устаткуванні керують за допомогою засобів активного контролю до обробки деталі на технологічному устаткуванні (захисно-блокувальні пристрої), у процесі обробки і після обробки — для підналагодження устаткування. Найбільше розроблені засоби активного контролю при абразивній обробці деталей, товарних, фрезерних та інших технологічних операціях, під час шліфування та хонінгування, які широко застосовуються в авторемонтному виробництві і, як правило, є заключною операцією ремонту деталі.

Активний контроль дає можливість підвищити продуктивність праці, зменшити кількість браку. Проте засоби активного контролю доцільно застосовувати лише в тому випадку, коли виконавчі органи технологічного устаткування можуть приймати і виконувати прийнятні команди з заданою точністю.

Розроблено методи вимірювання і контролю шорсткості поверхні (рис. 46.3). Найчастіше шорсткість вимірюють контактним методом — щуповими приладами (профілометрами і профілографами) і безконтактним — оптичними приладами (мікроінтерферометрами, подвійними мікроскопами та ін.). Наприклад, у сучасному профілографі-

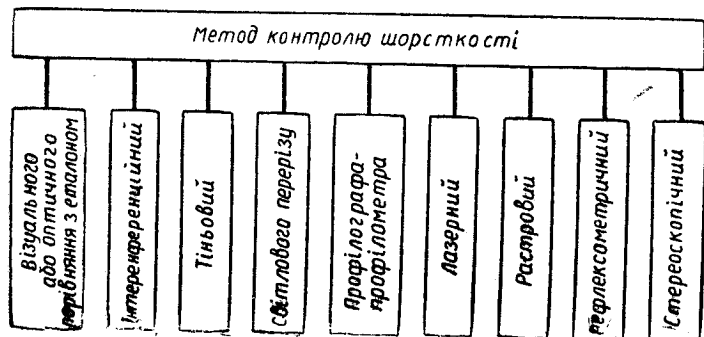


Рис. 46.3. Основні методи контролю шорсткості поверхні

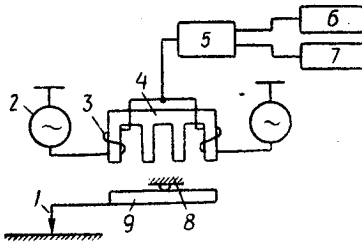


Рис. 46.4. Схема профілографа-профілометра мод. 252

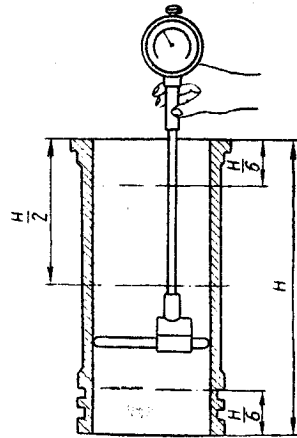


Рис. 46.5. Схема вимірювання діаметра гільзи циліндра

профілометрі (рис. 46.4) на якорі 9 вимірювального перетворювача закріплено алмазну обмацувальну голку 1 з радіусом заокруглення 10 мкм. Під час переміщення перетворювача відносно досліджуваної поверхні голка і якір коливаються на опорі 8 відносно зведеного Ш-подібного магнітопроводу 4, на якому закріплено дві котушки 3 перетворювача. Котушки під'єднано до мостової схеми, яка живиться від стабілізованого генератора 2. Під час коливань якоря змінюються повітряні зазори між якорем і осердям, індуктивності котушок і відповідно вихідна напруга мостової схеми. Вихідні сигнали з мостової схеми, амплітуда яких пропорційна висоті мікронерівностей, а частота відповідає кроку мікронерівностей, надходять на блок керування 5, а потім на лічильно-розв'язувальний блок 6 і на записуючий пристрій 7. Числові значення параметрів шорсткості поверхні (P_a , P_z та ін.) визначають за допомогою п'ятирозрядного цифрового відлічувального пристрою, розташованого на передній панелі лічильно-розв'язувального блока. Записуючий пристрій використовують для запису профілограми профілю поверхні.

Розглянемо технологію контролю деяких специфічних деталей.

Контроль блока циліндрів двигуна. Основні дефекти — тріщини і спрацювання циліндрів.

Характер і величину спрацювання циліндрів двигуна визначають так (рис. 46.5):

вимірюють штангенциркулем діаметр верхнього неспрацьовуваного пояса циліндра;

відповідно до діаметра верхньої кромки циліндра добирають змінний стержень індикаторного нутроміра;

встановлюють мікрометр на розмір, що дорівнює діаметру циліндра по верхній кромці, плюс 1 мм;

штифти індикаторного нутроміра встановлюють між п'яткою і шпинделем мікрометра, закріплюють змінний стержень і підводять нуль шкали до стрілки індикатора;

вимірюють циліндр у площині, перпендикулярній до осі колінчастого вала в трьох перерізах I, II та III на відстанях $H/6$ та $H/2$;

вимірюють циліндр у площині, паралельній осі колінчастого вала в трьох перерізах.

Користуючись наведеними нижче формулами, визначають діаметр циліндра, спрацювання його по перерізах, а також максимальну овальність і конусність циліндра.

Діаметр циліндра визначають за формулою $D_{\alpha} = D_1 - c$, де D_{α} — діаметр циліндра в даній площині перерізу, мм; D_1 — діаметр, на який було встановлено індикаторний нутромір, мм; c — відхилення стрілки індикатора, мм.

Спрацювання циліндра визначають за формулами

$$V_{\perp} = D_{\perp} - D_2; V_{\parallel} = D_{\parallel} - D_2,$$

де V_{\perp} та V_{\parallel} — спрацювання циліндра у площині, перпендикулярній і паралельній осі колінчастого вала, мм; D_{\perp} та D_{\parallel} — діаметри циліндра в перерізах цими площинами, мм; D_2 — діаметр циліндра по верхньому пояску, мм.

Конусність і овальність циліндра визначають за формулою

$$K = D_{\max} - D_{\min},$$

де K — максимальна конусність, мм; D_{\max} та D_{\min} — максимальний та мінімальний діаметри циліндра в одній площині, але в різних перерізах, мм;

$$O = D_{\max} - D_{\min},$$

де O — максимальна овальність, мм; D_{\max} та D_{\min} — максимальний і мінімальний діаметри циліндра в одному перерізі, але в двох взаємно перпендикулярних площинах, мм.

Результати вимірювань заносять у карту вимірювання і контроль блока циліндрів.

Контроль колінчастих валів. Основні дефекти — погнутість, спрацювання корінних і шатунних шийок, тріщини.

Погнутість колінчастого вала перевіряють у центрах токарного (або спеціального) верстата на биття індикатором годинникового типу, закріпленим на індикаторному стояку. Биття визначають за середньою шийкою колінчастого вала. Різниця між найбільшим і найменшим відхиленням стрілки за один оберт вала дорівнюватиме величині биття вала.

Овальність і конусність корінних і шатунних шийок колінчастого вала визначають замірюванням у двох перерізах, які відстоять від галтелей на відстані 10...15 мм. У кожному поясі вимірювання

провадять у двох перпендикулярних площинах: паралельній і перпендикулярній площинах коліна.

Конусність визначають як різницю між найбільшим і найменшим діаметрами шийки, вимірними в двох перерізах і взаємно перпендикулярних площинах. Овальність визначають відніманням з найбільшого діаметра шийки найменшого, вимірених в одному перерізі, але в різних площинах. Результати вимірювань кожної шийки заносять у карту вимірювань і контролю колінчастого вала.

Шийки колінчастого вала вимірюють мікрометрами з межами вимірювань 50, 75 і 100 мм або важільним мікрометром з шкалою відповідної точності.

Тріщини колінчастого вала виявляють зовнішнім оглядом неозброєним оком за допомогою простих лінз і магнітного дефектоскопа.

Контроль зуб'їв зубчастих коліс. Основні дефекти — спрацювання зуб'їв по товщині. Зуб'я вимірюють по товщині штангензубомірами, шаблонами, тангенціальними зубомірами і за допомогою оптичних приладів типу БП (великий проектор).

Контроль шарикопідшипників. Основні дефекти — радіальні і осеві зазори.

Радіальний люфт перевіряють так (рис. 46.6, а): перевірюваний шарикопідшипник встановлюють внутрішнім кільцем на оправку і затискають гайкою. Зверху одним кінцем стержень 4 впирається

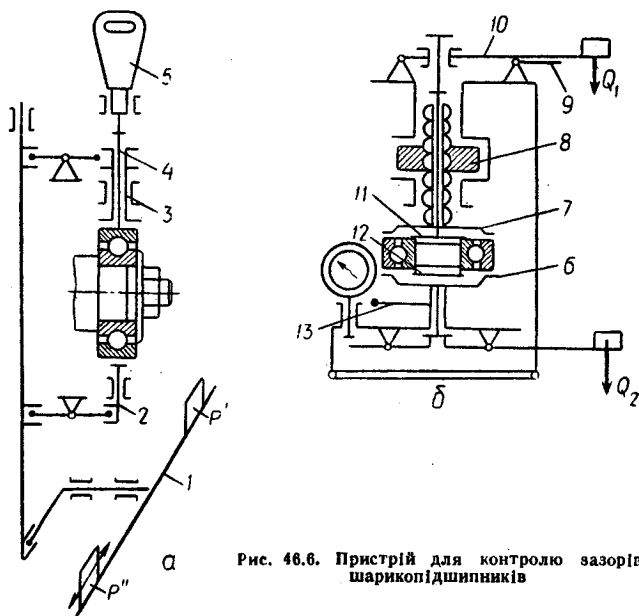


Рис. 46.6. Пристрій для контролю зазорів шарикопідшипників

в поверхню зовнішнього кільця підшипника, а другим — у ніжку мініметра 5. Знизу одним кінцем стержень 2 впирається в поверхню зовнішнього кільця підшипника, а другим кінцем зв'язаний з системою важелів. Стержень 4 проходить у трубці 3, а стержень 2 — в головці. Трубка 3 і стержень 2 за допомогою важелів з'єднані з лінійкою 1, по якій рухається тягар P'' .

Якщо тягар P'' розміщений справа, трубка 3 тисне на зовнішнє кільце підшипника зверху і кільце переміщується вниз, внаслідок чого стержень 4 також переміститься вниз і на мініметрі 5 фіксують покази стрілки. Коли ж тягар P'' перемістити ліворуч, то на зовнішнє кільце підшипника тиснутиме стержень 2 і кільце переміститься вгору. Стержень 4 також переміститься вгору. Знову фіксують покази мініметра. Різниця між показами стрілки мініметра покаже радіальний зазор у перевірюваному підшипнику.

Осьовий зазор перевіряють так (рис. 46.6, б). Шарикопідшипник встановлюють на нерухомий диск 6, а потім за допомогою рухомого диска 7 і гайки 8 затискають зовнішнє кільце підшипника. Тягар Q_1 , закріплений на важелі 10, тисне зверху через шайбу 11 на торець внутрішнього кільця підшипника. Тягар Q_2 передає зусилля знизу через важіль і шайбу 12 на торець внутрішнього кільця підшипника. Зусилля від тягара Q_1 має бути вдвоє більшим від зусилля від тягара Q_2 .

Якщо один кінець важеля 9 опустити, то другий його кінець підніме важіль 10 і шайбу 11. У такому положенні на внутрішнє кільце підшипника передаватиметься зусилля тільки від тягара Q_2 , кільце переміститься вгору, і фіксується показ індикатора. Якщо кінець важеля 9 підняти до горизонтального положення, внутрішнє кільце підшипника опуститься із зусиллям $Q_1 - Q_2$. Переміщення кільця знову фіксується індикатором. Різниця між показами індикатора буде осьовим зазором у перевірюваному підшипнику. Внутрішнє кільце підшипника у процесі вимірювання можна повертати на невеликий кут важелем 13.

Шарикопідшипники перевіряють і зовнішнім оглядом. При цьому виявляють такі дефекти, як кольори мінливості, що з'явилися внаслідок перегріву підшипників, тріщини на кільцях; відбитки кульок на бігових доріжках; викришування або злущування поверхонь кочення; пошкодження сепаратора. Підшипники з такими дефектами бракують. Результати контролю шарикопідшипників заносять у відповідну карту.

Контроль шліцевих валів. Основні дефекти: погнутість вала, спрацювання місць під підшипники і спрацювання шліців по ширині.

Биття (погнутість) вала перевіряють у центрах верстата або пристрою за неспрацьованою частиною шліців індикатором годинникового типу. Місця під підшипники заміряють мікрометрами, штангенциркулями або граничними скобами, що мають розміри, допустимі

за технічними умовами. Якщо під час вимірювання скоба пройде по діаметру шийки, такий вал треба ремонтувати. Ширину шліців вимірюють штангенциркулем або шаблоном.

Щоб виявити приховані дефекти деталей, наприклад внутрішні тріщини, раковини, непровари у зварних швах, застосовують ультразвуковий спосіб контролю. Привалкові поверхні головки та блока циліндрів контролюють на контрольній плиті щупом чи за допомогою пристроїв.

46.5. Методи виявлення дефектів (способи дефектоскопії)

Основні методи неруйнівного контролю для виявлення внутрішніх дефектів деталі такі: магнітний, електричний, вихрострумний, радіохвильовий, радіаційний, проникними речовинами та ін. (табл. 46.3).

Вибір того чи іншого методу контролю має ґрунтуватись не тільки на вимогах технічної документації. Сама суть методів визначає наперед доцільність їх застосування в усіх випадках, коли не можна однозначно робити висновки про якість того чи іншого об'єкта.

Акустичні методи неруйнівного контролю (НК) ґрунтуються на реєстрації параметрів пружних хвиль, які збуджуються або виникають в контрольованому об'єкті.

Використати особливості проходження акустичних (ультразвукових) коливань крізь середовище з метою визначення його властивостей уперше вдалося дослідникові С. Я. Соколову в 1928 р. Він же сконструював перший промисловий дефектоскоп.

За характером взаємодії фізичних полів з контрольованим об'єктом акустичний вид НК поділяють на методи прохідного випромінювання, відбивного випромінювання, резонансний, імпедансний, вільних коливань та акустико-емісійний.

Для потреб НК нині використовують пружні коливання частотою від кількох десятків до мільйонів герців. При частоті коливань, наприклад, 10^9 Гц у твердих тілах збуджуються хвилі завдовжки близько 1 мкм, що й визначає високу роздільну здатність методу. Акустичний контроль застосовують для виявлення несутцільностей (тріщин, пор, раковин, розшарувань і т. п.), структурного аналізу (визначення розміру зерен, наявності домішок та неоднорідностей тощо), вимірювання товщин при односторонньому доступі до деталей, визначення рівня рідини в емкостях, а також для розв'язання багатьох інших дефектоскопічних та вимірвальних завдань. Щодо універсальності це один з кращих методів НК, який можна застосовувати для дослідження як твердих, так і рідких тіл.

Найчастіше для контролю деталей та вузлів використовують ультразвуковий вид акустичного НК. Вивчення і приймання ультра-

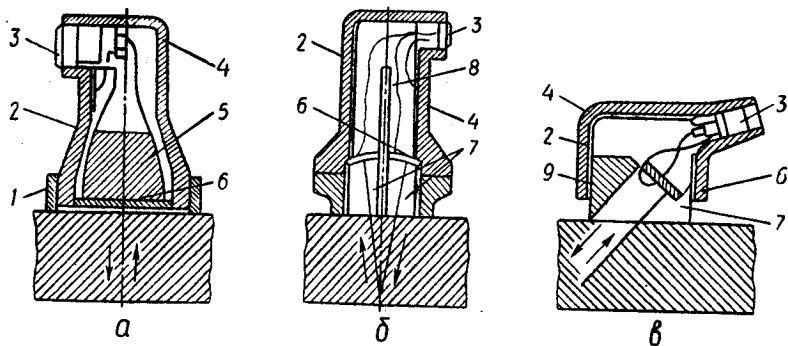


Рис. 46.7. Конструкція нормального (а), роздільного (б); та похилого (в) шукачів:
 1 — протектор; 2 — екран; 3 — штепсельне роз'яття; 4 — корпус; 5 — демпфер; 6 — п'єзо-
 пластина; 7 — призма; 8 — акустичний екран; 9 — демпфуючий блок

звукових коливань (УЗК) здійснюють за допомогою п'єзOMETричних, перетворювачів — спеціальних пластинок з кварцу, сульфату літію, титанату барію і т. п. П'єзоелектричний перетворювач є основним елементом шукача (рис. 46.7) — пристрою, призначеного для випромінювання і (або) приймання акустичних коливань, який входить до комплексу ультразвукового дефектоскопу.

УЗК, генеровані п'єзоперетворювачем, являють собою імпульс, або, точніше, хвильовий пакет, основна частота якого відповідає власній частоті коливань пластини. Для контролю об'єктів застосовують кілька видів звукових хвиль: поздовжні, поперечні і поверхневі.

Поздовжніми називають такі хвилі, в процесі проходження яких крізь певне середовище частинки середовища зміщуються в напрямі руху хвилі. Ці хвилі іноді називають також хвилями розширення або стискування, або необертковими хвилями.

У поперечних, або зсуваючих, хвилях частинки середовища коливаються в площині, перпендикулярній до напрямку поширення хвиль.

За певних умов УЗК з достатньо великою амплітудою можуть поширюватись по поверхні матеріалу (хвилі Релея, Лемба, Лява). У цьому випадку частинки переміщуються в поздовжньому і поперечному напрямках. Коливання відбуваються у площині напрямку поширення хвилі і нормалі до поверхні тіла.

Втрата енергії під час проходження УЗК крізь речовину зумовлена чотирма основними процесами: теплопровідністю, внутрішнім тертям, пружним гістерезисом і розсіюванням. Втрати залежать головним чином від частоти УЗК, структури матеріалу, а також геометричних особливостей деталі.

При акустичному контролі надзвичайно важливо, щоб УЗК вводилися в контрольований виріб з мінімальними втратами коливань

Таблиця 46.3

Вид неруйнівного контролю	Фізична основа	Виявлюваний дефект	Галузь можливого застосування під час ремонту	Фактор, що знижує ефективність даного виду НК
Акустичний (проникного випромінювання, відбитого випромінювання, імпульсний, вільних коливань, емісійний)	Реєстрація параметрів пружних хвиль, збуджених у контрольованому об'єкті	Тріщини різного роду, макро- і мікронесуцільності (раковини, пористість тощо). Включення, зони корозійного ураження, дефекти клеємеханічних, зварних та паяних з'єднань	Безрозмірна дефектація елементів конструкції. Визначення дефектів у глибині металевих і неметалевих матеріалів. Вимірювання товщин при односторонньому доступі	Неперпендикулярність напрямку ультразвукових коливань до площини шуканого дефекту у межах «мертвої зони». Найвність стиків між контрольованими елементами. Шумові завади, близькі за частотою до частоти коливань, використовуваних для НК
Магнітний (магнітопорошковий, магнітографічний, ферозондовий)	Реєстрація магнітних полів розсіювання дефектів або магнітних властивостей контрольованого об'єкта	Тріщини будь-якого походження, які виходять на поверхню або розташовані на глибині не більш як 2...3 мм від поверхні феромагнітного матеріалу. Закати, заковування, волосовити та інші несуюцільності	Контроль деталей з феромагнітних матеріалів. Контроль якості розмагнічування (ферозондовим методом). Контроль зварних з'єднань, визначення дефектів металургійного походження	Неперпендикулярність магнітного потоку до площини тріщини. Найвність поверхневих плівок завтовшки понад 30...40 мкм. Різкі зміни перерізу деталей, геометричні концентратори, які розсіюють магнітний потік
Радіаційний (радіоскопічний, ра-	Взаємодія проникаючого іонізуючого ви-	Поверхневі і глибинні тріщини, раковини,	Контроль деталей з різних сталей та сплавів	Невисока продуктивність контролю. Особ-

діографічний сцинтиляційний, іонізаційний)

проміння з контролем об'єктом

пухкості, пористість, неметалеві включення тощо. Дефекти з'єднань

ліві вимоги техніки безпеки

Проникними речовинами: капілярний (кольоровий, яскравий, люмінесцентно-кольоровий, фільтрівних частинок)

Капілярне проникнення індикаторних рідин у порожнини поверхні дефектів і реєстрація індикаторного рисунка

Поверхневі тріщини будь-якого походження, раковини, пухкості, пористості, волосовини, корозійне ураження, підтікання палива або рідин органічного походження

Контроль деталей з немагнітних матеріалів в обмежено доступних для спостереження ділянках. Дублювання інших методів НК

Наявність на поверхні покриття або плівок різного походження. Заповнення дефектів оксидами або органічними речовинами. Суб'єктивність, відсутність відповідних оптичних засобів для огляду контрольованої поверхні

Вихрострумний

Реєстрація зміни взаємодії власного електромагнітного поля котушки з електромагнітним полем вихрових струмів, наведених котушкою в контрольованому об'єкті

Тріщини будь-якого походження в поверхневих шарах деталей з електропровідних матеріалів, орієнтовані нормально до контрольованої поверхні. Фазові і структурні зміни електропровідних матеріалів. Корозійні пошкодження. Залишкова деформація. Зміна товщини захисних покриттів

Контроль матеріалів та напівфабрикатів. Контроль якості хіміко-термічної обробки (структуроскопів). Безрозбірна дефектація силових вузлів та деталей. Прогнозування (в окремих випадках) залишкової довговічності деталей з феромагнітних сплавів. Оцінка внутрішніх напруг. Вимірювання товщин при односторонньому доступі

Складність відстроювання від заважаючих факторів, пов'язаних з величиною зазора між датчиком і контрольованим матеріалом, кривизною контрольованої поверхні, невеликим віддаленням датчика від краю деталі тощо

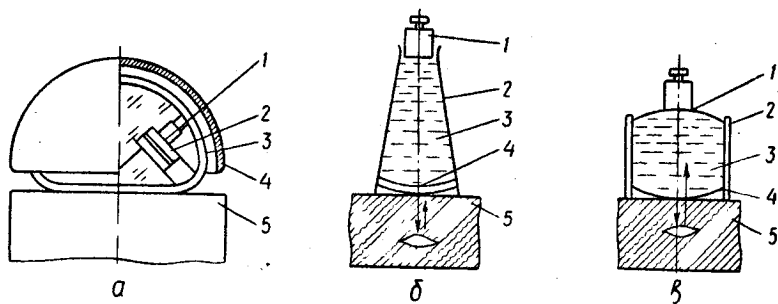


Рис. 46.8. Схема шукачів для контролю грубої поверхні:

а — шукач з ковзним протектором: 1 — п'єзоелемент; 2 — демпфер; 3 — протектор (гумова стрічка); 4 — корпус; 5 — призма; *б* та *в* — шукачі з локальною ванною: 1 — п'єзоелемент; 2 — корпус; 3 — імерсійна рідина; 4 — еластична мембрана; 5 — виріб

у місці контакту перетворювача з деталлю. Цього досягають введенням УЗК крізь тонкий шар рідини (наприклад, масла — для деталей простої конфігурації) або крізь шар імпресійної рідини, а також застосуванням спеціальних шукачів (рис. 46.8).

При великих швидкостях і вібраціях контрольованого об'єкта починають використовувати безконтактні перетворювачі, дія яких ґрунтується на повітряному акустичному зв'язку перетворювачів з об'єктом контролю, термоакустичному ефекті, ефектах електричного та електромагнітного полів.

Для забезпечення ультразвукового контролю деталей складної конфігурації необхідно фіксувати нормальні або похилі шукачі у точно визначеному місці контактної поверхні. Для цього рекомендується виготовляти спеціальні фіксуючі пристрої, які гарантують введення УЗК в тіло деталі у точно визначеному напрямі з урахуванням геометричних особливостей контрольованої ділянки і характеру шуканого дефекту (рис. 46.9). У деяких випадках при відсутності доступу до ділянок виникнення дефектів буває доцільно використати побічні поверхні деталей, які можуть сприяти заломленню падаючих на них коливань у потрібному відносно дефекту напрямі. Вплив форми імпульсу і його частоти на розподіл відбитої від дефекту і розсіяної енергії має досить складний характер. Проте, щоб відбите від дефекту коливання мало достатню амплітуду, довжини хвилі коливань має бути принаймні одного порядку з розмірами дефекту. Отже, для виявлення невеликих дефектів частоту треба збільшувати.

Для налаштування дефектоскопів часто використовують безрозмірні і розмірні АВД-діаграми (амплітуда — відстань — дефект) (рис. 46.10).

Під час контролю деталей (*A* — контрольований об'єкт) використовують ряд методів акустичної дефектоскопії. В разі контролю за методом проникного випромінювання (тіншовим) УЗК, як правило,

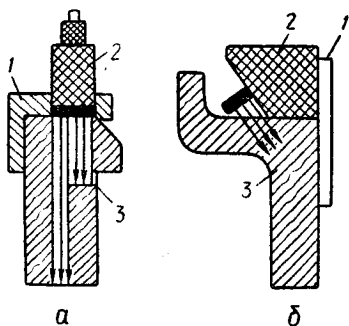


Рис. 46.9. Положення прямого (а) і похилого (б) шукачів під час ультразвукового контролю барабанів та реборд авіаційних коліс:
1 — обмежувач; 2 — шукач; 3 — тріщина

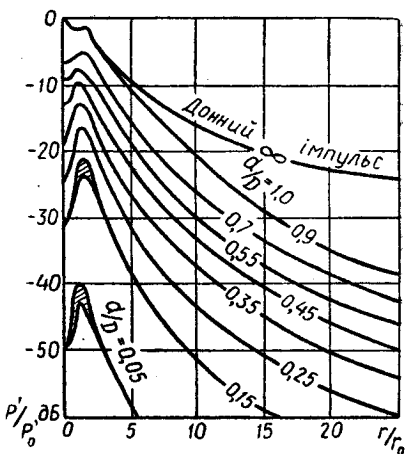


Рис. 46.10. Безрозмірна АРД-діаграма для плоскодонного отвору

вводяться з одного боку, а приймаються з другого (рис. 46.11, а), а в дзеркальному варіанті (рис. 46.11, б) — з одного боку УЗК, зустрівши на шляху дефект у вигляді несущільності, відбиваються у зворотному напрямі, що веде до зменшення амплітуди або зміни бази УЗК, які приймає приймальний елемент шукача. У загальному випадку для контролю УЗК можуть випромінюватись у безперервному або імпульсному режимах.

Розвиток тіншового методу пов'язаний з можливостями візуалізації хвильового поля для одержання зображення контрольованої ділянки деталей, виготовлених з оптично непрозорих матеріалів.

Метод відбитого випромінювання набув нині найбільшого поширення. Під час випробувань за цим методом у виріб через сполучне середовище вводять напрямлений імпульс УЗК. Ультразвукові хвилі відбиваються від протилежної поверхні виробу, і відбитий сигнал (відлуння, або «донний» імпульс) приймається перетворювачем (рис. 46.12).

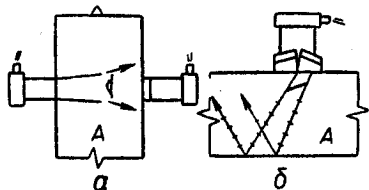


Рис. 46.11. Тіншовий метод акустичного контролю

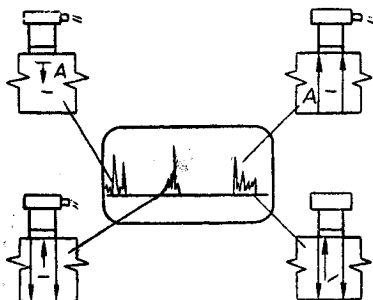


Рис. 46.12. Схема акустичного контролю за методом відбитого випромінювання

Випромінюючий перетворювач можна одночасно використати як приймач сигналів. Наявність у виробі дефекту (несуцільності) супроводиться виникненням відбитого сигналу. Інтервал між введенням у виріб початкового імпульсу і прийманням відбитого сигналу вимірюється і спостерігається на екрані дефектоскопа. Про контури дефекту можна робити висновки на підставі положення і амплітуди відбитого від неї імпульсу.

Резонансний метод ґрунтується на реєстрації параметрів резонансних коливань збуджуваних у контрольованому об'єкті. Метод дає можливість, визначаючи резонансні частоти системи, виміряти товщину виробів у контрольованій зоні, виявити деякі дефекти в цій зоні. В разі контролю резонансним методом для збудження перетворювача використовують настроюваний генератор змінної частоти. Коли виріб має товщину, яка відповідає резонансним частотам у межах діапазону настроювання генератора, то в момент проходження резонансних частот виріб вібруватиме в резонанс з шукачем, що приведе до збільшення енергії, яку виділяє перетворювач. Це збільшення енергії можна виміряти. Резонанс при таких випробуваннях настає в тому разі, коли товщина виробу дорівнює цілому числу півхвиль пружної акустичної хвилі.

Найбільшого практичного застосування резонансний метод набув у контролі паяних, клейових та клеємеханічних з'єднань.

Останнім часом поширився метод *акустичної емісії*. Перші роботи в галузі застосування явищ акустичної емісії для контролю твердих тіл припадають на 60-ті роки. Нині цей метод привертає увагу дослідників і практиків і є одним з таких, що найбільш динамічно розвиваються. Метод успішно застосовують для контролю емкостей високого тиску, тонкостінних оболонок і т. д. Відповідну апаратуру починають використовувати для контролю і управління деякими технологічними процесами.

Інтерес до методу акустичної емісії зумовлений насамперед тим, що він дає можливість визначити наявність, величину і місце мікротріщин, які розвиваються, причому дистанційно із значною швидкістю.

Акустична емісія — це явище поширення в твердому тілі хвиль пружної деформації внаслідок звільнення енергії при пластичній деформації або руйнуванні (злам) локального об'єму.

Акустична емісія в металі являє собою хвилі пружної деформації невеликої амплітуди, створювані дискретними (розривними, переривчастими) рухами, які супутні непружній деформації і розвитку тріщини. Хвилі пружної деформації — результат деформації або розвитку джерел руйнування. Вони виявляються як невеликі зміщення на поверхні контрольованого об'єкта. Явища акустичної емісії виникають і в разі зовнішнього тертя спряжених поверхонь, а також під час технологічної обробки поверхневого шару деталей.

Хвилі акустичної емісії виявляють безпосередньо приєднанням пасивних п'єзоелектричних датчиків до поверхні, перетворенням і зчитуванням швидких електричних імпульсів, спричинених зміщенням чутливого елемента датчика у вигляді ряду одиничних імпульсів або кількості енергії. Прийняті імпульси або сигнали мають порівняно високу частоту в межах 100 кГц ... 1 МГц і більше.

Оскільки для визначення акустичної емісії ($10^4 \dots 10^5$ одиничних імпульсів за 1 с^{-1}) потрібен відносно високий коефіцієнт підсилення (аж до $10^6 \dots 10^7$), створюється можливість аналізу атомних механізмів руйнування. Рівень енергії сигналів акустичної емісії низький.

Можна назвати такі залежності параметрів акустичної емісії:

в разі виникнення ділянок пластичної деформації об'ємом V_p спостерігається залежність

$$N_3 = aV_p,$$

де N_3 — загальне число імпульсів акустичної емісії; a — константа; в разі виникнення стрибкоподібного розвитку у зразку тріщини має місце залежність

$$N_3 = d'' k_n^q,$$

де k_n — коефіцієнт інтенсивності напружень в усті тріщини; d'' та q — константи.

Наведені рівняння підтверджують, що метод акустичної емісії можна застосовувати не тільки для виявлення, а й для слідкування за утвореною мікротріщиною, а також для оцінки моменту її субкритичного зростання. При цьому, якщо сигнали акустичної емісії приймаються одночасно двома або кількома датчиками, вимірюванням різниці в часі надходження хвиль напруг можна визначити координати джерела акустичної емісії.

Апаратура для неруйнівного контролю емісійним методом містить чутливі високочастотні перетворювачі (приймальні елементи), фільтри для усунення фонових сторонніх шумів, підсилювачі з високим коефіцієнтом підсилення і низьким рівнем власних шумів, вихідні пристрої (реєстратори, лічильно-розв'язувальні пристрої і т. п.).

Магнітні методи неруйнівного контролю ґрунтуються на принципі «магнітного розсіювання». Основні види магнітних методів НК: магнітопорошковий, магніторезисторний (магнітоферозондовий), магнітографічний. В умовах авторемонтного виробництва найбільше застосовують магнітопорошковий метод.

Магнітопорошковий метод (метод магнітних частинок) ґрунтується на виявленні магнітних полів розсіювання за допомогою феромагнітних порошоків. Його широко використовують підприємства для виявлення дефектів у вигляді порушення суцільності на феромагнітних деталях як тих, що виходять на поверхню (видимих), так і тих, що лежать на невеликій глибині під поверхнею (до 3 мм залежно від

характеру дефекту, режиму і способу контролю). Магнітопорошковим методом найпростіше визначають тріщини гартівні, термічні, шліфувальні, від втомленості та усадочні, а також неметалеві включення, ковальські дефекти та інші у вигляді порушення суцільності з шириною розкриття 0,001...0,03 мм і глибиною 0,01...0,04 мм.

Для контролю використовують як звичайні, або фарбовані, феромагнітні порошки, так і магнітолюмінесцентні — для контролю деталей з темною, а також блискучою поверхнею.

Магнітопорошковий метод включає в себе три основних етапи: намагнічування матеріалу, нанесення магнітних частинок і розмагнічування. Магнітні частинки (індикаторне середовище) можна використовувати або в завислому стані в повітрі (сухими), або суспендованими в рідині (магнітна суспензія). Порошки у вигляді суспензії використовують частіше.

Якщо дефект поверхневий або розташований близько від поверхні, то на його місці після намагнічування виникає пара магнітних полюсів, які затримують на поверхні нанесені магнітні частинки (порошок). В результаті утворюється зображення контуру дефекту, що визначає його розташування і протяжність.

Стан поверхні контрольованого виробу істотно впливає на виявлення дефектів магнітопорошковим методом (особливо це стосується підповерхневих дефектів). Поверхня має бути чиста, суха і вільна від корозії.

Магнітопорошковий метод допускає контроль деталей після оксидування, фарбування або нанесення металевого покриття (цинкування, кадміювання, хромування). Якщо товщина покриття перевищує 30 мкм, контроль може виявити тільки грубі дефекти. Поверхневі дефекти, як правило, дають порошкові рисунки з чіткими обрисами, тимчасом як підповерхневим дефектам звичайно відповідають рисунки з менш чіткими обрисами.

Напруженість поля розсіювання від дефектів визначається різними факторами: намагнічуванням, магнітною проникністю матеріалу та формою виробу, формою, розміром, розташуванням і орієнтацією дефектів.

Після магнітного контролю необхідно зняти залишкове намагнічування (магнітне поле може спричинити посылки в показах компаса та інших чутливих електричних приладів, а також інтенсифікувати процеси поверхневого руйнування контактуючих деталей). Для цього виріб піддають дії змінного безперервно змінюваного магнітного поля.

Застосовують три способи намагнічування деталей (рис. 46.13):

1. Циркулярне намагнічування (рис. 46.13, а), коли крізь деталь або провідник, на який надіто випробовувану деталь пропускають струм. При цьому створюється магнітне циркулярне поле, площа

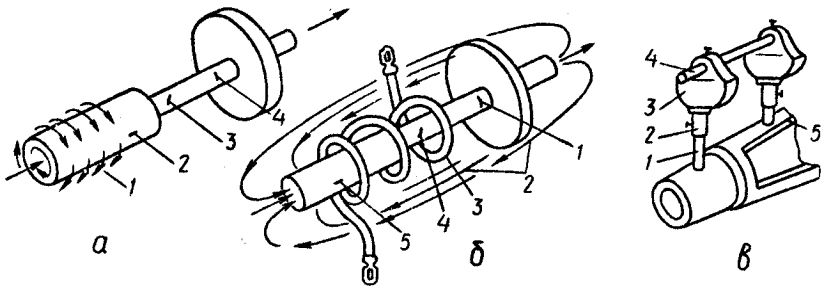


Рис. 46.13. Способи намагнічування деталей:

а — циркулярне: 1 — магнітні силові лінії; 2 — поздовжня тріщина (виявляється); 3 — тріщина під кутом 45° (виявляється); 4 — поперечна тріщина (не виявляється); *б* — поздовжнє: 1 — поперечна тріщина (виявляється); 2 — магнітні силові лінії; 3 — соленоїд; 4 — тріщина під кутом 45° (виявляється); 5 — поздовжня тріщина (не виявляється); *в* — прикладеним магнітним полем: 1 — накснечник; 2 — перехідний фланець; 3 — магніт; 4 — сполучна штанга; 5 — контрольована цапфа

якого перпендикулярна до напрямку струму, який тече по деталі чи провіднику. Метод зручний для контролю деталей малого діаметра і великої довжини з поздовжніми дефектами.

2. Подовжнє намагнічування (рис. 46.13, б), коли деталь вміщують між полюсами електромагніту або в поле соленоїда. Метод ефективний для контролю деталей з магнітотвердих матеріалів з коерцитивною силою близько 795 А/м (10 Е).

3. Комбіноване намагнічування (поздовжнє і циркулярне) дає можливість контролювати деталі з будь-якою орієнтацією дефектів.

Застосовують також намагнічування в прикладеному магнітному полі (рис. 46.13, в), коли контроль здійснюється без винесення деталі з поля електромагніту. Цей метод придатний для контролю магнітотвердих матеріалів.

Для намагнічування використовують постійний, змінний, одно- і двіперіодний випрямлений або імпульсний струм, причому інтенсивність магнітного поля залежить від величини струму. Напруга джерела струму має бути порівняно низька для безпеки роботи і зведення до мінімуму можливості пошкодження виробу.

Постійний струм створює магнітне поле, яке глибоко проникає в метал. Дія магнітного поля, створюваного високочастотним змінним струмом, обмежена в силу поверхневого ефекту лише зовнішніми шарами металу. Тому змінний струм найчастіше застосовують для виявлення поверхневих дефектів.

Напруженість намагнічувального поля добирають такою, щоб вона відповідала магнітним властивостям і розмірам досліджуваної деталі. Найчастіше використовують циркулярне намагнічування. При цьому режимі намагнічування можна розраховувати за такими формулами:

при циркулярному намагнічуванні деталей циліндричної форми

$$I' = HD_d/4 = 0,25HD_d,$$

де I — сила струму, А; H — напруженість магнітного поля на поверхні деталі, Е; D_d — діаметр деталі, мм;

при циркулярному намагнічуванні великих деталей кільцевої або циліндричної форми із застосуванням гнучкої тороїдної обмотки

$$I' = HD_k/(4\omega') = (0,25/\omega') HD_k,$$

де ω' — число витків обмотки; D_k — діаметр кільця, мм;

при циркулярному намагнічуванні деталей, що мають вигляд тонких пластин або дисків,

$$I' = HB/(2\pi) = 0,16HB,$$

де B — ширина пластин або діаметр диска, мм.

Індикаторне середовище, використовуване при «сухому» методі контролю, являє собою подрібнений феромагнітний порошок з високою магнітною проникністю і малою коерцитивністю. Для приготування забарвлених магнітних порошоків рекомендується застосовувати дрібні залізні порошки ПЖ10М — ПЖ50М. Після нанесення на поверхню зайвий порошок видаляють слабкою струминою повітря.

При «вологому» методі контролю за індикаторне середовище правлять подрібнені частинки чорного чи червоного оксиду заліза, суспендовані в легких маслах (або в гасо-масляних сумішах) або ж у воді. У воду додають біхромат калію (близько 5 г/л), кальциновану соду (близько 10 г/л) та емульгатор ОП-7 чи ОП-10 (близько 5 г/л). Цю суспензію наносять на поверхню контрольованого виробу набризкуванням чи зануренням.

Іноді замість звичайного магнітного порошку використовують магніто-люмінісцентні або флюоресціюючі порошки. Застосування флюоресціюючих магнітних порошоків полегшує контроль виробів і забезпечує підвищену чутливість, особливо в разі виявлення підповерхневих дефектів.

Приготовлений магнітний порошок чи суспензію піддають контролю за спеціальною методикою. Важливий показник якості магнітної суспензії — концентрація магнітного порошку (10...30 г/л).

Для контролю деталей методом магнітного порошку можна застосовувати різні дефектоскопи. Усі вони, як правило, містять пристрої для закріплення об'єкта випробування (або пристроїв для намагнічування), намагнічування різних типів, нанесення індикаторного середовища (ванни для занурення, насоси, ємкості і т. д.), розмагнічування і огляду поверхні. Наприклад, у ремонтному виробництві широко використовують магнітні дефектоскопи типу УМДЭ різної потужності. Дефектоскопи цієї серії дають можливість здійснювати повний цикл магнітного контролю.

Електронно-іонне керування дефектоскопів УМДЭ забезпечує вмикання струму, плавне його регулювання (намагнічувальний струм може досягати 1700 А при максимальній напруженості магнітного поля до 557 кА/м), випрямлення струму і обмеження часу його дії, гарантує стабільність залишкової намагніченості.

Деталі можна перевіряти роздільним або комбінованим намагнічуванням. Можливий контроль у прикладеному магнітному полі і на залишковій намагніченості. Є прилади для вимірювання струму при циркулярному намагнічуванні і напруженості при поздовжньому намагнічуванні в соленоїді. Після контролю деталі розмагнічують автоматично в контактному пристрої дефектоскопів.

На ремонтних заводах застосовують також магнітні дефектоскопи МДА-3-408, ПМД-70, МД-50, ЦВН-3, ДМП-2 та ін.

Магнітопорошкова дефектоскопія, яка ґрунтується на візуальному спостереженні за концентрацією частинок магнітного порошку, має ряд недоліків. До них належать: суб'єктивність, неможливість виявлення внутрішніх дефектів, вплив конфігурації деталі на результати контролю та ін.

Радіаційні методи неруйнівного контролю ґрунтуються на реєстрації і аналізі проникаючого іонізуючого випромінювання після взаємодії з контрольованим об'єктом. За характером взаємодії фізичних полів з контрольованим об'єктом радіаційні методи НК класифікуються на методи проникного випромінювання, розсіяного випромінювання, активаційного аналізу, характеристичного випромінювання та автоемісійний; за способом одержання первинної інформації — на сцинтиляційний, іонізаційний (радіометричний), вторинних електронів, радіографічний та радіоскопічний методи.

За допомогою радіаційних методів виявляють поверхневі і глибинні тріщини, орієнтовані вздовж напрямку променя, раковини, нещільності, ліквіаційні зони, неметалеві і шлакові вclusions.

Чутливість радіаційних видів неруйнівного контролю характеризується чутливістю в напрямі просвічування (контрастна чутливість) і в напрямі, перпендикулярному до просвічування (роздільна здатність, детальна чутливість). У середньому радіаційними методами виявляються дефекти протяжністю в напрямі просвічування від 2 (сталі) до 10 % (легкі сплави) від товщини виробу при ширині $\geq 0,025$ мм.

В разі використання радіометричного методу міру виявлення дефекту характеризують чутливістю за площею чи об'ємом дефекту (об'ємна чутливість). Найвища чутливість радіометричного методу під час контролю виробів великої товщини становить 0,3...0,5 %, що відповідає об'ємній чутливості 0,3...0,7 см³.

Для оцінки чутливості радіаційного контролю широко використовують еталони чутливості, найчастіше — стандартні еталони — пластинки з канавками.

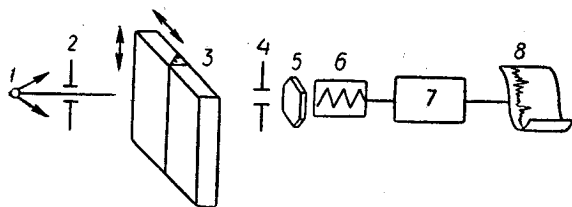


Рис. 46.14. Схема радіометричного методу контролю:

1 — Джерело випромінювання; 2 та 4 — коліматори; 3 — контрольований об'єкт; 5 — сцинтиляційний чутливий елемент; 6 — фотопомножувач; 7 — підсилювач; 8 — реєструючий пристрій

Залежно від іонізуючого випромінювання, використовуваного для контролю, у техніці найбільше застосовують рентгенівський і гамма-метод.

У *рентгенівському методі* для індикації внутрішніх дефектів у матеріалах та виробах, їх місцезнаходження, форми і розмірів використовують рентгенівське гальмове, або характеристичне випромінювання, яким просвічують об'єкт контролю.

Таблиця 46.4

Матеріал об'єкта	Товщина об'єкта, мм	Джерело випромінювання
Сталь	1...15	Тулій-170
»	15...40	Іридій-192
»	40...80	Цезій-137
Алюміній і його сплави	5...50	Тулій-170
Магній і його сплави	50...150	Іридій-192
Титан і його сплави	10...200	Тулій-170
Те саме	2...30	»
»	30...100	Іридій-192

При іонізаційному (радіометричному) методі контролю об'єкт просвічують вузьким пучком випромінювань, який послідовно переміщується по контрольованих ділянках (рис. 46.14). Випромінювання, що пройшло крізь контрольовану ділянку, перетворюється детектором, на виході якого виникає електричний сигнал, пропорційний інтенсивності випромінювання. Електричний сигнал через підсилювач надходить на реєстраційний пристрій.

Радіометричний метод високопродуктивний, і його легко можна автоматизувати. Проте за допомогою цього методу важко робити висновки щодо характеру і форми дефектів, а також неможливо визначити глибину їх залягання.

У *гамма-дефектоскопії* як засіб випробування використовують випромінювання радіоактивних ізотопів. Джерело випромінювання вибирають залежно від матеріалу об'єкта контролю і його товщини (табл. 46.4).

Основні різновиди методу (гаммаграфія, радіометричний і флюороскопічний) аналогічні до методів рентгенодефектоскопії.

При нейтронному методі як засіб випробувань використовують нейтронне випромінювання. Маючи велику проникну здатність, воно дає можливість просвічувати великі товщини досліджуваних матеріалів. Методи нейтронної дефектоскопії поки що перебувають у стадії розробки.

В окремий різновид виділилися методи радіаційної товщинометрії. Для цього використовують рентгенівське, γ - та β -випромінювання.

Вибір устаткування для радіаційного контролю визначається густиною і товщиною матеріалу контрольованого виробу, швидкістю виконання контролю, конфігурацією контрольованої деталі або виробу, технологічними особливостями контролю.

Промисловість випускає широку номенклатуру засобів радіаційного контролю, які мають найрізноманітніші характеристики. До найуніверсальніших належать рентгенівські апарати РАП 150/300 (стаціонарний), РИ-10, РУП-100-10 (пересувний), РИ-10ФП (польовий рентгенівський флюорограф) та ін. В автоматичному рентгенівському флюорографі РИ-10ФП як рентгенівський перетворювач використовують монокристалічний екран. Зображення контрольованої ділянки автоматично реєструється фотокамерою.

Для гамма-дефектоскопії використовують апарати типу РИД, ГУП, Гаммарид. Для перегляду промислових рентгенівських негативів рекомендується використовувати негатоскопи, наприклад ОД-10Н.

Значних успіхів досягнуто в галузі створення рентгенотелевізійних інтроскопів — приладів «внутрішньобачення». В електронно-оптичних рентгенівських інтроскопах використовують перетворення рентгенівського випромінювання, яке пройшло крізь контрольований об'єкт, в оптичне зображення, спостережуване на вихідному екрані. В рентгенотелевізійних інтроскопах це зображення передається на телевізійний екран.

Дефектоскопічна чутливість таких приладів становить звичайно 0,7...4 % (залежно від товщини контрольованого матеріалу і його марки), роздільна здатність — близько 0,5 ліній/мм, діаметр поля контролю — 40...200 мм.

Безпека праці під час радіаційної дефектоскопії має відповідати складному комплексу вимог. Вона включає в себе захист від струму високої напруги, газів, вогню, іонізуючих випромінювань, у тому числі від розсіяного випромінювання.

Захист від іонізуючих випромінювань забезпечується екрануванням за допомогою захисних матеріалів (свинець, свинцеве скло, свинцева гума, вольфрам, залізо, барит), додержанням безпечної відстані, гранично коротким часом перебування в зоні випромінювань. Безпеці праці при радіаційному контролі приділяють особливу увагу. Заходи захисту і запобігання від уражень іонізуючими випромінюваннями детально розроблені, і їх треба неухильно додержувати.

Капілярні методи неруйнівного контролю (методи проникних рідин) ґрунтуються на капілярному проникненні індикаторних рідин у порожнини поверхневих дефектів і реєстрації індикаторного рисунка.

За способом одержання первинної інформації капілярні методи поділяють на такі:

1. Кольоровий (хроматичний) метод, що ґрунтується на реєстрації кольорового контрасту індикаторної рідини чи газу і фону поверхні контролюваного об'єкта.

2. Люмінесцентний метод, який ґрунтується на реєстрації параметрів флюоресціюючої індикаторної рідини, яка проникає в порожнини дефектів під час обпроміювання ультрафіолетовим промінням.

3. Люмінесцентно-кольоровий метод, який ґрунтується на реєстрації параметрів флюоресціюючої індикаторної рідини, яка проникає у порожнини дефектів у видимому світлі під час обпроміювання ультрафіолетовим промінням.

4. Метод фільтрівних частинок, який ґрунтується на реєстрації контрастів яскравості і кольору, скупчення індикаторних частинок у зоні дефекту на поверхні контролюваного об'єкта.

5. Яскравісний (ахроматичний) метод, який ґрунтується на реєстрації контрасту яскравостей індикаторної рідини або газу і фону поверхні контролюваного об'єкта.

Для ремонту найбільшого поширення набули перші три методи, які застосовують для визначення поверхневих дефектів типу тріщин, пор, нещільностей, неспаяних місць, волосовин і т. п. на поверхнях деталей. Застосувавши метод, можна виявити тріщини з шириною розкриття 0,001 мм і більше завглибшки 0,01 мм і більше.

Суть методів полягає ось у чому. На попередньо очищену контрольовану поверхню деталі наносять рідину з великими змочувальними здатністю і капілярним тиском, в результаті яких рідина проникає в найдрібніші тріщини і пори (рис. 46.15). Швидкість потрапляння рідини в порожнину дефекту визначається поверхневим натягом, кутом змочування і в'язкістю рідини. Порожнини дефектів можуть заповнюватись при зниженому тиску в порожнинах (вакуумний метод), при діянні на проникну рідину підвищеного тиску або ультразвукових коливань (компресійний і ультразвуковий методи), при статичному навантаженні об'єкта контролю (в межах пружності) з метою розкриття тріщини (деформаційний метод).

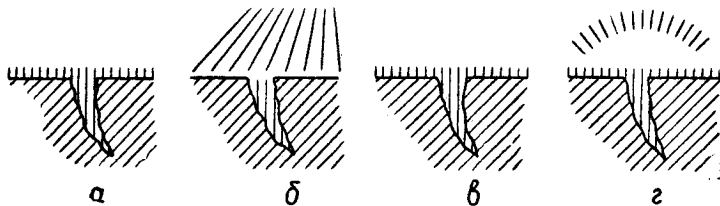


Рис. 46.15. Схема капілярної дефектоскопії:

а — нанесення індикаторної рідини; б — видалення надміру рідини; в — нанесення проявляючої суміші; г — поява індикаторного рисунка

До проникної рідини як індикатор додають або барвник (при кольоровому методі), або люмінесціюючу добавку — люмінофор (при люмінесцентному методі). Після проникнення рідини в капілярні дефекти (для цього деталь деякий час видержують у проникному середовищі) надмір рідини, що залишається на поверхні, видаляють. Якась частина проникної рідини з уведеним в неї барвником чи люмінофором залишається в дефекті. Далі на поверхню деталі наносять шар проявника, наприклад порошку з великою абсорбуючою здатністю. Нанесена на поверхню речовина абсорбує рідину, що залишилася в дефекті і при цьому або забарвлюється в яскравий колір барвника в місці розташування дефекту (при кольоровому методі) або змочується рідиною з люмінесціюючою добавкою, яка після опромінення ультрафіолетовим промінням починає флуоресціювати.

Чутливість капілярних методів дефектоскопії залежить від таких факторів: вибору барвників чи люмінофора, змочувальної здатності основного компонента, властивостей абсорбуючої речовини і якості підготовки поверхні деталі. Методики кольорового, люмінесцентно-кольорового контролю різняться деякими особливостями.

При *кольоровому контролі* деталь або частину її поверхні перед початком обробки проникною рідиною очищають від лакофарбових покриттів, масла, стружки та інших забруднень. Застосовувати механічні методи очищення не слід, бо при цьому в результаті контактних деформацій поверхневого шару виявлення дефектів може істотно поменшати. Проникну рідину з добавкою барвника (індикаторна фарба) наносять на поверхню деталі пензликом або зануренням деталі в рідину. Після видержки протягом 5...10 хв рідину видаляють з поверхні водою або розчинником залежно від застосовуваних дефектоскопічних матеріалів.

Індикаторні речовини складають на основі гасу з добавкою бензолу, скипидару та спеціальних барвників (наприклад, червона фарба). Для контролю виробів з темною поверхнею застосовують магнітний порошок, забарвлений люмінофорами (магніто-люмінесцентний метод), що дає можливість виявити найтонші тріщини.

Після очищення поверхні деталі на ній напилюванням або м'яким пензликом наносять шар білого проявника. Через 15...20 хв на білому тлі у місцях розташування дефектів виникають характерні яскраві смуги чи плями. Тріщини проявляються у вигляді тонких ліній, яскравість яких залежить від глибини тріщин. Пори проявляються як цятки різної величини, а міжкристалітна корозія — у вигляді тонкої сітки. Дуже дрібні дефекти можна спостерігати крізь лупу або бінокулярний мікроскоп.

Після закінчення контролю проявник видаляють з поверхні деталі, протираючи її змоченим у розчиннику ганчір'ям, а потім просушують.

Дефектоскопічні матеріали застосовують комплектно. До комплекту входять індикаторна (проникна) рідина, очисна рідина, фарба-проявник. Застосовують такі комплекти (перша літера — марка проникної рідини, друга — проявника): Д—М та Д—В — для контролю деталей при температурі 278 К і вище; Е—Г — для контролю деталей при температурі 278...233 К; К—М — для контролю деталей для температурі 278...223 К.

Дефектоскопічні матеріали можуть міститись у звичайному посуді, а також в аерозольних флаконах, що робить їх використання особливо зручним.

У разі *люмінесцентного контролю* після очищення на поверхню деталі наносять флуоресціюючу проникну рідину, для чого деталь занурюють в резервуар. Після нанесення рідини деталі видержують на повітрі 5...10 хв, щоб розчин міг проникнути в мікроскопічні дефекти на її поверхні. Розчин видаляють, обдуваючи деталь стиснутим повітрям, промиваючи струминою води або обтираючи ганчір'ям, змоченим в розчиннику. Після промивання деталей просушують при температурі 323 К. Щоб прискорити вихід дефекту з площини на поверхню флуоресціюючої рідини, її обпилюють дисперсним порошком, що має абсорбуючі властивості (сухий проявник), або занурюють у ванну з «мокрим» проявником.

Як сухий проявник звичайно застосовують оксид магнію, силікагель або тальк. Обпилену деталь видержують протягом 8...10 хв. Тривалість видержки залежить від якості адсорбуючого порошку і характеру (глибини) тріщини. Після цього зайвину порошку видаляють. Адсорбуючий порошок, просочений флуоресціюючою рідиною, залишається в місцях розташування дефектів. Обпрямлюючи деталь ультрафіолетовим промінням, уточнюють розташування дефекту на темній поверхні деталі у вигляді яскравого свічення різних кольорів і відтінків (наприклад, темно-зеленого, зелено-голубого залежно від застосовуваних люмінофорів).

Дефектоскопічні матеріали для люмінесцентної дефектоскопії також застосовують комплектно. Вони включають проникну індикаторну (люмінесцентну) рідину, очисну рідину і проявник. Так, комплект «Люм-1 водосмываемый» призначено для виявлення головним чином тонких несучільностей при високій продуктивності праці, що забезпечується водозмиваністю матеріалів. Комплект «Люм-2 с последующей эмульсификацией» призначено для виявлення мікроскопічних і більших розкритих на поверхні несучільностей при індивідуальному контролі деталей. Цим комплектом можна виявити слабо помітні нерівності (подряпини, сліди обробки різальними інструментами тощо) завдяки високій адгезії люмінесціюючого розчину.

Люмінесцентно-кольоровий контроль — комбінований метод. Він суміщає і розширює можливість виявляти поверхневі дефекти в денному і невидимому ультрафіолетовому світлі з найвищою чутливістю

без застосування під час огляду оптики (за рідкісним винятком). Цей метод дає можливість удосконалювати люмінесцентний метод за допомогою дифузійно-сорбційного плівкового проявлення і застосування червоної люмінесценції, використати водозмивну індикаторну рідину, знизити токсичність реактивів.

Люмінесцентно-кольоровий метод має такі особливості:

дефекти виявляються або за люмінесцентним, або за кольоровим способом, тобто при ультрафіолетовому, денному чи мішаному освітленні;

виявляються досить малі щодо розкриття на поверхні тріщини (порядку 1 мкм);

застосовувана індикаторна рідина зберігає здатність флуоресцювати після висихання проявника;

змивна речовина (очисник) погано змочує метал, але є розчинником індикатора, що гарантує його видалення лише з поверхні виробу;

проявник являє собою нітроцелюлозну речовину, яка швидко висихає, причому в неї переходить флуоробарвник індикаторної рідини.

Флуоробарвник зберігає при цьому здатність люмінесцювати, має достатню адгезію. В разі нанесення плівки підвищеної товщини її можна відокремити від контрольованої поверхні для документації результатів дефектоскопії.

Технологія контролю описуваним способом зводиться до знежирювання поверхні розчинниками; нанесення проникної індикаторної рідини пензлем чи будь-яким іншим методом; промивання деталі текучою холодною водою з подальшим старанням протиранням марлевым тампоном, змоченим очисною рідиною; виявлення дефектів нанесенням рівного одинарного тонкого шару проявника. Найзручніші для цього аерозольні флакони, огляд у видимому денному світлі (ДС) чи фільтрованому ультрафіолетовому (УФС).

У разі огляду деталей у ДС дефекти мають вигляд пурпурово-червоних слідів на білому тлі, а в УФС — яскравих оранжево-червоних слідів на темному фіолетовому тлі. Найвищої чутливості досягають в разі огляду в якнайбільше сконцентрованих пучках УФС (так званий перший ступінь чутливості).

До комплекту дефектоскопічних люмінесцентних кольорових матеріалів входять проникна рідина, очисна рідина, проявний лак. Комплекти дефектоскопічних матеріалів досить складні.

Усі матеріали для капілярної дефектоскопії треба контролювати за спеціальною методикою. Зокрема контролюють якість люмінесцюючих рідин (інтенсивність люмінесценції концентрату, оцінка кольору, змочувальна здатність і критична товщина шару розчину, що дає люмінесценцію), перевіряють якість індикаторних рідин і порошків-проявників. Крім того, на кінцевому етапі контролю необхідно перевіряти, як виявляються еталонні дефекти. Необхідність контролю

якості матеріалів для капілярної дефектоскопії зумовлена певною суб'єктивністю методу, залежністю можливості виявлення дефектів від кольорового і світлового контрасту і навіть гостроти зору чи психологічного стану спостерігача-дефектувальника.

Вихрострумівий неруйнівний контроль ґрунтується на аналізі взаємодії поля вихрострумівого перетворювача з електромагнітним полем вихрових струмів, що наводяться в контрольованому об'єкті. За первинним інформативним параметром методи поділяють на амплітудний, частотний, спектральний, багаточастотний.

Методи, які ґрунтуються на використанні вихрових струмів, застосовують для виявлення порушення суцільності, неоднорідностей структури та відхилень хімічного складу в електропровідних виробках, у структуроскопії. Вихроструміві методи застосовують також для вимірювання товщин покриттів, листових матеріалів і труб. Велика заслуга в розробці вихрострумівих методів контролю належить вченим В. А. Аркадьєву, А. Б. Сапожникову, А. Л. Дорофєєву, Н. М. Родигіну та ін.

Суть методу полягає ось у чому. Коли до поверхні металевого виробу підносять котушку, якою тече змінний електричний струм, у металі наводяться вихрові струми (рис. 46.16). Наведені вихрові струми залежать від величини і частоти змінного струму, електропровідності, магнітної проникності і форми виробу, відносного розміщення котушки та виробу, а також від наявності у виробі неоднорідностей або несучільностей.

Електромагнітне поле вихрових струмів має протилежний напрям порівняно з навідним. Внаслідок цього вихрові струми впливають на загальний опір (імпеданс) котушки збудження, що знаходиться безпосередньо поблизу виробу. Визначення величини й характеру змін

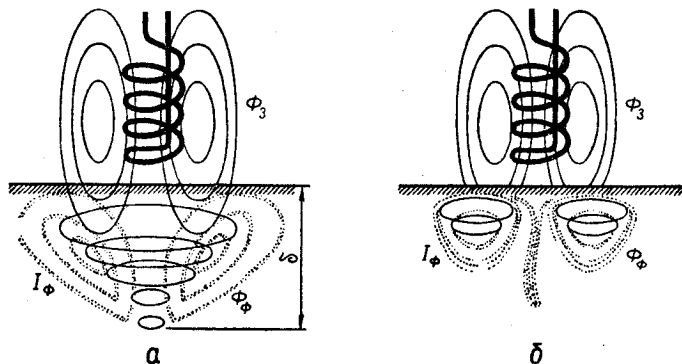


Рис. 46.16. Схема електромагнітного неруйнівного контролю:

а — монолітний метал; б — метал з тріщиною; Φ_3 — збуджувальне електромагнітне поле; Φ_4 — наведене електромагнітне поле; I_4 — вихрові струми; δ — глибина проникання

енесених опорів (активних та індуктивних) і є основою для виявлення дефектів або відмінностей у фізичній, хімічній та металургійній структурі матеріалу. Залежність сигналів перетворювача від параметрів об'єкта і режиму контролю виражається годографами, оскільки сигнали зображаються векторами на комплексній площині напружень. Годографи можна вивести теоретично або експериментально.

Отже, струм, який тече в котушці, несе інформацію про виріб, його розміри, механічні і хімічні властивості, а також про наявність чи відсутність дефектів, тобто відбувається своєрідне відбиття електромагнітної операції. Характер відбитого поля визначиться в основному двома явищами, що відбуваються у випробовуваному виробі: збуджувальне поле індукує в металі вихрові струми; збуджувальне поле змінює магнітну доменну структуру випробовуваного виробу.

У неферромагнітних металах має місце тільки перше явище, причому на результати вимірювання переважний вплив має друге явище.

У різних вихрострумівих приладах використовуються кілька способів збудження вихрових струмів в об'єкті: вміщення об'єкта в котушці або котушки в об'єкті (метод охоплюючого або прохідного перетворювача), накладання перетворювача на об'єкт (так звані накладні перетворювачі), за допомогою комбінованих перетворювачів. Крім того, перетворювачі поділяють на абсолютні і диференціальні.

В разі використання абсолютного перетворювача оцінюється зміна повного опору при взаємодії з конкретною ділянкою контролюваного об'єкта. Коли ж використовують диференціальні типи перетворювачів, порівнюють електромагнітні характеристики двох перерізів виробу або двох різних виробів, один з яких вважається бездефектним. Звичайно перетворювачі сполучають послідовно так, щоб у разі контролю бездефектного виробу вихідна напруга дорівнювала нулю. Диференціальна схема не має більшої чутливості, але дає можливість відстроїтися від факторів, які заважають, що збільшує достовірність контролю.

Важлива характеристика детектованих вихрових струмів — глибина їх проникання δ . (Це відстань від поверхні, на якій амплітуда падаючої електромагнітної хвилі зменшується в 1 раз.) Відповідно до величини δ змінюватиметься і контрольна товщина матеріалу виробу. Глибину проникання вихрових струмів залежно від частоти струму котушки можна визначити за номограмою (рис. 46.17).

Особливу увагу в разі контролю вихрострумівим методом слід звер-

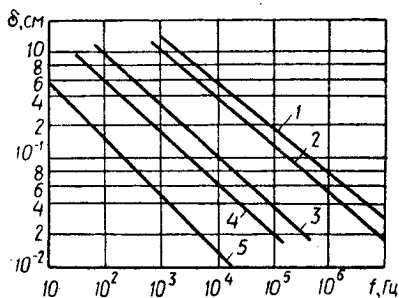


Рис. 46.17. Номограма для визначення глибини проникання вихрових струмів δ (за даними А. Л. Дорофєєва):

1 — титановий сплав ВТЗ; 2 — нержавіюча сталь 1Х18Н9Т; 3 — АК6; 4 — мідь; 5 — високолегована сталь

нути на зазор між перетворювачем і зразком, наявність якого позначається на результатах. Цей же фактор значно обмежує можливості методу для дефектації НК деталей складної конфігурації. Щоб зменшити вплив величини зазора на покази приладу, передбачаються такі заходи, як стабілізація зазора каліброваними прокладками, використання автоматичних коригуючих пристроїв тощо. Проте часто й ці прийоми не гарантують необхідної стабільності і достовірності результатів контролю. Це об'єктивно зумовлене інтегральністю вихідного сигналу вихрострумowego перетворювача, який несе інформацію і про електромагніти, і про геометричні, механічні та інші властивості виробу, особливо у випадку контролю феромагнітних сплавів. Тому нині розробляють спеціальні методи так званого багатопараметрового вихрострумowego контролю, які дають можливість ризично оцінити фактори і ті, що цікавлять, і ті, які заважають. До них належать метод вимірювання на кількох частотах, метод гармонійного аналізу сигналу датчика та ін.

Для здійснення вихрострумowego контролю випускається широка номенклатура приладів, наприклад дефектоскопи ППД-1МУ, ВД-20Н-СТ, ВД-20Н-Д та ін. Для вимірювання товщин різних покриттів використовуються вихрострумові товщиноміри ВТ-40НЦ, ВТ-50Н у діапазоні 0...10 000 мкм. Крім дефектоскопів широкого призначення використовуються також спеціальні, наприклад ТВД ЭИТ-СИМА. Для сортування металів за марками та оцінки якості термообробки використовують вихрострумові вимірювачі електропровідності ВЭ-20И та твердоміри ВФ-10К.

Нині промисловість випускає портативні вихрострумові дефектоскопи або дефектоскопічні індикатори, маса яких 150...180 г, споживана потужність 120...180 мВт, джерело живлення — батарейка «Крона» або акумулятори типу 7Д-01. Індикатори призначені для оперативного виявлення нещільностей (тріщини протяжністю від 5 мм з шириною розкриття від 0,02 мм і глибиною від 0,5 мм) та інших дефектів у поверхневих шарах магнітних і немагнітних металів та сплавів. Працюють прилади так (рис. 46.18). З встановленням датчика 1 на контрольований об'єкт у контур генератора 2 вноситься додатковий комплексний опір. Режим роботи ВЧ генератора 2 можна вибрати поблизу точки зриву генерації. Такий режим визначають, добиваючи зворотний зв'язок у колі генератора.

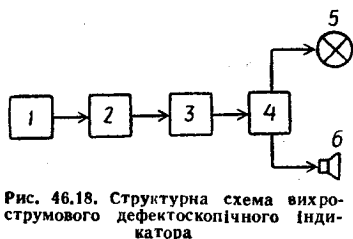


Рис. 46.18. Структурна схема вихрострумowego дефектоскопічного індикатора

Якщо датчик проходить над тріщиною, внаслідок впливу внесеного опору змінюється комплексний опір, причому зменшується добротність контура і відбувається зрив генерації. У цьому випадку від низького рівня сигналу, що надійшов через АМ-детектор 3, спра-

цьовує мультивібратор 4, який працює в очікуваному режимі.

Генеровані мультивібратором імпульси надходять на вхід індикаторного пристрою, де їх прослуховують у головних телефонах 6.

Одночасно засвічується світловий індикатор 5, який також сигналізує про наявність дефекту.

46.6. Сортування деталей за групами придатності і маршрутами відновлення

Результати сортування деталей на групи придатних, непридатних і таких, що потребують відновлення, після статистичної обробки дефектувальних відомостей дають можливість визначити коефіцієнти придатності, змінності і відновлення.

Коефіцієнт придатності κ_n показує, яку частину деталей даної назви можна використати під час капітального ремонту автомобіля повторно без ремонтного втручання:

$$\kappa_n = n_n / N_d,$$

де n_n — кількість придатних деталей; N_d — загальна кількість деталей даної назви, що пройшли дефектацію.

Коефіцієнт змінності κ_z показує, яка частина деталей даної назви при капітальному ремонті потребує заміни:

$$\kappa_z = n_n / N_d,$$

де n_n — кількість непридатних деталей.

Коефіцієнт відновлення κ_b показує, яка частина деталей даної назви потребує відновлення:

$$\kappa_b = n_b / N_d.$$

де n_b — кількість деталей, що потребують відновлення.

Знання маршрутних коефіцієнтів дає можливість визначити обсяг робіт на кожному маршруті і планувати завантаження устаткування на дільницях відновлення.

Маршрути відновлення розробляють заздалегідь. Вперше методику визначення маршрутів відновлення розробив К. Т. Кошкін.

Відомо, що деталі, які потребують відновлення, мають, як правило, не один дефект. Крім того, дефекти на деталях повторюються у певних комбінаціях і підпорядковуються закономірностям, які залежать від конструктивної і технологічної характеристики деталі та умов експлуатації. Тому сортувати деталі треба з урахуванням дійсного поєднання дефектів за маршрутами відновлення.

Маршрут відновлення визначають у відділі контролю сортування. На деталі позначають дефектні ділянки і вказують номер маршруту.

Маршрут має передбачати і технологічний взаємозв'язок поєднань із способами відновлення.

Організація відновлення деталей у технологічному процесі, що відбиває найвигіднішу послідовність виконання різних операцій по всьому комплексу однотипних дефектів, що входять до маршруту, дістала назву маршрутної технології. Склад маршрутів та їх кількість по кожній назві деталей встановлюють залежно від поєднання однорідних дефектів, властивих даній деталі; послідовність виконання операцій в усіх випадках однакова.

Кожна деталь може мати кілька маршрутів відновлення, які визначають на підставі спеціальних досліджень. Основні принципи, якими керуються в розробці маршрутів:

1. Комбінація дефектів у кожному маршруті має бути дійсною (реально існувати). Дійсні комбінації дефектів встановлюють за допомогою спеціальних досліджень.

2. Кількість маршрутів відновлення кожної деталі має бути мінімальна. Велика кількість маршрутів ускладнює організацію виробництва, збільшує обсяг технологічної документації, потребує розширення складських приміщень, утруднює планування і облік роботи виробничих дільниць. Тому кількість маршрутів для кожної деталі має бути в межах двох-трьох, а для складних деталей — не більш як п'ять.

Зменшити кількість маршрутів можна за рахунок об'єднання комбінацій дефектів, які різняться між собою незначними щодо трудності усунення дефектами, в одну комбінацію. Значного скорочення кількості маршрутів можна досягти і за рахунок включення до них дефектів, розташованих на взаємозв'язаних поверхнях деталі. Кількість маршрутів можна зменшити також, виключивши маршрути з комбінаціями дефектів, які рідко трапляються.

3. Формуючи маршрути, треба враховувати застосований спосіб відновлення. Якщо у чашки диференціала спрацьований отвір під шийку шестірні півосі і прийнято спосіб відновлення гільзуванням, при якому одночасно усувають два дефекти (спрацювання отвору і спрацювання торцевої поверхні), то до комбінації дефектів, що підлягають усуненню, треба включити обидва дефекти не залежно від того, чи є тільки один з них, чи обидва одночасно.

4. Відновлення деталі за даним маршрутом має бути економічно доцільним. Якщо затрати на відновлення деталі, віднесені до одиниці її виробітку, будуть менші від відповідних питомих затрат на виготовлення деталі, то відновлення її за даним маршрутом вважається доцільним.

Процес визначення коефіцієнтів k_d , k_z та k_b досить трудомісткий і не завжди гарантує високу достовірність результатів.

На ремонтних заводах розроблено і реалізовано програми дефектації деталей на ЕОМ після розбирання, які дають можливість ви-

значити точний технічний стан деталей з визначенням коефіцієнтів відновлення після розбирання і відновлення за маршрутами.

Результати таких розрахунків дають можливість розподіляти всю генеральну сукупність деталей на такі групи: придатні, ті, що потребують ремонту, непридатні, а також за маршрутами відновлення: $N = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_i + \dots + N_n$, де N — генеральна сукупність деталей, що підлягають ремонту (відновленню), шт.; N_1, N_2, N_3, N_i та N_n деталі, які ремонтуються відповідно за маршрутами 1, 2, 3, i -м та n -м, шт.

На основі добутих даних визначаємо загальний коефіцієнт відновлення

$$\eta_a = \eta_1 + \eta_2 + \eta_3 + \dots + \eta_n,$$

де η_1, η_2 та η_n — коефіцієнти відновлення за маршрутами відповідно 1, 2 та n .

Привірнюємо загальний коефіцієнт відновлення до одиниці, тобто

$$\eta_a = 1,$$

а коефіцієнт відновлення за маршрутами переобчислюємо відносно даної одиниці, визначивши цим їх питому частку:

$$\eta_1/\eta_a = \eta'_1; \quad \eta_2/\eta_a = \eta'_2; \quad \dots; \quad \eta_n/\eta_a = \eta'_n,$$

де η'_1, η'_2 та η'_n — питомі коефіцієнти відновлення за маршрутами.

Підсумовуючи ці коефіцієнти, матимемо

$$\eta'_1 + \eta'_2 + \dots + \eta'_n = 1,$$

що підтверджує правильність наявних значень коефіцієнтів відновлення за маршрутами.

Маршрутну технологію ремонту деталей розробляють у такій послідовності: встановлюють комбінацію дефектів, що входять до кожного маршруту; визначають кількість маршрутів і способи усунення окремих дефектів у кожному маршруті. Оскільки один і той самий дефект деталі залежно від характеру наявних у ній інших дефектів можна усунути різними способами, то в різних маршрутах можуть бути різні способи усунення того самого дефекту. Вибір того чи іншого способу має бути економічно обгрунтований. Розробляють схему технологічного процесу усунення кожного дефекту зокрема, план технологічних операцій у найраціональнійшій послідовності їх виконання. Розробляють кожну операцію технологічного процесу: призначають устаткування, пристрої, інструмент; розраховують режими різання, норми часу і встановлюють кваліфікацію робітника.

Маршрутну технологію, в якій кожний маршрут призначено для ремонту деталей однієї назви, називають подетальною.

Подетальна маршрутна технологія має такі недоліки:

для її розробки потрібні великі затрати часу, оскільки на деталі кожної назви припадає 3...5 маршрутів;

для її здійснення потрібно виготовити значну кількість складних пристроїв та інструментів, що неминуче збільшує строки підготовки виробництва і підвищує собівартість ремонту деталей. З цієї причини в ряді випадків використовувати високопродуктивне устаткування й оснащення стає економічно недоцільним.

У зв'язку з цим заслуговує на увагу прогресивніша система — групова маршрутна технологія, суть якої полягає ось у чому. Технологічний процес ремонту розробляють на групу технологічно надійних деталей кількох назв, які характеризуються спільністю способів ремонту, формою ремонтovаних поверхонь, спільністю устаткування й оснащення, а також ті, для яких спільна послідовність операцій і переходів. Для розробки групової маршрутної технології деталі всіх назв попередньо ділять на класи та групи з урахуванням перелічених ознак.

Розгляньмо такий приклад. Усі ремонтovані деталі автомобіля ЗІЛ-130 можна поділити на вісім класів:

I — корпусні деталі;

II — маточини, гальмові барабани, кришки та корпуси підшипників, шкві, чашки коробок диференціалів;

III — колінчасті, ступінчасті, карданні, шліцьові, гладенькі та інші вали;

IV — диски, кришки, фланці, планки, шайби, спеціальні гайки;

V — кронштейни, шатуни, вилки, тяги, важелі;

VI — деталі з тонколистової сталі;

VII — арматура, кріпильні деталі;

VIII — інші деталі, які потребують для ремонту спеціального оснащення.

У межах кожного класу деталі поділяють на 5—7 груп. Наприклад, деталі I класу можна поділити на групи так: 1 — блок циліндрів з картером зчеплення у зборі, картер зчеплення; 2 — головка циліндрів двигуна, головка циліндрів компресора; 3 — картер заднього моста; 4 — картер коробки передач, картер редуктора заднього моста, кришка підшипника диференціала; 5 — корпус верхньої секції масляного насоса, корпус масляних фільтрів, корпус підшипників водяного насоса, картер рульового компресора, блок циліндрів компресора в зборі; 6 — кришка картера коробки передач.

В разі застосування групової маршрутної технології значно зростають вимоги до якості дефектації і сортування деталей. Контролер-дефектувальник має визначити не тільки дефекти деталей, а й правильно віднести деталь до певної групи, після чого призначити номер маршруту. На складі деталі, які очікують ремонту, мають бути розкладені по групах і маршрутах.

Застосування групової маршрутної технології ремонту деталей дає можливість скоротити до мінімуму технологічну документацію; широко використовувати групові та універсальні пристрої, призначені для обробки групи деталей з однаковими способами встановлення й закріплення (при цьому значно скорочується номенклатура необхідного очищення); збільшити серійність оброблюваних деталей (кількість деталей у партії).

Вищим ступенем уніфікації ремонту деталей порівняно з груповою маршрутною технологією є типізація технологічних процесів.

Типовим називається технологічний процес, що характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій і переходів для групи виробів із спільними конструктивними ознаками.

Типовий технологічний процес ремонту передбачає усунення всіх основних дефектів у деталях даної групи (за прийнятою класифікацією).

Щоб скласти технологічний маршрут ремонту деталей, що передбачає усунення частини дефектів у певній комбінації, з типового технологічного процесу виключають окремі операції, які відповідають відсутнім дефектам. В разі потреби може бути змінена також послідовність виконання окремих технологічних операцій.

Типізація технологічних процесів ремонту деталей полегшує і прискорює технологічну підготовку виробництва, що в кінцевому підсумку підвищує його економічну ефективність.

Основний технологічний документ технологічного процесу ремонту деталі (як і розбирання — складання) — маршрутна карта. Як зазначалося, вона повністю й однозначно визначає технологічний процес ремонту деталі. До маршрутної карти мають бути записані також контрольні операції.

Контрольні запитання

1. Що таке дефектація і її мета?
2. Що таке дефект і які бувають дефекти?
3. На чому ґрунтується вибір засобів контролю?
4. Які види засобів контролю використовуються?
5. Що таке акустичні методи неруйнівного контролю (НК)?
6. Що таке акустична емісія?
7. Які основні види магнітних методів НК?
8. На чому ґрунтуються радіаційні методи НК?
9. Що таке капілярні методи НК?
10. У чому суть вихрострумowego НК?
11. Що таке коефіцієнти придатності, змінності, відновлення?
12. Якими принципами керуються у розробці маршрутів?

КОМПЛЕКТУВАННЯ, СКЛАДАННЯ І ВИПРОБУВАННЯ
МАШИН

47.1. Комплектування машин

Цей вид роботи надзвичайно важливий у капітальному ремонті агрегатів і машин. Він показує вплив на тривалість виробничого циклу складання і ритмічність випуску продукції, а також її якість і надійність.

Для ритмічної роботи під час складання агрегатів і машин деталі нагромаджуються в комплектувальному відділенні, куди надходять з дефектувального відділення, складу запасних частин і цеху відновлення спрацьованих деталей.

Сортування деталей передбачає розкладання їх за приналежністю до моделей агрегатів, вузлів та машин. У межах кожної марки агрегату деталі сортують за габаритними розмірами, масою, міжцентровою відстанню та іншими ознаками. Сортування — складна і відповідальна операція, яка впливає на якість складання і надійність роботи спряжень. Особливу увагу в комплектуванні треба звертати на поділ деталей на розмірні групи, яких має бути не більш як п'ять, а кількість деталей у групах, по можливості, однакова. Як підкреслював М. М. Маслов, допуск на спряжувані деталі має забезпечувати оптимальну посадку під час складання. Допуски на розмірні групи призначають з урахуванням точності деталей (овальності, конусності, шорсткості, хвилястості і т. д.).

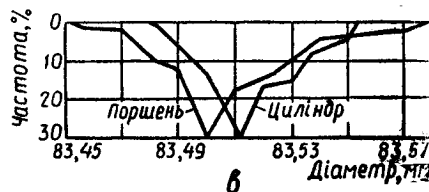
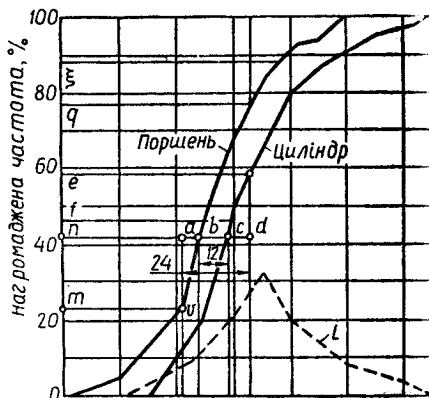
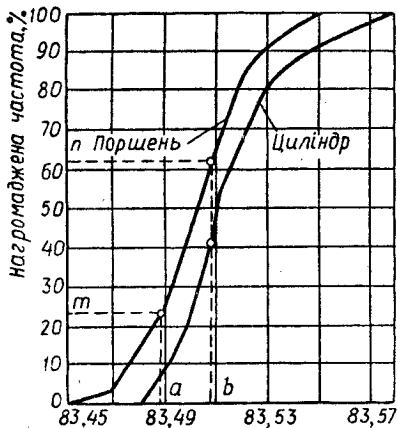
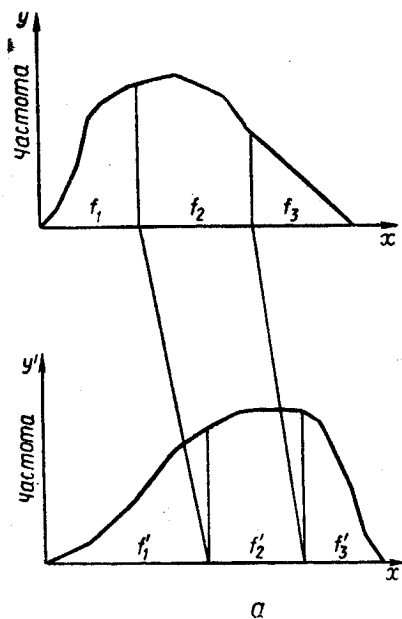
Існують два методи поділу деталей на розмірні групи: планіметрування і графічне інтегрування.

Метод планіметрування (рис. 47.1, а) полягає в побудові за результатами обстежування 80...100 спряжених деталей кривих розподілу їх розмірів; за даними про точність геометричної форми деталей і допуску на величину посадки визначають число розмірних груп; поле допуску однієї з деталей розбивають на частини відповідно до кількості вибраних груп; з кінця кожного відрізка ставлять перпендикуляри до перетину з кривою розподілу $y' = f'(x_i)$; за площами під кривою f_1, f_2 та f_3 визначають відносне число деталей у групах; розбивають площу під другою кривою $y = f(x_i)$ на частини, які дорівнюють або пропорційні першій, тобто $f_1 = f'_1; f_2 = f'_2; f_3 = f'_3$.

Цей метод використовують у тому випадку, коли криві розподілу розмірів охоплюваної і охоплюючої деталі мають однакову форми.

Метод графічного інтегрування (рис. 47.1, б, в) дає можливість відмовитися від трудомісткого планіметрування площ. Згідно з цим методом, площа ділянки під диференціальною кривою $y' = f'(x_i)$ на допуску розмірної групи ab чисельно дорівнює проекції ab на

Рис. 47.1. Розбивання деталей на розмірні групи



ординату mn через інтегральну криву розподілу:

$$Y = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx.$$

Користуючись цим методом, за кривими розподілу, наприклад, поршня і циліндра будують інтегральні криві; поле допуску однієї з деталей на графіку ділять на частини, з кінця відрізка кожної частини ставлять перпендикуляри до перетину з кривими розподілу, точки перетину проєціюють на вісь ординат. Імовірну кількість поршнів і циліндрів у кожній групі оцінюють за відрізками проєкцій.

Таблиця 47.1

Деталь	Розмір	Номінальний розмір, мм	Група			
			Колір маркування			
			голубий	червоний	білий	чорний
Поршень	Діаметр отвору під палець	28 ^{-0,005} _{-0,015}	27,9950	27,9925	27,9900	27,9975
			27,9925	27,9900	27,9875	27,9850
Шатун	Внутрішній діаметр втулки верхньої головки шатуна	28 ^{+0,007} _{-0,003}	28,0070	28,0045	28,0020	27,9995
			28,0045	28,0020	27,9995	27,9970
Поршневий палець	Зовнішній діаметр	28 ^{-0,010}	28,0000	27,9975	27,9950	27,9925
			27,9975	27,9950	27,9925	27,9900

Розмірні групи маркують цифрами, літерами або фарбою встановлених кольорів. Деталі сортують на розмірні групи на спеціально організованих у комплектувальному відділенні постах, оснащених необхідними вимірювальними інструментами та пристроями.

Поділ на розмірні групи доцільно здійснювати для таких спряжень двигуна: циліндр — поршень, поршень — поршневий палець, поршневий палець — шатун, довжина першої кореневої шийки колінчастого вала — упорна шайба. Шатуни, крім того, сортують за масою і міжосьовою відстанню верхньої та нижньої головок, а поршні — тільки за масою (табл. 47.1). Для коробки передач доцільний такий поділ: отвір ведучого вала — роликівий підшипник, шийка веденого вала — роликівий підшипник, шліцьові з'єднання синхронізаторів та шестерень з валами; для передньої осі: внутрішня шийка поворотної цапфи — обойма роликівого підшипника, зазор між торцями бобішки і поворотної цапфи; для редуктора: бокові кришки — отвори в картері, зазор між торцями розпірної втулки і внутрішнього кільця переднього підшипника, шип хрестовини диференціаласателіт, зазор між торцями півосьової шестірні і чашки диференціала, шестірні ведена і ведуча (по плямі дотикання).

На роботу спряжень значною мірою впливає незрівноваженість рухомих частин. Тому під час сортувальних робіт слід передбачити добір деталей (поршні, шатуни) за масою, а для обертових частин — балансування.

47.2. Особливості складання типових спряжень

Усунення незрівноваженості деталей та вузлів. Виконуючи складальні операції, необхідно усунути незрівноваженість швидкообертових деталей та вузлів, оскільки вона негативно впливає на роботу агрегатів і машин у цілому: спричиняє підвищені вібрації, прискорене спрацювання і руйнування деталей.

Незрівноваженість деталей та вузлів виникає внаслідок неточності розмірів, нерівномірної густини матеріалу, несиметричного розташування маси деталі відносно осі обертання, нерівномірних спрацювань порушення співвісності спряжуваних деталей і т. п.

Розрізняють статичну, динамічну і мішану незрівноваженість.

Статична незрівноваженість виникає у випадку, коли центр ваги деталі (вузла) не збігається з віссю обертання. Наприклад, якщо до ідеально (теоретично) зрівноваженого тіла (рис. 47.2, а) на відстані

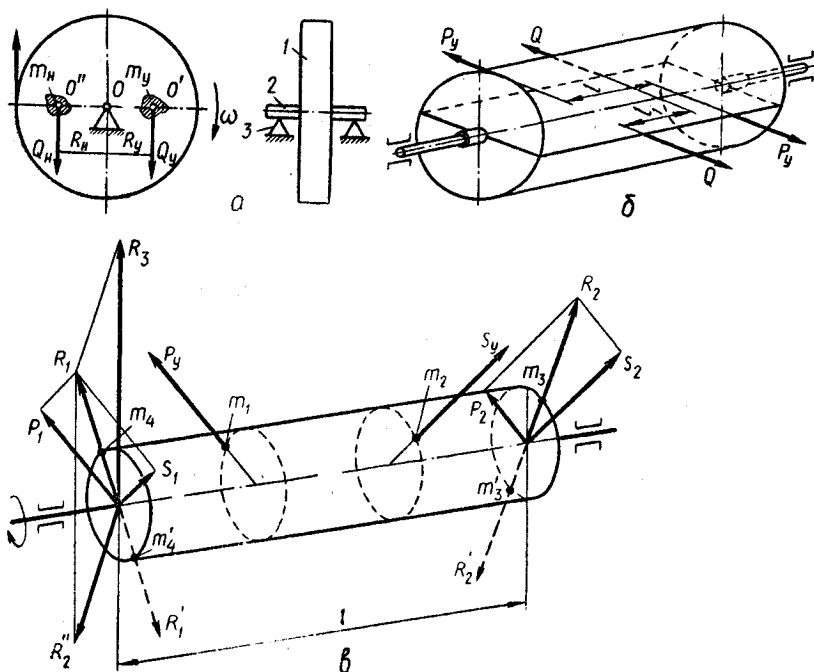


Рис. 47.2. Схема зрівноважування деталей

R_n від центра обертання O прикріпити тягар масою m_n , то центр ваги його зміститься в бік тягара. Виникає статична незрівноваженість, яка під час обертання тіла спричиняє дію відцентрової сили

$$P_n = m_n R_n \omega^2,$$

де ω — колова швидкість тіла.

Щоб усунути цей вид незрівноваженості, застосовують статичне балансування деталей та вузлів. Деталь 1 насаджують на гладеньку, точно оброблену і зрівноважену циліндричну оправку 2 і вміщують на паралельні, точно горизонтальні опори 3 з малим опором (призми або підшипники). Під дією незрівноваженої маси деталь довільно повертається і встановиться так, що маса перебуватиме в крайньому нижньому положенні. Виявивши місце зосередження незрівноваженої маси (O''), треба в діаметрально протилежній точці (O') на відстані R_3 прикріпити тягарець масою m_3 . При цьому деталь перебуває в рівновазі:

$$\Sigma M_0 = 0; \quad Q_n R_n - Q_3 R_3 = 0,$$

звідки вага зрівноважувального тягарця

$$Q_n = Q_3 \frac{R_n}{R_3}. \quad (47.1)$$

З рівняння (47.1) видно, що статична незрівноваженість не залежить від довжини, а тільки від діаметра деталі. Тому статичне балансування виконують для деталей, що мають відносно великий діаметр і малу довжину (маховики, диски, шківів і т. п.). При цьому висвердлюють «зайву» масу з важкого боку деталі або приварюють шайби з легшого боку.

Динамічна незрівноваженість виникає у випадку, коли вісь обертання вузла не збігається з головною віссю інерції. Під час обертання вала (рис. 47.2, б) незрівноважені по довжині маси спричиняють дію пари сил Ql_1 , яка намагається повернути вісь вала на деякий кут, тобто зміщує головну вісь інерції відносно осі обертання. Зрівноважується момент цієї пари іншою парою сил, прикладених у тій самій площині:

$$Ql_1 = P_s l,$$

де P_s — зовнішня зрівноважувальна сила; l — відстань (плече) пари зрівноважувальних сил.

Динамічне балансування виконують на спеціальних балансувальних машинах — стендах. Деталь 1 (рис. 47.3) вміщують на підшипникові опори станини 2, консольно встановленої на рамі 4 за допомогою опори 3. Під дією відцентрових сил і моментів опора, яка вільно лежить на пружині 5, починає коливатись. Амплітуду коливань вимірюють індикатором 6. До деталі прикріплюють по черзі пробні тягарці, добиваючись припинення вібрацій.

Динамічному балансуванню піддають деталі, що мають велику довжину і незначний діаметр (колінчасті вали, карданні вали тощо).

Мішана незрівноваженість (рис. 47.2, в) найчастіше трапляється в реальних умовах, коли мають місце статичний момент від незрівноваженої маси і статичний момент відцентрових сил.

Сили P_3 та S_3 незрівноважених мас m_1 та m_2 замінимо способом розкладання силами P_1 та P_2 і S_1 та S_2 , які прикладено на плечі l у довільно вибраних площинах. Додавши сили P_1 та S_1 , а також сили P_2 та S_2 (за правилом паралелограма), дістанемо результуючі незрівноважені відцентрові сили R_1 та R_2 . Розклавши силу R_1 на складові R_2 та R_3 , матимемо мішану незрівноваженість від пари відцентрових сил інерції R_2 та R_2'' і відцентрової сили R_3 . Для зрівноваження деталей, що мають мішану незрівноваженість, треба додати маси m_3 та m_4 у вибраних площинах корекції, щоб створені ними відцентрові сили P_1' та P_2' були рівні і протилежно спрямовані результуючим незрівноваженим силам R_1 та R_2 , або видалити маси m_3 та m_4 .

Площини корекції вибирають так, щоб було зручніше виконати балансування. Одиницею такого виду незрівноваженості є ньютонметр.

Значення, допустимі під час ремонту дисбалансу деталей та вузлів, наведено в табл. 47.2.

Під час ремонту автомобілів для динамічного балансування колінчастих валів у зборі застосовують верстати ЦКБ-2468, БМ-74, 4274 та ін.

Верстат моделі ЦКБ-2468 найбільше відповідає умовам ремонтного виробництва. Принцип роботи верстата (рис. 47.4) полягає в тому, що незрівноважена маса вузла 6 спричиняє коливання маятниковими рами 1, яка має пружинну підвіску 5, в горизонтальній площині. Балансуючи лівий кінець, правий кінець замикають фіксатором 4. Чим більша незрівноважена маса, тим більша амплітуда коливань рами і тим більший струм індукується в котушці 3 індукційного датчика, що має лінійну характеристику. Жорстко зв'язана з рамою верстата котушка коливається в полі нерухомого постійного магніта 2. Струм через півкільця 9 випрямного пристрою і щітки 10 надходить на мілівольтметр 12. Щоб виключити вплив привода на балансовий вузол, застосовують шарнірне з'єднання 7.

Чим більший дисбаланс вузла, тим більші покази мілівольтметра. За допомогою лімба 11 вала випрямного пристрою і лімба 8 вала привода визначають положення незрівноваженої маси.

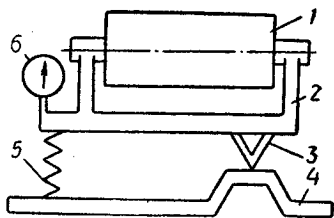


Рис. 47.3. Установка для динамічного балансування деталі

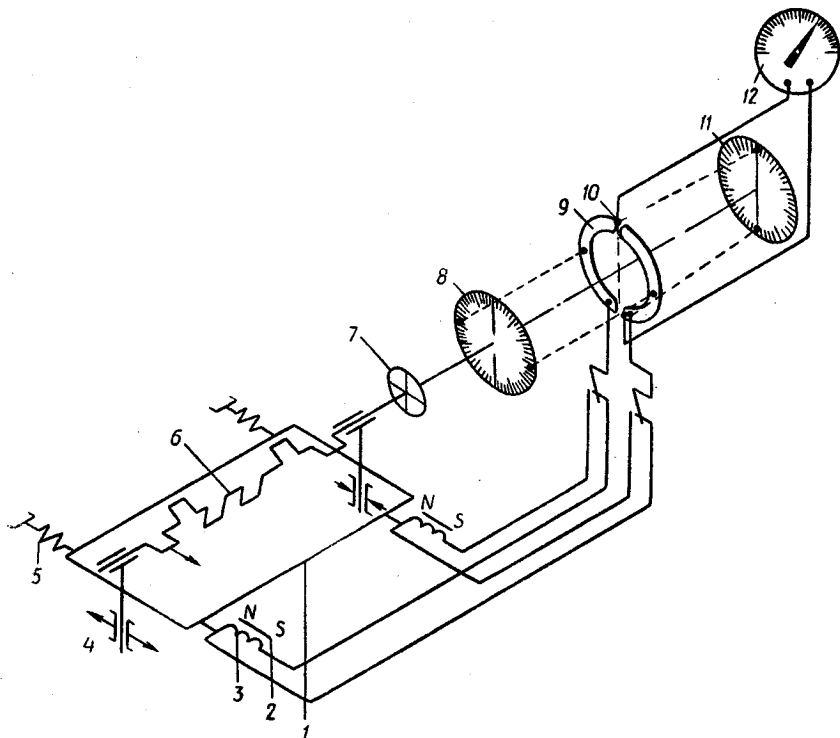


Рис. 47.4. Схема балансувального верстата моделі ЦКБ-2468

Складання типових спряжень. Складання нарізних з'єднань — це постановка шпильок, болтів, гайок, гвинтів.

Момент затягування нарізного з'єднання визначають за формулою

$$M_{\text{зат}} = P_{\text{зат}} \left[\frac{d_{\text{ср}}}{2} + \text{tg}(\alpha + \rho'') + \frac{\mu'}{3} \frac{D_3^3 - D_B^3}{D_3^2 - D_B^2} \right],$$

де $P_{\text{зат}}$ — зусилля затягування; $d_{\text{ср}}$ — середній діаметр різьби; α — кут підйому різі; ρ'' — кут тертя у нарізному з'єднанні; μ' — коефіцієнт тертя на опорному торці гвинта або гайки; D_3 — зовнішній діаметр опорного торця або гвинта; D_B — діаметр отвору під гвинт чи болт.

Зусилля затягування в разі, коли з'єднання навантажене силою Q і кріпильна деталь не працює на зрізування, визначають за формулою

$$P_{\text{зат}} = k_{\text{зан}} Q / f,$$

де $k_{\text{зан}}$ — коефіцієнт запасу (1,2...1,3); f — коефіцієнт тертя у стику.

Орієнтовно момент затягування можна визначити за формулою

$$M_{\text{зат}} \approx 0,1d_3^2\sigma_{\text{ГВ}},$$

де d_3 — зовнішній діаметр різьби; $\sigma_{\text{ГВ}}$ — границя міцності матеріалу гвинта, болта, шпильки.

Під час складання нарізних з'єднань треба правильно визначити послідовність затягування, щоб не було перекосів і жолоблення деталей слід затягувати спочатку середні гайки, потім сусідні справа, сусідні зліва і т. д. до крайніх.

Для закручування болтів та гайок використовують ручний і механізований інструмент. Гайкові ключі бувають розмірні і універсальні розвідні, а також відкриті, накидні, торцеві і спеціальні. Щоб забезпечити певний момент затягування, застосовують динамометричні і граничні ключі.

Під час закручування гайку вставляють у головку 1 (рис. 47.5) динамометричного ключа і ключ обертають за рукоятку 4. При цьому згин стержня ключа прямо пропорціональний зусиллю, прикладеному до рукоятки. Затягування припиняється в момент, коли стрілка 2 досягне потрібної поділки шкали 3.

Для складання нарізних з'єднань застосовують механізований інструмент з електро- і пневмоприводом. Розглянемо для прикладу принцип роботи електрогайковерта. Від асинхронного електродвигуна 8 (рис. 47.6) через редуктор 7 крутний момент передається на кулачкові муфти 6, які обмежують граничний момент. Муфти перебувають у зачепленні під дією пружини 5, зусилля якої регулюється гайкою 4 на вихідному валу. Муфта 3 не регулюється. Вона призначена для включення робочого наконечника 1. У неробочому стані муфта 3 під дією пружини 2 розімкнута. У момент початку роботи в результаті натискування на інструмент долається опір пружини 2 і муфта 3 включається. Після заміни наконечника 1 і встановлення викрутки інструмент перетворюється на гвинтоверт або шуруповерт.

У ремонтному виробництві широко застосовують багатощпindelні гайковерти, за допомогою яких можна одночасно накручувати кілька гайок. Це значно підвищує продуктивність складальних робіт.

Конусні з'єднання складають так, щоб між торцями охоплюючої і охоплюваної деталей залишався зазор, необхідний для затягування з'єднання і наступного підтягування його в період експлуатації.

Таблиця 47.2

Деталь, вузол	Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі та автобуси
Колінчастий вал	0,10... 0,15	0,2...0,3
Те саме, у зборі з маховиком і зчепленням	0,2...0,5	0,5...0,7
Маховичок	0,3...0,4	0,35...0,6
Диск зчеплення	0,10... 0,25	0,3...0,5
Карданий вал	0,15... 0,25	0,5...0,75
Колесо	3,0...5,0	—

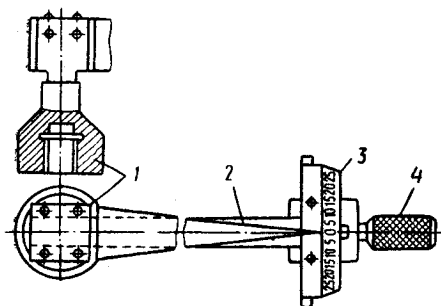


Рис. 47.5. Динамометричний ключ

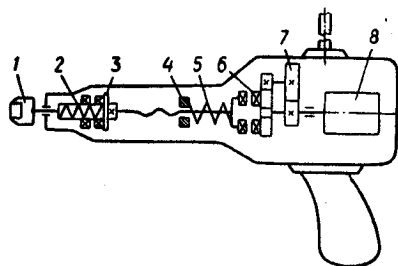


Рис. 47.6. Електричний гайковерт

Перед складанням з'єднання необхідно упевнитись, що конуси спряжуваних деталей збігаються.

Під час складання шпонкових з'єднань призматичні і сегментні шпонки встановлюють у паз з натягом (легкими ударами мідного молотка). Клиновидні шпонки мають входити в пази спряжуваних деталей з натягом по висоті.

Нерухомі шліцьові з'єднання складають за допомогою гідравлічних пресів або спеціальних пристроїв. Для запресування охоплюючі деталі нагрівають до температури 343...373 К. Рухомі шліцьові з'єднання перед складанням мають бути відповідно дібрані (спряжувану деталь добирають за валом).

Після складання нерухомі шпонкові і шліцьові з'єднання перевіряють на биття охоплюючої деталі відносно охоплюваної по торцю та ободу.

З'єднання з нерухомими посадками звичайно складають за допомогою гідравлічних або кривошипних пресів. Деталі з невеликим натягом з'єднують за допомогою ручних рейкових пресів або вручну легкими ударами мідного молотка. Великогабаритні деталі з великим натягом з'єднують після попереднього нагрівання охоплюючої деталі (іноді зручніше охолоджувати охоплювані) до температури

$$\theta = (1,2 \dots 1,3) \cdot 10^{-3} \frac{\delta_n}{\alpha_t d'}$$

де δ_n — натяг у спряженні, мкм; α_t — коефіцієнт лінійного розширення металу деталі, що нагрівається; d' — номінальний діаметр спряжуваних деталей, мм.

Температура нагрівання деталей має не перевищувати 773 К, бо інакше вони можуть втратити початкову міцність. Нагрівають деталі в розплавленому свинці або гарячому маслі, а охолоджують у рідкому азоті або діоксиді вуглецю.

Щоб уникнути перекосів під час напресування і запресування, застосовують різні оправки та наставки, які рівномірно розподіляють зусилля по спряжуваних поверхнях.

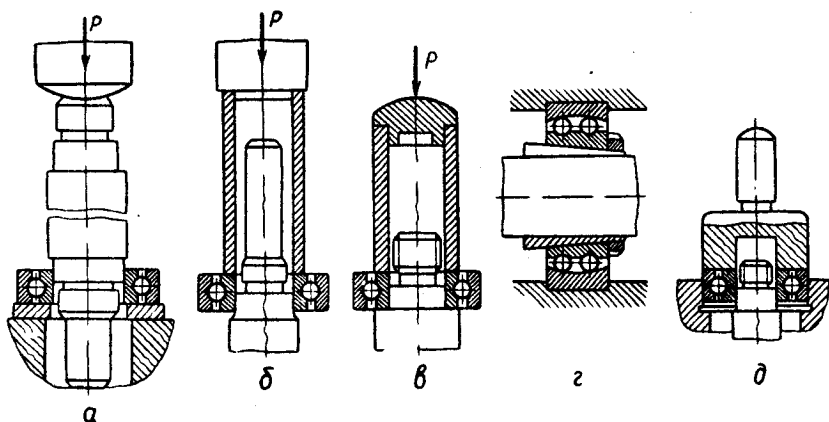


Рис. 47.7. Встановлення підшипників кочення на вал і в корпус деталі

Підшипники кочення напрессовують на вал або запресовують у корпус за допомогою преса чи гвинтових пристроїв, уникаючи ударів. Зусилля треба прикладати рівномірно по всьому кільцю. Для цього використовують підкладні кільця (рис. 47.7, а), монтажні труби (рис. 47.7, б, в) або гайки (рис. 47.7, г). Щоб запресувати підшипник у корпус з одночасним напруженням його на шийку вала, застосовують спеціальну оправку (рис. 47.7, д).

Правильно встановлені підшипники мають прокручуватись вільно без заїдання.

Нерознімні підшипники ковзання (втулки) звичайно запресовують у гнізда, а потім розточують чи розвірчують під діаметр шийки спряжень валів. Втулки запресовують на гідравлічних і механічних пресах. Необхідно добиватися збігу маслопровідних каналів у втулці та корпусі. Розточуючи втулки, слід обов'язково додержувати співвісності втулки і гнізда.

Шестерні напрессовують на вали та осі пресом або за допомогою спеціальних пристроїв. Якість складання зубчастих передач оцінюють за бічним зазором і приляганням робочих поверхонь зуб'їв.

Бічні зазори між зуб'ями вимірюють індикатором або щупом. В разі складання зубчастих зачеплень з великим модулем бічний

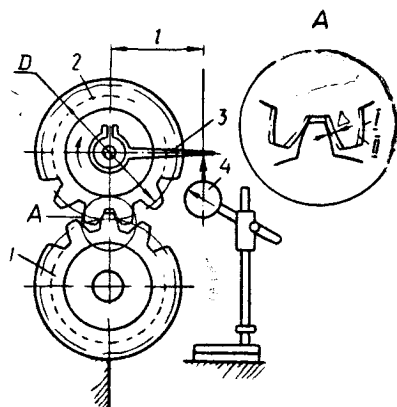


Рис. 47.8. Перевірка бічного зазора в зачепленні циліндричних зубчастих коліс

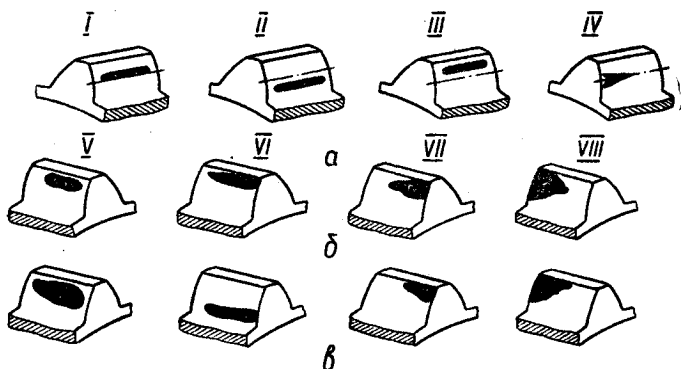


Рис. 47.9. Перевірка правильності контакту зубчастих коліс «на фарбу»:

a — циліндричних; *b* — конічних (зуб'я ведучої шестірни); *e* — конічних (зуб'я веденої шестірни); *I* — при нормальній міжцентровій відстані; *II* — при зменшеній; *III* — при збільшеній; *IV* — у випадку перекосу осей; *V* — при нормальному зачепленні; *VI*, *VII* та *VIII* — при неправильному зачепленні

зазор можна визначати за допомогою свинцевої пластини, прокатавши її між зуб'ями, а потім вимірявши мікрометром її товщину.

При незмінній міжцентровій відстані бічний зазор у зачепленні вимірюють індикатором. Верхню шестірню 2 (рис. 47.8) застопорюють, ніжку індикатора 4 встановлюють перпендикулярно хомутику 3 і, прокручуючи незакріплене зубчасте колесо 1, фіксують відхилення індикатора (*I* та *II* — різні відносні положення зубчастого колеса).

Бічний зазор визначають за формулою

$$\Delta = \frac{D}{2l} n,$$

де *D* — діаметр початкового кола зубчастого колеса, мм; *l* — довжина плеча, мм; *n* — покази індикатора, мм.

Прилягання (взаємний контакт) робочих поверхонь зубчастих коліс перевіряють «на фарбу». Для цього робочі поверхні шестірни покривають фарбою і кілька разів прокручують зубчасті колеса в різних напрямках. Про контакт робочих поверхонь зуб'їв свідчить форма і розташування відбитків (рис. 47.9).

Під час встановлення валів контролюють розташування їхніх осей і міжосьову відстань за допомогою спеціальних пристроїв, індикаторів, шупів та ін.

Заклепкові з'єднання роблять у холодному стані або попередньо нагрівши заклепки до температури 1173...1223 К. Вільний кінець заклепки висаджують оправками, гідравлічними або пневматичними пристроями. Нещільне прилягання головок заклепок до поверхні деталі не допускається.

Під час складання *ланцюгових та пасових передач* контролюють їх натяг за величиною стріли провисання неробочої вітки, вимірюючи її лінійкою. Зірочки та шківни передач мають перебувати в одній площі, що перевіряють, прикладаючи до їхніх торців стальну лінійку або натягуючи струну (капронову жилку).

Вузли і агрегати складають на спеціальних стендах, конструкції яких наведено в каталогах пристроїв ремонтно-механічних заводів і каталогах по складанню відповідних машин і агрегатів.

47.3. Складання агрегатів

Складання двигуна. На спеціальних постах складають вузли: поршень з шатуном, головку циліндрів, колінчастий вал з маховиком і зчепленням, масляний і водяний насоси і т. д.

Іноді деякі спряжені деталі двигуна (блоки циліндрів — кришки корінних підшипників, блок циліндрів — картер зчеплення, стержень шатуна — кришка, деякі спряжені пари гідروпідсилювача рульового привода та ін.) оброблені спільно, тому в процесі ремонту їх треба зберігати комплектно.

Щоб забезпечити якісне складання двигунів, рекомендується всі деталі перед складанням продути стиснутим повітрям, тертьові поверхні старанно протерти, промити, а також змастити маслом.

Нарізні з'єднання (кріплення головки циліндрів, кришок шатунів і корінних підшипників тощо) остаточно затягують з потрібним моментом у відповідній послідовності. Після остаточного затягування гайок корінних підшипників колінчастий вал має вільно прокручуватись.

Якщо вал туго прокручується за маховик, то це свідчить про малі зони, неспіввісність постелей, вигин вала або дефекти складання. Після складання двигун передають на припрацювання і випробування.

Складання шатунно-поршневої групи провадять з урахуванням того, що спряження кривошипно-шатунного механізму працюють у важких умовах, нагріваються, мають забезпечувати необхідну герметичність при досить жорстких допусках посадок. У зв'язку з цим складанню спряжень приділяється особлива увага. Висока точність посадок може бути забезпечена методом групової взаємозамінності.

Щоб забезпечити якісне складання шатунно-поршневої групи, доцільно організовувати на лінії складання двигунів два робочих пости: перший — для добору поршнів за циліндрами, другий — для складання групи.

Циліндри блока після механічної обробки, миття і старанного очищення сортують на розмірні групи і маркують. Поршні (однієї масової групи) добирають за циліндрами, узгоджуючи розмірну групу поршня з розмірною групою кожного циліндра. На посту складання групи за підібраним комплектом поршнів добирають комплекти

поршневих пальців за розмірними групами отворів у бобишках, а потім за поршневими пальцями добирають комплект шатунів (однієї масової групи) відповідних розмірних груп отвору в малій головці. Після складання групи рекомендується перевірити правильність взаємного положення твірної поверхні юбки поршня і отвори в малій головці шатуна, використовуючи для цього пристрій, аналогічний до пристрою для перевірки шатуна. Поршневі кільця перед встановленням на поршень піддають спочатку перевірці посадки в канавках, а потім підганяють по циліндрах за величиною зазора в стику (замку). Надівають і знімають поршневі кільця за допомогою знімача.

Складання коробки передач. Технологічний процес полягає у складанні окремих вузлів (на спеціальних постах) і загальному складанні, що здійснюється потоковим методом.

На спеціально обладнаних робочих місцях поза лінією загального складання складають такі основні вузли: ведучий вал, проміжний вал, кришку коробки передач, механізм керування. Встановлюючи вузли в картер, особливу увагу приділяють правильності монтажу підшипників, посадок у спряженнях, призначених для переключання передач, а також забезпеченню потрібного бічного зазора між зуб'ями шестерень і осьових зазорів блока шестерень проміжного вала, шестерень веденого вала і блокуючих кілець синхронізаторів. Пересувні шестірні веденого вала і синхронізатор мають переміщуватись уздовж шліців вільно, без заїдання.

Складені коробки передач передають на випробування.

Складання заднього моста включає в себе складання вузлів: картера заднього моста з трубами півосей, сальниками та пробками, ведучої конічної шестірні з картером підшипників, диференціала з веденою циліндричною (конічною) шестірнею, веденої конічної шестірні з валом ведучої циліндричної (конічної) шестірні, редуктора, маточини з гайковим барабаном, опорного диска заднього гальма, регулювального важеля і колісного циліндра.

Особливу увагу під час складання приділяють конічним шестірням гіпоїдної передачі. Якість зачеплення цих шестерень визначають бічним зазором між зуб'ями, рівнем шуму, розміром і розміщенням плями контакту. Низька якість складання різко знижує роботоздатність цієї передачі внаслідок появи задирів і посилює шум.

Бічний зазор гіпоїдної пари має бути в межах 0,12...0,35 мм. Зазор між зуб'ями вимірюють щупом у широкій частині зуба не менш як для трьох зуб'ів веденої шестірні.

Для нормального встановлення зуб'ів за плямою контакту треба закріпити стакан у зборі з ведучою конічною шестірнею на картері редуктора і нанести тонкий шар олійної фарби на робочі поверхні зуб'ів веденої конічної шестірні, після чого необхідно прокрутити вал ведучої конічної шестірні в обидва боки, пригальмовуючи ведену шестірню. Якщо положення контактної плями неправильне, необ-

хідно відрегулювати зачеплення переміщенням ведучої і веденої шестерень в осьовому напрямі, використовуючи відповідні набори прокладок. Переміщення ведучої конічної шестірні здійснюється за рахунок зміни товщини прокладок, встановлених між фланцями картера вала ведучої шестірні і картером редуктора. Ведена шестірня переміщується за рахунок перекладання прокладок з-під фланців однієї кришки картера редуктора під фланець іншої кришки без зміни їх загальної товщини, щоб не порушити регулювання підшипників вала ведучої циліндричної шестірні. Рівень шуму має бути в межах допустимих норм: для легкових автомобілів — не більш як 50 дБ, для вантажних — не більш як 80 дБ. Для створення попереднього натягу конічних підшипників вала ведучої конічної шестірні застосовують набір регулювальних шайб, встановлюваних між торцями внутрішнього кільця підшипника і розпірної втулки. Для прискорення процедури добору комплекту шайб (прокладок) необхідних розмірів застосовують індикаторний пристрій (рис. 47.10).

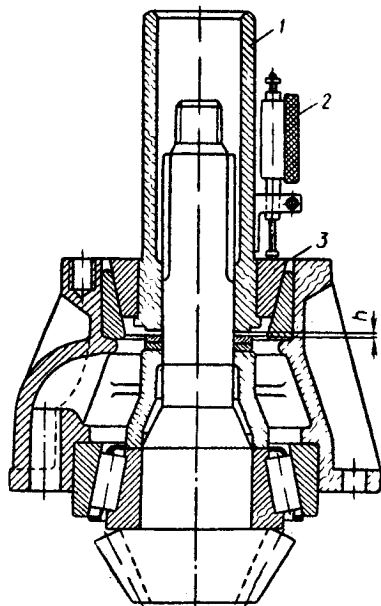


Рис. 47.10. Пристрій для комплекту регулювальних шайб підшипників вала ведучої конічної шестірні

Пристрій обоймою 3 встановлюють на зовнішнє кільце підшипника. Рукоятка 1, вільно опускаючись в обоймі 3, впирається в торець розпірної втулки. Залежно від показів індикатора 2 за допомогою спеціальної таблиці добирають комплект шайб, який забезпечує необхідний натяг підшипників.

Щоб забезпечити натяг у межах технічних умов, момент опору обертанню вала ведучої шестірні в підшипниках для автомобіля ЗІЛ-130 має бути в межах 1,0...3,5 Н·м, що відповідає зусиллю 16,6...58,3 Н.

Під час складання диференціала коробки сателітів орієнтують одну відносно одної, контролюють биття тильної частини веденої конічної шестірні, боковий зазор у зачепленні зуб'їв шестерень півосей та сателітів і плавність обертання шестерень півосей.

Карданну передачу складають з попередньо складених вузлів — карданних валів, проміжної опори, шарнірів. Деталі карданної передачі перед складанням треба промити і обдути стиснутим повітрям, а голчасті підшипники змастити рідким мастилом. Слід мати на увазі,

що мастильні канали хрестовин треба прочистити і в їхні отвори вкрутити запобіжні клапани. Складаючи карданну передачу автомобіля ЗИЛ-130, необхідно стежити, щоб фланці-вилки біля коробки передач і заднього моста перебували у взаємно перпендикулярних площинах.

Складаючи карданні передачі, контролюють осьовий люфт хрестовин, легкість обертання підшипника опори, переміщення ковзної вилки і сумарний коловий люфт карданних валів. Перевіряють прогин труби вала. Складені карданні вали балансують. При наявності необхідного устаткування рекомендується виконувати балансування карданної передачі автомобіля ЗИЛ-130 у зборі. При цьому карданну передачу балансують з боку переднього і заднього шарнірів, а також з боку проміжної опори і середнього шарніра.

Складання рульового керування з гідروпідсилювачем включає складання таких вузлів: рульового механізму з гідропідсилювачем, насоса гідропідсилювача, карданного вала, колонки. Перед складанням усі деталі необхідно старанно промити і просушити. Під час складання деталі потрібно змащувати маслом, яке застосовують для гідропідсилювачів. Після складання рульового механізму контролюють момент обертання рульового гвинта (він має не перевищувати $500 \text{ Н} \cdot \text{м}$), ефективність і величину зусилля реактивних пружин на всьому шляху переміщення поршня-рейки. Момент обертання вала рульового керування має дорівнювати $0,3 \dots 0,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$, що відповідає зусиллю $1,2 \dots 1,3 \text{ Н}$, прикладеному на радіусі рульового колеса 240 мм .

Під час складання насоса гідропідсилювача попередньо добирають лопаті насоса за пазами ротора, золотник — за отвором у кришці, випробовують і регулюють клапани.

47.4. Припрацювання і випробування агрегатів

Загальні відомості. У технологічному процесі ремонту агрегатів припрацювання є завершальним етапом, завданням якого є виявлення можливих дефектів, підготовка до сприйняття експлуатаційних навантажень і перевірка характеристик, які мають відповідати технічним умовам.

Припрацювання деталей — це результат, який супроводиться формуванням оптимальної для експлуатації мікро- і макрогеометрії поверхні, фізико-механічних та фізико-хімічних властивостей. Припрацьована поверхня характеризується рівномірною мікрогеометрією, оскільки гребінці від тертя деформуються, скруглюються і спрацьовуються. Це приводить до зменшення роботи тертя, рівномірного розподілу питомого навантаження по третьовій поверхні і, отже, до зниження інтенсивності спрацьовування і дальшої нормальної експлуатації. За умови якісної обкатки макродефекти деталей (овальність, конусність тощо) зменшуються, а в разі порушення режиму

обкатки і під час дальшої експлуатації вони, навпаки, розвиваються: виникають задири, схоплювання, огранка і т. д. Під час припрацювання у поверхневих шарах металу відбуваються корисні та шкідливі процеси. З одного боку, метал ущільнюється, наклепується, підвищується його твердість на 10...15 %, з другого — внаслідок втомленості та інших факторів він стає напруженим, утворюється густа сітка поверхневих мікротріщин. Отже, виникає потреба керувати цими процесами, шукати шляхи поліпшення припрацювання і формування оптимальних властивостей припрацьованих поверхонь деталей.

Обкатка різних агрегатів триває 1...5 год. Скоротити час обкатки — важливе завдання ремонту агрегатів і машин.

Тривалість обкатки можна скоротити і при цьому поліпшити якість припрацювання:

1. *Якістю обробки деталей і точністю складання.* Шорсткість поверхні має наблизитись до тієї, яка утворюється після припрацювання деталі. Це гарантує мінімальне спрацювання у початковий період припрацювання та надалі стійку роботу спряжень. Мікроспотворення геометричної форми і неточності складання призводять до нерівномірного розподілу зовнішніх сил і підвищеного спрацювання.

2. *Застосуванням оптимальних навантажувально-швидкісних режимів.* Навантаження і швидкість під час обкатки мають збільшуватися плавно. Підвищення їх у початковий період обкатки понад оптимальне значення призводить до інтенсифікації процесу спрацювання. Існують оптимальні режими обкатки для різних агрегатів.

3. *Введенням присадок до картерного масла під час обкатки.* Розрізняють присадки інактивні (ІА): колоїдний графіт, дисульфід молібдену; поверхнево-активні (ПА): олеїнова кислота, колоїдна сірка; хімічно активні (ХА): ортооксихінолін, сульфосаліцилова кислота; високомолекулярні (ВМ): поліізобутилен, поліметилметакрилат та ін. ІА-присадки, осаджуючись на поверхні деталі, перешкоджають суто металевому контакту гребінців нерівностей, утворюють площадки ковзання, внаслідок чого спрацювання зменшується. Хімізм дії ПА та ХА-присадок пов'язаний із складними фізико-хімічними процесами: утворенням м'яких порівняно з основним металом продуктів, пластифікуванням і згладжуванням гребінців мікронерівностей. Ці присадки значно скорочують час припрацювання деталей без підвищення їх спрацювання. ВМ-присадки підвищують в'язкість масла та несучу здатність масляного клина, внаслідок чого зменшується імовірність «голового» контакту (без мастила) гребінців нерівномірностей. Це сприяє зниженню спрацювання. Проте добавляти ці присадки до мастила можна тільки в невеликих кількостях, оскільки значне збільшення в'язкості масла веде до розвитку адгезійно-молекулярних процесів, зростання сили тертя і збільшення спрацювання.

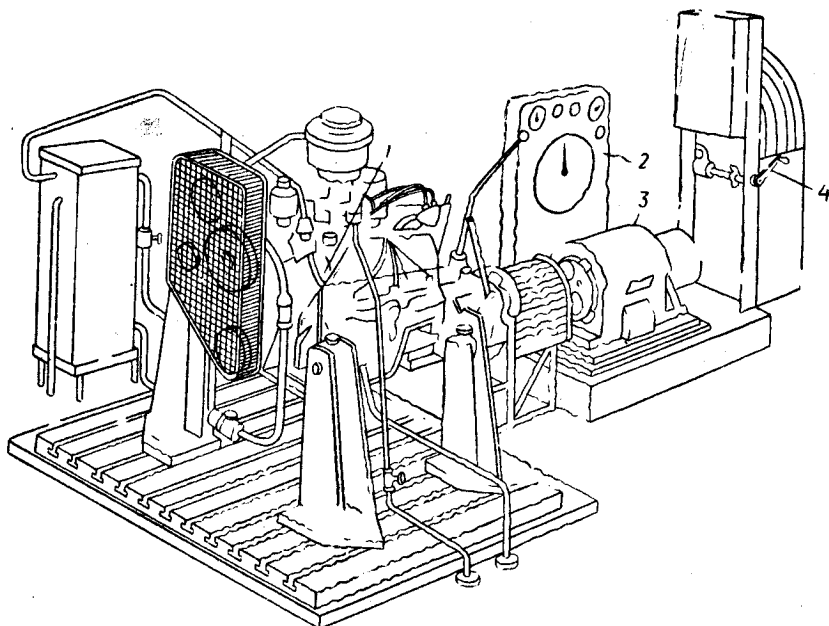


Рис. 47.11. Стенд з електричним гальмом для випробовування двигуна:
1 — двигун; 2 — ваговий пристрій; 3 — електрична машина; 4 — реостат навантаження

Найбільшого ефекту досягають додаванням до масла багатокомпонентних присадок, комплексна дія яких веде до значного скорочення часу обкатки і підвищення якості припрацювання. Проте слід зауважити, що прискорення припрацювання не повинно супроводжуватись інтенсифікуванням процесу спрацювання деталей.

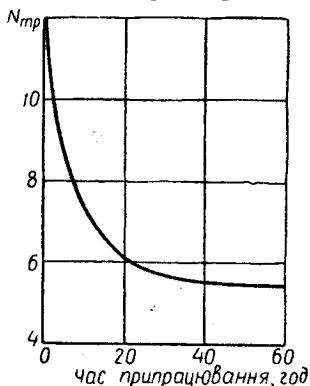


Рис. 47.12. Графік зміни втрат на тертя у період припрацювання двигуна

Припрацювання і випробування двигунів складаються з холодної і гарячої стадій (без навантаження і під навантаженням). Двигуни обкатують на спеціальних електрогальмових стендах (рис. 47.11). Встановлено, що в перший період припрацювання інтенсивно вирівнюються шорсткості, чим пояснюється інтенсивне спрацювання і різке падіння втрат на тертя (рис. 47.12).

Холодну обкатку (наприклад, дизельних двигунів) спочатку виконують без компресії, а потім з компресією. Під час холодної обкатки стежать за температурою тер-

тових деталей, тиском масла, загальним тепловим режимом двигуна, прослуховують ритмічність роботи, визначають щільність з'єднань та вузлів, виявляють витікання масла, пального, води. Після холодної обкатки двигун старанно оглядають, усувають виявлені дефекти, підтягують кріплення, видаляють повітря з паливної системи, перевіряють кут подачі пального в циліндри.

Потім провадять гарячу обкатку двигуна без навантаження. При цьому стежать за температурою води і нагріванням масла в картері, з'ясовують причини шуму, стуків. Закінчивши гарячу обкатку двигуна без навантаження, підтягують гайки, регулюють зазори в клапанах.

Таблиця 47.3

Стадія припрацювання	ГАЗ-2410			ГАЗ-53		
	Частота обертання вала, хв ⁻¹	Навантаження, кВт	Час припрацювання, хв	Частота обертання вала, хв ⁻¹	Навантаження, кВт	Час припрацювання, хв
Холодне припрацювання	500...700	—	15	800... 1000	—	20
	850...90	—	15			
Гаряче припрацювання без навантаження	1200...1500	—	20	1500... 2000	—	20
під навантаженням	1500...1800	7,3...11,0	25	1600... 2200	11,0... 14,7	25
	1800...2000	11,0... 14,7	20	2500... 2800	22...36,8	25
Контрольне приймання	Не більш як 3000	—	5	Не більш як 3000	—	5
Разом			100			95

Після цього приступають до гарячої обкатки двигуна під навантаженням.

Режими обкатки двигуна заносять до технологічних карт (табл. 47.3).

Після обкатки провадять випробування. При цьому визначають потужність двигуна, годинну і питому витрати пального. Потужність двигуна визначають за формулою

$$N_e = \frac{M'n}{716,2\eta'} = \frac{P_b l n}{716,2\eta'}$$

де N_e — ефективна потужність двигуна; n — частота обертання колінчастого вала; M' — крутний момент двигуна, зрівноважений моментом гальма; P_b — показ вагового механізму; l — довжина важеля; ККД $\eta' = 0,98$.

Годинна витрата пального, кг/год

$$Q_r = 3,6Q_n/t_b,$$

де Q_n — маса пального, витраченого за час випробувань, г; t_b — час випробувань, с.

Питома витрата пального, г/(кВт · год),

$$g_e = 1000Q_r/N_e.$$

Під час випробування доцільно, щоб потужність двигуна була на 20...30 % менша номінальної, а після випробування обмеження потужності слід зберігати на весь період експлуатаційної обкатки (50...60 год).

Після випробування провадять контрольний огляд двигуна. Його встановлюють на стенд, знімають піддон картера, кришки корінних та шатунних підшипників, кришки фільтрів грубого та тонкого очищення масла і оглядають робочі поверхні гільз циліндрів та вкладишів. Виявлені несправності усувають, промивають у дизельному пальному фільтруючі елементи, кришку нижнього картера, сітку маслоприймача і т. п. Потім двигун повністю складають і балансують.

Незрівноваженість двигуна є наслідком порушення співвісності муфти зчеплення і колінчастого вала (в разі знеособлення цих деталей), великої різниці в масі комплекту шатунів і порушення теплового балансу. Динамічна незрівноваженість спричиняє підвищення вібрації двигуна.

Балансування двигунів звичайно суміщають із стендовими випробуваннями. Перед балансуванням двигун прогрівають до робочої температури води і масла, доводять тиск масла до робочих меж, поступово збільшують частоту обертання колінчастого вала до максимальної. За шкалою фазометра приладу ЭВМ-БП визначають отвір на диску муфти зчеплення, в який необхідно вкрутити балансувальний тягарець. Встановивши його, повторно вимірюють амплітуду коливань і, якщо вона перевищує 300...350 мкм, двигун передають на повне розбирання.

Припрацювання і випробування агрегатів силової передачі. Для випробування коробки передач під навантаженням застосовують стенди з асинхронним двигуном, стенди з навантаженням внутрішніми силами (за замкнутим контуром) і з гідравлічним гальмом.

Для припрацювання і випробування агрегатів застосовують стенди, що являють собою установки із замкнутим силовим контуром (рис. 47.13). Потужність електродвигуна під час роботи на цих стендах використовується тільки на подолання сил тертя в зачепленні шестерень і в підшипниках. В результаті цього потужність електродвигуна може бути менша, ніж на стенді з розімкнутим контуром. Навантажування коробок здійснюється за рахунок використання внутрішніх сил системи. У цьому випадку має місце циркуляція потужності. На стендах

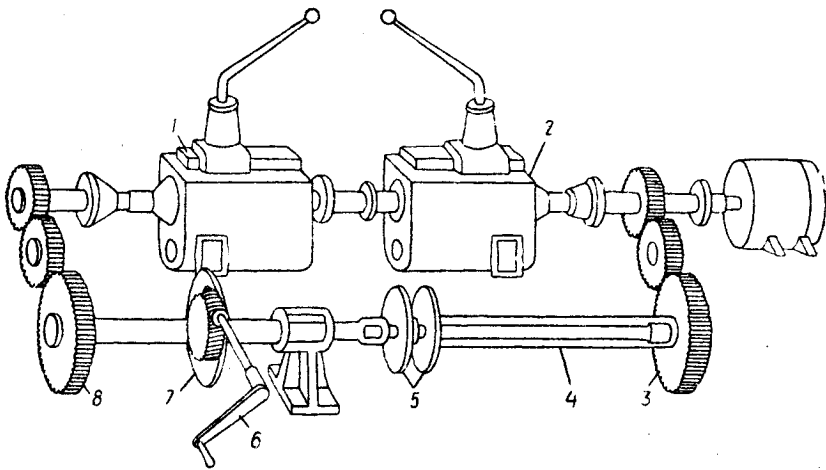


Рис. 47.13. Стенд для випробування коробок переда із замкнутим контуром:

1 — випробувальна коробка; 2 — стендова коробка; 3 — правий редуктор; 4 — торсіон; 5 — показчик величини закручування торсіона; 6 — рукоятка; 7 — навантажувальний (закручувальний) пристрій; 8 — лівий редуктор

відсутні громіздкі гальмові пристрої. Недоліком їх є велика складність виготовлення. Навантажний крутий момент створюється в результаті закручування на певний кут торсійного вала, розташованого між фланцями редукторів. Торсіон намагається розкрутитися за рахунок дії пружних сил, створюючи тим самим пару сил протилежного напрямку. Під час випробування коробок передач інші сили, що виникають всередині замкнутого контура, створюють момент, під дією якого перебувають шестірні коробок передач.

Режими припрацювання і випробувань деяких типів коробок передач наведено в табл. 47.4.

Під час випробування і припрацювання задніх мостів виявляють дефекти і шуми високого тону. Для цього застосовують різні стенди, що мають гальмові пристрої, наприклад універсальні стенди з асинхронним електродвигуном.

Задні мости можна припрацювати і випробувати на стендах з навантаженням внутрішніми силами — по замкнутому контуру. Обкатувати і випробувати слід усі відповідальні агрегати (редуктори, паливні насоси, амортизатори, гідроциліндри).

Таблиця 47.4

Гальмовий момент на введеному валі, Н·м	ГАЗ-24	ГАЗ-53	МАЗ-560
На 1-й передачі	132	480	1040
» 2-й »	75	280	590
» 3-й »	43,5	130	310
» 4-й »	—	75	170
» 5-й »	—	—	120
» передачі заднього ходу	159	510	1090

47.5. Загальне складання, обкатка і випробування машини

Загальне складання машини здійснюють після складання і обкатки основних агрегатів: двигуна, заднього моста, коробки передач, гідроагрегатів і т. д. Його виконують на основі технологічної карти складання машини. Складати машину починають з установаження частково складського базового вузла (наприклад, рами) на підставки або рухомі візки. З часом на раму встановлюють і закріплюють усі агрегати і вузли.

Додержання співвідношення вузлів під час складання — одна з основних умов надійної роботи машини. Машини та агрегати складають на універсальних постах або конвеєрі.

Якщо складання виконують на універсальних постах, роботи веде одна бригада на одному посту. У цьому випадку робота триває досить довго, виконують її висококваліфіковані робітники, а тому і вартість ремонту висока. Такий метод характерний для індивідуального і малосерійного авторемонтного виробництва.

Потоковий метод складання машин, коли весь процес розчленовується на окремі операції, виконувани на різних постах лінії, — найдосконаліша форма складання автомобілів та агрегатів. При поточковому методі складання здійснюються диференціація робочих процесів і спеціалізація робочих місць та робітників, тому трудомісткість складальних робіт і їхня собівартість різко знижуються.

За поточковим методом складання здійснюється на конвеєрах переривчастої дії. Виробничий процес складання виконують у періоди його зупинки.

Потокове складання двигунів та інших агрегатів може виконуватись на конвеєрах переривчастої дії, естакадах конвеєрного типу або багатопозиційних стендах.

Для вузлового складання базових деталей, наприклад блоків циліндрів, широко застосовують рольганги. Щоб передати частково складені вузли на загальну лінію складання або з одного рольганга на інший, застосовують пневматичні маніпулятори або візки.

Для підвищення продуктивності праці, зниження затрат ручної праці, створення зручності виконання складальних операцій на дільницях застосовують комплексну механізацію робіт. Це і підйомно-транспортні засоби, і різні пристрої, що гарантують складання, і механізований інструмент: гайковерти, машинні викрутки тощо.

Велике значення для гарантування якості складання має чистота деталей. Тому всі деталі, що надходять на складання, мають пройти миття, а безпосередньо перед складанням їх необхідно обдути стиснутим повітрям, старанно протерти і змастити спряжувані поверхні.

Виконуючи складальні роботи, треба неухильно додержувати вимоги ТУ на розбирання для забезпечення радіальних та осьових за-

зорів або натягів у спряженнях, правил зтягування нарізних з'єднань, складання і регулювання підшипникових вузлів, збалансованості обертових деталей тощо.

Складання двигунів закінчується їх випробуванням (припрацюванням) і здаванням ВТК заводу.

Після складання машини контролюють і регулюють гальма, органи керування, робочі органи, зачеплення шестерень, натяг пасів, ланцюгів, перевіряють надійність кріплення вузлів та агрегатів.

Після закінчення складальних робіт машину повністю змащують, керуючись інструкцією з технічного обслуговування. Звичайно на ремонтних підприємствах є карти мащення машин, які являють собою схему відповідної машини із зазначенням усіх точок змащування і застосовуваної марки мастила для кожної точки.

Нафтохімічна промисловість випускає багато мастильних матеріалів, призначених для різноманітних умов роботи. Експлуатаційні якості масел характеризуються в'язкістю, а також температурами застигання і спалаху, кислотністю і деякими іншими показниками. Консистентні мастила складаються в основному з мінеральних масел, загущених хімічними добавками.

Рекомендацій щодо застосування того чи іншого сорту мастила треба суворо дотримуватися, оскільки використання невідповідного сорту мастила може в одному випадку спричинити витікання масла, а в іншому — мастило через надто високу в'язкість не досягне третьових поверхонь деталей.

Мастило треба оберігати від засмічення пилом, брудом, водою. Застосування засміченого мастила призводить до прискореного спрацювання деталей. Під час складання машин на робочому місці масло треба зберігати в щільно закритій емкості, а консистентне мастило — у металевій коробці з добре підігнаною кришкою.

Перед заправленням змащувальні точки (маслянки, ковпачкові маслянки, заправні горловини картерів та ін.) попередньо протирають обтирним матеріалом. У місцях, де це передбачено конструкцією, щільно на різьбу встановлюють маслянки так, щоб до них забезпечувався зручний доступ. Перевіряють відсутність течі у з'єднаннях маслопроводів з-під прокладок фланців та інших з'єднань.

На ремонтних підприємствах для змащування машин використовують заправні пристрої з механічним приводом.

Якість складання ремонтної машини перевіряють протягом усього процесу складання, постійно контролюючи його.

Відремонтвані машини обкатують. Перед обкаткою необхідно перевірити комплектність машини, якість кріплення вузлів та агрегатів, безвідмовність роботи механізмів рульового керування, гальмової системи, сигнальних приладів тощо. Режим обкатки різних машин встановлені в ТУ.

Наприклад, одноковшові екскаватори обкатують на холостому ході протягом 2...6 год з опробуванням ходових механізмів і робочих кранів. Під час обкатки перевіряють роботу редуктора, реверсивного механізму і головної муфти, роботу лебідки піднімання стріли, обгінних муфт, фрикціонів, поворотних механізмів, гідро- і пневмосистем.

Екскаватор випробовують у процесі їзди на віддаль 5...6 км. При цьому виявляють прямолінійність ходу, маневреність машини та ін. Дію підйомного механізму перевіряють висуванням і витягуванням завантаженого баластом ковша при різних положеннях. Головну лебідку, її фрикціони та гальма перевіряють підніманням на максимальну висоту вантажу, який тримають на цій висоті протягом 3...5 хв.

Бульдозери обкатують на холостих обертах двигуна протягом 15 хв, під час їзди без навантаження — по 15...20 хв на кожній передачі. Під час обкатки перевіряють роботу муфти зчеплення, сервомеханізмів, гідросистем, відвала, механізмів керування.

Під час випробування бульдозерів під навантаженням перевіряють справність і плавність ходу, надійність гальм, системи керування.

Автомобіль випробовують пробігом на віддаль 40 км з вантажем, що відповідає 75 % його вантажності, і з швидкістю не більш як 40 км/год.

47.6. Фарбування машин

Машини фарбують з декоративною метою і заради надійного антикорозійного захисту. Процес пофарбування складається з очищення поверхонь, покриття їх ґрунтувальним розчином, шпаклювання, шліфування, нанесення фарби і сушіння.

Лакофарбові матеріали. *Лаки* — розчини плівкотвірних речовин у легких органічних розчинниках з добавкою компонентів, які поліпшують адгезію, світлостійкість та інші властивості, і призначені для нанесення покриття з метою подовження строку служби і надання блиску.

Грунтовки — пігментовані розчини плівкотвірних речовин в органічних розчинниках. Застосовуються як перший шар, що гарантує міцне зчеплення з поверхнею фарбованого металу і подальшими шарами лакофарбових покриттів. Для ґрунтування використовують різні типи ґрунтовок (ізолюючі, пасивуючі, фосфотуючі, протекторні і т. д.).

Шпаклівки — густі пасти, що складаються з плівкотвірної речовини, наповнювачів та пігментів. Призначені для усунення нерівностей і виправлення різних дефектів: вм'ятин, раковин, подряпин тощо.

Емалі — пігментовані лаки, які наносять в основному по ґрунтовці для захисту виробів від корозії і надання їм декоративного вигляду.

Фарби являють собою пасти, які складаються з пігментів або суміші пігментів та наповнювачів, замішаних на оліфі чи спеціально підготовлених оліях.

Оліфи — спеціально оброблені олії.

Усі лакофарбові матеріали складаються з кількох компонентів, узятих у певних відношеннях, передбачених рецептурою на даний матеріал. У лакофарбовому матеріалі розрізняють летку частину — розчинник; що випаровується в процесі плівкоутворення, і нелетку частину — сухий залишок, який утворює покриття.

Таблиця 47.5

Лакофарбові матеріали	Позначення	Лакофарбові матеріали	Позначення
Алкідно-акрилові	АС	Перхлорвінілові та полівінілхло-	ХВ
Алкідно-уретанові	АУ	ридни	
Ацетицелюлозні	АЦ	Поліакрилові	АК
Ацетобутилцелюлозні	АБ	Поліамідні	АД
Бітумні	БТ	Полівінілацетальні	ВЛ
Гліфталеві	ГФ	Полівінілацетатні	ВА
Дивінілацетиленові	ВН	Поліефірні насичені	ПЛ
Епоксидні	ЕП	Поліефірні ненасичені	ПЭ
Епоксиефірні	ЭФ	Поліуретанові	УР
Етилцелюлозні	ЭЦ	Сечовинні	МЧ
Каніфольні	КФ	Сополімерно-вінілацетатні	ВС
Каучукові	КЧ	Сополімерно-вінілхлоридні	ХС
Копалові	КП	Фенолалкідні	ФД
Кремнійорганічні	КО	Фенольні	ФЛ
Меламінні	МЛ	Фторопластові	ФП
Нітроцелюлозні	НЦ	Хлоровані поліетиленові	ХП
Олійно- та алкідно-стирольні	МС	Циклогексанові	ЦГ
Олійні	МА	Шелачні	ШЛ
		Янтарні	ЯН

До складу лакофарбових матеріалів входять плівкотвірні речовини, пігменти, розчинники, розріджувачі та сикативи. Для підвищення еластичності та стійкості до складу лаків вводять пластифікатори — ефіри фосфорної кислоти, рицинову олію тощо. Спиртові лаки виробляють розчиненням смол у спирті (сирці).

Пігменти (барвники) надають лакам і фарбам необхідного забарвлення і поліпшують їх адгезійні властивості. Як пігменти використовують цинкові білила, вохру, сурик, ультрамарин, сажу та ін.

Розчинники і розріджувачі використовують для надання матеріалу необхідної консистенції, поліпшення адгезії і здатності швидко висихати. Розріджувачі складаються з різних органічних розчинників — сольвенту, уайт-спірту, ксилолу, ацетону, ефіру та ін. Сикативи — речовини, що утворилися в результаті взаємодії важких металів та

органічних кислот. Застосовуються для прискорення процесу висихання олій і лакофарбових матеріалів, які містять олії.

Усі лакофарбові матеріали поділяються на групи залежно від основних плівковітвірних компонентів, що входять до їх складу (табл. 47.5). Всередині груп лакофарбові матеріали класифікують за ознакою переважного призначення (табл. 47.6).

Лакофарбові матеріали випускають під певними назвами (емаль, лак, ґрунтовка і т. д.), після яких проставляють відповідні літери та цифри, а словами зазначають колір. Наприклад, ґрунтовка ГФ-031 жовта означає: ГФ — гліфталева, 0 — група переважного призна-

Таблиця 47.6

Група лакофарбових матеріалів	Умове позначення
Атмосферостійкі	1
Для роботи всередині приміщень	2
Водостійкі	4
Спеціальні (покриття із специфічними властивостями)	5
Маслобензостійкі	6
Хімічно стійкі	7
Термічні	8
Електроізоляційні	9
Ґрунтовки	0
Шпаклівки	00

чення (ґрунтовки), 31 — реєстраційний номер; емаль ХВ-16 голуба: ХВ — перхлорвінілова, 1 — група переважного призначення — атмосферостійка, 6 — реєстраційний номер; лак АС-16: АС — сополімерно-акриловий, 1 — атмосферостійкий, 6 — реєстраційний номер; шпаклівка ЕП-0010: ЕП — епоксидна, 00 — група переважного призначення (шпаклівки), 10 — реєстраційний номер.

Для лакофарбових матеріалів, які не містять у своєму складі органічних розчинників (водорозріджувані, порошкові, водоемульсійні), після назви лакофарбового матеріалу ставлять літерний індекс: П — фарба порошкова; В — фарба водорозріджувана; Э — фарба водоемульсійна; Б — лак, який не містить активного розчинника. Наприклад, фарба Э-ВА-524: Э — емульсійна, ВА — полівінілацетатна, 5 — група переважного призначення (спеціальна), 24 — реєстраційний номер.

Для захисту і декоративного фарбування виробів та конструкцій у машинобудуванні застосовують широкий асортимент лакофарбових матеріалів на основі поліконденсаційних та полімерозахисних смол.

Підготовка поверхні до пофарбування. Для підготовки поверхні до пофарбування застосовують механічні, хімічні, ультразвуковий методи та ін. Вибір методу залежить від характеру забруднень, розмі-

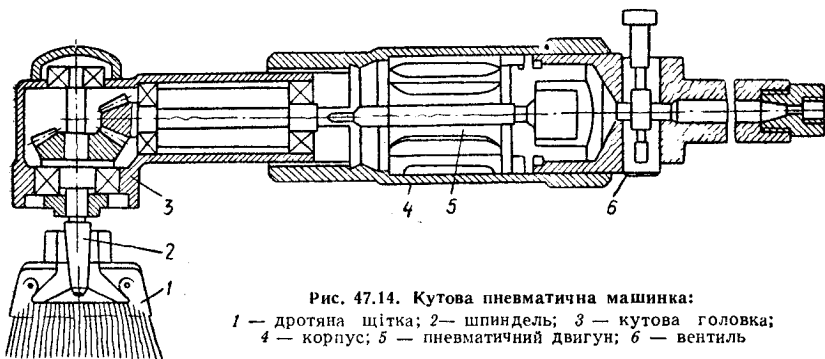


Рис. 47.14. Кутова пневматична машинка:

1 — дрютяна щітка; 2 — шпindelь; 3 — кутова головка;
4 — корпус; 5 — пневматичний двигун; 6 — вентиль

рів та конфігурації виробів, наявності зварних швів та ряду інших факторів. Підготовка поверхні до фарбування полягає у знятті старої фарби, видалення слідів корозії, зачищенні і знежиренні деталей.

Механічні методи очищення гарантують високу якість очищення і надають поверхні заданої шорсткості, яка сприяє адгезії лакофарбових покриттів з металом. На практиці застосовують очищення ручним і механізованим інструментом, піско- та дробоструминний, дробометальний та гідроабразивний методи. Для видалення тонких шарів іржі та окалини застосовують ручний механізований (пневматичний та електричний) інструмент: щітки, шарошки, машинки з наждачним та карборундовим кругами або відбійні молотки. Машинки прями, торцеві та кутові (рис. 47.14) використовують для очищення невеликих поверхонь, зварних швів та важкодоступних місць. До інструментів ударно-зіскоблювальної дії належать шарошки (рис. 47.15) різних конструкцій.

Шарошка являє собою корпус, в якому змонтовано валики з сталевими зірочками, що мають 12...14 гострих зубів. Зірочки насаджені на валики з зазором, тому вони сильно вдаряють по очищуваній поверхні. Щоб збільшити масу ударних частин шарошки і силу удару, корпус її можна подовжити і доповнити валиками з більшою кількістю зірочок.

Дробометальне очищення ґрунтується на ударній дії дробу, що його викидають лопатки дробоструминного апарату (рис. 47.16). У зв'язку з підвищеним рівнем шуму не допускається участь робітників у процесі дробометального очищення.

В апаратах гідроабразивного очищення використовують суміш води з абразивом (кварцовий пісок, карбіди бору та кремнію з розмірами частинок 0,5...0,8 мм та ін.), що запобігає утворенню пилу. Істотним недоліком цього методу є здатність обробленої поверхні швидко кородювати. Тому в разі обробки сталі, до води, яка надходить в апарат, додають інгібітори корозії, наприклад нітрит натрію

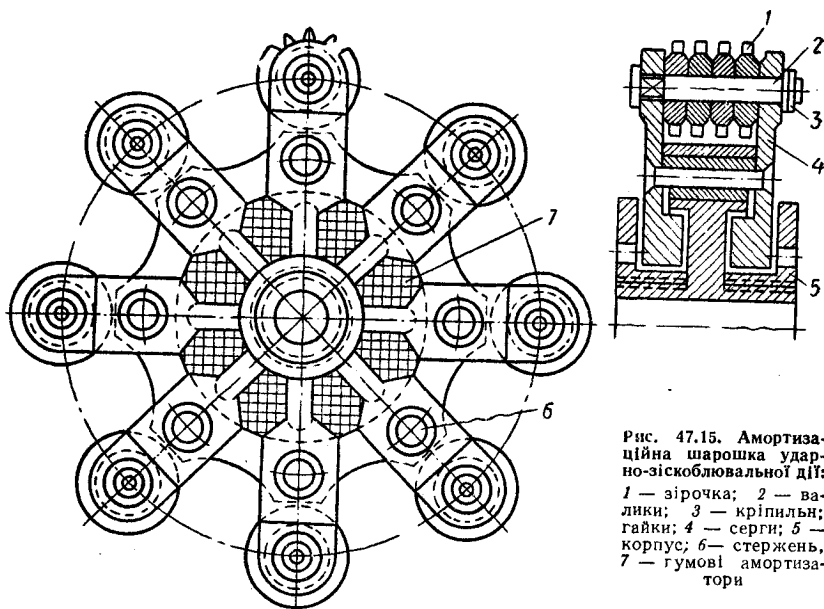


Рис. 47.15. Амортизаційна шарошка ударно-зіскобловальної дії:
 1 — зірочка; 2 — валики; 3 — кріпильні гайки; 4 — серги; 5 — корпус; 6 — стержень; 7 — гумові амортизатори

(0,3...1 %), тринатрійфосфат (0,5...2 %) або хромпik (0,5 %). Ці добавки пасивують поверхню і запобігають їй корозії протягом кількох годин.

Стару фарбу знімають також дробопіскоструминною обробкою або зануренням у розчин каустичної соди при температурі 353...363 К на 1...1,5 год. Після цього деталь пасивують нітратом натрію (4 г/л) і промивають гарячою та холодною (текучою) водою. Для видалення старої фарби ефективно застосовувати змивки (табл. 47.7). Під їх дією плівка розчиняється або у випадку необоротних покриттів набухає і зморщується. Після достатнього случування покриття його

видаляють. Цей процес можна значно полегшити, використовуючи щетинну щітку (з низьким ворсом). Щітку замочують у змивці і протирають нею набухлу ділянку покриття, одночасно зсуваючи його з

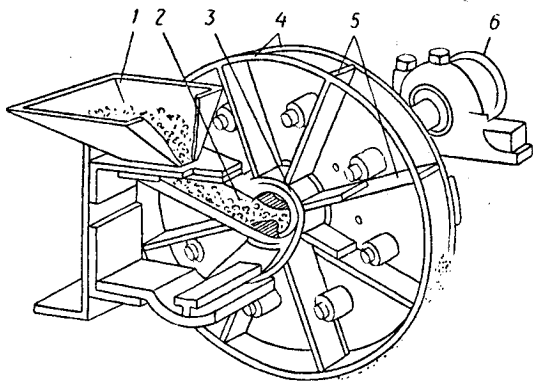


Рис. 47.16. Дробометальний апарат:

1 — завантажувальна лійка; 2 — розподільне кільце; 3 — ротор; 4 — диски ротора; 5 — лопатки ротора; 6 — електродвигун

місця. Очищену поверхню протирають бавовняними серветками, змоченими в уайт-спіриті, щоб видалити рештки покриття та парафіну, який міститься у змивці. Якщо на окремих ділянках покриття не відстає від поверхні, змочування змивкою і протирання щіткою повторюють. Видаляти набухле і зморщене покриття металевими щітками чи скребачками не допускається. Для цього можна застосувати шпательі з фанери, текстоліту, оргскла тощо.

Таблиця 47.7

Змивка			Плівкотвірні видалюваних лакофарбових покриттів
Марка	Компоненти	Масова частка, %	
СД (СП)	Діоксолан	50	Олійні, фенолоолійні, вінілові
	Бензол	30	
	Етиловий спирт	10	
АФТ-1	Ацетон	10	Олійні, алкідні, вінілхлоридні, поліакрилатні, меламіноформальдегідні, епоксидні
	Діоксолан 1,3	47,5	
	Толуол	28,0	
	Ацетон	19,0	
	Колоксилін	5,0	
СП-6	Парафін	0,5	Те саме
	Метиленхлорид	70,56	
	Смола ПСХ-6	11,24	
	Діоксолан 1,3	9,21	
	Ксилол	5,62	
	Оцтова кислота	2,25	
СП-7	Парафін	1,12	» »
	Метиленхлорид	75,8	
	Етиловий спирт	8,4	
	Аміак (25%-й розчин)	6,2	
	Метилцелюлоза	7,1	
СПС-1	Діетиленгліколь	2,5	Епоксидні, епоксидноетиленові, поліуретанові, вінілові, алкідні, олійні
	Метиленхлорид	69,6	
	Тиксотропна паста	18,2	
	Етиловий спирт	7,7	
	ОП-7, ОП-10		
	Парафін	3,7	
	Рідке мило	0,8	

Іржу знімають хімічним травленням в 20...30 %-му розчині сірчаної або соляної кислоти протягом 10...30 хв при температурі 293...323 К, після чого рештки кислоти нейтралізують содовим розчином або розчином NaOH. Вм'ятини, подряпини та інші дефекти усувають шлюсарно-механічними операціями за допомогою оправок. Поверхню зачищають електро- чи пневмошліфувальними машинками і наждачною шкуркою. Потім на підготовлену поверхню наносять шар ґрунту (ГФ-020, ФЛ-03 або ЭФ-0137) завтовшки 20...25 мкм. Висихання при природній температурі триває 48 год, а при температурі 373...383 К — до 1 год.

Шпаклюють нітроцелюлозними пастами, які складаються з пігментів, наповнювачів (вохра, сурик, крейда) та розріджувачів. Шар шпаклівки має не перевищувати 0,5 мм. В разі суцільного шпаклювання пасту наносять фарборозпилювачем, а у випадку місцевого шпаклювання — вручну гумовими шпателями. Після шпаклювання поверхню шліфують наждачною шкуркою, агрегатом ШРСУ-8 або ручною пневматичною машинкою РД-1, потім наносять лакофарбове покриття.

Нанесення лакофарбових матеріалів. Методи нанесення різні, проте основним є *пневматичний* (повітряний) метод розпилення. Цим методом наносять приблизно 70 % вироблюваних лакофарбових матеріалів. Повітряне розпилення здійснюють за допомогою фарборозпилювальних установок-пульверизаторів (типу КРУ або ЗИЛ). *Автоматичне пневморозпилювання* дає можливість поліпшити санітарно-гігієнічні умови роботи, звільнити робітників від транспортування виробів та їх фарбування, а також підвищити продуктивність праці. При такому методі нанесення лакофарбових матеріалів використовують різні комбінації рухів фарборозпилювача та виробу. Наприклад, виріб укладають на стрічці, що безперервно рухається, і пропускають через зону фарбування, в якій встановлено фарборозпилювачі з дистанційним керуванням. Фарборозпилювачі рухаються зворотно-поступально упоперек стрічки, а вироби в зону фарбування переміщуються за допомогою конвейера.

Під час ремонтних і відновних робіт невеликого обсягу застосовують метод фарбування за допомогою *аерозольних балонів*, коли лакофарбовий матеріал у балоні перебуває під тиском зрідженого або стиснутого газу. Як речовини, що створюють тиск, застосовують суміші зріджених фтороорганічних вуглеводів (Ф-11, Ф-12, Ф-14), низькокиплячі хлоровані вуглеводи (метиленхлорид, вінілхлорид та ін.), а також стиснуті гази (азот, вуглекислий газ тощо).

Метод *безповітряного розпилення* ґрунтується на подаванні насосом лакофарбового матеріалу до сопла фарборозпилювача під високим тиском із швидкістю, при якій потік подрібнюється на дрібні частинки.

Цей метод має такі переваги порівняно з фарбуванням пневматичним розпилюванням: знижені на 10...15 % втрати в результаті зменшення витрати матеріалу на туманоутворення; зменшено витрату розчинників на розведення матеріалів у зв'язку з розпиленням більш в'язких лакофарбових матеріалів; скорочено тривалість фарбування внаслідок нанесення меншого числа шарів. Цим методом можна наносити пентагліфталеві, гліфталеві, перхлорвінілові, акрилові, епоксидні, олійні та інші групи лакофарбових матеріалів з робочою в'язкістю до 40 с при температурі 291...296 К і мати покриття завтовшки до 25...30 мкм за одну технологічну операцію.

Метод *занурення* — найпростіший. Його широко застосовують для нанесення ґрунтовок і фарбування виробів, до остаточної обробки яких не ставлять особливих вимог. При цьому способі вироби повністю занурюють у ванну з лакофарбовим матеріалом, потім виймають і видержують, поки стіче зайвий фарби (лаку). У такий спосіб наносять лакофарбові матеріали, які повільно висихають (алкідні, феноло-олійні тощо).

Фарбування методом струминного обливання з наступною видержкою у парі розчинників дає можливість підвищити продуктивність і поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці. Цей метод використовують в основному для нанесення ґрунтовок або фарбування виробів, до покриттів яких не ставлять високих вимог.

Суть методу струминного обливання з наступною видержкою виробів у парі розчинників полягає ось у чому. Вироби на підвісному конвейері рухаються всередині спеціальної установки, яка складається з окремих секцій, вхідного та вихідного тамбурів, зони обливання і парового тунелю. У тамбурах установки є повітряні затвори з вентиляторами для запобігання виходу пари розчинників у цех.

Коли вироби проходять через зону фарбування, вони обливаються лакофарбовими матеріалами із системи сопел. Надмір матеріалу стікає з виробів і по лотку спрямовується у ванну для повторного використання.

У паровій зоні тунелю підтримується концентрація пари розчинників у межах 15...20 мг/л. У цих умовах випаровування розчинників з свіжофарбованих виробів уповільнюється, що сприяє розтіканню лакофарбового матеріалу по поверхні і утворенню покриття рівномірної товщини з кращим зовнішнім виглядом, ніж у разі користування методом занурення.

Температуру лакофарбового матеріалу під час обливання рекомендується підтримувати у межах 291...298 К, тривалість видержки у парі розчинників 8...10 хв для ґрунтовки і 10...14 хв — для емалей.

Метод *фарбування в електричному полі високої напруги* полягає в тому, що між двома електродами, які перебувають під напругою і розташовані на деякій відстані один від одного, створюється електричне поле. Один з електродів має гострі кромки. З підвищенням напруги до певного значення повітря біля цих кромок іонізується, тобто придбаває електричний заряд, і починає рухатись у напрямі силових ліній поля до протилежного електрода. Під час зіткнення заряджених молекул повітря з незарядженими останній також заряджається і починає світитись, нагадуючи корону. Явище перезарядження молекул називають *коронним розрядом*, а електрод, навколо якого виникає розряд, — *коронуючим*.

Одним з електродів є виріб, що його мають пофарбувати (позитивний заземлений електрод), а другим — коронуючий електрод (негатив-

ний). У створене між ними постійне електричне поле високої напруги вводять розпилений лакофарбовий матеріал, частинки якого, заряджаючись від іонізованого повітря чи кромки електрода, рухаються по силових лініях електричного поля і осаджуються на заземленому виробі, утворюючи на його поверхні рівномірне покриття.

В електричному полі добре розпилюються тільки ті лакофарбові матеріали, які мають певні електричні властивості. Оптимальними є питомий об'ємний опір — $1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$ Ом · см і діелектрична проникність — $6 \dots 10$.

Таблиця 47.8

Розріджувач	Питомий об'ємний опір, Ом · см	Діелектрична проникність	Температура кипіння, К	Розріджуваний лакофарбовий матеріал
РЭ-1В	$1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$	6...12	(376...378) ± 5	Меламіноалкідні ґрунтовки та емалі
РЭ-2В				
РЭ-3В	$1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$	6...12	(376...423) ± 5	Алкідні ґрунтовки та емалі
РЭ-4В				
РЭ-5В	$1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$	6...12	(376...427) ± 5	Перхлорвінілові емалі
РЭ-6В	$1 \cdot 10^9 \dots 1 \cdot 10^{10}$	2...6		
РЭ-7В	$1 \cdot 10^9 \dots 1 \cdot 10^{10}$	2...6	(376...378) ± 5	Нітроемалі
РЭ-8В	$1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^7$	6...12	(376...423) ± 5	Алкідно-стирольні ґрунтовки та емалі
РЭ-9В	$1 \cdot 10^9 \dots 1 \cdot 10^{10}$	2...6	(376...423) ± 5	Поліакрилові емалі
РЭ-10В	$1 \cdot 10^6 \dots 1 \cdot 10^{10}$	6...12	(376...423) ± 5	Олійні фарби

Якщо лакофарбовий матеріал не має зазначених властивостей, то, щоб досягти потрібних значень питомого об'ємного опору і діелектричної проникності, в лакофарбовий матеріал вводять розріджувачі (табл. 47.8).

Якість фарбування виробів в електричному полі залежить не тільки від електричних властивостей лакофарбового матеріалу, а й від інших факторів, наприклад від напруги на коронуючих електродах; відстані від коронуючих електродів до поверхні пофарбування при прийнятій напрузі на електродах; від в'язкості лакофарбових матеріалів, вологості і температури у фарбувальній камері. Оптимальне значення напруги електричного поля становить 60...140 кВ. Конкретне значення напруги визначається маркою лакофарбового матеріалу, видом виробів, що підлягають фарбуванню, і типом фарборозпилювача.

Вибір режиму фарбування починається з встановленням відстані між виробом і розпилювачем. Практика показала, що оптимальна відстань від розпилювача до виробу — 250...300 мм.

Залежно від способу розпилювання розрізняють електростатичні, електромеханічні і пневмо- та гідроелектростатичні розпилювачі. Електростатичні (найпоширеніші) розпилювачі працюють за прин-

ципом електростатичного розпилювання лакофарбового матеріалу. Насосом 6 (рис. 47.17) з електроприводом 5 з ємкості 4 матеріал подається на лоток 2, який під'єднано до джерела високої напруги (ДВН) і встановлено на ізоляційній штанзі 3.

Подача матеріалу регулюється так, щоб лоток весь час був заповнений ЛФМ, який змочує його поверхню.

У момент проходження перед розпилювачем заземленого виробу 1 створюється електричне поле. Під дією сил електричного поля лакофарбовий матеріал на коронуючій кромці дістає заряд, подрібнюється на якнайменші частинки і осаджується на поверхні виробу.

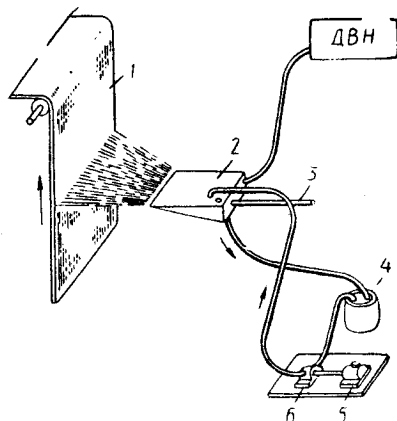


Рис. 47.17. Схема роботи лоткового електростатичного розпилювача

Сушіння лакофарбових покриттів. Види сушіння. Нанесені на поверхню лакофарбові матеріали сушать при нормальній або підвищеній температурі. Режим сушіння (температура, тривалість) має великий вплив на якість покриттів, особливо на ті види (алкідні, епоксидні, поліуретанові та ін.), що утворюються в результаті видалення розчинників і складних хімічних процесів. З підвищенням температури ці процеси (поліконденсація, полімеризація, окислення) відбуваються значно швидше і повніше, що сприяє збільшенню адгезії, твердості, міцності, зменшенню водовбирання і поліпшенню інших властивостей покриттів. Деякі види покриттів, наприклад меламіно-і сечовиноактивні, тільки після сушіння при підвищеній температурі тверднуть і набувають потрібних властивостей. Це пояснюється тим, що при нормальній температурі хімічні процеси, які ведуть до утворення покриттів на основі названих плівкотвірних речовин не відбуваються зовсім або відбуваються лише частково.

Природне сушіння застосовують в основному для швидковисихаючих покриттів. Його застосовують також і для деяких необоротних покриттів (алкідних, епоксидних, поліуретанових), особливо в тих випадках, коли покриття наносять на великі вироби, які не вміщуються в сушильні камери тощо, а також на вироби, в яких є мастила і неметалеві деталі (гумові, пластмасові) і які не можна сушити при підвищених температурах.

Процес сушіння значно прискорюється при безперервній циркуляції повітря, яке виносить з поверхні фарбованого виробу пару розчинника. При відсутності циркуляції повітря насичується паром розчинників і процес сушіння уповільнюється.

Залежно від способу передачі теплоти пофарбованій поверхні розрізняють такі способи *штучного сушіння*: гарячим повітрям (конвективне сушіння), інфрачервоним опроміненням (терморадіаційне сушіння), індукційними струмами високої і промислової частоти, ультрафіолетовим опроміненням та ін. У промисловості найширше використовують сушильні камери конвективного, терморадіаційного і терморадіаційно-конвективного типів.

Залежно від способу завантажування сушильні камери поділяють на тупикові та конвеєрні. Тупикові сушильні камери застосовують на підприємствах одиночного або малосерійного виробництва. Завантажувані в тупикові камери вироби періодично укладають у багатоярусні візки-етажерки, багатозвантажні висувні сітчасті полиці, підвісні чи напільні візки-платформи. У процесі сушіння вироби не пересувають. У конвеєрні сушильні камери вироби завантажують безперервно. У процесі сушіння вони перебувають у постійному чи періодичному русі.

Під час терморадіаційного сушіння інфрачервоне проміння від потужних ламп розжарювання проникає крізь шар покриття і нагріває металеву поверхню, забезпечуючи висихання фарби зсередини. У зв'язку з тим, що верхні шари висихають під дією природних процесів, покриття твердне рівномірно по всій глибині, міцніє і набуває щільності. Конвекційне сушіння позбавлене цієї переваги, і покриття в цьому разі пористе і не таке міцне. Індукційне сушіння ґрунтується на перетворенні електричної енергії в теплову за допомогою електромагнітних пристроїв — індукторів.

Під час проходження змінного струму по витках індуктора створюється потужне пульсуюче магнітне поле. Якщо в це поле вмістити залізний предмет, то за рахунок індукованих у ньому вихрових струмів він швидко нагріватиметься до високої або взагалі потрібної температури. Природно, що коли предмет буде пофарбований, то так само швидко нагріється покриття внаслідок передачі теплоти від нагрітого предмета до шару фарби, що створює, як і у випадку терморадіаційного сушіння, сприятливі умови для його висихання. Сушіння покриттів відбувається дуже швидко.

Індукційні сушильні пристрої бувають високочастотні (0,5... 300 кГц) і промислової частоти (50 Гц) з напругою 220...380 В.

Після сушіння лакофарбові покриття шліфують шкуркою № 320... 360, обдувають стиснутим повітрям, промивають водою, протирають розчинником № 648, сушать і полірують пастою № 289.

Працюючи з лакофарбовими покриттями, слід додержувати вимог безпеки праці та протипожежних заходів.

47.7. Шляхи зниження трудомісткості і підвищення ефективності складальних процесів

Один з найважливіших напрямів зниження трудомісткості складання — забезпечення високого рівня технологічності конструкцій, яке слід розглядати як комплексну проблему у взаємозв'язку з урахуванням умов виконання заготовчих процесів: обробки, складання і контролю. Відпрацьована на технологічність конструкція заготовки не повинна ускладнювати подальшу механічну обробку. Разом з тим обробку на технологічність треба здійснювати з урахуванням виконання заготовчих процесів і складання для забезпечення найменшої трудомісткості і собівартості виготовлення виробів у цілому.

Удосконалення технології складальних процесів у верстатобудуванні спрямоване на скорочення робіт по пригонці та доробці. В ряді випадків такі роботи виключаються в результаті застосування точних методів фінішної механічної обробки замість шабрування, спряженого шліфування контурів з'єднуваних деталей тощо.

Виключення робіт по пригонці на вузловому і загальному складанні дає можливість ширше застосовувати принцип взаємозамінності. Трудомісткість складальних робіт на основі цього принципу можна скоротити в 1,5...2 рази. Проте у зв'язку із складністю багатоланкових розмірних ланцюгів і вузьким допуском на замикальну ланку допуски на складові ланки в разі складання методом повної взаємозамінності настільки вузькі, що вести за ними обробку навіть за умови використання точних методів стає нерентабельним. У цьому випадку доцільно ввести в розмірний ланцюг жорсткий або регульований компенсатор і вести складання без пригонки і точної обробки спряжуваних деталей.

Трудомісткість робіт по пригонці можна зменшити в 2...3 рази, застосовуючи засоби механізації. До таких засобів належать ручні, електричні та пневматичні машини з абразивним кругом для заміни ручного обпилювання відкритих поверхонь великих розмірів; установки з гнучким валом для видалення металу абразивними кругами або кінцевими фрезами у стиснутих місцях; різні пристрої для переміщення і перевертання важких деталей, шабрувальних плит та перевірних лінійок, а також великий комплекс складальних пристроїв, які полегшують і прискорюють виконання робіт по пригонці. Окремі засоби механізації нормалізовані і випускаються промисловістю серійно (електричні та пневматичні машини), інші мають спеціальне призначення і виготовляються індивідуально.

Обсяг робіт по доробці звичайно становить 10...15 %. До них належать свердління отворів і нарізування різі під стопорні гвинти, свердління отворів для змащування, прорубування маслорозподільних канавок на поверхнях ковзання і ряд інших операцій. Обсяг

робіт по доробці можна зменшити за рахунок підвищення точності обробки деталей і застосування засобів механізації.

Зниженню трудомісткості і собівартості виконання складальних робіт сприяє заміна традиційних методів з'єднань новими, прогресивнішими. Наприклад, заміна шпонкових з'єднань шліцьовими, ширше застосування розрізних стопорних кілець у вузлах обертання (вали шпинделі, підшипникові опори), рифлених та пружних (порожнистих) контрольних штирів, фрикційних з'єднань вал — маточина замість шліцьових та шпонкових тощо.

У процесі проектування технологічних складальних процесів необхідно передбачати:

забезпечення високої якості складуваної машини, що гарантує надійність і довговічність її експлуатації;

мінімальний цикл складання і максимальний обсяг продукції, яку складають на одиниці складальної площі;

мінімальну трудомісткість слюсарно-складальних робіт;

застосування раціональної механізації та автоматизації.

Повна автоматизація складальних процесів у машинобудуванні не завжди економічно виправдана. Часто буває доцільніше поряд з автоматизацією найважчих і трудомістких операцій (встановлення важких деталей та вузлів, закручування нарізних деталей, запресування, клеймування, змащування і т. д.) вручну з використанням звичайних засобів механізації здійснювати операції, пов'язані з взаємною орієнтацією деталей, а також операції, автоматизувати які важко з технічних причин (встановлення пружин, шплінтів тощо). Застосування ручної праці зумовлене не тільки економічною недоцільністю або технічною неможливістю автоматизувати окремі особливо складні операції (наприклад, регульовальні, налагоджувальні та контрольні), а й необхідністю оперативного втручання в аварійних ситуаціях, коли автомат з якоїсь причини не здатний виконати завдання, а також у процесі освоєння складання нового виробу (у тому числі як один із способів програмування).

Автоматизації складальних робіт значною мірою перешкоджає усталена практика індивідуального конструювання і виготовлення складального устаткування. Кожна складальна машина здебільшого — це спеціальна дорога машина. Якщо взяти час на конструювання, виготовлення і налагодження за один рік, а на її економічну окупність — три, то навіть у найсприятливіших умовах машина даватиме прибуток лише один рік.

Складальне устаткування, як правило, виготовляють заводи-споживачі, а не спеціалізовані підприємства, що призводить до збільшення строків і вартості його виготовлення. Радикальний спосіб усунути цей недолік — організація централізованого виробництва нормалізованих типових виконавчих пристроїв, з яких за принципом агрегування можна компонувати необхідні автоматичні складальні

установки. Це дає можливість багаторазово і користати типові пристрої для нових компоновок, а не списувати їх, як у випадку застосування спеціального устаткування. При цьому різко знижуються строки поставки і собівартість виготовлення автоматичного складального устаткування, а також строки його окупності і гарантується економічна доцільність автоматизації складального процесу.

До типових вузлів складальних автоматів належать транспортні пристрої (поворотні столи, конвейери), які переміщують заготовки, напівфабрикати та готові складальні одиниці; нагромаджувально-завантажувальні пристрої (магазини, вібробункери) з живильниками, які часто виконують функції первинного орієнтування деталей — установчі і установчо-затискні, розміщені на поворотних столах, а також супутники, що несуть візки, призначені для фіксованого розміщення однієї із складальних одиниць на позиціях складання.

Аналіз компоновочних вирішень складальних автоматів показує, що перспективнішими є прямолінійні компонування, які дають можливість створити несинхронний цикл роботи (автомати з круглими індексуючими столами роблять синхронними). Несинхронні лінії продуктивніші за рахунок компенсації коливань часу виконання складальних операцій в результаті створення відповідних запасів перед робочими позиціями. Прямолінійні складальні машини створюють сприятливі умови для суміщення складальних операцій з іншими технологічними операціями.

Вибираючи організаційну форму складального процесу, треба враховувати режим роботи і кооперування праці робітників у виробничому процесі, розташування робочих місць під час монтажу (в один ряд, паралельними рядами та ін.), виробничий принцип процесу складання (спеціалізований за деталями чи за технологічними процесами), технічний рівень складального процесу (складання вручну, механізоване чи автоматизоване), вид руху складуваних вузлів (переривчастий, безперервний), вид зв'язку робочих місць у складальному процесі (вільний, жорсткий), наявність допоміжних процесів у складальному виробництві (транспортування, складування тощо), заміна виробничих програм. З метою раціональної організації робочих місць здійснюється центральний випуск стандартних механізмів й оснащення для компонування робочих місць відповідно до вимог ергономіки.

Для вибору найоптимальнішого варіанту складання можна запропонувати таку класифікацію систем складання: система автоматичного складання; система складальних ліній; система, яка складається з індивідуальних складальних робочих місць; система бригадного складання.

Досвід автоматизації складальних місць показує, що залежно від обсягу випуску продукції найдоцільніше застосовувати:

у масовому і великосерійному виробництвах — спеціальні складальні автомати;

у великосерійному виробництві — спеціалізовані перенастроювані складальні автомати, побудовані за агрегатно-модульним принципом у яких перенастроювання на випуск нового виробу здійснюється за рахунок зміни складу автомата, його регулювання і зміни керуючої програми або для виконання допоміжних та окремих складальних операцій використовуються автоматичні маніпулятори;

у великосерійному та середньому виробництвах — складальні робототехнічні комплекси (РТК), в яких усе складання паралельно-по-слідовно виконує один тип найскладніших промислових роботів (складання кількох одиниць даного виробу паралельно дає можливість скоротити час на заміну інструмента);

у серійному виробництві — РТК з послідовним складанням кожної одиниці виробу одним ПР (переважно для малосерійного виробництва); РТК, в яких складання всього виробу виконує ПР з розвину-тим адаптивним керуванням (аж до елементів штучного інтелекту); РТК із застосуванням на окремих операціях не автоматичного, а ав-томатизованого і ручного керування ПР; РТК, в яких усе складання виконує паралельно-по-слідовно один тип ПР, а окремі операції ви-конуються вручну.

Контрольні запитання

1. Що таке метод планіметрування?
2. У чому суть методу графічного інтегрування?
3. Коли виникає незрівноваженість деталей та вузлів?
4. Що таке припрацювання деталей?
5. Як здійснюють загальне складання машини?
6. Які методи застосовують для підготовки поверхні до фарбування?
7. Якими методами наносять лакофарбові матеріали?
8. Які застосовують види сушіння лакофарбових покриттів?
9. Які існують шляхи зниження трудомісткості складальних процесів?

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРИНЦИПИ ВІДНОВЛЕННЯ

48.1. Структура технологічних маршрутів відновлення

У процесі експлуатації деталі машин спрацьовуються. Спрацьовання залежить від виду спряження, умов його роботи та інших причин. При капітальному ремонті техніки повторно після відновлення використовують до 70 % деталей. Трудомісткість відновлення деталей становить 45...55 % загальної трудомісткості капітального ремонту. Собівартість відновлення звичайно не перевищує 60...70 % преїскурантної вартості нової деталі.

Для відновлення не потрібні затрати на виготовлення заготовок, не треба обробляти поверхні, які не спрацювалися, не змінили форми і властивостей. У зв'язку з цим технологічні маршрути відновлення деталей за своєю структурою істотно відрізняються від маршрутів виготовлення деталей.

У ремонтному виробництві готова деталь є результатом механічної обробки ремонтної заготовки, для виготовлення якої до технологічних маршрутів входять дві великих групи операцій: підготовка поверхні до нарощування і безпосереднє нарощування спрацьованої поверхні. Перша група операцій включає в себе слюсарну обробку, обробку на металорізальних верстатах або електрофізичну обробку; друга — постановку додаткової деталі, пластичне деформування, наплавлення, металізацію, нанесення електродіетичних або полімерних покриттів, а також електрофізичні способи нарощування поверхонь. Загальну структуру технологічних маршрутів показано на рис. 48.1.

Метрологічне забезпечення технологічних процесів. Якість відремонтованої автотракторної техніки складається з якості її складових частин — агрегатів, вузлів, деталей. Відповідність відремонтованих машин вимогам нормативно-технічної документації дає можливість вважати їх придатними для експлуатації. Відповідно недодержання однієї або кількох вимог на капітальний ремонт призводить до появи дефектів. Дефекти розрізняють за ступенем впливу на експлуатаційні властивості машин, можливість їх виявлення і усунення.

За даними НДІАТ, до 30 % дефектів деталей автомобілів не виявляються зовсім. Багато деталей, які слід контролювати за допомо-

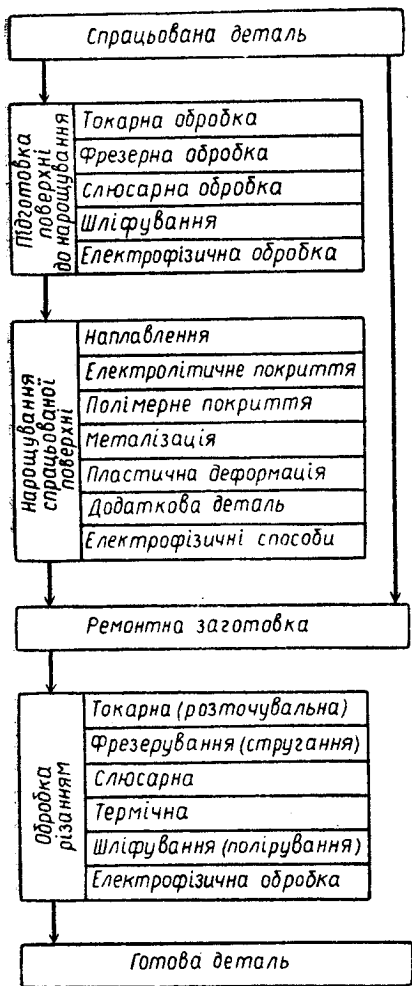


Рис. 48.1. Загальна структура технологічних маршрутів

Комплексний метод вимірювання характеризується або спільною перевіркою кількох параметрів способом порівняння дійсного контура перевірюваного виробу з граничним або вимірюванням такого параметра, дійсне значення якого відбиває похибки ряду інших параметрів цього виробу.

Контактний метод — метод, при якому вимірювальний елемент контрольного засобу стикається з контрольованою поверхнею.

гою інструментів, перевіряють візуально. Однією з причин цього є неуккомплектованість робочих місць і ВТК необхідним контрольно-вимірювальним устаткуванням, тобто недоліки в методах вимірювання і метрологічному забезпеченні технологічних процесів.

Під методом вимірювання розуміють сукупність використовуваних вимірювальних засобів і умов вимірювань. Вони поділяються на прямий, непрямий, диференційований, комплексний, контактний та безконтактний методи.

Прямі вимірювання — кількісна оцінка вимірювальної величини провадиться за показами приладу або за відхиленням розміру деталі від встановленого. Такі вимірювання поділяються на безпосередні (абсолютні), коли величину визначають за показами вимірювального засобу, і відносні (порівняльні), які ґрунтуються на порівнянні вимірюваної величини з певним значенням міри.

Непрямі вимірювання — кількісна оцінка вимірюваної величини провадиться за результатами прямих вимірювань величин, які пов'язані з вимірюваною величиною певними залежностями.

Диференційований (поелементний) метод вимірювання полягає в незалежному вимірюванні кожного параметра виробу.

Безконтактний метод — метод, при якому вимірювальний елемент контрольного засобу не стикається з контрольованою поверхнею.

Засоби вимірювань — це технічні пристрої, які використовуються під час вимірювань і мають нормовані метрологічні властивості. До них належать, наприклад, різні вимірювальні прилади, калібри, лекальні лінійки, плити тощо.

Основні види вимірювальних інструментів та приладів наведено в табл. 48.1.

Основними видами контрольних робіт для забезпечення потрібної якості відремонтованої техніки є контроль точності розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей, різьби, зубчастих коліс.

Відхилення форми — невідповідність між формами дійсної і заданої кресленням поверхонь (профілів) деталі.

Комплексні показники відхилень форми (неплощинність, нециліндричність) характеризують сукупність усіх відхилень форми поверхонь.

Комплексні показники відхилень форми профілю (некруглість тощо) характеризують сукупність усіх відхилень форми перерізу поверхні.

Диференційовані (елементні) показники відхилень форми (овальність, конусність та ін.) характеризуються певними геометричними ознаками.

Відхилення форми — найбільша відстань від точок дійсної поверхні до прилеглої площини, прямої, циліндра чи кола. Вплив шорсткості поверхні під час розгляду відхилень форми виключається у зв'язку з використанням вимірювальних наконечників з радіусом заокруглення, значно більшим (у 100...1000 разів), ніж у алмазних голок, що використовуються для контролю шорсткості поверхні.

Неплощинність перевіряють перевірними плитами на фарбу (за кількістю плям на одиницю площі), рівнями, індикаторними пристроями. Для точного вимірювання непрямолінійності і неплощинності особливо великих розмірів використовують оптичні лінійки ІС-36, ІС-43, прилад ППС-11.

Принцип дії оптичних лінійок ІС-36, ІС-43 ґрунтується на вимірюванні відхилень кривої профілю перевірюваної поверхні відносно вихідної прямої, заданої променем, що проходить через центри дзеркально-лінзових об'єктів, які утворюють афокальну автоколімаційну систему.

Оптична лінійка має реєстраційний пристрій для запису кривої профілю перевірюваної поверхні на міліметровому папері. Без перевстановлення оптичної лінійки можна виміряти відхилення від прямолінійності на довжині 800 мм лінійкою ІС-43 і на довжині 1600 мм лінійкою ІС-36. Контролюючи вироби, довжина яких перевищує

Інструмент, прилад	Точність вимірювання	Межі вимірювання	Призначення
Міри довжини плоскопаралельні			
Плоскопаралельна кінцева міра довжини	До 0,001		Перевірка вимірювальних інструментів, точних вимірювань і розмітки
Калібри			
Пробка	0,01	1...360	Вимірювання внутрішніх гладеньких розмірів 1...360 мм
Скоба	0,01	1...360	Вимірювання зовнішніх гладеньких розмірів 1...360 мм
Пробка нарізна	—	1...30	Вимірювання внутрішньої метричної різі розміром 1...300 мм
Кільце нарізне	—	1...300	Вимірювання зовнішньої метричної різі розміром 1...300 мм
Штрихові інструменти			
Лінійка вимірювальна металева	0,5	150, 300, 500, 1000	Грубе вимірювання
Стрічковий метр	0,5	1000 або 2000	Вимірювання лінійних і деяких криволінійних (діаметр кола, довжина дуги тощо) розмірів
Рулетка	1,0	1000...50 000	Грубе вимірювання значних довжин
Складаний метр	1,0	1000, 2000	Грубе вимірювання лінійних розмірів
Штангенінструменти			
Штангенциркулі			Вимірювання зовнішніх, внутрішніх поверхонь та виточок
ШЦ-1; ШЦТ-1	0,1	0...125	
ШЦ-1; ШЦ-111	0,1 та 0,05	0...160 0...200 0...250 0...315	
ШЦ-111	0,1	0...400 0...500 250...630 250...800 320...1000 500...1250 500...1600 800...2000	
Штангенглибиномір	0,05	0...160 0...200 0...250 0...315 0...400	Вимірювання розмірів (глибин) до 400 мм

Інструмент, прилад	Точність вимірювання	Межі вимірювання	Призначення
Штангенрейсмус	0,05	0...250 40...400 60...630 100...1000 600...1600 1500...2500	Вимірювання і розмічання
Мікрометричні інструменти			
Мікрометр Гладенький МК	0,01	0...300 300...600	Точне вимірювання зовнішніх розмірів
Листовий МЛ	0,01	0,5 0...10 0...25	Вимірювання листового матеріалу
Трубний МТ	0,01	0...100	Вимірювання товщини стінок труб, циліндрів тощо
Важільний МР	0,002	0,25 25...50	Для масової перевірки деталей
З вимірювальною голівкою МРІ	0,05 0,01	50...500 300...2000	Вимірювання великогабаритних деталей
Глибиномір мікрометричний	0,01	0...100 0...150	Точне вимірювання глибин, пазів, висот та виступів до 150 мм
Нутромір мікрометричний	0,01	50...75 75...175 75...600 150...1250 800...2500 1250...4000 2500...6000 4000...10000	Точне вимірювання внутрішніх розмірів 50...10 000 мм
Скоби з відліковим пристроєм			
Тип СР	0,002	0...100	Точні вимірювання зовнішніх розмірів
Тип СИ	0,01	0...1000	Точні вимірювання зовнішніх розмірів
Важільно-механічні прилади			
Індикатор годинникового типу ІЧ	0,01	0...2 0...5 0...10	Вимірювання відхилень розмірів, похибок форми і розташування невеликих розмірів
Індикатор важільно-зубчастий	0,01	Не менш як 0,8	Вимірювання малих відхилень у важкодоступних місцях
Нутромір індикаторний	0,01	6...10 10...18 18...50	Вимірювання внутрішніх розмірів 6...1000 мм

Інструмент, прилад	Точність вимірювання	Межі вимірювання	Призначення
		50...100	
		100...160	
		160...250	
		250...400	
		450...700	
		700...1000	
Глибиномір індикаторний	0,01	0...100	Вимірювання глибини пазів, отворів і висоти виступів до 100 мм

Вимірювання кутів

Міра кутова призматична (плитка)			Перевірка кутомірних засобів, вимірювання, точного розмічання, точного вимірювання кутів
Кутомір з ноніусом		0...180° (зовнішніх кутів)	Тип УН для вимірювання зовнішніх і внутрішніх кутів, тип УМ — зовнішніх
УН та УМ		40...180° (внутрішніх кутів)	
Косинці перевірні		90°	Перевірка перпендикулярності. Шість типів: УЛП — лекальні плоскі; УЛШ — лекальні з широкою основою; УП — слюсарні плоскі; УШ — слюсарні з широкою основою; УЛ — лекальні плитки; УЛЦ — лекальні циліндричні
Рівні			Для контролю горизонтально-го розташування поверхонь

довжину оптичної лінійки, відхилення від прямолінійності слід визначати в кілька прийомів.

Порівняно з іншими приладами оптичні лінійки типів ІС-36 та ІС-43 мають ряд переваг: великі межі вимірювання відхилень від прямолінійності, простота конструкції, порівняно проста методика вимірювання. Наявність екрана у приладі полегшує роботу і підвищує продуктивність праці. Лінійки малочутливі до струшувань та вібрацій, їх покази даються в лінійних, а не кутових значеннях, що значно спрощує обробку результатів вимірювань.

До недоліків оптичних лінійок слід віднести неможливість вимірювати відхилення від прямолінійності в горизонтальній площині і велику масу приладу та корпусу у лінійки ІС-36.

Основні технічні характеристики оптичних лінійок ІС-36 та ІС-43 наведено в табл. 48.2.

Для спрощеного контролю непрямої лінійності універсальними вимірювальними приладами та інструментами деталь установлюють так, щоб дві точки перевірюваного відрізка (по можливості найбільш віддалені одна від одної) перебували на однаковій відстані від площини перевірної плити, тобто покази приладу в цих точках мають бути однакові. Непрямої лінійності визначають як різницю між найбільшими і найменшими показами вимірювального приладу (інструмента).

Таблиця 48.2

Основні характеристики	Тип лінійки	
	ІС-36	ІС-43
Межі вимірюваних відхилень від прямої лінійності і площинності, мм:		
за відліковим пристроєм	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
під час реєстрації	$\pm 0,5$	$\pm 0,25$
Довжина перевірюваної поверхні, мм	400...1600	120...800
Ціна поділки шкали відлікового пристрою, мм	0,001	0,0005
Межа допустимої похибки приладу, мкм, в разі застосування пристрою:		
відлікового	$\pm 1,5$	$\pm 0,5$
графічного	$\pm 2,5$	$\pm 1,5$

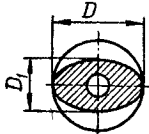
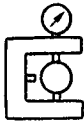
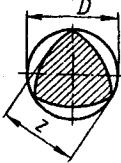
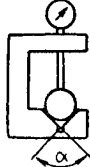

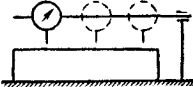
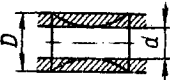
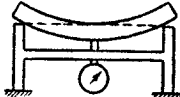
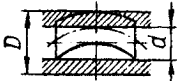
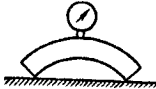
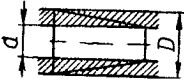
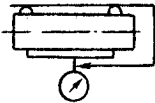
Залежно від жорсткості системи верстат — пристрій — інструмент — деталь, ступеня спрацювання верстата, режиму обробки та інших причин виникають відхилення не тільки від взаємного розташування поверхонь, а й від правильної геометричної форми (табл. 48.3, 48.4).

Овальність контролюють вимірюванням деталі індикатором на звичайному стояку або за допомогою скоби. При цьому деталь треба повернути на $1/2$ оберту і обчислити різницю між найбільшим D і найменшим D_1 показами.

Для контролю огранки l базую вимірювання є призма з кутом 90° , яка у найчастіше застосовуваних огранках з трьома і п'ятьма гранями дає подвоєне її значення.

Бочкоподібність і угнутість, різницю між D та d перевіряють, вимірюючи деталь у трьох перерізах уздовж осі (двох крайніх і одного між ними). Бочкоподібність або угнутість визначають найбільшою різницею діаметрів середнього і одного з крайніх перерізів. Бочкоподібність, угнутість і вигнутість можна контролювати також за допомогою лекальної лінійки на просвіт.

Конусоподібність контролюють вимірюванням діаметрів D та d у двох перерізах на кінцях деталі, розташованих на певній відстані один від одного.

Вид відхилення	Ескіз відхилення	Схема пристрою для контролю
Овальність		
Огранка		
Бочкоподібність		
Угнутість		
Вигнутість		
Конусоподібність		

Таблиця 48.4

Прилад	Характеристика, призначення
--------	-----------------------------

Пристрій для контролю міжцентрових відстаней отворів мод. 8364-4014
 Діаметр контрольованих отворів 40...150 мм. Діапазон міжцентрових відстаней 100...250 мм

Пристрій для контролю неспіввідповідності отворів мод. 8532-5058
 Діапазон контрольованих діаметрів 70...120 мм. Діапазон відстаней між контрольованими поверхнями 130...300 мм

Прилад перевірки прямолінійності, площинності і співвідповідності труби до нескінченності ПСС-11
 Межі візування зорової труби від торця труби до нескінченності

Прилад	Характеристика, призначення
Мікроскоп вимірювальний універсальний УИМ-23	Для лінійних і кутових вимірювань деталей у прямокутних і полярних координатах. Межі вимірювання довжин, мм, у напрямі: поздовжньому 0...200 поперечному 0...100 Межі вимірювання кутів 0...360°

Вигнутість Δ вимірюють індикатором під час обертання деталі на двох опорах. Різниця граничних показів вимірювальної головки дорівнює подвоєній величині вигнутості $2\Delta_{\text{виг}}$.

Щоб підвищити продуктивність процесу вимірювання відхилень форми, застосовують спеціальні пристрої та прилади механічного, електроконтактного, пневматичного та інших принципів дії.

Для вимірювання некруглості застосовують макропрофілографи, які дають можливість записувати похибку форми деталей у поперечному перерізі. Завод «Калібр» випускає гаму кругломірів (мод. 218, 246, 255, 256 та 258), які дають можливість вимірювати некруглість деталей діаметром 0,5...350 мм і заввишки до 1500 мм з похибкою вимірювання 0,1; 0,2 та 0,05 мкм. Застосовують також кругломіри БВ-2003 та ін.

Основні види контролю взаємного розташування поверхонь — контроль відстаней між осями отворів і площин, перпендикулярності циліндричних поверхонь або циліндричної поверхні до торця і співвісності циліндричних поверхонь (табл. 48.5).

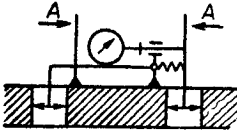
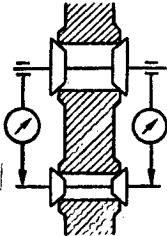
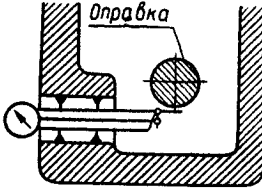
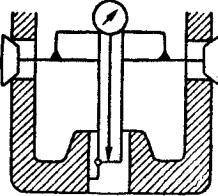
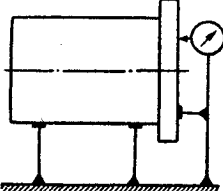
Відстані між осями отворів контролюють на інструментальному чи універсальному мікроскопах, проекторах, а також універсальними вимірювальними інструментами — штангенциркулями та мікрометрами.

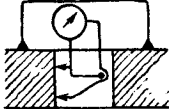
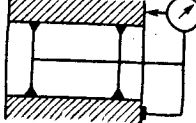
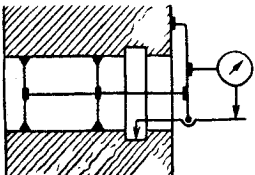
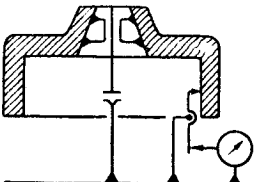
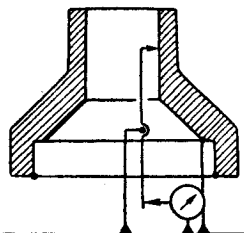
Відстань між осями визначають за результатами вимірювань діаметрів отворів (або діаметрів контрольних валиків, які щільно входять в отвори) і відстані між їх краями.

У великосерійному і масовому виробництвах відстані між осями контролюють спеціальними калібрами або пристроями з приладами, що показують результати вимірювань.

Взаємну перпендикулярність осей двох отворів або перпендикулярність осі отвору до торця (або базової площини) контролюють спеціальними калібрами-шаблонами чи за допомогою пристроїв, в одиночному виробництві — косинцями.

Співвісність циліндричних поверхонь контролюють за допомогою контрольних скалок (валиків), які щільно вставляються в перевірявані отвори, а в разі різниці діаметрів — ступінчастими скалками.

Вид вимірювання	Галузь застосування	Схема пристрою для контролю	Короткий опис
Контроль міжосьових відстаней	Неглибокі отвори		Міжосьова відстань визначається як півсума двох відліків: від дотику вимірювальних наконечників до найвіддаленіших твірних і від дотику їх до найменш віддалених твірних отворів (натискування по стрілках А)
	Глибокі отвори		Оправки фіксуються кінчними або ступінчастими втулками. Настроюється пристрій за установочною мірою
Контроль перпендикулярності циліндричних поверхонь або циліндричної поверхні до горця	Перехрещувані отвори Визначення перпендикулярності осей двох отворів		Настроюється за установочною мірою Пристрій базується по оправці, закріпленій за допомогою кінчних втулок в одному з отворів. Настроюється за установочною мірою
Контроль биття торця відносно циліндричної поверхні			Контрольована деталь базується по циліндричній поверхні
Контроль перпендикулярності внутрішньої циліндричної поверхні до торця			Контрольована деталь базується по торцю і прокручується під вимірвальним наконечником

Вид вимірювання	Галузь застосування	Схема пристрою для контролю	Короткий опис
Контроль перпендикулярності осі отвору до торця			Пристрій базується по торцю і прокручується навколо осі отвору з притискуванням вертикального упора до поверхні отвору
Контроль співвісності отворів	Контроль співвісності кількох отворів однакового діаметра		Базується по двох крайніх отворах за допомогою кінчних або ступінчастих втулок
Контроль радіального биття проточки в отворі			Базується по отвору і торцю деталі
Контроль радіального биття циліндричної розточки відносно кінчного отвору			База — кінчний отвір
Контроль співвісності двох торців різного діаметра			База — циліндрична і торцева поверхні більшого отвору

Допуск на неспіввісність ступенів валиків має не перевищувати $1/5$ допуску на напіввісність отворів контрольованої деталі.

Для кількісної оцінки шорсткості застосовують контактні — щупові прилади (профілометр, профілограф) і безконтактні — оптичні прилади (мікроінтерферометр, подвійний мікроскоп, інтерференційний мікроскоп та ін.), а для якісної — зразки шорсткості і порівняльний мікроскоп.

Щупові прилади. Профілометр типу 240 призначений для контролю шорсткості поверхні $R_a = 2,5...0,04$ у цехах.

Профілограф-профілометр (лабораторний) мод. 201 призначений для вимірювання шорсткості поверхні $R_a = 2,0...0,04$, коли користуються приладом, що показує, і $R_a = 2,0...0,1$ в разі запису профілограми з межами збільшення 1000...200 000 (вертикального) і 2...4000 (горизонтального) розташування. Похибка показів $\pm 10\%$.

Оптичні прилади. Подвійний мікроскоп МИС-11 призначено для лабораторного вимірювання шорсткості поверхні $R_a = 80...0,32$. Припустима похибка показів приладу лежить у межах 4,5...18% в разі вимірювання шорсткості $R_a = 80...1,25$ або в межах 13,5...24, коли шорсткість $R_a = 2,5...0,32$.

Інтерференційний мікроскоп МИИ-4 застосовують для лабораторних вимірювань шорсткості поверхні $R_a = 0,16...0,1$. Похибки вимірювань висот нерівностей візуальним методом становлять 0,08...0,04 мкм у разі вимірювання шорсткості $R_a = 0,16...0,04$ і 0,4...0,03 мкм, коли шорсткість $R_a = 0,1...0,05$.

Мікроінтерферометр МИИ-6 дає можливість визначати лише візуально за допомогою окулярного гвинтового мікроскопа в білому світлі шорсткість поверхні порядку $R_a = 0,16...0,1$.

Імпресійно-репліковий інтерферометр МИИ-10 застосовують для вимірювання шорсткості важкодоступних і внутрішніх поверхонь, а також поверхонь деталей без знімання їх з верстата. На приладі розглядається не власне поверхня, а її відбиток (репліка).

Зразки шорсткості поверхні. У цехових умовах застосовують метод оцінки шорсткості поверхні візуальним порівнянням деталей із зразками шорсткості. Цей метод дає надійні результати контролю до 2,5 шорсткості включно.

Порівняльні мікроскопи (накладного, переносного і стаціонарного типів) застосовують для поліпшення якості контролю до 0,16 шорсткості порівнянням із зразками.

Точність різьби визначається точністю виконання її основних елементів: зовнішнього, середнього та внутрішнього діаметрів, кроку і кута профілю різьби болта та гайки.

Різьбу болта та гайки можна контролювати комплексним методом по всіх елементах одночасно чи поелементно. Перевіряють звичайно за допомогою спеціальних калібрів або пристроїв. Точні різьби і калібри перевіряють поелементно на приладах.

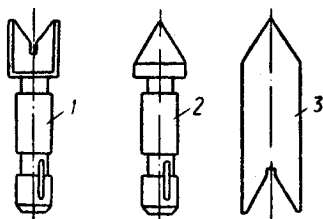


Рис. 48.2. Нарізні вставки

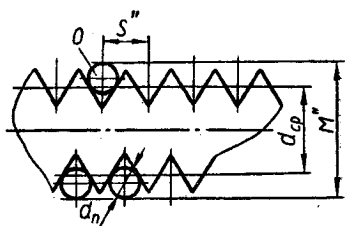


Рис. 48.3. Схема вимірювання різьби методом трьох дротин

Найпростішим є контроль зовнішнього діаметра болта та внутрішнього діаметра гайки. Ці елементи різьби контролюють гладенькими скобами та пробками, а також за допомогою мікрометра або штангенциркуля.

Внутрішній діаметр болта можна виміряти мікрометром для різьби з пристроєм, що нагадує звичайний мікрометр, лише замість звичайних гладеньких наконечників він має спеціальні вставки (рис. 48.2), за допомогою яких можна вимірювати внутрішній і середній діаметри болта. Нарізні вставки виготовляються змінними відповідно до кроку перевірюваної різьби. Призматичну вставку 1 вставляють у нерухому п'ятку мікрометра, а конусну 2 — в рухому.

Для вимірювання внутрішнього діаметра болта застосовують дві призматичних вставки, вершини яких торкаються западини різьби.

Для вимірювання середнього діаметра болта застосовують вставки, які боковими гранями торкаються бічних сторін профілю різьби поблизу середнього діаметра. Ці вставки зроблено з укороченим профілем. Вставки можуть повертатися в опорах вимірювальних п'яток і самовстановлюватись відносно похилої частини профілю різьби.

Установочна міра 3 призначена для перевірки правильності початкового показу мікрометра.

Для мікрометра для різьби з інтервалом змін 0...25 мм правильність початкового відліку перевіряють безпосередньо зведенням обох вставок до упора. При цьому на шкалі мікрометра показ має дорівнювати нулю.

Користуючись мікрометром для різьби, перевірюваний болт треба встановити між нарізними вставками і далі вимірювати, як звичайним мікрометром, стежачи, щоб вісь вимірювальних наконечників проходила через вісь болта.

Прямим методом мікрометром для різьби вимірюють середній діаметр болта, тобто результати вимірювань відлічують безпосередньо на шкалі приладу. Ціна поділки шкали барабана мікрометра для різьби 0,01 мм.

Середній діаметр різьби можна вимірювати методом трьох дротин, який полягає в тому, що в западини болта з обох його боків, щоб запобігти перекосу вимірювальних наконечників мікрометра,

закладають три точкові дротинки однакового діаметра. Потім мікрометром з плоским наконечником визначають відстань між зовнішніми поверхнями закладених дротинок (рис. 48.3).

Знаючи діаметр дротинок d_d , крок різьби S'' та відстань між зовнішніми поверхнями дротинок M'' , можна визначити середній діаметр метричної різьби d_{cp} болта за такою формулою:

$$d_{cp} = M'' - d_d + 0,866S''.$$

Цей метод вимірювання точніший, ніж вимірювання мікрометром для різі. Тому його застосовують для вимірювання середнього діаметра калібрів та інших точних нарізних деталей.

Крок різьби перевіряють шаблонами для різьби, що являють собою набори плоских сталених пластинок з вирізаним профілем різьби різних кроків. Профіль перевірюваної різьби (по твірній) суміщають з однією з пластинок шаблона. Коли крок правильний, суміщення профілю різьби і шаблона не дає світлової щілини. Виготовляють набори № 1 — для перевірки кроку метричної різьби (складається з 20 шаблонів з кроком 0,4...6 мм) та № 2 — для перевірки кроку дюймової та трубної різьби з кутом профілю 55° (16 пластин з числом ниток на 1 дюйм 28-4).

Для кількісної оцінки похибок різьби застосовують крокоміри (стаціонарні та накладні).

Найпоширеніші накладні крокоміри, що являють собою рамку з двома або трьома стержнями, які закінчуються нульовими наконечниками. Стержні зв'язуються з вимірювальним інструментом (мікрометром), а нульові наконечники вводяться у западини вимірюваної різьби. Якщо крокомір має три вимірювальних стержні, то вісь вимірювального наконечника встановлюється в нормальній площині до витків різі, а коли їх два, крокомір визначає крок в осьовій площині різьби. Крокомір визначає одночасно суму кількох кроків. Щоб знайти значення одного кроку різьби, треба розмір, знайдений за допомогою крокоміра, поділити на число ниток між кульовими наконечниками крокоміра.

В разі використання методу вимірювань на шкалі приладу буде відбито нагромаджену похибку кроку у межах довжини вимірювання.

Поділивши нагромаджену похибку на число ниток, визначають середнє відхилення кроку різьби. При цьому прилад має бути настроєний за допомогою мірних плиток на номінальне значення загальної перевірюваної довжини.

У зубчастому колесі найчастіше перевіряють товщину зуба за ділильним колом, основний і коловий кроки зубчастого колеса і профіль зуба — за евольвентою.

У табл. 48.6 наведено рекомендоване застосування зубомірних приладів залежно від ступеня точності зубчастих коліс і перевірюваних елементів.

Поряд з переліченими вимірювальними інструментами у промисловості застосовують евольвентоміри та універсальні зубомірні прилади (типу МИЗ), які дають можливість перевіряти кінематичну точність зубчастого колеса: нагромаджену похибку колового кроку, радіальне биття зубчастого вінця, коливання довжини загальної нормалі, а також параметри, що характеризують плавність роботи колеса

Таблиця 48.6

Прилад	Об'єкт контролю	Ступінь точності зубчастих коліс
Кромковий зубомір (для коліс $m = 1...10$) мод. БВ-5016К	Товщина зуба по постійній хорді	9...11
Тангенціальний зубомір (для коліс $m = 2...10$) мод. 2301	Зміщення вихідного контуру	5...10
Нормалемір до 120 мм мод. 1КНБ (120)	Довжина загальної нормалі	7...11
Нормалемір до 300 мм мод. 2КНБ (300)	Те саме	8...11
Зубомірний мікрометр (розміром 0...100 мм через 25 мм) МЗК (КРИН)	» »	8...11
Крокомір для кроку (для коліс $m = 2...16$) мод. 2КШ	Коловий крок	7...11
Крокомір для основного кроку (для коліс $m = 1,75...10$) мод. 21501	Основний крок	7...11
Те саме (для коліс $m = 8...16$) мод. 21601	Те саме	7...11
Биттемір (для коліс $m = 1...10$) мод. Б-10м	Биття зубчастого вінця	8...11
Міжцентромір (для коліс $d = 25...160$) мод. МЦ-160	Відхилення вимірювальної міжцентрової відстані	7...11
Універсальний евольвентомір з постійним диском (для коліс $m = 1...10$) мод. КЭУСМА	Правильність евольвенти	3...6
Універсальний зубомірний прилад (для коліс $m = 1...10$) мод. БВ-5015	Основний крок. Рівномірність основного кроку. Довжина загальної нормалі. Рівномірність товщини зуба і колового кроку. Биття зубчастого вінця	

(граничні відхилення основного кроку, точність колових кроків) і контакт зуб'їв у передачі (кут нахилу зуба). Для вимірювання всіх цих параметрів до універсального зубоміра додаються різні вимірювальні пристрої, які кріпляться до каретки залежно від вимірюваного колеса.

Конічні колеса вимірюють тими ж методами і приладами, що й циліндричні.

Черв'ячну передачу, яка складається з черв'ячного гвинта і черв'ячного колеса, перевіряють в основному тими ж самими методами і по тих самих елементах, що й циліндричні зубчасті колеса. Найчастіше у черв'ячних коліс контролюють правильність зачеплення з еталонними черв'яками.

У черв'ячних гвинтів (черв'яків) перевіряють середній діаметр, кут профілю гвинта і крок гвинтової лінії. Середній діаметр черв'яка перевіряють методом трьох роликів, аналогічно перевірці звичайної різі методом трьох дротинок.

Вибір способів відновлення деталей. Вибираючи найраціональніший технологічний процес відновлення деталей, слід враховувати ряд вихідних даних: розміри, форму і точність виготовлення деталі, її матеріал, термічну обробку, умови роботи, вид і характер дефекту, виробничі можливості ремонтного підприємства тощо.

Вибір технологічного процесу відновлення деталей значною мірою залежить від дефекту і причини його виникнення. Наприклад, наявність забоїни викликає необхідність «розігнати» її, тобто зняти концентратор напружень згладжуванням різких переходів. Розгонку можна виконати обробкою забоїни різанням. Іншим прикладом може бути ліквідація тріщини в сталевій деталі. Тут, як правило, необхідно застосувати зварювання.

Розробляючи технологію відновлення деталей, важливо знати, чи є дефект локальним, тобто охоплює лише відносно невеликий об'єм металу деталі або ж має загальний характер. Характерний приклад — тріщини. Тріщина може виникнути як наслідок однинного статичного перевантаження нагромадженої втомленості. Якщо тріщина є наслідком статичного (ламкого) руйнування металу, то дефект охоплює локальний об'єм металу, тобто ділянку появи тріщини. У даному випадку для відновлення можна вдатися до зварювання, дбаючи при цьому про підсилення ушкодженого місця (накладання підсиленого шва, накладки, поверхневий наклеп і т. д.).

Якщо тріщина виникла внаслідок втомленості, то дефект (нагромадження втомленості) охопив, очевидно, великі ділянки металу, і тоді ліквідація тріщини не відновить міцності. Треба уважно вивчити умови утворення тріщини. Зокрема, дуже важливо з'ясувати причину її виникнення. Якщо є гострий концентратор напружень, можна допустити, що втомленість в основному нагромаджується у близьких до нього ділянках металу. Тоді усунення концентрації напружень і ліквідація тріщини можуть відновити міцність конструкції. Якщо гострого концентратора напружень нема, то, очевидно, втомленість нагромаджується на великих ділянках металу. Відновити деталь у цьому випадку можна, лише видаливши цю ділянку цілком.

У виборі оптимального способу відновлення деталей керуються трьома критеріями: застосовуваності, довговічності і техніко-економічним.

Критерій застосовуваності є технологічним критерієм і визначає принципову можливість застосування різних способів відновлення стосовно конкретних деталей. Цей критерій описується функцією

$$K_3 = \varphi \left(M_d; \Phi_d; D_d; C_d; H_d; \sum_{i=1}^m T_i \right),$$

де M_d — матеріал деталі; Φ_d — форма відновлюваної поверхні деталі; D_d — діаметр відновлюваної поверхні деталі; C_d — спрацювання деталі; H_d — навантаження, яке сприймає деталь; $\sum_{i=1}^m T_i$ — сума технологічних особливостей способу, які визначають галузь його раціонального застосування.

За даним критерієм вибирають конкурентні способи для подальшої оцінки їх за допомогою інших критеріїв.

Критерій довговічності визначає роботоздатність відновлюваних деталей. Його виражають через коефіцієнт довговічності, під яким розуміють відношення довговічності відновленої деталі до довговічності нової цієї ж назви. Він визначається як функція

$$k_d = f_1(k_c; k_b; k_{3ч}),$$

де k_c — коефіцієнт стійкості проти спрацювання; k_b — коефіцієнт витривалості; $k_{3ч}$ — коефіцієнт зчиплюваності.

Техніко-економічний критерій — функція двох аргументів:

$$k_{т.е} = f_2(k_{пр}; e),$$

де $k_{пр}$ — коефіцієнт продуктивності способу; e — показник економічності способу.

Визначаючи продуктивність праці, враховують ту обставину, що процес відновлення деталей включає в загальному випадку підготовку деталі, нанесення матеріалу на підготовлену деталь і її обробку. Тому за продуктивністю окремо оцінюють спосіб відновлення в цілому і процес нанесення матеріалу цим способом.

48.2. Механічна обробка відновлюваних деталей

48.2.1. Базування деталей

Механічна обробка деталей під час ремонту є не тільки засобом відновлення, як наприклад, у разі ремонту під ремонтні розміри, а й необхідною стадією попередньої обробки з метою надання деталі правильної геометричної форми, зняття дефектного шару, спеціальної підготовки поверхні під нанесення різних покриттів, а також як остаточна стадія обробки відновлюваних деталей. Операціям механічної

обробки деталей до номінальних розмірів під час відновлення звичайно приділяється значно більше уваги, ніж операціям нанесення покриттів на спрацьовану поверхню. При цьому методи та режими обробки деталей, застосовувані для виготовлення їх, використовували і для їхнього відновлення. Тим часом механічна обробка в умовах ремонтного виробництва має ряд специфічних особливостей (відсутність або спрацювання первинних технологічних баз, нестабільність фізико-механічних властивостей, наприклад твердості поверхні відновлюваних деталей та припусків на обробку, значна твердість та ламкість більшості видів покриттів, широка номенклатура оброблюваних деталей, що унеможливорює використання спеціального устаткування).

Точність обробки деталей у багатьох випадках залежить від правильного вибору установочних баз та застосовуваних пристроїв. Для відновлення деталей бажано використати ті самі бази, що й для виготовлення їх. Але у зв'язку з пошкодженням або зниженням якості їх ці умови виконати неможливо. В цьому випадку необхідно виходити з умови забезпечення вимог технічних умов щодо точності, положення осей і поверхонь деталей у вузлі, якості обробки. Вибрані бази мають гарантувати надійне кріплення і мінімальні деформації деталі. Як установочні бази слід використати поверхні, виготовлені з підвищеною точністю, які в процесі роботи зазнали мінімального спрацювання і деформування. За технологічні бази доцільно брати поверхні більших розмірів, що забезпечує точність базування та закріплення вторинних заготовок у пристроях. У деталей, які не піддаються повній обробці, за установочні бази для першої операції рекомендується приймати поверхні, які не обробляються, що забезпечує найменше зміщення оброблених поверхонь відносно необроблених.

У випадку, коли у вторинній заготовці обробці підлягають всі поверхні, за технологічні бази для першої операції доцільно приймати поверхні з найменшими припусками, щоб під час дальшої обробки відновлюваної деталі виключити можливість появи на них «чорнот».

Базу для першої операції треба вибирати з урахуванням забезпечення найкращих умов обробки поверхонь, які в подальшому приймаються за технологічні бази.

Вибираючи базу для чистової обробки, треба враховувати, що найбільшої точності обробки досягають, додержуючи принципу єдності баз, тобто за умови використання на всіх операціях механічної обробки тих самих базових поверхонь. Крім того, доцільно додержувати також принципу суміщення фаз, за яким як базові поверхні використовують

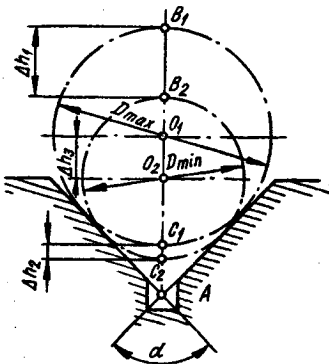


Рис. 48.4. Вплив кута призми на точність установки

конструкторські та вимірвальні бази. В разі суміщення технологічної та вимірвальної баз похибка базування дорівнює нулю. Бази до фінішної обробки повинні мати найбільшу точність розмірів і геометричної форми, а також найменшу шорсткість. Вони не повинні деформуватись у процесі механічної обробки.

Слід зауважити, що під час ремонту автомобілів використовують не тільки деталі з номінальними розмірами, а й такі, що мають допустиме спрацювання, величину якого визначають виходячи з умов можливості розширення тієї чи іншої посадки з'єднання. При цьому не враховують похибки базування і можливого відхилення в заданій точності обробки. Використання деталей з допустимим спрацюванням розширює початкові посадки з'єднань за рахунок збільшення допусків з'єднуваних деталей, що зумовлює збільшення похибки базування, і, як наслідок цього, зниження точності обробки.

Вибір технологічних баз при різних видах механічної обробки розглянемо на ряді прикладів.

У разі відновлення фрезеруванням шпонкових пазів під збільшений розмір шпонок, а також фрезерування шліців після направлення і токарної обробки базування ряду деталей проводиться на призму по циліндричній поверхні шийки вала з допустимим спрацюванням. Відомо, що величина похибки базування в разі встановлення на призму по циліндричній поверхні залежить від допуску на діаметр циліндра, кута призми і положення конструкторської бази. Величину похибки базування $\Delta\delta$ на призмі можна знайти, розглядаючи положення двох валів з партії деталей з допустимим спрацюванням діаметром D_{\max} та D_{\min} (рис. 48.4).

Відстань між верхніми твірними валів Δh_1 , нижніми твірними Δh_2 і осями валів Δh_3 визначаються похибками базування відповідних розмірів h_1 , h_2 і h_3 при встановленні за схемами, які наведено на рис. 48.5 і в табл. 48.7.

$$\Delta\sigma_1 = \Delta h_1 = \delta_D \cdot \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = k_1 \delta_D;$$

$$\Delta\sigma_2 = \Delta h_2 = \delta_D \cdot \frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = k_2 \delta_D;$$

$$\Delta\sigma_3 = \Delta h_3 = \delta_D \cdot \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = k_3 \delta_D,$$

де δ_D — допуск на діаметр вала ($\delta_D = D_{\max} - D_{\min}$).

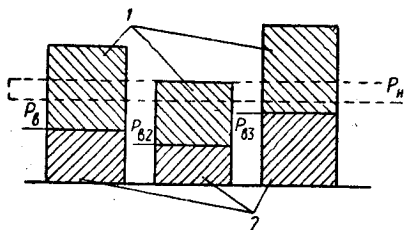


Рис. 48.5. Варіанти розташування конструкторської бази 1 при встановленні деталей 2 на призми

кових деталей) похибка базування також зростає внаслідок збільшення зазора між базовим отвором і оправкою. У цьому випадку похибка базування

$$\Delta\delta = S_{\max} = S_{\min} + \delta_A + \delta_B,$$

де S_{\max} та S_{\min} — відповідно максимальний і мінімальний зазори між отворами деталі та оправки; δ_A та δ_B — допуски на діаметри отвору та оправки.

Точність обробки δ_D в розглядуваних умовах знижується, що видно з такої залежності:

$$\delta_D = \delta_{\text{пр}} + \sqrt{\Delta_e^2 + \Delta_y^2},$$

де $\delta_{\text{пр}}$ — допуск на неточність виготовлення установочних елементів пристрою, який впливає на якість обробки деталі; Δ_e — сума похибки, яка залежить від прийнятого методу обробки (економічна неточність); Δ_y — похибка установки; $\Delta_y = \Delta_\sigma + \Delta_\Delta$ (Δ_Δ — похибка закріплення).

Багато різних валів, хрестовин диференціала та інших деталей обробляють у центрах. У разі спрацювання гнізд осідання центрів зростає, що збільшує похибку базування в осьовому напрямі, оскільки $\Delta l = \Delta_c$, де Δ_c — величина осідання центрів. Це має істотне значення особливо там, де потрібно видержувати лінійні розміри шийок валів, не кажучи вже про те, що в усіх випадках обробляти деталі з попередньо невідновленими центрами неприпустимо, бо це призводить до браку виробів. У разі використання плаваючого центра похибка базування дорівнює нулю.

Для відновлення отворів під зовнішні кільця підшипників кочення у картерах коробок передач і редукторах останні встановлюють на площину і два пальці. Похибка базування в цьому випадку виникає у зв'язку з зміщенням деталі в напрямі поздовжньої і поперечної осей або внаслідок перекосу в площині базування відносно осей пальців. Похибка базування в напрямі осей $\Delta\delta_1 = \Delta\delta_2 = S_{\max}$.

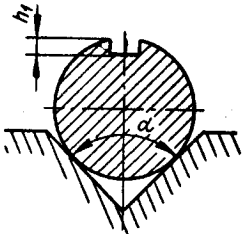
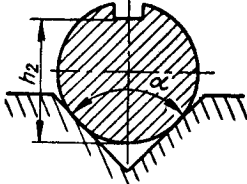
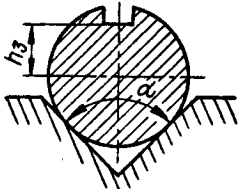
Найбільший можливий кут перекосу визначають за тангенсом кута

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2l},$$

де α — кут, який утворюється внаслідок перекосу осей; l — відстань між центрами базових отворів; $S_{1\max}$ та $S_{2\max}$ — максимальні зазори у з'єднанні з першим і другим пальцями.

Для підвищення точності базування одному з пальців надають ромбічної форми.

Таблиця 48.7

Ескіз	Коефіцієнт	Значення коефіцієнта для кута призи, град			
		60	90	120	180
	k_1	1,5	1,21	1,08	1,0
	k_2	0,5	0,21	0,0	0
	k_3	1,0	0,7	0,58	0,5

При встановленні деталей у цангові патрони вплив допустимого спрацювання не позначається на похибці базування, оскільки в радіальному напрямі вона дорівнює нулю.

З усіх цих причин механічну обробку деталей необхідно починати з випрямлення базових поверхонь, а в разі використання як бази робочих поверхонь деталей орієнтуватись на неспрацьовані ділянки.

Під час випрямлення базових поверхонь можна використати інші бази, зв'язані з базою, що випрямляється, жорсткими розмірами та іншими вимогами.

Під час відновлення деталей на їхні спрацьовані поверхні необхідно нанести шар матеріалу певної товщини $A_{\text{ш}}$, яку вибирають з урахуванням спрацювання деталей і припуску на подальшу механічну

Таблиця 48.8

Метод відновлення	Глибина дефектного шару, мм
Металізація:	
плазмово-дугова	0,02...0,05
електродугова	0,5...1,0
газова	0,02...0,05
високочастотна	0,025...0,05
Наплавлення:	
електродугове автоматичне під шаром флюсу	0,2...0,5
порошковим дротом	1,2...2,4
в середовищі замкннутих газів	0,4...0,8
в середовищі водяного пару	0,5...1,0
електроімпульсне	0,2...0,4
вібродугове	0,2...0,5
ручне (електродами)	0,5...1,0
плазмове	0,05...0,1
індукційне	0,15...0,3
газове	0,25...0,5
електрошлакове	1,0...2,0
Електролітичне осадження:	
хромовання	0,02...0,03
залізнення (осталювання)	0,03...0,05
нікелювання	0,02...0,03
Нанесення полімерних матеріалів:	
напилювання газополуменево	0,35...0,7
в електростатичному полі	0,02...0,05
у псевдозрідженому шарі	0,02...0,06
лиття під тиском	0,15...0,21

обробку. Товщину визначають як різницю між номінальним розміром нової P_n і спрацьованої деталі P_c з урахуванням припуску на наступну обробку $Z_{\text{пр}}$; $A_{\text{ш}} = (P_n - P_c) + Z_{\text{пр}}$.

Різниця $P_n - P_c = \Delta C$ є величиною спрацювання деталі. Тоді $A_{\text{ш}} = \Delta C + Z_{\text{пр}}$.

Утворений у процесі відновлення припуск — це шар матеріалу, необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів під час відновлення даного елемента деталі. Розрізняють припуски для зовнішніх і внутрішніх поверхонь відновлюваних деталей. У процесі відновлення можливе симетричне і асиметричне утворення припуску на обробку.

Спотворення геометричних форм — еліптичність, гранність, хвилястість, опуклість, угнутість тощо — мають укладатись у поле допуску на розмір відновлюваного елемента деталі, який враховують під час встановлення припуску на обробку.

Просторові відхилення — зігнутість, зміщення і відведення осей, непаралельність осей, неперпендикулярність осей і поверхонь, відхилення від взаємного положення елементів деталі — не зв'язані з допуском на розмір, і їх треба враховувати, визначаючи припуск, окремо в тих випадках, коли такі відхилення можливі.

Збільшення припуску, яке компенсує всі просторові відхилення, позначено через $\Sigma\Delta_a$. Крім цього, необхідно враховувати похибку встановлення відновлюваної деталі на виконуваному переході ϵ_{ZB} .

Одним з основних факторів, що впливають на визначення припуску, є його дефектний шар Ш_d (рис. 48.6). Він залежить від способу і режимів відновлення деталей (табл. 48.8).

Розрахункова формула для визначення проміжних припусків на механічну обробку в процесі відновлення поверхонь деталей при симетричному припуску, мм, має загальний вигляд $2Z_B \geq \sigma_a + 2(H_a + \text{Ш}_d) \Sigma\Delta_a + \epsilon_{ZB}$, де σ_a — допуск на розмір попереднього переходу, мм; H_a — найбільша висота поверхневих мікронерівностей, мм.

При асиметричному припуску $Z_B \geq \sigma_a + H_a + \text{Ш}_d + \Sigma\Delta_a + \frac{\epsilon_{ZB}}{2}$.

У випадках, коли поверхневий нарощений шар відновлюваної деталі не є дефектним, при симетричному припуску $2Z_B \geq \sigma_a + 2H_a + \Sigma\Delta_a + \epsilon_{ZB}$; при асиметричному припуску $Z_B \geq \sigma_a + H_a + \Sigma\Delta_a + \frac{\epsilon_{ZB}}{2}$.

Формула товщини матеріалу, який наносять на симетрично спрацьовані деталі, має вигляд $A_{\text{ш}} = \Delta C + 2Z_B$, а для несиметрично спрацьованих $A_{\text{ш}} = \Delta C + Z_B$.

Існуючі методи відновлення при постійних режимах забезпечують відносно однакову товщину покриття. Оскільки на відновлення надходять деталі з різним ступенем спрацювання, то у випадку нанесення на спрацьовані поверх-

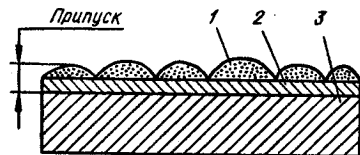


Рис. 48.6. Схема розрізу встановлюваної деталі з утвореним на ній припуском і дефектним шаром:

1 — дефектний шар; 2 — якісний шар; 3 — метал відновлюваної деталі

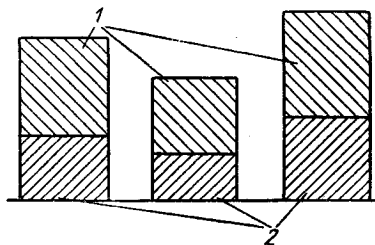


Рис. 48.7. Схема нанесення покриттів (1) однакової товщини на відновлювану деталь (2) при різній величині її спрацювання

ні однакового шару матеріалу припуски на їхню подальшу механічну обробку будуть різні (рис. 48.7).

Мінімальні припуски в разі відновлення деталей наплавленням і металізацією, гальванопокриттям і пластичною деформацією наведено в табл. 48.9, 48.10, 48.11.

Таблиця 48.9

Способи усунення дефекту	Мінімальний односторонній припуск, мм
Відновлення деталей зварюванням і наплавленням:	
ручне наплавлення	2...3
наплавлення під шаром флюсу	1
електроконтактне наплавлення	0,8...1
Металізація	0,4

Таблиця 48.10

Вид обробки	Припуск на обробку, мм	
	попередню	остаточну
Безцентрове шліфування	$2Z = 0,05 + 0,9\varnothing\delta$	$2Z = 0,072 + 0,9\varnothing\delta$
Кругле шліфування	$2Z = 0,07 + 0,9\varnothing\delta$	$2Z = 0,099 + 0,9\varnothing\delta$
Чистове розточуване або внутрішнє шліфування	$2Z = 0,07 +$ $+ 0,063\sqrt{d} +$ $+ 0,9\varnothing\delta$	$2Z = 0,099 +$ $+ 0,063\sqrt{d} +$ $+ 0,9\varnothing\delta$

Примітка: d — діаметр відновлюваної поверхні; δ — допуск, мм, на виконання попередньої операції, який приймають рівним допуску на відповідний діаметр A_3 , для отвору або B_3 для вала.

Із збільшенням припуску підвищується трудомісткість обробки деталей різанням. Характер впливу глибини різання t на ступінь зміни машинного часу T_0 визначається залежністю $T_0 = f(t)$.

У разі ремонту деталей під ремонтний розмір величину мінімального припуску можна визначити за формулою

$$Z_{\min} = RZ_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 - \varepsilon_i^2},$$

де RZ_{i-1} — глибина задирів або величина шорсткості поверхні, яка відповідає класу її чистоти; $T_{i-1} = 0,05$ мм — глибина ушкодженого шару (приймається тільки при наявності кольорів мінливості на поверхні деталі); P_{i-1} — просторові відхилення (для вала це биття, для втулки — різностінність); ε_i — похибка установки.

Таблиця 48.11

Маса ремонтуваної деталі, кг	Припуск на сторону при товщині (висоті), довжині або ширині деталі, мм										
	до 50	50...120	120... 180	180... 260	260... 360	360... 500	500... 630	630... 800	800... 1000	1000... 1250	1250... 1600
<i>Ремонт деталей осадженням, дорнуванням, обтискуванням, витягуванням</i>											
До 0,25	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,4	1,6	—	—
0,25...0,63	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,7	—	—
0,63...1,60	0,9	1,0	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	—	—
1,60...2,50	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	—	—
2,50...4,00	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	—	—
4,00...6,30	1,5	1,6	1,6	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	3,1
6,30...10,00	1,7	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6	2,9	3,2
10,00...16,00	1,9	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,6	2,8	3,1	3,4
16,00...25,00	2,1	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6
25,00...40,00	2,3	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8
40,00...63,00	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,1
63,00...100,00	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	3,7	3,9	4,1	4,5
108,00...125,00	3,2	3,3	3,3	3,4	3,5	3,7	3,8	4,0	4,2	4,4	4,8
125,00...160,00	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	4,0	4,1	4,3	4,5	4,8	5,1
160,00...200,00	4,0	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,7	4,9	5,2	5,5
<i>Ремонт деталей стискуванням</i>											
До 0,25	1,0	1,1	1,2	1,4	1,6	—	—	—	—	—	—
0,25...0,63	1,2	1,3	1,4	1,6	1,8	2,1	—	—	—	—	—
0,63...1,60	1,4	1,5	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	—	—	—	—
1,60...2,50	1,6	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,1	—	—	—
2,50...4,00	1,9	2,0	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	—	—
4,00...6,30	2,1	2,2	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,6	4,0	4,5	—
6,30...10,00	2,3	2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,8	4,2	4,7	5,4
10,00...16,00	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	4,0	4,4	4,9	5,6
16,00...25,00	2,7	2,8	2,9	3,1	3,3	3,6	3,8	4,2	4,6	5,1	5,8
25,00...40,00	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5	3,8	4,0	4,4	4,8	5,3	6,0
40,00...63,00	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	4,1	4,3	4,7	5,1	5,6	6,3
63,00...100,00	3,7	3,8	3,9	4,1	4,3	4,6	4,8	5,2	5,6	6,1	6,8
100,00...125,00	4,0	4,1	4,2	4,4	4,6	4,9	5,1	5,5	5,9	6,4	7,1
125,00...160,00	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,3	5,5	5,9	6,3	6,8	7,5
160,00...200,00	5,1	5,2	5,3	5,5	5,7	6,0	6,2	6,6	7,0	7,5	8,2

48.2.2. Обробка наплавлених поверхонь

Вибір виду обробки наплавлених поверхонь залежить від твердості і ламкості їх, величини припуску для видалення дефектного шару, продуктивності процесів, потрібної точності. Попередня обробка деталей після наплавлення, як правило, виконується різцями з твердих сплавів Т5К10 і Т15К6, які заточують з від'ємним переднім кутом $\gamma = -(8...10)^\circ$, заднім кутом $\alpha = 10...15^\circ$ і головним кутом у плані $\varphi = 65...75^\circ$. Вказана геометрія різця дає можливість збільшити його стійкість проти спрацювання і міцність за рахунок поліпшення відведення тепла, зменшення зусиль різання і поліпшення умов роботи ріжучої кромки.

На роботоздатність різців і якість напавленої поверхні значною мірою впливає швидкість різання. Змінюючи швидкість різання, можна знизити шорсткість поверхні на 1—2 класи, підвищити твердість напавленого шару на 15...20 %. При цьому глибина наклепу поверхневого шару становить 120...160 мкм, а глибина поширення залишкових тангенціальних напружень — 150...380.

У табл. 48.12 наведено режими обробки і матеріали інструменту для обробки наплавлених поверхонь різної твердості.

Слід зауважити, що обробкою наплавлених поверхонь різцями з твердого сплаву ТК не завжди вдається досягати високої якості поверхні деталі. Так, при електродуговому напавленні порошковим дротом ГПРН-120 утворена поверхня має мікронерівності розміром до 1,0...1,5 мм і значну хвилястість. У напавленому шарі поблизу від поверхні можливі раковини, неметалеві включення (флюс, оксиди і т. п.). У зв'язку із специфічними умовами нанесення й охолодження напавленого шару його твердість нерівномірна і коливається від 34...36 до 46...48 HRC_e. Застосування вказаного виду дроту створює значні утруднення через низьку оброблюваність цього матеріалу. Так, в разі обробки різцями Т15К6 при швидкості 0,4...0,5 м/с, подачі 0,10...0,12 мм/об, глибині різання до 2,5 мм стійкість різців перевищує 30 хв. При цьому спостерігається часте руйнування інструменту.

Перспективним є застосування як матеріалу для інструменту киборитового полікристалічного твердого матеріалу, що, за даними ІСМ АН України, дає можливість істотно збільшити продуктивність і якість точіння. Застосування різців з цього матеріалу дало змогу збільшити їхню стійкість до 120...180 хв при збільшенні швидкості до 1,63...1,83 м/с і подачі до 0,17...0,20 мм/об з колишньою глибиною різання.

Для чистової і остаточної обробки наплавлених покриттів застосовують шліфування. Як абразивний матеріал звичайно використовують електрокорунд нормальний (Е), білий (ЕБ) і монокорунд (М). В обробці наплавлених поверхонь найбільшу стійкість має абразив-

Таблиця 48.12

Типова поверхня	Твердість (HRC _c) матеріалу після наплавлення	Матеріал інструменту	Режим різання			Технологічні середовища
			Швидкість, м/с	Подача, мм/об	Глибина, мм	
Гладенька зовнішня циліндрична	Менш як 30...35	Тверді сплави Т15К6, Т17К8, БК60М	1,5...2,0	0,1...0,4	2,0...3,0	
		СТИМ-3Б	2,2...2,8	0,1...0,2	2,0...3,0	Емульсол ЕТ-1
	30...45	СТИМ-3Б	1,7	0,2...0,25	1,5...2,5	
		ПСТМ киберит	2,0...2,2	0,2...0,25	1,5...2,0	Без охолодження
Більш як 45	ПСТМ киберит	1,0...1,5	0,1...0,15	1,0...0,15		
Переривчаста зовнішня циліндрична	Менш як 30...35	Твердий сплав ВК60М	0,7...0,8	0,2...0,4	1,5...2,0	Емульсол ЕТ-1
	35...45	ПСТМ киберит	0,8...1,2	0,15...0,2	1,0...1,5	Без охолодження
Шліцьова, торцева, зубчастих коліс	45...62	Киберит	0,7...0,8	0,1...0,15	1,0...1,2	
Гладенька, внутрішня циліндрична	Менш як 30...35	Тверді сплави Т15К6, Т17К8, ВК60М	1,0...1,5	0,1...0,2	1,5...2,5	Емульсол ЕТ-1
		СТИМ-3Б	1,5...2,0	0,3...0,4	1,5...3,0	

ний інструмент на бакелітовій, вулканітовій зв'язках. Чорнову обробку відновлюваних деталей здійснюють кругами зернистістю 24 або 36, а чистову — зернистістю 60...80.

Деталі, відновлені наплавленням твердими порошковими матеріалами на залізній основі, наприклад сормайт, УС-25, ФВХ-6-2, доцільно обробляти шліфуванням методом урізання. Найвищих показників процесу обробки наплавленням досягають при сухому шліфуванні. Шліфування без охолодження рідини дає можливість вести процес

Таблиця 48.13

Діаметр оброблюваної поверхні, мм	Частота обертання, хв ⁻¹	Оброблюваний матеріал	Хвилини поперечна подача $st_{хв}$, мм/хв, при довжині шліфування L_d , хв			
			15	25	35	45
40	95	Сормайт	3,9	2,3	1,67	1,3
50	75	»	3,1	1,85	1,3	1,0
60	65	»	2,6	1,55	1,1	0,87
70	55	»	2,2	1,3	0,96	0,74
80	50	»	1,95	1,15	0,83	0,65
40	95	ФВХ-6-2 і УС-25	2,2	1,3	1,0	0,74
50	75	Те саме	1,8	1,0	0,78	0,6
60	65	»	1,5	0,9	0,64	0,5
70	55	»	1,25	0,76	0,54	0,4
80	50	»	1,1	0,66	0,47	0,37
40	95	ПГ-ХН90СРЗ	1,6	0,95	0,65	0,55
50	75	»	1,25	0,75	0,55	0,45
60	65	»	1,05	0,65	0,4	0,35
70	55	»	0,9	0,55	0,4	0,3
80	50	»	0,8	0,45	0,35	0,25

обробки в умовах розміщення оброблюваного матеріалу в місці контакту круга з відновлюваною деталлю.

Сормайт доцільно попередньо обробляти шліфувальним кругом з електрокорунду хромистого 3АА40СМ16К, а УС-25, ФВХ-6-2 шліфувальним кругом з карбиду кремнію 64С25СМ16К.

Оптимальні значення основних показників режиму чорнового шліфування: колова швидкість круга, яка відповідає найбільшій величині його стійкості, $v_k = 35$ м/с; колова швидкість деталі $v_d = 11$ м/хв.

Хвилину поперечну подачу круга $St_{хв}$, що відповідає оптимальній швидкості знімання металу, визначають за формулою

$$St_{хв} = \frac{Q_m}{\pi DL}$$

де Q_m — оптимальна швидкість знімання металу наплавлення, мм³/хв;

D — діаметр оброблюваної поверхні, мм; L — довжина оброблюваної поверхні, мм.

У табл. 48.13 наведено дані хвилинної поперечної подачі залежно від діаметра та ширини шліфування поверхонь, наплавлених різними сплавами.

Шорсткість поверхні можна регулювати способом поліпшення якості круга, яка при його роботі залежить від швидкості подачі алмазно-металевого олівця. Так, при подачі олівця з швидкістю 0,1 мм/об шорсткість поверхні становить $\nabla 7 \dots \nabla 8$, а при швидкості 0,2 мм/об — $\nabla 6$.

Таблиця 48.14

Види шліфування	Оброблюваний матеріал	Твердість (HRC _e)	Швидкість знімання металу, мм ³ /хв	Стійкість круга, хв
Попереднє	Нп-65Г	45...52	10000...12000	10...12
	Нп-30ХГСА	42...54	8000...10000	10...12
Остаточне	Св-08Г2С	25...45	1000...1500	40...50
	Нп-65Г	45...55	1000...1500	40...50
	Нп-30ХГСА	45...54	1000...1500	40...50

Примітка. Швидкість обертання круга становить 35 м/с, швидкість обертання деталі — 15...20 м/хв (попереднє шліфування) і 20...25 хв (остаточне). Хвилинна поперечна подача не перевищує 0,15 мм/хв.

Припуск на остаточну механічну обробку має перевищувати 0,3 мм на сторону.

Чистову обробку наплавлених поверхонь виконують шліфувальним кругом з електрокорунду білого підвищеної якості А9А, зернистістю 24...40; твердістю СМ2-С1 з керамічною зв'язкою.

Для зменшення шорсткості поверхні і зниження похибки геометричної форми в кінці циклу шліфування передбачено протягом 0,1...0,15 хв. Режими чистового шліфування наплавлених деталей наведено в табл. 48.14.

У режимах шліфування поверхонь, відновлених контактним наварюванням стрічки або дроту, особливих відмінностей немає.

48.3. Обробка деталей з газотермічним покриттям

З метою збільшення зчеплення газотермічних покриттів з основним металом перед напилюванням виконують попередню механічну обробку на токарних верстатах, яка полягає в нарізуванні рваної різьби, кільцевих канавок, косої сітчастої накатки поверхні. У даному випадку режим обробки і вибір матеріалу інструменту залежать від матеріалу та габаритних розмірів деталі і від потрібної шорсткості поверхні.

Залежно від призначення відновлюваної деталі, вимог до шорсткості її поверхні і точності застосовують розмірну або безрозмірну механічну обробку покриттів.

У випадку, коли нерівномірність газотермічного покриття перевищує величину допусків, застосовують розмірну обробку різанням, шліфуванням або поліруванням. Коли напиленій поверхні лише потрібно надати відповідної чистоти, застосовують різні види безрозмірної обробки.

Деталі з напиленим покриттям піддають різним видам механічної обробки: точінню, шліфуванню, свердлінню, струганню, хонінгуванню, а також слюсарному обпилюванню, шабруванню, анодно-механічній і електроіскровій обробці. Механічна обробка металевих покриттів може здійснюватись не тільки способом знімання шару матеріалу, а й методами пластичної деформації — обкатуванням роликком, обробкою металевими щітками, дробом і т. п. Однак своєрідність структури напилених покриттів, складених з окремих частинок, що мають знижену когезійну міцність та теплопровідність і містять в разі напилювання на повітрі включення оксидів та нітридів, потребує вибору найдоцільнішого виду інструменту і застосування спеціальних режимів обробки.

Найчастіше використовують точіння і шліфування. Вибір способу і режимів обробки залежить від способу покриття і його експлуатаційного призначення.

У випадку токарної обробки покриттів із сталі і кольорових сплавів (крім нікелевих самофлюсуючих) звичайно використовують різці з твердих сплавів ВК2, ВК6, ВК3М, Т15К6 і т. п.

Для точіння плазмових покриттів з тугоплавких оксидів застосовують інструмент з механічним кріпленням чотиригранних твердосплавних пластин марок ВК60М та ВК60М + TiC або різцеві вставки, оснащені полікристалами Ельбор-Р або ПТНБ.

Покриття самофлюсуючих сплавів успішно обробляють різцями з Гексаніту-Р та Ельбору-Р.

Дослідження режимів точіння напилених поверхонь показали доцільність застосування швидкості різання в межах 14...45 м/хв і величин подачі 0,10...0,15 мм/об при чорновому і 0,005...0,03 мм/об при чистовому обточуванні.

Найпоширенішим методом механічної обробки плазмових покриттів є шліфування. Як інструмент здебільшого використовують алмазні круги з карбиду кремнію, рідше корундові або з ельбору.

У виборі алмазних кругів рекомендують 100...125 %-у концентрацію алмазного зерна. Висока концентрація алмазу створює більшу поверхню різання, знижує ступінь нагріву покриття і забезпечує більш економічне використання кругів. Звичайно використовують круги на органічній (бакелітовій) або керамічній зв'язці.

Чистота обробки, якої можна досягти, визначається крупністю зерна алмазу. Так, розмір зерна АСВ12 (125...160 мкм) дає можливість одержувати поверхню з показником шорсткості $Ra = 0,063...0,125$ мкм. При крупності зерна АСВ5 (50...63 мкм) досягається $Ra = 0,032...0,050$ мкм, при М40 — $Ra = 0,20...0,040$ мкм.

Шліфування треба виконувати з подачею охолодної рідини. Найкращим варіантом охолодника є вода з добавкою 5 % емульсолу Е-2 при витраті 0,6...0,85 л/хв.

Колова швидкість шліфувального круга становить 25...35 м/с.

Поперечну і поздовжню подачу підтримують у таких межах: поперечна подача — не більш як 12,5 мкм за прохід; поздовжня подача — не більш як 2 мм за оберт; колова швидкість обертання або швидкість поздовжнього переміщення деталі — 12...36 м/хв.

Шорсткості поверхні з $Rz = 0,04...0,08$ мкм можна досягти протиранням її після шліфування кругом з зерном АСВ5. Досягнута чистота залежить від крупності застосовуваних алмазних мікропорошків і становить, наприклад, для покриття з ВК9 при крупності зерна мікропорошка АСМ7 $Rz = 0,080...0,100$ мм; при АСМ5 $Rz = 0,04...0,08$ мкм; при АСМ2 — $Rz = 0,025...0,05$ мкм.

Для шліфування покриттів з самофлюсуючих сплавів після термообробки (оплавлення) застосовують круги з зеленого карбіду кремнію марки КЗ зернистістю М25, М40 і твердістю СМ1...СТ1, а також ельбору (ЛПП С10 212 100 %-ї концентрації).

Іноді з метою підвищення економічності процесу використовують комбіновану технологію, за якою чорнове шліфування виконують алмазними кругами, а чистове — кругами з карбіду кремнію.

При свердлінні, струганні, фрезеруванні або слюсарній обробці покриттів технологічні заходи мають виключати навантаження покриттів на розтягування або згинання. В разі нарізування різьби вона на вимогу має починатись в основному металі, для чого покриття слід роззенкувати і зняти фаску.

В результаті механічної обробки в поверхневому шарі покриття виникають пластична деформація, наклеп, нагрів, внутрішні залишкові напруження, що призводить до зниження міцності зчеплення покриття з основою (на 15...30 %), зміни відкритої пористості покриття (зниження пористості при чорновому точінні досягає 15 %, при чистовому — 25, при шліфуванні — 55 %). Коли потрібно зберегти відкрити пористість і досягти високої чистоти поверхні, можна використати анодно-механічну обробку.

48.4. Обробка деталей з гальванічним покриттям

Останнім часом дедалі більшого значення у відновленні деталей набувають електричні покриття твердого заліза, які відрізняються від інших електролітичних покриттів недефіцитністю застосовуваних

матеріалів, високими експлуатаційними властивостями і техніко-економічними показниками.

Водночас механічна обробка деталей, які відновлюються твердим залізом, становить певні труднощі, зумовлені специфічними властивостями твердого електролітичного заліза, які виявляються в його двоїстій природі: з одного боку, це практично чисте залізо з вмістом вуглецю 0,04...0,06 %, з другого,— висока твердість (5500...6500 МПа і вище). Специфічні властивості електролітичного заліза визначають і своєрідність реакції металу на зовнішній вплив при механічній обробці, наприклад, температуру і тиск.

Механічну обробку твердих залізних покриттів виконують на шліфувальних і в меншій мірі на токарних верстатах. Особливості фізико-механічних властивостей залізних покриттів визначають характер стружкоутворення, шорсткості оброблених поверхонь і спрацювання різального інструменту. Невеликі припуски на механічну обробку, необхідні при нарощуванні деталей електролітичним залізненням, пояснюються застосуванням у процесі обробки невеликої глибини різання $t = 0,15...0,20$ мм і подачі $s = 0,15...0,20$ мм/об.

У разі обробки на токарних верстатах коефіцієнт усадки стружки близький до одиниці (0,96...1,2), що характерно для металів з підвищеною крихкістю і пониженою в'язкістю. Характерною особливістю обробки твердого заліза є зменшення сили різання при збільшенні швидкості різання і зниженні величини подач. Слід зауважити, що мінімального значення R_z набуває при $\gamma = -2...0^\circ$, $\alpha = 7...10^\circ$, $\varphi = 35...40^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$ і радіусі заокруглення різця при вершині 0,5...0,8 мм.

Різці для обробки твердого заліза бажано заточувати на універсально-заточувальних верстатах алмазними чашковими кругами АЧК або плоскими кругами АПК. Зернистість алмазних кругів 125/100...80/63, органічна зв'язка Б1 (карбід бору, пульверкарбід). Як матеріал для різального інструменту доцільно застосовувати Т30К4, Ельбор-Р і Гексаніт-Р.

Точіння не у всіх випадках забезпечує вимоги щодо точності і шорсткості відновлених твердим залізом деталей. Продуктивнішим методом обробки, який забезпечує високу точність і малу шорсткість оброблюваних поверхонь, є шліфування.

Для обробки шліфуванням твердого електролітичного заліза характерна робота абразивних кругів з притупленням. Зростає округлість граней у зерен. Ця особливість виявляється в зростанні зусилля різання (з переходом з абразивних кругів твердості СМ1 на твердість СТ1) при сталості умов обробки на 40 %. З підвищенням твердості абразивних кругів спостерігається перехід від області роботи круга з притупленням до області роботи круга з налипанням оброблюваного металу на ріжучих гранях зерна, чим і пояснюється зростання шорсткості оброблюваної поверхні твердого заліза R_a . Найраціональнішим

абразивним кругом є 33А40СМ2К. Щоб мати поверхні з шорсткістю $Ra = 0,16...0,32$ мкм (також шліфування), доцільно застосовувати круги 24А25СМ2К.

Поперечна подача t впливає на величину проникнення зерен круга в метал. Збільшення величини контакту круга з деталлю тягне за собою зростання температурних полів, що знижує якість поверхні. Збільшення поперечної подачі з 0,005 до 0,025 мм спричиняє підвищення усередненої об'ємної температури в 1,75 раза, інтенсивність розміщення поверхневих шарів і шорсткості поверхні при цьому підвищуються у 2,9 раза, а різальна здатність абразивного круга — в 1,77 раза. При цьому збільшується навантаження на абразивне зерно, воно глибше проникає в оброблений матеріал. Це супроводиться зростанням температурних полів в обробленому матеріалі до 400...435 °С, розміщенням поверхневих шарів на 10...13 %. Застосовувати під час шліфування величини поздовжніх подач вище від 0,012 мм недоцільно з огляду на погіршення якості поверхневого шару електролітичного покриття.

Виходячи з вимог, що ставляться до відновлених деталей і шорсткості поверхні, рекомендується під час шліфування твердого заліза застосовувати поздовжню подачу до 0,3с.

Як СОР при шліфуванні твердого заліза доцільно застосовувати 1 %-й розчин соди у воді, який найбільше знижує температуру в зоні різання.

48.5. Обробка синтетичних матеріалів

Однією з найважливіших передумов утворення якісних синтетичних покриттів є відповідна підготовка поверхонь відновлюваних деталей. Найважливішим є вплив шорсткості на міцність. В міру її збільшення міцність зчеплення збільшується в результаті збільшення площі контакту між основним металом і покриттям. У той же час міцність зчеплення помітно знижується, якщо розплавлений матеріал в зв'язку з малою текучістю не здатний заповнювати заглибини шорсткої поверхні.

Підготовка поверхні відновлюваних деталей здійснюється з допомогою токарної обробки або шліфування.

Обробку на токарних верстатах виконують без застосування охолодної рідини, щоб уникнути забруднення деталей. З допомогою шліфування підготовляють поверхні, що мають твердість $HRC_e 50...60$.

Довговічність покриттів значною мірою залежить від рівномірності товщини шару. На строк служби покриттів тіл обертання (з максимальною овальністю 0,01...0,03 мм) істотно впливають не тільки підготовка поверхні, а й точність обробки під номінальний розмір. Нерівномірна товщина шару є джерелом внутрішніх напружень, в результаті яких відбувається відшарування покриттів. Це шкідли-

ве явище спостерігається головним чином у покриттів, нанесених на стінки отворів, в тих місцях, де діаметр свердлення змінюється схід-часто.

Перед обробкою під номінальний розмір, яку виконують після нанесення покриття, для точного центрування і базування деталі в верстаті необхідно перевірити центрові отвори і бази, видалити випадкові напливи пластмаси, не ушкодивши металевої основи. Покриття завжди доцільно наносити, щоб центрові отвори залишались цілком чистими. Якщо вони розміщені поблизу поверхонь, на які наносять покриття, їх не слід прикривати. З краю поверхні, покритої пластмасовим шаром, який під час складання має відповідати точній посадці деталі, у процесі доведення до номінального розміру (вала і отвору) потрібно знімати фаску $30^\circ \times 3$ або $30^\circ \times 5$ мм, щоб запобігти перекосам під час складання.

Режим обробки різанням термопластів (у тому числі покриттів з поліаміду) залежить від температури плавлення матеріалу. Параметри заточування залізного інструменту і швидкості різання відрізняються від умов, характерних для металів. Загальне правило — різальний інструмент має контактувати з оброблюваним матеріалом на якнайменшій поверхні і протягом якнайменшого часу.

Охолодження різального інструменту при токарній обробці — тільки повітряне або й зовсім без охолодження (щоб мати можливість повторно використати стружку), а при шліфуванні — багатий струм охолодної емульсії.

Максимальний переріз стружки обмежується тільки допустимим зусиллям різання, яке залежить від подачі і глибини різання, матеріалу заготовки, її форми, способу закріплення деталі і жорсткості різця.

Границя міцності при розтягуванні поліамідів 60...120 Н/мм², а металів (від чавунного литва до сталевих сплавів) — 120...150 Н/мм². З цього випливає, що значенням площі перерізу стружки під час обробки пластмас можна знехтувати. При чорновому обточуванні необхідно добирати найбільший переріз з такою глибиною різання, щоб до досягнення припуску для чистового обточування потрібна була якнайменша кількість проходів. При значній глибині різання слід застосовувати малі швидкості обертання.

До пластмасових покриттів, як правило, можна застосовувати ті самі способи і види обробки, що й для металів. Особливо важливим моментом є центрування деталі. Її необхідно закріплювати в старих центрових отворах, щоб товщина покриття була скрізь однаковою.

Найпоширенішим способом обробки пластмасових покриттів до номінальних розмірів є точіння.

Частоту обертів токарного верстата слід установлювати в кожному окремому випадку, узгодивши з формою деталі і взявши до уваги

швидкість різання, необхідну для обробки. Для трьох основних груп деталей рекомендуються такі режими:

для фасонних незбалансованих — частота обертання $n = 200 \dots 400$ об/хв, швидкість різання $v = 100 \dots 300$ м/хв;

для фасонних середньозбалансованих — $n = 400 \dots 630$ об/хв, $v = 100 \dots 400$ м/хв;

для збалансованих тіл обертання — $n = 630 \dots 1800$ об/хв, $v = 100 \dots 800$ м/хв.

Для обробки деталей, віднесених до перших двох груп, доцільно виготовляти затискові пристрої, які, крім центрування, дають можливість збалансувати нерівномірний розподіл ваги й уникнути резонансного биття навіть при високій частоті обертання.

Не можна перевищувати рекомендованих значень швидкостей різання, бо збільшення швидкості різання на 5 % призводить до скорочення строку служби інструмента на 20...40 %.

Досить доброї якості поверхні покриття можна досягти за допомогою різця з такими параметрами заточування: головний задній кут $\alpha = 10 \dots 15^\circ$; допоміжний задній кут $\alpha_1 = 6 \dots 8^\circ$; передній кут $\gamma = 20 \dots 30^\circ$; радіус при вершині різця $r = 0,5 \dots 1,0$ мм (полірований).

У разі обробки твердих в'язких матеріалів, а при невеликій робочій подачі і в разі обробки пластмас доцільно передньому куту на 1 мм надавати від'ємного значення і ріжучу кромку полірувати. Від'ємний кут підсилює ріжучу кромку і вершину різця. Під час обточування деталей, поверхня яких не є неперервною, кут нахилу завжди має бути від'ємним, що оберігає вершину різця від ударів. При від'ємному куті ріжучої кромки створюється підсилення, спрямоване не на згинання, а на стискування, в результаті чого знижується вібрація, зумовлена еластичністю матеріалу. Твердосплавний матеріал при стискуванні витримує у п'ять разів більше навантаження, ніж при згинанні.

Надавши від'ємного значення передньому куту, запобігають зруйнуванню головки різця.

Рекомендований переріз різця 20×20 мм, відстань між вершиною різця і місцем кріплення має становити 20...50 мм. При більшому виносі необхідно збільшувати переріз різця, бо інакше навіть під час обробки пластмаси різцем можлива неприпустима вібрація.

Відомо кілька способів кріплення оброблюваних деталей.

Токарна обробка деталі у повідцевому хомуті між двома центрами забезпечує найкраще центрування. Інакше під час обточування довгих, порожнистих деталей або деталей малого діаметра виникає сильна вібрація.

Затискування деталі в патрон з використанням центра забезпечує міцне закріплення деталі. Цей спосіб можна застосовувати тільки за умови, що перед нанесенням покриття було підготовлено базу для точного встановлення деталі. Затискування деталі в самому тільки

патроні застосовують в разі обробки коротких виробів більшого діаметра.

Шорсткість поверхонь, забезпечувана точінням, залежить від багатьох факторів. До них, зокрема, належить установаження різця відносно осі оброблюваного виробу, яке змінює значення кутів різання.

Ефективність кутів різання визначається положенням інструменту відносно осі оброблюваної деталі (залежно від того, чи затиснуто різець вище або нижче осьової лінії). Якщо різець розташований вище від осьової лінії, то кут γ буде більший, а кут α менший. Коли ж різець розташований нижче від осьової лінії, то менший буде кут γ і більший кут α .

Чистове точіння під номінальний розмір (або тонке розточування) необхідне для пластмасових покриттів. Мета чистової обробки — забезпечення заданих форм, допусків і шорсткості поверхні. Поставлені вимоги звичайно можна виконати тільки при малих силах різання, тобто при малих його глибині, подачі і відповідному радіусі при вершині різця.

На пластмасових покриттях недоцільно створювати дзеркально гладеньку поверхню. Поверхні, які здійснюють прямолінійні рухи, обробляти шліфувальною шкуркою суворо заборонено, оскільки абразивні частинки, які відриваються, проникають у товщу м'якого (подагливого) матеріалу, що призводить до прискореного спрацювання поверхні контртіла під час експлуатації. Добираючи доцільний вид обробки пластмасового покриття, можна підвищити здатність мастила утримуватись на поверхні деталі, що виключає сухе тертя і полегшує припрацьовування валів та підшипників.

Висота шорсткостей h_{\max} зменшується із збільшенням швидкості різання. У випадку невеликої швидкості різання матеріал починає прилипати до різця, тимчасом як при значній швидкості різання поверхня плавиться і стружка обламується.

Шорсткість поверхні можна розрахувати за допомогою такої залежності: $h_{\max} = e^2/8r$, де h_{\max} — шорсткість поверхні, мкм; e — подача, мм/об; r — радіус при вершині різця, мм.

Шорсткість поверхні зростає із збільшенням подачі і зменшується із збільшенням кута різання.

Для обробки синтетичних покриттів шліфуванням найкращим є круги з електрокорунду або карбіду кремнію на керамічній зв'язці з величиною зерен 3...5 мкм. Діаметр круга 300...400 мм, ширина 35...60 мм.

Рекомендовані технологічні параметри: швидкість круга 20...40 м/с, швидкість руху оброблюваної поверхні деталі 20...30 м/хв, глибина різання 0,008...0,015 мм.

Слід застосовувати малу глибину різання, бо інакше в результаті сильного нагрівання пластмасового покриття воно може відшаруватись від металевої поверхні.

Осьова подача на один оберт деталі $e = (0,4...0,8) B$, де B — ширина шліфувального круга.

Тонке (алмазне) точіння значно рентабельніше за шліфування. З його допомогою можна забезпечити шорсткість поверхні, яка відповідає монтажним і експлуатаційним вимогам. Звертатись до шліфування допускається в виняткових випадках.

Остаточні оброблені деталі піддають ретельному контролю. З поверхонь різі, монтажних поверхонь (наприклад, з поверхонь ковзання, з проточок для мастила і консистентного мастильного матеріалу, шпонкових пазів і т. п.) видаляється пластмаса, яка випадково потрапила туди.

Розчин, який потрапив в отвір для мастила, видаляють свердлінням так, щоб не пошкодити покриття. Під час зенкування необхідно стежити, щоб не зачепити металевої поверхні, оскільки порушення суцільності може призвести до відшарування покриття. У деталей з отворами для мастила, що переходять у плоский мастилонагромадjuвач, суцільність покриття також має бути не порушена.

Мастильні канавки виконують на деталі ще до нанесення покриття, щоб після операції проводити остаточну (по розміру) обробку, не оголюючи металевих поверхонь.

Для правлення різьби доцільно використати мітчики і плашки, оскільки в разі очищення скребачкою або металевою щіткою різьбу можна пошкодити.

48.6. Перспективні способи механічної обробки відновлюваних деталей

До перспективних способів механічної обробки відновлюваних деталей слід віднести абразивно-лезову обробку.

Спосіб обробки полягає в розміщенні наплавленого металу. Джерелом нагрівання є спеціальний абразивний круг, який працює в режимі самозаточування з додатковим виділенням тепла в контактну зону і розташований з урахуванням режиму різання леза. Це забезпечує місцеве прогрівання на глибину, яка не перевищує глибини різання. Оптимальні умови нагрівання відповідають мінімальному тепловідведенню в оброблювану деталь, і, що особливо важливо, тепло від нагрівання не надходить до передньої поверхні різця (рис. 48.8).

Внаслідок зміщення круга по його висоті (на $1/3...1/2$ відносно поверхні різання різця) видаляється шар наплавленого металу, що дає можливість обробляти відновлювані деталі твердосплавним інструментом.

Обробляють деталі кругами гарячого пресування ЭФ МИСиС з характеристикою: ПП150 × 20 × 32, 38А200ВТБ. Різець, оснащений напаяною пластинкою з твердого сплаву ВК8, має такі геометрич-

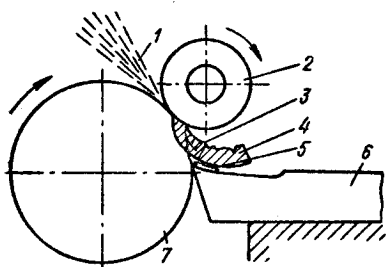


Рис. 48.8. Схема абразивно-лезового способу обробки:

1 — металоабразивний факел; 2 — абразивний «тепловий» силовий круг; 3 — зона деформації зсуву; 4 — нагріта зона; 5 — холодна зона; 6 — різець; 7 — відновлювана деталь

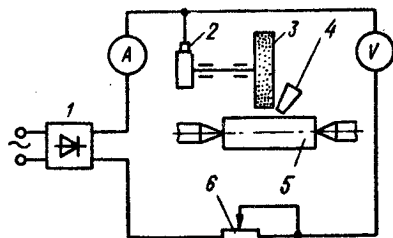


Рис. 48.9. Схема електрохімічного шліфування

ні розміри: головний передній кут $\gamma = 0^\circ$; головний задній кут $\alpha = 8^\circ$; кути в плані $\varphi - \varphi_1 = 45^\circ$.

Швидкість різання під час обробки становить 8 м/хв. Швидкість шліфування 47 м/с. Діапазон регулювання підсилення притискування круга 10...500 Н.

Від абразивного круга вимагається високе тепловиділення в зоні контакту з оброблюваним матеріалом, тобто він має працювати аналогічно до диска тертя. З другого боку, круг має забезпечувати інтенсивне знімання металу на глибину близько 1,5 мм для видалення кірки. Обидві ці вимоги мають виконуватися за умови високої стійкості інструменту.

Продуктивність при абразивно-лезовій обробці підвищується внаслідок збільшення швидкості різання і подачі, що, в свою чергу, обмежує пластичну стійкість інструмента проти спрацювання.

Продуктивність при абразивно-лезовому способі $Q_{ал} = Q_r + Q_{ш}$, де Q_r — кількість знятого різцем металу, г/хв; $Q_r = \gamma v s t_r$, де γ — густина оброблюваного металу, г/см³; v — швидкість різання, м/хв; s — подача, мм/хв; t_r — глибина різання, мм; $Q_{ш}$ — знімання металу абразивним кругом, г/хв; $Q_{ш} = \gamma v_d s_0 t_{ш}$; $v_d = v$ — швидкість обертання відновлюваної деталі, м/хв; $s_0 = s$ — подача, мм/об; $t_{ш}$ — глибина шліфування, мм.

При відновленні деталей матеріалами, стійкими проти спрацювання, подальша обробка лезовим інструментом утруднена у зв'язку з високою стійкістю покриття, наявністю питомих навантажень внаслідок значної мікронерівності покриття і шлакових включень у шарі.

Ефективність обробки відновлюваних деталей значною мірою підвищує спосіб електрохімічного шліфування, схему якого наведено на рис. 48.9. Струмopровідне коло з допомогою ковзного контакту 2 круга 3 сполучають з негативним полюсом джерела постійного струму 1, а оброблювану деталь 5 — з позитивним полюсом. В зону обробки подають електроліт 4. Величину сили струму регулюють реостатом 6.

Абразивні або алмазні зерна, які виступають з електропровідної зв'язки, створюють зазор між зв'язкою і поверхнею оброблюваної деталі. В зазор подають електроліт. Під впливом електричного струму відбувається анодне розчинення поверхні деталі, а зерна обертового круга видаляють продукти розчинення. Як різальний інструмент застосовують абразивні і алмазні круги на струмопровідних зв'язках типу М1, М5, СЭШ-1, СЭШ-2, основними компонентами яких є мідь, цинк, алюміній.

Як робоче середовище використовують струмопровідні розчини електролітів, які забезпечують необхідну якість поверхні, потрібні точність та продуктивність і не спричиняють корозії незахищених

Таблиця 48.15

Вид шліфування	Напруга, В	Густина струму, А/дм ²	Тиск круга, МПа	Швидкість знімання металу, мм ³ /хв	Витрата електроліту, л/хв
Попереднє	10...12	150...200	1,2...1,5	800...1200	2,0...2,5
Остаточне	6...8	9...12	0,4...0,6	200...300	—

частин устаткування. Цим вимогам відповідають розчини нейтральних солей з різними добавками інгібіторів для надання їм антикорозійних властивостей.

Добрі результати дає застосування електроліту з вмістом 2...3 % і 0,2...0,3 % NaNO_3 . Нітрат натрію, що входить до складу цього електроліту, є одночасно і антикорозійною добавкою. Застосовують також інші електроліти, до складу яких поряд з азотнокислим натрієм входять сегнетова сіль, сульфіти і фосфати натрію, олеїнова кислота та інші компоненти.

Обробку проводять при коловій швидкості круга 20...25 м/хв і швидкості руху деталі 5...6 м/хв.

Ефективність процесу шліфування залежить від густини струму, питомого тиску круга і складу електроліту.

Рекомендовані режими для різних видів обробки наведено в табл. 48.15.

Для чорного шліфування твердосплавними інструментами великих деталей, наприклад шийок колінчастих валів автотракторних двигунів, відновлених наплавленням, розроблено спосіб електроконтактного шліфування чавунним кругом. Як робочу рідину застосовують 5 %-й розчин емульсолу в воді. Шліфування проводять при оптимальних режимах, напрузі джерела постійного струму 25 В, силі струму 600...1500 А прямої полярності, швидкості обертання інструменту (чавунного диска) 40...50 м/с, деталі — 0,30...0,60 м/с.

Досліджуючи зазначені режими, можна досягти інтенсивності зняття припуску 0,23...0,60 см³/с, причому зона термічного впливу

не перевищує 0,1 мм. В разі обробки електроконтактним методом тривалість чорнової обробки однієї шийки вала скорочується в 3...5 раз.

Контрольні запитання

1. Що таке прямі та непрямі вимірювання?
2. Що таке засоби вимірювань?
3. Що слід враховувати, вибираючи спосіб відновлення деталей?
4. Що таке критерій застосовуваності, довговічності та техніко-економічний критерій?
5. Як визначають товщину наношуваного шару?
6. За якою формулою визначають мінімальний припуск?

Глава 49

ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПРОЦЕСИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

49.1. Класифікація способів відновлення деталей

Загальна характеристика основних методів. Деталі спряжень у виробництві набувають необхідних якостей відповідно до вимог технічної документації (форма, розміри і шорсткість поверхні, властивості матеріалів тощо). У процесі експлуатації деталі машин та механізмів втрачають свої початкові розміри, геометричну форму і властивості матеріалу, тобто зазнають змін, які пов'язані з різними пошкодженнями, наприклад нагромадження втомленості, спрацювання тертьових поверхонь, корозія, деформація. Більшість деталей з такими дефектами у процесі ремонту має бути відновлена. Мета відновлення — поновити міцність, форму і розміри деталей, якість поверхневого шару: шорсткість поверхні, захисні покриття.

В результаті високих навантажень, нагромадження втомленості, деформацій в деталі або в конструктивному вузлі можуть виникнути дефекти у вигляді тріщин. Найвність тріщин знижує статичну і втомленісну міцності. Втомленісна міцність знижується також при наявності глибоких забоїв та подряпин. Тому під час відновлення деталям необхідно повернути міцнісні властивості.

Деталі, які зазнають тертя або нагрівання, в процесі експлуатації втрачають розміри, форму і взаємне розташування поверхонь. У цьому випадку під час відновлення деталям слід повернути форму і розміри, задані технічною документацією.

Деталі, які зазнають ударів абразивних частинок, мають дефекти у вигляді забоїв, подряпин, місцевих заглиблень і спрацювань. Ці дефекти знижують якість поверхні, що зумовлюється спрацюванням деталей за рахунок тертя. Більшість деталей автомобілів та до-

рожніх машин має зміни в поверхневих шарах внаслідок корозії, наклепу, внутрішніх змін і структурних перетворень. При цьому уражаються тонкі шари металу. Порушення шорсткості поверхні і зміна в поверхневих шарах знижують міцнісні характеристики деталі. У таких деталях відновлюють шорсткість поверхні і якість поверхневого шару. Цього досягають видаленням пошкоджених шарів металу з додержанням вимог до форми і розмірів поверхонь.

Деталі, які працюють в агресивному середовищі, у процесі виробництва захищають від корозії спеціальними металевими, полімерними та іншими покриттями, які в процесі роботи поступово руйнуються, і виникає корозія. Отже, під час ремонту необхідно відновити покриття.

Відновити спрацьовану деталь — значить поновити початкові геометричні, фізико-механічні, фізико-хімічні та інші властивості, порушені в результаті дії експлуатаційних факторів (відновити розміри, геометричну форму, структуру, фізико-механічні властивості) відповідно до технічних вимог документації.

Завдання відновлення деталей. Залежно від ступеня пошкодження і конструкції деталей затрати на їх відновлення становлять 15... 50 % вартості нових. При цьому чим дорожча і складніша деталь, тим нижча відносна вартість її відновлення. Низька вартість відновлення деталей зумовлена рядом факторів: виключаються технологічні операції виготовлення заготовки; відновлюються тільки поверхні, на яких є недопустимі пошкодження; витрачається мало матеріалів. Крім того, організація відновлення деталей дає можливість зменшити випуск товарних запасних частин, тобто знизити собівартість ремонту машин. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування потокових ліній, автоматизація процесів ремонту деталей, машин та механізмів сприяє дальшому підвищенню ефективності ремонту.

Роботоздатність спряження можна відновити двома способами: наданням деталям правильної геометричної форми та необхідної якості поверхні і забезпеченням їхніх початкових характеристик.

У першому випадку в результаті механічної обробки деталь набуває правильної геометричної форми, потрібних властивостей поверхневого шару і нового розміру, що називається ремонтним, у другому — спряженим деталям різними способами відновлюють початкову форму й розміри, а також поверхневі властивості матеріалів.

Технологічні способи відновлення деталей. Відновлення деталі — комплекс операції для усунення її основних дефектів, який забезпечує поновлення роботоздатності і параметрів, установлених у нормативно-технічній документації. До відновних відносять операції, пов'язані з технологічною дією, яка змінює геометричну форму або внутрішній стан матеріалу деталей (рис. 49.1).

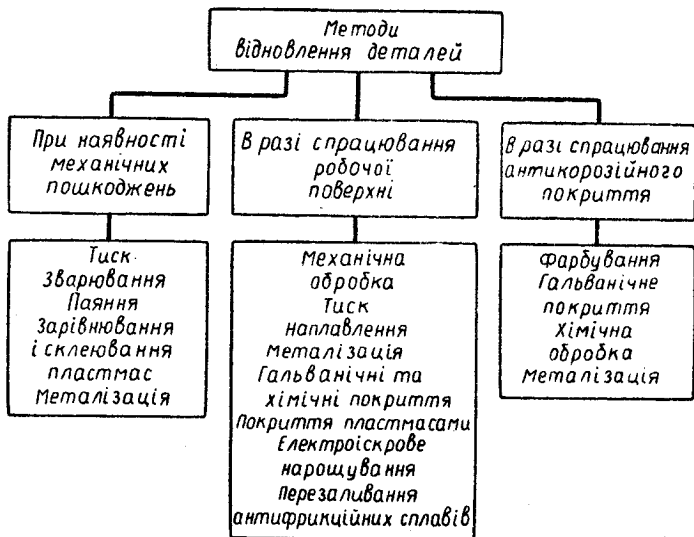


Рис. 49.1. Класифікація методів відновлення деталей

Відновити геометричну форму і розміри деталі можна, виконуючи такі технологічні операції: нарощування поверхневих шарів матеріалу замість спрацьованого; пластичне деформування для відновлення розмірів спрацьованих ділянок деталі; заміна частини матеріалу деталі після обробки її поверхневих шарів. До операції відновлення фізико-механічних властивостей матеріалу деталей слід віднести усунення дефектів і зміцнення матеріалу тим чи іншим видом обробки для ослаблення шкідливої дії мікропошкоджень у найвідповідальніших ділянках деталей.

Технологічні способи відновлення деталей можна об'єднати у дві групи: способи нарощування і способи обробки. До першої групи належать способи, при яких спрацьований матеріал деталі компенсують нанесенням інших матеріалів, у тому числі синтетичних. До них належать зварювання і наплавлення, напилювання, металізація паяння, нанесення електrolітичних металопокриттів та полімерних матеріалів.

До способів обробки віднесено технологічні способи, які прийнято називати способами обробки, наприклад обробка тиском, слюсарно-механічна обробка, електричні способи обробки, зміцнювальна обробка тощо.

У табл. 49.1 наведено приклади різних способів, застосовуваних у технології відновлення деталей.

Слюсарно-механічну обробку використовують як самостійний спосіб ремонту деталей, а також під час обробки під ремонтні розміри

і в разі постановки додаткових ремонтних деталей. Крім того, вона необхідна в ряді випадків під час ремонту іншими способами (гальванічними покриттями, зварюванням і наплавленням).

Обробка деталей тиском ґрунтується на використанні властивостей металів змінювати під тиском зовнішніх сил геометричну форму і розміри без руйнування. Цей спосіб ремонту включає випрямлення, осадження, роздавання і обтискування.

Таблиця 49.1

Метод	Приклад способу відновлення
Зварювання (наплавлення) плавленням	Дугове; електрошлакове; під флюсом; в захисному газі; вібродугове; плазмове; електронно-променево; лазерне
Зварювання тиском	Контактне; тертям; вибухом; дифузійне; холодне; газопресове
Металізація	Газова; високочастотна; електрична; плазмова
Напилювання	Плазмове; газоплазмове
Паяння	Твердими, м'якими та алюмінієвими припоями
Електролітичне покриття	Хромування, залізнення, нікелювання
Нанесення синтетичних покриттів	Газополуменево, під тиском; пресуванням; у псевдозрізженому шарі
Слюсарно-механічна обробка	Шабрування; припилювання; притирання; фрезерування; шліфування; розвірчування; прогонка різьби і т. д.
Обробка тиском	Роздавання; осаджування; обробка; розкачування; правлення; витягування; висаджування; електромеханічна обробка
Електрична обробка	Анодно-механічна; електрохімічна; електроконтактна; електроімпульсна
Зміцнювальна обробка	Термічна; термомеханічна; хіміко-термічна; поверхнево-пластичним деформуванням; суперфінішна

Ремонт деталей зварюванням і наплавленням полягає в тому, що на спрацьовані поверхні деталей наплавляють метал, після чого їх піддають механічній обробці. Крім того, цей спосіб застосовують, коли треба усунути на деталях механічні пошкодження (тріщини, пробіони тощо).

Ремонт деталей напилюванням полягає в тому, що на відповідно підготовлену поверхню деталі за допомогою спеціального апарата — металізатора напилюють стиснутим повітрям або інертним газом розплавлений метал. Після цього деталь обробляють під потрібний розмір.

Ремонт деталей нанесенням гальванічних і хімічних покриттів полягає в електролітичному або хімічному осадженні металу на

підготовлену поверхню. Найбільшого поширення набуло хромування й остальювання. Крім цих покриттів, застосовують також оміднення й нікелювання, які відіграють роль проміжних технологічних процесів. Наприклад, їх застосовують як підшар при захисно-декоративному хромуванні, а оміднення — для захисту поверхонь для деталей під час цементації.

Ремонт деталей клейовими сумішами і пластмасами включає в себе ліквідацію вм'ятин, пробойн та тріщин, з'єднання зруйнованих ділянок клейовими сумішами, покриття пластмасами тощо.

З усіх способів ремонту спрацьованих деталей найпрогресивніші — покриття металами (наплавлення, хромування, остальювання) або пластмасами. Проте найраціональнішим способом ремонту деталі буде той, який гарантуватиме найбільший строк служби відремонтованої деталі при найменших затратах.

49.2. Відновлення деталей слюсарно-механічною обробкою

Загальні відомості. Слюсарно-механічну обробку використовують під час відновлення деталей під ремонтні розміри і в разі застосування додаткових ремонтних деталей (ДРД). Крім того, це один з допоміжних способів у ремонтному виробництві.

Відновлення деталей під ремонтні розміри полягає в тому, що одну із спряжених деталей обробляють під ремонтний розмір, а другу заміняють новою або відремонтованою відповідного ремонтного розміру. У такий спосіб забезпечується відновлення початкової посадки деталей. Цей спосіб загальнодоступний і широко застосовується, хоч і не позбавлений істотних недоліків:

не можна використати запасні деталі номінального розміру, оскільки виникає потреба в запасі деталей ремонтних розмірів різних категорій;

виникає потреба в попередньому комплектуванні деталей спряжень кожного ремонтного розміру, що збільшує обсяг комплектувальних робіт;

для дефектації деталей потрібен більший набір граничного вимірювального інструменту.

Основа визначення ремонтних розмірів спряжуваних поверхонь — граничне спрацювання. Відновлювані поверхні деталей можуть мати кілька ремонтних розмірів, які залежать від спрацювання деталей за міжремонтний строк служби машини, від припуску на обробку і запасу міцності деталі.

Вперше спосіб визначення ремонтних розмірів запропонував проф. В. В. Єфремов. Нині його застосовують для відновлення деталей з циліндричними поверхнями.

Ремонтні розміри деталей наведено в ТУ на капітальний ремонт машин. Їх можна також обчислити за такими формулами:

для зовнішніх циліндричних поверхонь (валів)

$$d_{p1} = d_n - \gamma;$$

$$d_{p2} = d_n - 2\gamma;$$

.....

$$d_{pn} = d_n - n\gamma;$$

для внутрішніх циліндричних поверхонь (отворів)

$$D_{p1} = D_n + \gamma;$$

$$D_{p2} = D_n + 2\gamma;$$

.....

$$D_{pn} = D_n + n\gamma;$$

де d_p та D_p — ремонтні розміри відповідно вала та отвору, мм; d_n та D_n — розміри вала та отвору за робочим кресленням, мм; n — число ремонтних розмірів; γ — міжремонтний інтервал, який дорівнює

$$\gamma = 2(\beta_2 C + Z),$$

де C — спрацювання на діаметр, мм; β_2 — коефіцієнт нерівномірності спрацювання; Z — припуск на механічну обробку на сторону, мм.

Коефіцієнт нерівномірності спрацювання дорівнює відношенню максимального одностороннього спрацювання до спрацювання на діаметр.

Число ремонтних розмірів визначають за такими формулами: для валів

$$n_b = d_n - d_{\min}/\gamma;$$

для отворів

$$n_o = D_{\max}/\gamma,$$

де d_{\min} — мінімальний діаметр вала, мм; D_{\max} — максимальний діаметр отвору, мм.

Великого поширення (15...30 % номенклатури ремонтваних деталей) такий спосіб набув у відновленні колінчастих та розподільних валів. Його перевага — простота технологічного процесу і застосовуваного устаткування, ефективність, збереження взаємозамінності у межах ремонтного розміру.

Відновлення деталей за допомогою ДРД полягає в тому, що дефектну частину деталі видаляють, а на її місце зварюванням, на різі чи іншим способом встановлюють спеціально виготовлену деталь. Після цього робочі поверхні деталі обробляють під потрібний

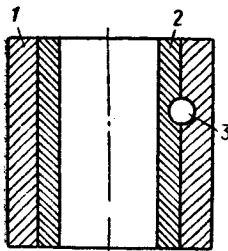


Рис. 49.2. Установка ДРД:

1 — основна деталь;
2 — ДРД; 3 — штифт

розмір. Додаткову деталь під потрібний розмір можна обробити до того, як ставити її на основну, коли це дозволяє точність взаємоз'язаних розмірів деталі. Вибір матеріалу для виготовлення додаткової ремонтної деталі визначається наперед умовами роботи і матеріалом відновлюваної деталі.

Залежно від виду відновлюваної поверхні ДРД можуть мати форму гільзи, кільця, шайби, пластини, нарізної втулки і т. д. (рис. 49.2). У разі запресовування ДРД основну деталь бажано нагрівати навіть у випадку, коли натяг невеликий, для полегшення запресування і підвищення його міцності. Міцність посадок з нагріванням за тих самих умов утричі перевищує міцність пресових посадок у холодному стані, а середній натяг — удвоє за рахунок того, що нерівності поверхні деталей в разі гарячої посадки не згладжуються, як у разі холодної.

Посадку з підігрівом в разі відновлення встановленням ДРД доцільно застосовувати для гільз циліндрів, для насаджування вінця маховика, вінців шестерень коробок передач.

Щоб полегшити центрування ремонтної втулки під час запресування і уникнути задириб, на кромці її отвору або кромці по зовнішньому діаметру треба робити фаску під кутом 30...45°.

До недоліків цього способу відновлення слід віднести його складність і високу вартість, а також зниження в деяких випадках механічної міцності основної деталі.

Слюсарно-механічну обробку застосовують практично в усіх способах відновлення деталей. За трудомісткістю вона становить 40...80 % загальних трудових затрат на ремонт. У ремонтному виробництві широко застосовують різні види слюсарно-механічної обробки: токарну, фрезерування, шліфування, шабрування, притирання тощо.

Відновлення деталей механічною обробкою. Механічна обробка спрацьованої поверхні відрізняється від механічної обробки нової деталі тим, що спрацьована деталь звичайно має нерівномірне спрацювання поверхонь, пластичну деформацію, недостатньо надійну установочну базу, термічну обробку і т. п. Перелічені особливості ускладнюють обробку спрацьованих поверхонь різальним інструментом.

Найчастіше як попередню обробку поверхонь перед нанесенням покриттів чи під новий ремонтний розмір застосовують шліфування. При цьому намагаються видалити мінімальний шар металу, щоб тільки зняти поверхневі пошкодження і надати деталі правильної геометричної форми. Під час шліфування забезпечується досить висока продуктивність праці.

Успішне виконання шліфувальних робіт залежить в основному від

правильного вибору шліфувального круга, режимів різання і точності встановлення оброблюваної деталі.

Шліфувальний круг вибирають залежно від матеріалу оброблюваної деталі і твердості її поверхневого шару. Для сталевих деталей в основному використовують корундові круги на керамічній зв'язці. Для жароміцних, жаростійких матеріалів частіше застосовують алмазні круги на металевій основі. Зерно абразиву в крузі залежить від потрібної шорсткості поверхні, і добирають його за довідниками. Режими різання залежать від виду шліфування (кругле, плоске, безцентрове і т. д.) та вимог до шорсткості поверхні.

Точність установавання деталі забезпечується правильним вибором установочної бази, основні принципи вибору якої такі: збереження виробничої бази; оборотність баз; створення ремонтної бази.

У першому випадку приймається база, використана під час виконання кінцевих етапів виготовлення даної деталі на заводі-виготовлювачі, наприклад використання центрових заглиблень, складальних баз тощо. Цей принцип можна застосовувати у випадку, коли виробничі бази не пошкоджені у процесі експлуатації виробу.

За установочну базу в разі застосування принципу оборотності баз приймають поверхню, не пошкоджену (не спрацьовану і не деформовану) в процесі експлуатації виробу і координування відносно відновлюваної поверхні. Наприклад, для деяких типів турбореактивних двигунів характерні диски турбіни з центруючими поясками. У процесі виробництва центруючий поясок використовують як установочну базу для обробки усіх інших поверхонь диска, включаючи кільце лабіринта. Ці пояска спрацьовуються в процесі експлуатації і підлягають відновленню. За установочну базу при цьому приймають поверхню лабіринтового кільця, за яким вивіряють установавання диска на верстаті під час затискування його по зовнішній циліндричній поверхні.

Принцип створення ремонтної бази полягає в тому, що одну з найменш спрацьованих поверхонь використовують як чорнову установочну базу і старанно вивіряють установавання деталі за всіма іншими координованими з нею поверхнями. Намагаються зменшити биття по цих поверхнях до мінімуму. Потім обробляють одну з поверхонь, що підлягають відновленню, і приймають її за чистову установочну базу для відновлення інших поверхонь.

Під час шліфування можуть виникнути місцеві перегріву (опіки). Ця небезпека особливо велика для сплавів, що мають низьку теплопровідність, наприклад титанових. Титанові сплави також мають підвищену здатність налипати на абразивний інструмент. Опік, як правило, призводить до виникнення місцевих розтягувальних напружень у поверхневому шарі, що може значно знизити циклічну міцність деталі. Тому інтенсивне охолодження, додержання рекомендо-

Рис 49.3. Схема хонінгувальної головки

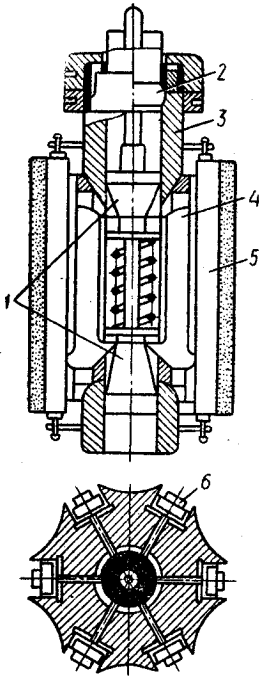
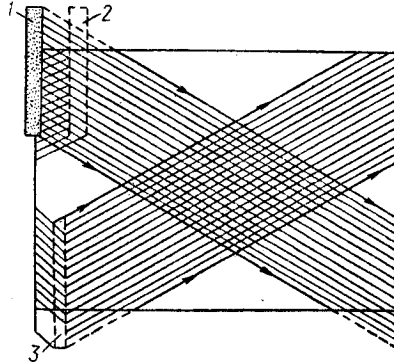


Рис. 49.4. Сліди обробки після хонінгування за один подвійний хід головки на розгорнутій поверхні циліндра:

1 — положення бруска на початку першого поступального ходу; 2 — положення бруска наприкінці першого поворотного ходу; 3 — положення бруска наприкінці першого поступального ходу



ваних режимів шліфування, своєчасне правлення круга мають важливе значення в забезпеченні надійності відремонтованого виробу.

Як доводочні операції різанням під час ремонту застосовують хонінгування і суперфініш.

Хонінгування являє собою метод остаточної обробки циліндричних поверхонь, звичайно отворів, абразивними брусками, закріпленими у спеціальній головці. Його застосовують після чистового розточування або шліфування.

Під час хонінгування зрізають гребінці, що залишились від попередньої обробки і видаляють припуск (0,01...0,12 мм). Хонінгувальну головку показано на рис. 49.3. Абразивні бруски 6 дрібної зернистості кріплять за допомогою тримачів 5 бруска до корпуса 3 головки. Бруски можуть розсуватися упорними пластинами 4 і конусами 1. Шарнір 2 призначений для самоорієнтування головки в отворі циліндра.

Під час хонінгування головка з брусками обертається, одночасно рухаючись поступально-зворотно уздовж своєї осі з числом подвійних ходів 10...100 за 1 хв.

В результаті додавання обох рухів хонінгувальна головка переміщується по гвинтовій лінії і на оброблюваній поверхні утворю-

ється характерна сітка, що являє собою сліди абразивних зерен (рис. 49.4), у заглибинах яких добре тримається мастило.

Під час хонінгування оброблювана поверхня інтенсивно поливається мастильно-охолодною рідиною, яка не тільки охолоджує поверхню, а й сприяє видаленню з неї металевої стружки та продуктів спрацювання брусків. Як мастильно-охолодну рідину під час хонінгування застосовують гас або суміш гасу з мінеральним маслом (20...30 %).

Суперфініш — процес доведення після шліфування деталей типу валів за допомогою спеціальної головки, яка несе алмазні або абразивні бруски (рис. 49.5). У процесі суперфінішу метал знімається з поверхні обертової деталі 2 алмазними чи дрібнозернистими абразивними брусками 1 (зернистість M20), які безперервно рухаються зворотно-поступально уздовж твірної оброблюваної поверхні. Амплітуда коливальних брусків 3...6 мм, частота коливальних 500...800 хв⁻¹, частота обертання деталі 150...200 хв⁻¹, результуюча швидкість різання не перевищує 2,5 м/хв.

Мастильно-охолодна рідина, застосовувана під час суперфінішу, суміш гасу з веретенним маслом (20...30 %). Під час цього виду обробки знімається дуже тонкий шар металу (0,005...0,02 мм) і забезпечується мінімальна шорсткість.

Як доводочну операцію можна застосовувати також полірування для зменшення шорсткості поверхні. Геометрична форма оброблених деталей при цьому не змінюється.

Полірують повстяними, фетровими чи тканинними кругами, застосовуючи пасти. Найчастіше користуються пастою ГОИ. Її компонентами є оксид хрому, олеїнова кислота, гас, стеарин, розщеплений жир.

Суть процесу полірування полягає ось у чому: під впливом активного оксиду хрому метал швидко окислюється. Під час руху полірувального круга оксидна плівка з поверхні металу знімається і відкривається його чиста поверхня, яка знову окислюється, і процес

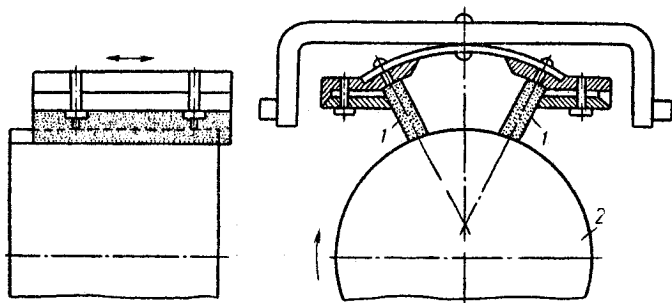


Рис. 49.5. Схема суперфінішу поверхні деталі типу «вал»

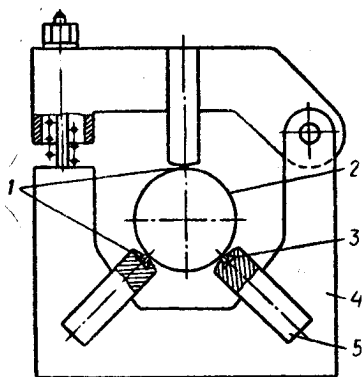


Рис. 49.6. Схема кулькової обкатки зовнішньої циліндричної поверхні:

1 — кулька; 2 — обкатувана поверхня; 3 — фторопластова прокладка; 4 — рамка обкатника; 5 — корпус кульки

повторюється. При цьому знімаються гребінці, що характеризують шорсткість поверхні. Для активації хімічного процесу утворення оксидної плівки до складу пасти введено олеїнову кислоту, яка є адсорбентом для хімічно активного оксиду хрому, що реагує з поверхнею металу.

Поряд з механічним поліруванням металевих поверхнь широко застосовують електролітичне — найефективніше для обробки дрібних деталей складної конфігурації. Суть електролітичного полірування полягає в поступовому згладжуванні поверхні деталі анодним розчиненням шорсткості.

Як попередню обробку відновлення поверхнь перед нанесенням різних покриттів застосовують обкатку кульками або роликми, алмазне вигладжування, обробку поверхні піском чи дробом тощо.

Обкатку поверхнь кульками чи роликми, а також алмазне вигладжування виконують для створення в поверхневому шарі стискувальних напружень, які підвищують циклічну міцність деталей. Ці операції виконуються у зв'язку з тим, що деякі газотермічні і електролітичні покриття, нанесені на спрацьовану поверхню, щоб відновити початковий розмір, можуть знижувати циклічну міцність деталей. Для компенсації цього перед нанесенням покриттів у поверхневих шарах створюють стискувальні напруження.

На рис. 49.6 наведено схему кулькової обкатки зовнішньої циліндричної поверхні. Як видно з рисунка, обкатник звичайно являє собою рамку з тримачами кульок чи роликів, які за допомогою пружини тиснуть на поверхню. Внаслідок суміщення обертального і поступального рухів деталі на поверхні створюється гвинтовий слід деформації від тиску кульок. Подачу вибирають так, щоб сліди від тиску кульок перекривали один одного, утворюючи однорідний рельєф поверхні. Під тиском кульок виникає пластична деформація тонких шарів поверхні, в результаті чого згладжуються нерівності і створюються залишкові напруження стискуванню. Обкатку використовують як доводочні операції після шліфування чи хонінгування.

Метод алмазного вигладжування полягає в обкатці поверхні сферичними алмазами. Висока твердість алмазів дає можливість обкатувати поверхні з порівняно високою твердістю. Алмазне вигладжування створює зміцнений шар завглибшки до 0,2 мм. Обкатка куль-

ками чи роликками може створювати такий шар на глибину в кілька міліметрів.

Зміцнення поверхневого шару особливо ефективно. Воно підвищує втомленісну довговічність алюмінієвих та титанових сплавів і пластичних сталей.

Точіння використовують для відновлення деталей. У ремонті реактивних двигунів його застосовують для відновлення метало-керамічних покриттів корпусів компресорів та турбін. Перспективним є використання алмазного точіння замість шліфування. Алмазне точіння забезпечує високу гладкість поверхні при високій продуктивності праці.

У ремонті застосовують також фрезерування. Особливо широко використовують фрезерування для підгонки сталених вузлів, наприклад вузлів підвіски редукторної рами вертольота.

Застосування машинного розвірчування отворів пов'язане з необхідністю використання складних кондукторних пристроїв, що становить певні труднощі. При машинному розвірчуванні необхідно забезпечити точну координацію положення деталі відносно розвертки і напрям останньої за рахунок кондукторних втулок. Наприклад, в разі машинного розвірчування монтажних отворів у стояку шасі необхідно використати кондукторну плиту з напрямними втулками, положення яких точно координоване відносно базової площини плити. Складність конструкції кондукторної плити, значні затрати часу на встановлення стояка та плити на верстаті утруднюють застосування машинного розвірчування.

Притирання використовують, щоб мати точні розміри деталей за рахунок зняття дуже малого припуску або досягти щільного прилягання поверхонь, що забезпечує гідравлічну непроникність з'єднання. Точність розмірів, якої досягають під час притирання, — 0,1 мкм. Притирання — це процес різання абразивними зернами, які знаходяться між поверхнями притира та деталі. Обертаючись у процесі притирання, зерна абразиву зрізають з поверхонь мікронерівності.

Підвищення тиску під час притирання (до 0,15...0,20 МПа) супроводиться збільшенням зняття металу, причому якість поверхні, як правило, не погіршується. Дальше збільшення тиску спричиняє утворення глибоких рисок.

Збільшення швидкості притирання підвищує його продуктивність, але при швидкості понад 25...35 м/хв можливі нагрівання деталі і збільшення шорсткості поверхні. Для притирання на поверхнях деталей залишають невеликі (0,03...0,05 мм) припуски.

Як притиральні матеріали звичайно застосовують корундовий, карборундовий або наждачний порошок, карбід кремнію, оксид заліза (крокус), оксид алюмінію, оксид хрому та ін. Використовуються абразивні мікропорошки з різною зернистістю: крупні — М28, М20

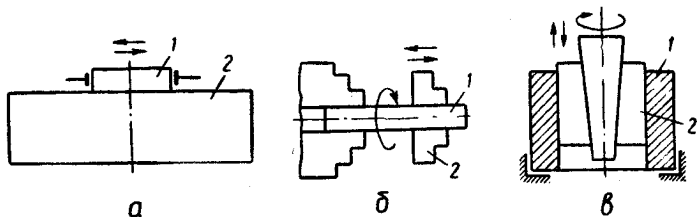


Рис. 49.7. Схема притирання:

a — площини; *б* — валів; *в* — отворів; 1 — деталь; 2 — притир

з розміром зерен 28...14 мкм і дрібні — М10, М7 з розміром зерен 10...5 мкм. Щоб прискорити притирання, його починають з крупнозернистих порошоків, а щоб досягти необхідної шорсткості поверхні, обробку закінчують дрібнозернистими порошоками.

Під час притирання обов'язково застосовують машинне масло, олеїнову кислоту, гас, бензин, скипидар, технічне сало та інші мастильні рідини, а також їх суміші (наприклад, 70 % олеїнової кислоти і 30 % гасу). Склад рідини вибирають залежно від матеріалів деталей, які притирають.

Існують два способи притирання деталей: однієї деталі до іншої (притирання клапанів, пробок тощо) і кожної деталі з пари до третьої — притира. За допомогою притирів (рис. 49.7) доводять деталі паливної та гідравлічної апаратури, кришки, торці, бурти у щільних з'єднаннях. Притири звичайно виготовляють з м'якших матеріалів, ніж та деталь, яку притирають. Циліндричні деталі (плунжери насосів, золотники та ін.) притирають звичайно чавунними притирами у вигляді розрізних втулок.

Ручне притирання — процес трудомісткий і малопродуктивний, а тому операції притирання намагаються якомога механізувати. Для цього застосовують електричні або автоматичні ручні машини з обертальним рухом робочого органа, а також спеціальні верстати.

На рис. 49.8 показано схему спеціальної установки для притирання циліндричних валів та отворів. Притиру 1 надають обертального руху з підніманням і опусканням. В усіх випадках в разі механізованого притирання притирам або деталям 2, що притираються, треба надавати складного руху, щоб сліди від абразивів не наклалися один на одного. Притерті поверхні перевіряють на фарбу. Коли їх при-

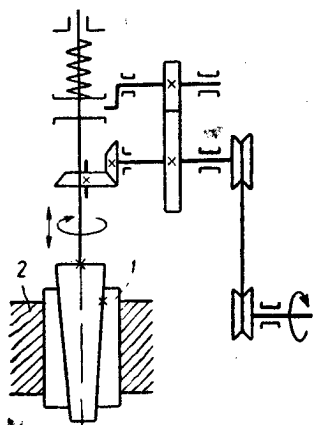


Рис. 49.8. Схема притирання валів і отворів

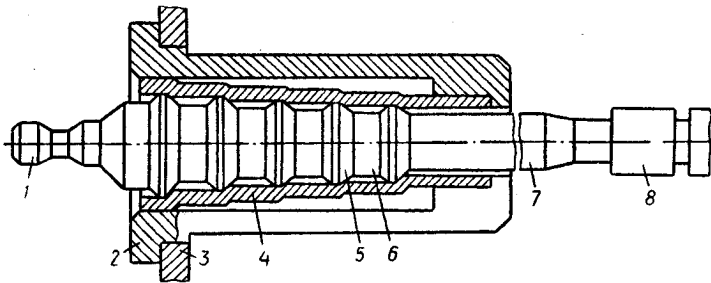


Рис. 49.9. Схема деформувального протягування деталей:

1 — хвостовик протяжки; 2 — опора до протяжного верстата; 3 — опорний фланець верстата; 4 — оброблювана деталь; 5 — деформуючий елемент; 6 — проміжна втулка; 7 — стержень протяжки; 8 — затискний патрон

терто добре, фарба дрібними плямами рівномірно розподіляється по всій поверхні спряження.

Останнім часом розроблено нові методи механічної обробки, які можна використати на ремонтних підприємствах. Як правило, в їх основу покладено механо-хімічні ефекти та інші фізичні явища. Це різання з анодним травленням поверхні під дією постійного струму (електрохімічне шліфування, хонінгування, полірування алмазним та абразивним інструментами); пластичне деформування з дією електричного струму (електромеханічна обробка); різання з дією магнітного поля (магнітоабразивне полірування); холодне пластичне деформування, вигладжування (обкатка, розкатка, дорнування, віброобкатка) та ін.

Деформувальне протягування — процес обробки отворів у деталях з пластичних металів методом ступінчастого пластичного деформування (рис. 49.9). Оброблена таким методом поверхня характеризується малою шорсткістю, зміцнюється і може мати стискувальні залишкові напруження, що в сукупності підвищує її стійкість проти спрацювання і міцність проти втомленості деталей.

Деформувальне протягування полягає в тому, що через отвір оброблюваної деталі пропускають інструмент, котрий складається із стержня, на якому закріплені деформувальні елементи конічної форми з діаметром, що збільшується. Під час проходження такого інструмента крізь отвір конічні елементи пластично деформують внутрішню поверхню і стінки деталі, збільшують діаметр отвору і зовнішній діаметр деталі, виправляють неточності, вигладжують і зміцнюють поверхню отвору, що підвищує її стійкість проти спрацювання. Таким способом можна обробляти деталі з пластичних металів (сталі, алюмінієві сплави, латуні, бронзи) діаметром 5...160 мм і з товщиною стінки $1,5...2r$ (r — радіус отвору) з деформаціями від малих поверхневих до значних, що досягають 10...20 % діаметра отвору, і з вихідною твердістю металу деталі від 40...45 HRC_e при наскрізних деформаціях

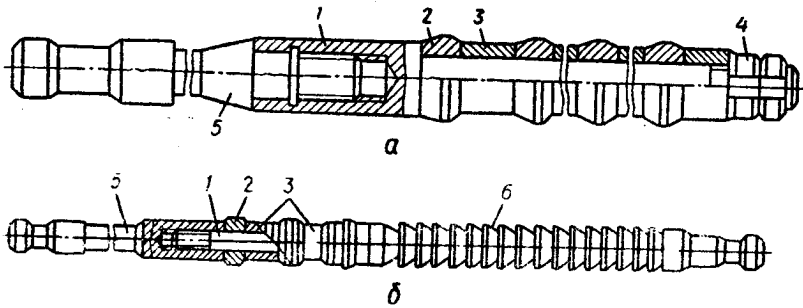


Рис. 49.10. Конструкції деформувальної (а) і деформувально-різальної (б) протяжок

стінок і до 60 HRC_e при поверхневих деформаціях. Обробка отворів деформувальним протягуванням істотно відрізняється від механічної обробки (зберігається цілісність волокон металу, забезпечуються високі експлуатаційні властивості деталей при циклічних навантаженнях, метод можна застосовувати в умовах будь-якого виробництва).

Використовуваний у цьому процесі інструмент — твердосплавні деформувальні протяжки та прошивки — простий і надійний в експлуатації. Протяжка складається із сталюого загартованого стержня 1 (рис. 49.10, а), деформувальних елементів 2, виготовлених з металокерамічного твердого сплаву, та дистанційних втулок 3. Деформувальні елементи і дистанційні втулки стягнуті на оправці гайками 4. Стержень протяжки вкручується (накручується) в (на) передній хвостик 5. Якщо під час обробки отвору не можна обійтися без знімання стружки, доцільно застосовувати схему деформування — різання (рис. 49.10, б). Деформувальна частина протяжки випрямляє некруглість заготовки, зводячи її до десятих (сотих) часток міліметра і тим самим дає можливість у кілька разів знизити припуск на обробку різальною частиною 6.

Усі деталі, оброблювані деформувальним протягуванням, можна поділити на дві групи — деталі з нескінченною товщиною стінки (дорівнює діаметру отвору або перевищує його) і деталі з скінченною товщиною стінки (менша за діаметр отвору). При деформувальному протягуванні (прошиванні) деталей першої групи можна застосовувати тільки малі натяги, вимірювані сотими чи однією-двома десятими частками міліметра, оскільки під час обробки деталей цієї групи при жодних натягах не можна збільшити зовнішній діаметр і весь метал, витиснутий з отвору внаслідок збільшення його діаметра, переміщується на торці деталі, спотворюючи їх форму.

Від протягування (прошивання) отворів у деталі другої групи змінюються всі розміри деталі — збільшуються внутрішній і зовнішній діаметри, зменшуються товщина стінки і довжина. Для обробки

деталей другої групи можна застосовувати і малі, і великі натяги. Малі — для вигладжування оброблюваної поверхні і калібрування отвору, великі — для зміни розмірів. Деформувальне протягування, на відміну від інших процесів пластичного деформування, є й формотвірною операцією в разі обробки деталей типу втулок, труб, циліндрів, оскільки дає можливість змінювати поперечні розміри заготовки на десятки процентів (що не обмежується, наприклад, в разі використання проміжного відпалювання для відновлення пластичної оброблюваної деталі) і тому належить до металозберігаючих процесів, яким нині надають великого значення.

Застосування такого процесу дає змогу значно знизити трудомісткість обробки отворів, зменшити відходи металу і підвищити коефіцієнт його використання, поліпшити якість обробленої поверхні. Завдяки дуже високій стійкості твердосплавного інструменту, розробленого під керівництвом професора О. А. Розенберга і застосовуваного під час деформувального протягування, для даного процесу характерні зниження затрат на інструмент і економія дефіцитних інструментальних матеріалів.

Дорнування. Принцип гарячого дорнування показано на прикладі установки для відновлення деталей типу хрестовин карданного шарніра (рис. 49.11). Цей принцип ґрунтується на терті дорна 4 об внутрішній отвір (наприклад, хрестовини), що спричиняє нагрівання шнека до температури 1123...1223 К.

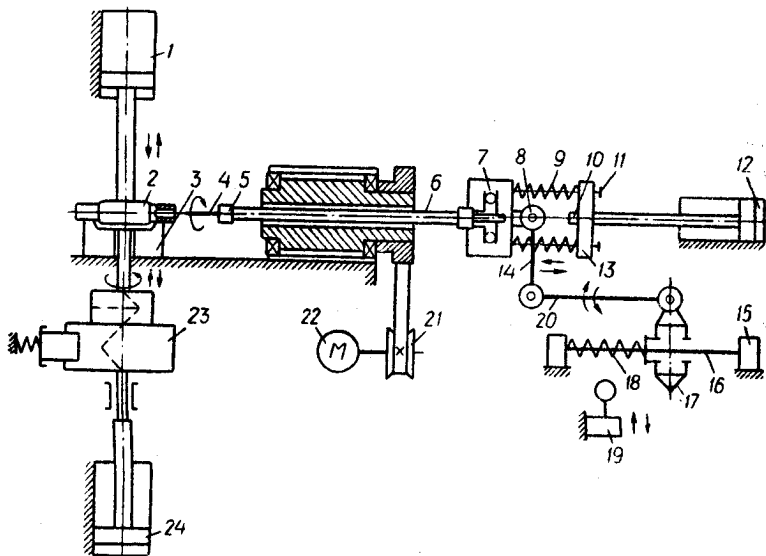


Рис. 49.11. Установка для роздавання щитів хрестовин

Установка має шпindelну головку, котра тримає шпindel 6, на торцях якого закріплені підшипниковий корпус 7 і патрон 5 з твердосплавним інструментом 4; вилку 8, закріплену на задній кришці корпусу 7; фланець 13, зв'язаний з корпусом за допомогою напрямних стержнів 11 та пружин 9; упор 10, закріплений на фланці 13, який встановлено на штоці пневмоциліндра 12; напрямну 16, жорстко закріплену за допомогою опор 15 на станині; пружину 18, яка фіксує у крайньому правому положенні повзун 17, шарнірно зв'язаний з вилкою 8 за допомогою важелів 14 та 20, а також кінцевий вимикач 19, який перед початком роботи встановлюють відносно поверхні ковзуна 17 на відстані, що дорівнює глибині обробки деталі.

Установка працює так. Відновлювану деталь встановлюють у призмі 3 і притискають у ній за допомогою пневмоциліндра 1. Коли в безштокову порожнину пневмоциліндра 12 подати стиснуте повітря, шпindel вільно рухатиметься ліворуч до упора твердосплавного інструмента в торець шнека хрестовини 2. При цьому шпindel дістає обертальний рух від електродвигуна 22 за допомогою клинопасової передачі 21. Далі, в міру роздавання шнека, шпindel під дією зусилля пневмоциліндра починає робочий рух і одночасно тягне за собою повзун, на шляху в якого встановлено кінцевий вимикач. Після того як дорн зайде на задану глибину, повзун натисне на натискний ролик кінцевого вимикача, який дасть команду на повернення штока циліндра у вихідне положення. Одночасно з цим шток пневмоциліндра 1 підніметься і звільнить деталь. Далі за допомогою пневмоциліндра 24 і механізму підйому та повороту хрестовини 23 деталь підніметься і повернеться на 90° , після чого опуститься в призму. Таким способом цикл повторюється 4 рази.

49.3. Відновлення деталей тиском

Загальні відомості. Цей спосіб відновлення ґрунтується на використанні пластичних властивостей металу, тобто його здатності за певних умов під дією навантаження набувати залишкових (пластичних) деформацій без порушення цілісності. Застосовується для відновлення розмірів спрацьованих поверхонь і форми деформованих деталей, а також механічних властивостей металу (втомленісної міцності та жорсткості). Деталі, виготовлені з непластичних матеріалів, а також з малим запасом міцності і складної конфігурації цим способом не відновлюються.

Існують два різновиди обробки деталей тиском: холодна і гаряча. Пластична (залишкова) деформація в разі холодної обробки є наслідком внутрішньокристалічних зсувів металу, для яких потрібно прикласти великі зовнішні зусилля. При цьому в деформованих шарах металу змінюються показники фізико-механічних властивостей: пласт-

тичність металу знижується, границя текучості, границя міцності і твердість підвищуються. Такі зміни показників механічних властивостей і структури металу називають наклепом (нагартуванням).

Пластична деформація здійснюється за рахунок ковзання і двійникування. Механізм руху в кристалі нових дислокацій, що безперервно утворюються в процесі деформації, називають джерелом Франка — Ріда.

Двійникування — переорієнтування частини кристала відносно площини двійникування в симетричне положення відносно першої частини кристала.

Оскільки критичне напруження зсуву під час деформування двійникуванням вище, ніж під час ковзання, то двійники виникають тільки тоді, коли ковзання утруднене, тобто в разі деформування при низькій температурі або при високих швидкостях деформації. Під час ковзання одна частина кристала зміщується відносно одної під дією дотичних напружень у напрямі з найбільшою лінійною густиною атомів і по площинах з найбільшою міжплощинною відстанню. При цьому здатність металу до пластичної деформації зростає із збільшенням кількості можливих площин і напрямів ковзання.

Ковзання здійснюється за рахунок послідовного переміщення дислокацій у кристалі. В результаті руху крайової дислокації на одну міжатомну відстань відбувається вихід дислокації на поверхню. Ковзання кристала на більшу відстань спостерігається в разі утворення в ньому ряду дислокацій, що виникають у такий спосіб. Рухомі дислокації I , які лежать у зручних для ковзання площинах 2 , закріплені на своїх кінцях, що називаються вузлами ($D - D'$), нерухомими дислокаціями (рис. 49.12, *a*). Якщо напруження зсуву діє у вказаному напрямі, то дислокація згинається (рис. 49.12, *б*). Дислокаційна петля, що утворюється при цьому, повертається навколо точок закріплення D та D' (рис. 49.12, *в, г, д*). Після сполучення двох віток петлі утворюється нова дислокація (рис. 49.12, *е*). Діюче напруження зсуву спричиняє виникнення другої петлі, яка повторює описаний процес. Стадії цього процесу: повернення (відпочинку, полігонізація); полікристалізація (первинна або рекристалізаційна обробка, збиральна рекристалізація, або зростання зерен, вторинна рекристалізація, або переривчасте зростання зерен).

У розв'язанні задач обробки металів тиском найширше застосовують критерій пластичності В. Л. Колмогорова — граничний ступінь деформації до руйнування (граничний ступінь деформації зсуву):

$$D_p = \int_0^t H' dt',$$

де D_p — граничний ступінь деформації до руйнування; H' — інтен-

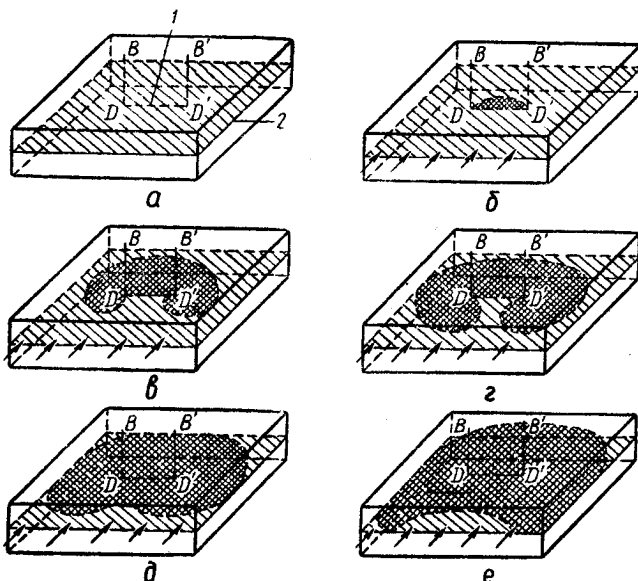


Рис. 49.12. Металоструктурні схеми утворення дислокацій у різних умовах пластичної деформації зсуву; t_b — час випробування; τ' — напруження зсуву.

Як зазначалося, гарячу обробку тиском провадять при температурах, вищих за температуру рекристалізації. Для сталей вона звичайно становить 1300...1500 К. Проте нагрівання деталей до цих температур призводить до утворення окалини, знеуглецювання поверхневого шару, жолоблення деталей. Тому для зниження впливу температури прагнуть, щоб вона була мінімальна, але достатня для деформації деталі на потрібну величину. Нагрівати деталі до вказаних температур доцільно тільки для значних пластичних деформацій. Для вуглецевих сталей рекомендується інтервал 600...1000 К. Нагрівання до 600 К знижує пластичність деталей, а понад 1000 К призводить до інтенсивного утворення окалини.

Підвищення швидкості деформації у загальному випадку веде до пластичності і збільшення опору деформуванню. В умовах холодного деформування вплив швидкості деформування незначний, тимчасом як в умовах гарячого деформування він досить відчутний.

Слід розрізняти поняття швидкість деформування і швидкість деформації. *Швидкість деформування* — це швидкість поступального руху робочого органа машини (наприклад, повзуна преса), а *швидкість деформації* — зміна ступеня деформації за одиницю часу:

$$e = \frac{de}{dt}; \quad e = \frac{e}{t}; \quad e = \frac{\Delta l}{l_n},$$

де Δl — абсолютне значення максимальної деформації; l_0 — початковий розмір.

Швидкість деформування вимірюють у м/с, м/хв, мм/хв, а швидкість деформації — в s^{-1} , $хв^{-1}$. Швидкості деформації залежить від швидкості деформування, розмірів деформованої деталі і способу деформування. У випадках стискування і розтягування можна вважати, що

$$e = v/t.$$

В результаті пластичної деформації спотворюється кристалічна решітка біля меж зерен, блоків і біля площин ковзання. Зерна при цьому витягуються у напрямі діючих сил, всередині зерен подрібнюються блоки. При великих ступенях деформації спостерігається переважне орієнтування зерен.

Зміцнення металу в результаті пластичної деформації називають наклепом, деформаційним зміцненням, або нагартуванням. Воно підвищує характеристики міцності і знижує характеристики пластичності (рис. 49.13, а, б).

У зв'язку з тим, що внаслідок пластичної деформації метал набуває структурно нестійкого стану, нагрівання сприяє перебігу процесів, які доволіно відбуваються і повертають метал у стійкіший структурний стан.

Отже, процес зміни структури в результаті нагрівання металу після холодної пластичної деформації називається рекристалізацією. Мінімальна температура рекристалізації становить приблизно 0,4 від абсолютної температури плавлення.

Пластична деформація при температурах, вищих від температури рекристалізації, відбувається з утворенням зсувів, але метал деталі не зміцнюється внаслідок перебігу при цих температурах процесу рекристалізації. Отже, холодною обробкою називається обробка тиском (пластична деформація) при температурі, нижчій від точки рекристалізації, яка спричиняє зміцнення (наклеп).

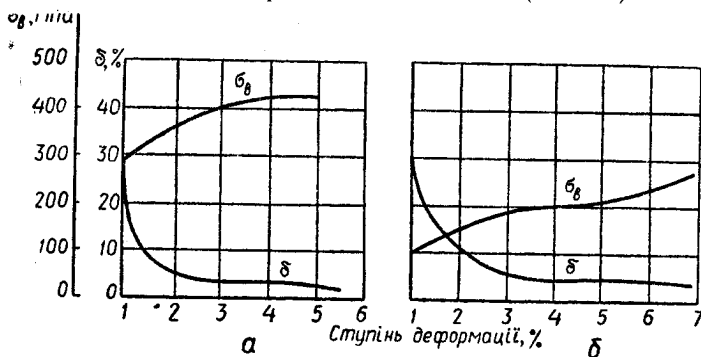


Рис. 49.13. Закономірності зміцнення металу в результаті пластичної деформації

Гарячою обробкою називають обробку тиском (пластичну деформацію) при температурі, вищій від точки рекристалізації, при якій метал має структуру без слідів зміцнення.

Відновлення деталей обробкою тиском здійснюється різними способами: випрямлянням, осадкою, роздаванням, обтискуванням. Заслугове на увагу прогресивний вид обробки поверхонь деталей тиском — вібраційне обкатування, яке рекомендується застосовувати як фінішну операцію технологічного процесу відновлення деталі іншими способами (обробкою під ремонтні розміри, наплавленням).

Для відновлення тиском механічних властивостей матеріалу деталей застосовують обкатування і розкатування роликami, обробку ударами пневмомолота, дробоструминну обробку. В результаті в поверхневому шарі виникають напруження стискування, тобто відбувається поверхневий наклеп деталей, що сприяє підвищенню втомленісної міцності і жорсткості матеріалу.

Випрямлення. З усіх способів обробки тиском найбільшого поширення в ремонтному виробництві набуло випрямлення. Суть цього способу в тому, що під дією зовнішніх сил відновлюються первинні форми деталей без помітних пластичних деформацій і з незначними спотвореннями структури матеріалу в поверхневих шарах деталі.

Залежно від величини деформації і показників фізико-механічних властивостей матеріалу деталі випрямляють у гарячому або холодному стані. Холодне випрямлення найчастіше використовують для пластичного деформування тонкостінних деталей та конструкцій. Під час випрямлення, як і при будь-якому іншому виді холодної деформації, відбувається зміцнення металу (наклеп, нагартування), виникають залишкові напруження. Тому під час випрямлення треба прагнути, щоб локальна пластична деформація була якнайменша і якнайрівномірніше розподілялася в металі деталі. Для вирівнювання внутрішніх напружень після випрямлення деталей доцільно піддати стабілізуючому нагріванню до температури, що дорівнює $0,8t_{\text{опт}}$, де $t_{\text{опт}}$ — температура відпуску нової деталі. Час видержки при цьому становить 0,5...1,0 год.

В разі великих деформацій вдаються до гарячого випрямлення деталей при температурі 873...1073 К. Прогин колінчастого вала —

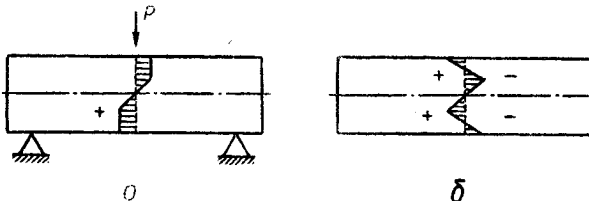


Рис. 49.14. Випрямлення статичним згинанням:

а — епора напружень під навантаженням; б — епора напружень після зняття навантаження

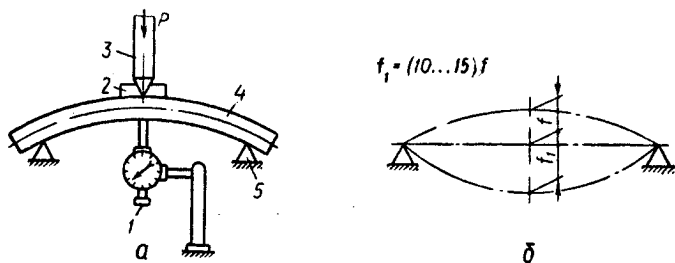


Рис. 49.15. Схема холодного випрямлення вала:
а — монтажна; б — розрахункова

один з найпоширеніших дефектів, який усувають випрямленням на пресі перед шліфуванням шийок. Випрямлення під пресом спричиняє сильні структурні зміни і знижує втомленісну міцність валів.

Розрізняють такі види випрямлення: статичним вигинанням (рис. 49.14) і ударом.

Випрямлення *статичним вигинанням* провадять у холодному стані і з нагріванням. Після холодного випрямлення втомленісна міцність знижується на 15...40 %. Здатність деталі протистояти дії зовнішньої сили, спрямованої назустріч випрямленню, оцінюють коефіцієнтом несучої здатності

$$K_{н.з} = \frac{P'_n}{P_n} 100 \%,$$

де P_n та P'_n — границя пропорціональності відповідно невикорегоного та випрямленого зразків.

Холодним способом вали випрямляють так. Після випрямлення центрових гнізд для вимірювання стріли прогину вал ставлять у центрах токарного верстата або спеціального пристрою. Значення стріли визначають як половину биття вала, показуваного індикатором. Для випрямлення вал 4 (рис. 49.15) ставлять на призми або опори 5 гвинтового чи гідравлічного преса опуклою стороною догори і перегинають натискуванням гвинта або штока 3 преса через м'яку прокладку 2 так, щоб зворотна стріла прогину f_1 була в 10...15 разів більша від того прогину f' , який вал мав до випрямлення. Точність випрямлення контролюють індикатором 1.

Поширений метод подвійного випрямлення валів, застосування якого значно збільшує опірність випрямленого вала повторним деформаціям. Подвійне випрямлення здійснюють так.

Вал, який треба випрямляти, встановлюють на призмах (рис. 49.16) опуклим боком догори і плавно натискають на нього гвинтом або штоком преса з таким зусиллям, щоб після цього вал прогнувся у протилежний бік на ту саму величину. Потім операцію повторюють, але вже з таким зусиллям, щоб вал був випрямлений.

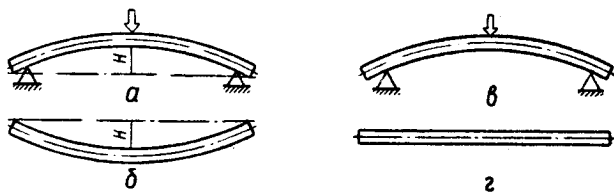


Рис. 49.16. Схема подвійного випрямлення вала:

а — перше випрямлення вала; *б* — форма вала після першого випрямлення; *в* — друге випрямлення вала; *г* — вал після другого випрямлення

Деталі з невеликою жорсткістю часто випрямляють на токарному верстаті. При цьому деталь випрямляють, не знімаючи з центрів, і тут же перевіряють результати випрямлення.

Холодне випрямлення деталей — найпростіший і найпоширеніший спосіб, який проте часто не гарантує стабільності форми випрямленої деталі. У процесі експлуатації усунута випрямленням деформація деталі може виникнути знову. Причина нестійкості форми випрямленої деталі — неоднорідні залишкові напруження, що виникають у її перерізі в результаті нерівномірного деформування металу.

Для підвищення стійкості форми деталі і зняття внутрішніх напружень, що виникають в результаті випрямлення, застосовують відпуск при температурі 673...523 К протягом 0,5...1 год. Тривалість нагрівання залежить від розмірів деталі.

На ремонтних підприємствах найпоширенішим є *випрямлення ударом* шкіряних або текстолітових молотків масою 0,3...0,5 кг на спеціальних підставках, що мають профіль деталі. Для деяких деталей двигуна допускається попереднє підгрівання.

У випадку випрямлення ударом за основу беруть стискувальні напруження в наклепаному шарі металу, наявність яких призводить до появи деформації, причому деталь вигинається в бік наклепаної поверхні (рис. 49.17). На рис. 49.18 показано поверхні, які підлягають наклепуванню під час випрямлення кільцевої деталі. Наклеп створюється ударами молотка масою 100 г з півкруглою головкою. При не надто великому градієнті внутрішніх напружень наклеп підвищує втомленісну довговічність.

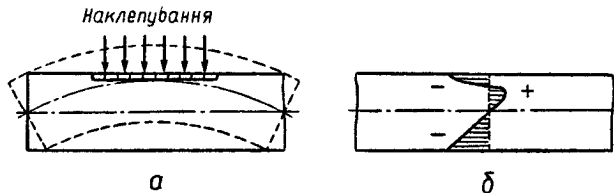


Рис. 49.17. Випрямлення наклепуванням:

а — напрям згинання деталі; *б* — еюра залишкових напружень (штриховою лінією показано вигин деталі в результаті наклепування поверхневого шару)

Випрямлення наклепуванням гарантує усунення відносно невеликих прогинів та овалів. Переваги цього виду правки — точність випрямленої поверхні, стійке збереження випрямленої форми.

Ефективним методом є випрямлення валів місцевим наклепом, яке ґрунтується на дії залишкових внутрішніх напружень стискування, що виникають під час наклепу. Так, під час наклепу колінчастого вала (рис. 49.19) створювані на окремих ділянках залишкові напруження усувають прогин. Для наклепу використовують пневматичний молоток із заокругленим бойком.

Для відновлення деталей із значними деформаціями застосовують гаряче випрямлення з нагріванням деталі до температури 873... 1073 К. Після відновлення деталь піддають термічній обробці до утворення необхідної структури і забезпечення відповідних показників механічних властивостей металу. Випрямлення місцевим нагріванням ґрунтується на використанні внутрішніх напружень, що виникають при цьому способі. Після охолодження деталі в матеріалі виникають залишкові напруження розтягу, що сприяє випрямленню деталі. Найефективніший цей метод для випрямлення зварних трубчастих елементів.

Наклепом найчастіше випрямляють вали, що мають шпонковий паз по всій довжині. Якщо такий вал вигнутий у бік шпонкового паза, то його найпростіше випрямляти наклепом дна шпонкового паза у найбільш угнутий точці. Наклеп здійснюють легкими ударами молотком по загартованій пластинці, яку поступово переміщують по дну паза. Аналогічно випрямляють листові деталі. Молотком вдаряють не по опуклих місцях деталі, яку покладено на чавунну або сталеву плиту, а по сусідніх з ними ділянках, причому вдаряти треба від краю листа у напрямі до опуклості, кожну з яких попередньо обводять крейдою. В міру наближення до опуклості вдаряти треба дедалі частіше і щоразу слабше.

Якщо на листі є кілька опуклих місць, його випрямляють, вдаючи насамперед у проміжках між цими місцями. У такий спосіб лист розтягують і зводять усі опуклості до одної, яку випрямляють звичайним способом (від країв до середини). Потім лист перевертають і так само остаточно відновлюють його прямолінійність.

Для випрямлення деталей з листового матеріалу можна також використати вальці.

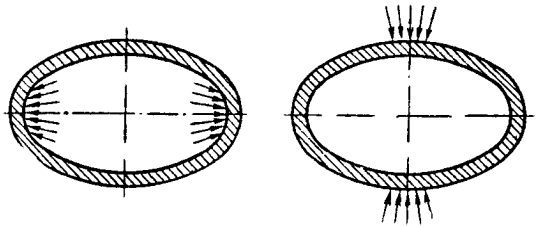


Рис. 49.18. Випрямлення наклепуванням кільцевих деталей (стрілками показано поверхні, що підлягають наклепуванню)

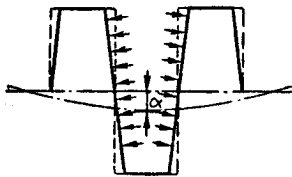


Рис. 49.19. Випрямлення колінчастого вала місцевим наклепуванням

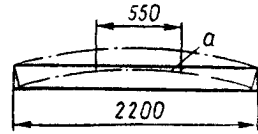


Рис. 49.20. Стальний брус квадратного перерізу (30 × 30 мм), випрямлений газополуменевим методом

Стальні деталі при температурі, нижчій за 273 К, випрямляти холодним способом не слід, бо це може призвести до їх поломки. Випрямлення гарячим способом під час ремонту застосовують рідше, бо цій операції звичайно доводиться піддавати повністю оброблені деталі, підігрівання яких може спричинити окислення поверхні і деформацію деталі.

Для листового металу можна використати метод газополуменевого випрямлення, запропонований чехословацьким новатором О. Валахом. За цим методом на позначені місця, які підлягають випрямленню, спрямовують полум'я газового пальника, нагріваючи нерівності до червоно-вишневого кольору (873...973 К). Нагрітий метал розширюється, а потім, остигаючи, під впливом сил стискування випрямляється. Цим методом, який прискорює процес випрямлення майже у 5 раз, можна випрямляти вали, осі, труби, кутники.

Для нагрівання використовують звичайний універсальний пальник з наконечником № 7. Найкраще газополуменевому випрямленню піддаються деталі, виготовлені з маловуглецевої сталі. На рис. 49.20 показано стальний брус, випрямлений газополуменевим методом. Нагрівали ділянку *a* деталі розміром 500 мм у місці найбільшого вигину. Штрихпунктирною лінією показано форму деталі до випрямлення.

Пластичний перерозподіл металу. З усієї багатоманітності різних способів відновлення деталей до пластичного перерозподілу ма-

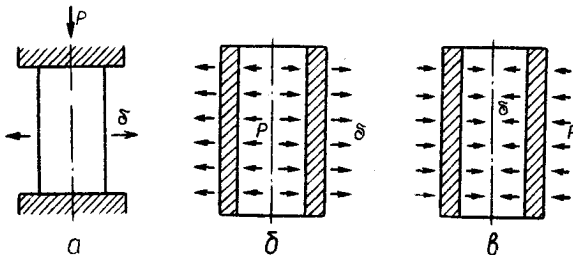


Рис. 49.21. Схеми видів обробки деталей тиском: а — осадка; б — роздавання; в — обтискування

теріалу в потрібному напрямі належать роздавання, осадка, обтискування, витягування, втискування, накачування.

Під час осадки (рис. 49.21, а) напрям діючої сили P не збігається з напрямом потрібної деформації δ . Цей спосіб застосовується для збільшення зовнішнього діаметра суцільних деталей, а також зменшення внутрішнього і збільшення зовнішнього діаметра порожнистих деталей за рахунок зменшення їх довжини. Осадку застосовують для відновлення різних втулок із сплавів кольорових металів в разі спрацювання їхньої внутрішньої чи зовнішньої поверхні. Тиск, необхідний для осадки, обчислюють за формулою

$$p_0 = \sigma_T \left(1 + \frac{D}{6h} \right),$$

де p_0 — границя текучості матеріалу; D та h — відповідно зовнішній діаметр та висота деталі.

Деформуючу силу знаходять за формулою

$$P = k_3 p \frac{\pi D^2}{4},$$

де k_3 — 1,2...1,5 — коефіцієнт запасу. Осадку виконують у холодному стані на пресі, у спеціальному пристрої (рис. 49.22), конструкція якого залежить від конструкції відновлюваних втулок. Деталі пристрою можуть бути виготовлені із сталі 45 і термічно оброблені до твердості HRC_e 40...50. Осадку втулок здійснюють так. У відновлювану втулку 3 вставляють калібрований палець 2, діаметр якого на 0,2 мм менший від діаметра остаточно обробленого отвору втулки. Потім втулку 3 разом з пальцем установлюють у пристрій для осадки. Тиском преса до упорів 1 та 5 у кільце 4 втулка осаджується, заповнюючи зазор між пальцем і спрацьованою поверхнею. Після цього її піддають механічній обробці під потрібний розмір. Відновлені осадкою втулки мають довжину на 2...3 мм меншу від номінальної, внаслідок чого тиск на втулку в процесі експлуатації збільшується. Істотний недолік цього виду пластичного перерозподілу матеріалу — зменшення довжини втулки після осадки.

Під час роздавання напрям діючої сили (див. рис. 49.21, б) збігається з напрямом потрібної деформації. Необхідний тиск роздавання

$$p = 1,15\sigma_T \ln \frac{D}{d},$$

де d — внутрішній діаметр відновлюваної деталі.

Цей вид обробки застосовують для збільшення розмірів зовнішньої поверхні порожнистих деталей при збереженні висоти.

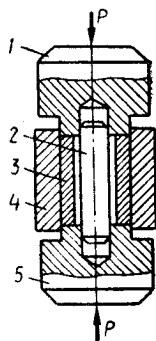


Рис. 49.22. Пристрій для осадки втулок

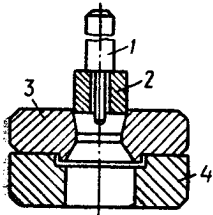


Рис. 49.23. Пристрій для обтискування втулок

Під час обтискування (див. рис. 49.21, *в*) напрям діючої сили P збігається з напрямом потрібної деформації δ . Метод використовують для відновлення порожнистих деталей, спрацьованих по внутрішньому робочому отвору (наприклад, втулки розподільних валів, вушка під пальці ланок гусениць). На рис. 49.23 подано пристрій для обтискування бронзових втулок. Відновлювану деталь 2 за допомогою пуансона 1 проштовхують крізь матрицю 3, встановлену в основу штампа 4. При цьому за рахунок зменшення зовнішнього діаметра D відновлюється розмір внутрішнього діаметра d . Приймальна частина матриці 3 має кут $7...8^\circ$, а вихідна — $18...20^\circ$. Розмір калібрувального пояса встановлюють з розрахунку зменшення внутрішнього діаметра втулки на величину спрацювання і припуску на механічну обробку. Висота калібрувального пояса $3...5$ мм. Зовнішній діаметр втулки після обтискування зменшується. Для його відновлення на зовнішню поверхню втулок наносять електролітичним способом шар міді або обтиснуту втулку запресовують у сталю, після чого зовнішню і внутрішню поверхні втулки механічно обробляють під потрібний розмір.

До пластичного перерозподілу металу належить і обробка втискуванням (рис. 49.24, *а*), яку застосовують для відновлення, наприклад, кульових пальців, зуб'їв шестерень, бокових поверхонь шліців і т. д. Цей спосіб поєднує в собі одночасно осадку і роздавання, а діюча сила P спрямована під кутом α до напрямку деформації δ .

Витягування (рис. 49.24, *б*) застосовують для збільшення довжини деталей (важелів, тяг, стержнів) за рахунок місцевого обтискування їх поперечного перерізу на невеликій ділянці. Його виконують у гарячому стані з місцевим нагріванням деталі до температури $1073...1123$ К. Під час витягування напрям деформації δ перпендикулярний до напрямку дії сили P .

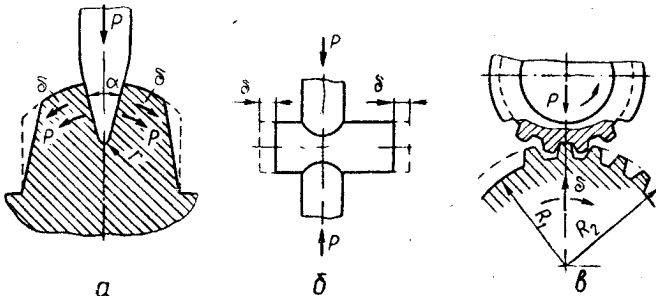


Рис. 49.24. Прийоми відновлення деталей пластичним деформуванням

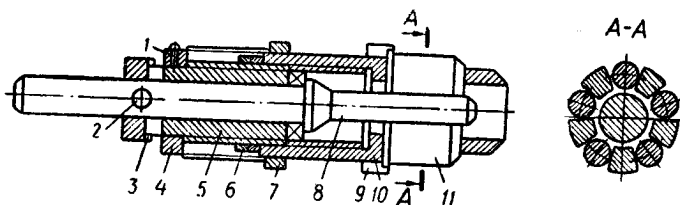


Рис. 49.25. Розкочування отвору втулки верхньої головки шатуна:

1 — гвинт; 2 — штифт; 3 — кільце упорне; 4 — шайба; 5 — гвинт регулювальний; 6 — гайка; 7 — підшипник упорний; 8 — стержень; 9 — втулка; 10 — корпус; 11 — ролик

Розтягування застосовують для збільшення довжини деталі, але на відміну від витягування напрям деформації δ збігається з напрямом діючої сили P .

Накатування (рис. 49.24, в) застосовують для відновлення нерухомих посадок (наприклад, під підшипник кочення), щоб збільшити зовнішню довжину або зменшити внутрішні розміри за рахунок перерозподілу металу на окремих ділянках робочої поверхні (R_1 та R_2 — радіуси деталі відповідно до і після відновлення). Для накатування шийки вала використовують ролик, який під дією сили P втискується в тіло деталі, збільшуючи її діаметр на 0,2...0,4 мм. Як інструмент звичайно застосовують зубчастий ролик, виготовлений із сталі У12А або ШХ15, з кутом загострення 60...70° і твердістю до НRC_e. Накатують на токарному верстаті, установивши ролик у супорті на спеціальній державці. Деталі, що мають твердість 30 НRC_e, відновлюють у холодному стані при охолодженні машинним маслом. Рекомендований режим накатування деталі з сталі 40Х: швидкість обертання деталі 15 м/хв, поздовжня подача 0,6 мм/об, поперечна подача 0,1 мм/об. Крок накатування має бути кратним діаметру обкатуваної поверхні. Після накатування деталь шліфують під заданий розмір. Накатування застосовують для відновлення деталей, які сприймають питоме навантаження не більш як 7 МПа.

Розкочування використовують для зміцнення і поліпшення якості поверхні відповідальних деталей. На рис. 49.25 показано приклад розкочування отвору втулки верхньої головки шатуна. Пристрій складається з корпусу, на правому кінці якого є 5 западин для розміщення роликів, а на лівому нарізано внутрішню різь для регулювального навантажувального гвинта. У корпусі на двох упорних шарикопідшипниках встановлено конусний стержень, який фіксується від переміщень буртиком і упорним кільцем. Під час вкручування і викручування регулювального гвинта конусний стержень переміщується, розсуваючи або зближаючи ролики на необхідний розмір. Зусилля притискування роликів під час обробки чавунних та сталевих деталей 50...200 Н, швидкість руху деталі 150...450 м/хв, поздовжня подача 0,06...0,08 мм/б. Обробка виконується за два-три

проходи. Збільшення числа проходів призводить до надмірного наклепу і облущування поверхні деталі. Глибина наклепаного шару залежно від режимів ведення процесу становить 0,05...0,15 мм. Перед розкочуванням отвір розточують з припуском на розкочування 0,03...0,06 мм.

Таблиця 49.2

Метод обробки	Призначення	Принципіальна схема
---------------	-------------	---------------------

Обробка зовнішніх циліндричних поверхонь

Роликовими обкатниками	Калібрування, остаточна обробка	
Кульковими обкатниками	Остаточна обробка, зміцнення	
Кульковими обкатниками вібраційної дії	Те саме	

Обробка внутрішніх циліндричних поверхонь

Роликовими розкатниками	Калібрування, остаточна обробка	
Кульковими розкатниками	Остаточна обробка, зміцнення	
Кульковими розкатниками вібраційної дії	Те саме	

Обробка торцевих поверхонь

Роликовими розкатниками	Остаточна обробка, зміцнення	
Кульковими розкатниками	Те саме	

Зусилля розкочування роликами розраховують за формулою

$$P_p = \frac{Dbg}{0,126E \left(\frac{D}{d} + 1 \right)},$$

а зусилля розкочування кульками

$$P_k = \left(\frac{dg}{0,045E} \right)^2,$$

де g — питомий тиск обкатування; d — діаметр ролика або кульки; D — діаметр оброблюваного вала чи отвору; b — ширина циліндричного пояса ролика; E — модуль пружності оброблюваного матеріалу.

Припуск під розкочування

$$\delta = 1,35 (R'z - Rz),$$

де $R'z$ та Rz — вихідна і потрібна мікронерівність поверхні деталі.

У ремонтному виробництві застосовують суміщені методи обробки відновлюваних деталей: розточування і розкочування, шліфування і вигладжування деталей, розточування і калібрування. Схему зміцнення деталей обкатуванням і розкочуванням наведено в табл. 49.2.

Розточування і розкочування в окремих випадках дають можливість відновлюватися від типових технологічних процесів, що складаються з розточування, чорнового та чистового хонінгування, шліфування (обробка гільз циліндрів, отворів корпусних деталей). Накатані поверхні мають вищу стійкість проти спрацювання порівняно з обробленими абразивними інструментами.

Припуск, який залишають після розточування під розкочування, становить 0,010...0,020 мм. Розточування і розкочування виконують спеціальними головками. Розточування і калібрування застосовують для відновлення втулок з кольорових металів та отворів у корпусних деталях. Калібрування здійснюють алмазним або твердосплавним інструментом, який монтують на головках зразу ж за різцями. З інших прийомів обробки деталей пластичним деформуванням слід назвати наклеп поверхонь дробом, зміцнення чеканенням.

49.4. Відновлення деталей металізацією і термодифузійним насиченням

49.4.1. Суть металізації

В умовах інтенсифікації виробничих процесів підвищення надійності деталей машин і механізмів — одна з важливих програм. Найраціональніше використовувати відомі і новостворені матеріали,

підвищувати надійність деталей і мати при цьому значну економічну вигоду можна за допомогою різних покриттів. Існуючі способи нанесення покриттів вдосконалюються за рахунок створення нового устаткування, яке забезпечує підвищення продуктивності процесу і поліпшення властивостей покриттів. Нові способи нанесення покриттів створюють на основі використання нових фізико-хімічних або поєднання кількох існуючих процесів.

Надійність деталі з покриттям забезпечується роботоздатністю (стійкістю) покриття і механічною міцністю деталі як композитної конструкції. Роботоздатність покриття визначається, головним чином, хімічним складом і структурою матеріалу шару, який наносять. Високу стійкість проти спрацювання в умовах рідинного тертя мають багатфазові сплави, пористі і композиційні матеріали; в умовах абразивного тертя — тверді спечені сплави. До корозійностійких відносять метали з малою спорідненістю з киснем (Au, Pt), деякі сплави (ніхром, оксиди, силіциди та ін.), композиції Ni—Al₂O₃, Co—MgSi₂. Добрі електроконтактні властивості мають композиції W—Cu, W—Ag та ін.

Більшість зазначених матеріалів виробляють методами порошкової металургії, технологія якої включає нанесення сирого порошкового шару і наступну термообробку.

Недолік багатьох способів наплавлювання, термічного напилення і деяких інших способів з використанням високотемпературного нагрівання — слабкий захист вихідного матеріалу від навколишнього середовища, що призводить до насичення наплавленого металу газами (O₂, N₂ та ін.). Останнє знижує пластичні і деякі міцнісні властивості матеріалу, що наноситься. У зв'язку з цим удосконалення існуючих способів нанесення покриттів, а також розробка нових способів мають здійснюватись за умови створення такої технології, при якій основні фізико-хімічні процеси нанесення відбувалися б у захисній атмосфері.

Гарячі способи нанесення покриттів (наплавлення, напилення і т. д.) характеризуються швидким нагрівом, розплавленням вихідного матеріалу і різким охолодженням. Останнє пояснюється великою різницею температур у момент нанесення вихідного матеріалу покриття і основи (а також навколишнього середовища). Розплавлення вихідного матеріалу не завжди бажане, бо при цьому не можна наносити дуже важливі покриття на основі композиційних матеріалів. Різде охолодження під час нанесення покриттів створює в шарі напруження, які не тільки не знижують механічні властивості покриття, а й інколи навіть руйнують його. Крім того, значний термічний вплив на матеріал основи під час наплавлювання призводить до виникнення в зоні сплавлення крупнозернистості, перепалів та інших небажаних структур.

Отже, нанесення покриттів має відбуватись без розплавлення

вихідних матеріалів, при низьких градієнтах температур і невисоких швидкостях нагрівання та охолодження. Режими нагрівання і охолодження необхідно точно контролювати і приймати такими, щоб вони не спричиняли в покриттях або основі небажаних явищ (зростання зерна, деформації та ін.). Ці вимоги найбільшою мірою задовольняє застосовувана в порошковій металургії операція спікання, яку виконують у захисній атмосфері з контрольованою швидкістю нагрівання й охолодження, без розплавлення або з частковим розплавленням вихідного матеріалу.

Суть нанесення покриттів полягає у формуванні на поверхні основи шару з вихідного матеріалу і забезпеченні зчеплення між ними. Цього досягають не тільки сплавленням й осаджуванням, а й схоплюванням при одночасному пластичному деформуванні вихідних матеріалів. Якщо до спеціально підготовленого порошкового матеріалу, нанесеного на поверхню, прикласти тиск, який перевищує границю міцності, то в результаті пластичної деформації матеріал припресується до основи. Припресування — високопродуктивний процес, якому належить важливе місце серед нових способів нанесення покриттів.

Для зниження величини тиску і підвищення при цьому механічних властивостей покриття у порошок можна вводити склеюючі речовини. Зв'язок між частинками порошку, а також між ними і основою забезпечується за рахунок склеювання і схоплювання. Зниження величини тиску при холодному пресуванні можливе за умови нанесення на вихідний матеріал (порошок, гранули, пластини) високопластичного металу (Pb, Cu). Найперспективнішим є нанесення покриттів з використанням нагрівання і тиску — так зване гаряче пресування розвиватиметься в напрямі використання мінімальної температури нагріву, яка забезпечує необхідні властивості покриттю і його зв'язок з основою. Термомеханічна обробка під час нанесення покриттів може поліпшувати структуру і властивості матеріалу основи.

Технологія нанесення покриттів розв'язує два завдання: формування на поверхні дегалі шару з вихідного матеріалу із заданими властивостями і створення зв'язку (зчеплення) між сформованим шаром і основою. Розв'язання обох завдань в одному технологічному процесі — термічному або термомеханічною обробкою — для деяких пар матеріалів нездійсненне, оскільки необхідні для створення заданих властивостей покриттів режими нагрівання часто неприпустимі для матеріалу основи. Наприклад, температура спікання вольфраму близько 3000 °С, а температура плавлення сталі близько 1500 °С. Внаслідок цього спікати вольфрам доводиться окремо від матеріалу основи, а металопокриття зводиться до створення лише зв'язку попередньо виготовленої оболонки з основою. Необхідної міцності зчеплення шару (оболонки) з основою можна досягти за рахунок

спікання, дифузійного зварювання або паяння при температурах нагрівання нижчих, ніж при спіканні, сплавлуванні та інших процесах.

Оболонки можна виготовити механічною обробкою (точінням, фрезеруванням і т. д.) або способом порошкової металургії. Перелічені способи з'єднання оболонки з основою вимагають нагрівання. Для зниження складності і трудомісткості виготовлення оболонки, а також термічних напружень її можна виготовляти складеною з двох, трьох або n частин. Складові частини оболонки можна наносити по чергово або всі разом.

Виходячи з вищесказаного, технологія нового способу нанесення покриттів є поєднанням операцій нанесення «сирого» порошкового шару або оболонки з наступною термічною або термомеханічною обробкою. Таку технологію нанесення покриттів названо металізацією. Під час металізації відбуваються специфічні фізико-хімічні процеси формування шару і припикання його до основи — схоплювання, склеювання, спікання в твердій фазі, гаряче пресування тощо.

Під «сирим» розуміють шар порошоків, гранул, волокон, пластин, оболонок, армованих систем або композицій, нанесений на прасуванням, пульверизацією або іншим способом, з властивостями, достатніми лише для транспортування та інших маніпуляцій, зв'язаних з наступною термообробкою. Покриття при металізації створюється в процесі термообробки за рахунок спікання сирого шару і припикання його до поверхні виробу.

Технологія металізації (рис. 49.26) включає підготовку вихідного матеріалу 1, нанесення сирого шару (порошкового — 2, оболонки — 5) і подальшу термічну 3 або термомеханічну 6 обробку. До підготовки входить очищення поверхні 1, нанесення підшару 4, надання поверхні шорсткості і т. д. Сирий шар наносять на пресуванням 2, комбінованим способом 5, пульверизацією та ін.

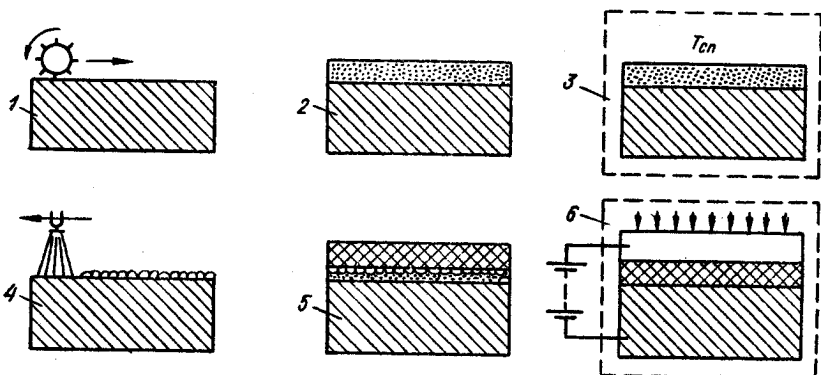


Рис. 49.26. Технологія металізації ($T_{сп}$ — температура спікання)

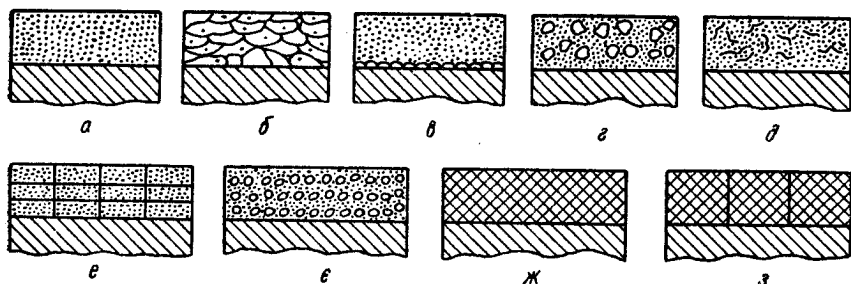


Рис. 49.27. Конструкції металізованих покриттів

На рис. 49.27 показано елементарні конструкції металізованих покриттів. Порошкове покриття *a* відзначається пористістю і рівномірністю його складових частин (порошинок). Напилене покриття *б* також порошкове, але відрізняється структурою складових частин, яка створюється під час нанесення сирого шару. Порошкове покриття з підшаром *в* відрізняється від порошкового наявністю підшару, який у ряді випадків наносять для підвищення міцності зчеплення шару з основою. Гранулисте покриття *г* характеризується тим, що основна маса шару складається з гранул (порошинок з $d = 0,2 \dots 2,0$ мм), а решта — з дрібних порошинок. Порошкове покриття, армоване волокнами або короткими тонкими дротинками, називається волокнистим — *д*.

В армованому порошковому покритті *е* арматура являє собою об'ємну дротяну сітку. У дротяному покритті дріт намотують на циліндричну основу або щільно укладають на плоску поверхню.

Основою покриття, показаного на рис. 49.27, *є*, є суцільна оболонка, виготовлена за формою і розмірами поверхні, яку покривають. Пластинчасте покриття *ж* складається з окремих пластин, з'єднаних з основою. У пластинчасто-порошковому покритті з пластини роз'єднані між собою і основою порошковими прошарками.

Маневруючи елементарними конструкціями, вихідними матеріалом і режимами нанесення, можна мати комбіновані покриття з властивостями, що змінюються в будь-якому напрямі. Створення металізацією комбінованих покриттів, що складаються з кількох шарів, з дискретними або плавно змінюваними властивостями як у площині основи, так і в перпендикулярному напрямі дає можливість розв'язувати багато складних технічних завдань.

49.4.2. Відновлення деталей металізацією

Використання металізації в ремонтному виробництві дає можливість не тільки відновлювати початкову робоздатність спрацьованої деталі, а й збільшувати її в кілька (десятки) разів. Вибира-

ючи вихідний матеріал, вид і режим нанесення покриттів на деталі, необхідно виходити з того, щоб при терміновій обробці не знижувались або знижувались у допустимих межах властивості матеріалу основи. У зв'язку з цим під час ремонту використовують спікання з просочуванням, спікання з поверхневим нагріванням і з підпресовуванням між двома нагріваними. Найбільше застосовують термомеханічне спікання.

Металізацією відновлюють клапани, сідла, сопла, деталі штамів і прес-форм, контакти, напрямні, вали та багато інших деталей машин і механізмів.

Ось, наприклад, дуже простий і економічний спосіб відновлення спрацьованих підшипників, втулок (рис. 49.28, а), одношарових вкладишів і т. п. до необхідних розмірів із забезпеченням їх початкових властивостей. Суть його полягає в тому, що спрацьовану втулкоподібну деталь (рис. 49.28, з) обтискують для зменшення внутрішнього діаметра до розміру, який менший від необхідного на величину припуску для механічної обробки (рис. 49.28, б). Одночасно з цим зменшується зовнішній діаметр деталі. Для збільшення цього діаметра до розміру, більшого від необхідного на величину припуску для подальшої механічної обробки (рис. 49.28, в), застосовують металізацію (рис. 49.28, д).

Першу операцію даного способу — обтискування — для зменшення внутрішнього діаметра деталі можна здійснити кількома способами. Найпростіший і найпродуктивніший — прогонка зазначених деталей через конічну матрицю (рис. 49.3, е). Сирий шар наносять напилен-

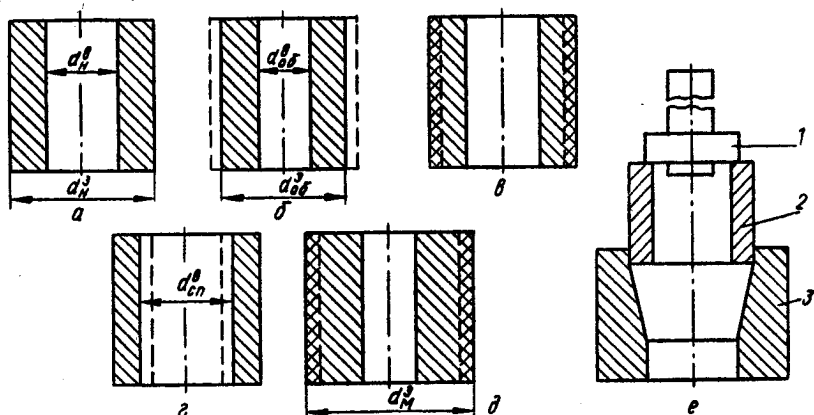


Рис. 49.28. Розміри втулки:

1 — пуансон; 2 — деталь; 3 — матриця; d_n^B , d_n^3 — внутрішній і зовнішній діаметри втулки; $d_{сп}^B$ — внутрішній діаметр спрацьованої втулки; $d_{об}^B$, $d_{об}^3$ — внутрішній і зовнішній діаметри обтиснутої втулки; d_M^3 — зовнішній діаметр металізованої втулки

ням дрого або стружки з порошком. Спикання виконують із загальним нагріванням. Продуктивніший спосіб відновлення втулкоподібних деталей — спосіб, при якому операцію обтискування суміщено з тиском при термомеханічному спіканні. За цією технологією відновлення спрацьованої деталі полягає в нанесенні сирого шару, нагріванні і обтискуванні.

Прикладом відновлення втулкоподібних деталей може бути відновлення за допомогою металізації бронзової втулки верхньої головки шатуна. Аналогічним є також процес відновлення таких деталей, як бронзові гайки пресів, лабіринти трубоповітродувов, втулки і підшипники верстатного устаткування і багато інших деталей.

У ряді випадків відновлення металізацією забезпечує значне підвищення ресурсу відновленої деталі порівняно з ресурсом нової деталі, наприклад:

1. Вал балансира ($d = 50$ мм, $L = 350$ мм, матеріал — сталь 45). Умови роботи — напіврідинне тертя. Покриття під час відновлення ППЗСЧ + 6FeW + 2Cu — М8 — 1200 — 10 — Н₂. Стійкість збільшується у 1,6 раза.

2. Розподільний шків протяжного стана ($d = 180$ мм, $L = 25$ мм, матеріал — сталь 35). Умови роботи — сухе тертя об молібденовий дріт. Покриття під час відновлення ГМНТ-А2-8ПЖ + ІПН + 8ПМ-Н1-1188-30-Н₂. Наступна нормалізація. Стійкість збільшується в 5,2 раза.

3. Тяговий барабан ($d = 70$ мм, $L = 1400$ мм, матеріал — сталь Х9). Умови роботи — сухе тертя об вольфрамовий дріт. Покриття ОВК-П2-1150-10-Н₂. Стійкість збільшується в 26...30 раз.

Відносно легко можна відновити деталі плоскої форми до початкових розмірів і роботоздатності робочої поверхні у межах, які рекомендуються для нової деталі. Це напрямні, ковзуни, пластини та ін. Покриття наносять на поверхню із зворотного боку робочої поверхні, а робочу поверхню обробляють механічно (шліфуванням). Покриття відновлених у такий спосіб деталей працює на стискування, тому можна застосовувати покриття з недефіцитного матеріалу (сталі).

49.4.3. Відновлення втулок термодифузійним способом

Під час капітального ремонту автотракторних двигунів бронзові втулки верхніх головок шатунів, у яких отвір під палець збільшився понад допустимі розміри, вибраковують. Тим часом, їх можна відновити термодифузійним способом, суть якого полягає у використанні ефекту дифузії (проникнення).

Для відновлення втулок цим способом необхідно приготувати дифузійну суміш, до складу якої входять 0,5 мас. ч. технічного

цинкового пилу (ТУ ГАП-У-420—58 сорту А); 0,0125 хлористого амонію та 0,75 мас. ч. порошку вогнетривкої глини (залежно від маси втулок).

Хлористий амоній вводять у суміш для стабілізації дифузії цинку у бронзу, а глиняний порошок — щоб запобігти стіканню цинкового пилу та прилипання його до поверхні втулки. Порошок можна виготовити з вогнетривкої глини в грудках, висушених при температурі 773—873 К протягом 30...60 хв. Грудки розмелюють на кульовому млині, після чого порошок просіюють крізь сито з 625 отв./см².

Таблиця 49.3

Тривалість перебування у печі, год	Зменшення діаметра втулки, мм, при температурі в печі, К			
	773	873	973	1073
1	0,07	0,25	0,37	0,85
2	0,15	0,32	0,47	0,90
3	0,17	0,35	0,53	0,92
4	0,20	0,38	0,55	0,94
5	0,22	0,40	0,60	0,95
6	0,25	0,45	0,65	0,97

Дифузійну суміш старанно перемішують і засипають на дно металевого ящика шаром завтовшки 5...10 мм. На шар суміші укладають на торці перший ярус втулок з таким розрахунком, щоб між втулками та між ними і стінками ящика були проміжки 5...10 мм. Втулки засипають дифузійною сумішшю так, щоб над ними утворився шар завтовшки 3...5 мм. На цей шар укладають другий ярус втулок і засипають їх сумішшю так само, як і перший ярус. Укладання в такому порядку продовжують, поки ящик заповниться по висоті. Останній ярус втулок засипають шаром суміші завтовшки 10...15 см, після чого ящик закривають кришкою, а щілини між нею і стінками замазують глиною.

Ящик і кришку виготовляють з листової низьковуглецевої сталі завтовшки 3...4 мм. У кришці має бути трубка для виходу повітря і пари, що утворюється у процесі розкладання хлористого амонію в результаті підігрівання ящика з втулками у печі.

Спочатку ящик підігривають до температури 473...523 К і, як тільки з трубки перестане виходити пара, її закривають пробкою, щоб запобігти надходженню всередину ящика повітря. Після цього в печі підвищують температуру до 773...1173 К, при якій витримують ящик протягом 1...6 год. Потім піч охолоджують до температури 303...313 К і ящик з втулками виймають.

Внаслідок термодифузійного процесу зовнішній діаметр втулки збільшується, а її спрацьований отвір зменшується. При цьому сту-

піль зменшення отвору залежить від часу перебування втулки в печі при певній температурі (табл. 49.3).

Наприклад, отвір втулки треба зменшити на 0,35 мм. За таблицею ця величина відповідає значенням 873 К і 3 год. Це означає, що ящик з втулками, отвори яких необхідно зменшити на 0,35 мм, потрібно витримати в печі при температурі 873 К протягом 3 год.

Вийняті з ящика втулки обробляють до необхідних розмірів по внутрішньому діаметру під новий палець, а по зовнішньому — під запресування в отвір верхньої головки шатуна.

Експлуатаційні випробування показали, що втулки, відновлені термодифузійним способом, щодо стійкості проти спрацювання не поступаються перед новими. Собівартість відновлення їх вдвоє менша від вартості нових втулок.

Контрольні запитання

1. Що таке відновлення деталей?
2. У чому полягає мета відновлення деталей?
3. Які операції відносять до відновних?
4. Які способи ремонту спрацьованих деталей найбільш прогресивні?
5. У чому полягає відновлення за допомогою додаткових ремонтних деталей (ДРД)?
6. Що таке суперфініш?
7. Які існують способи притирання деталей?
8. Що таке деформуюче протягування?
9. У чому полягає спосіб відновлення деталей тиском?
10. Що таке швидкість деформування, швидкість деформації?
11. Що таке гаряча обкатка тиском?

Глава 50

РЕМОНТ І ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛІВ ЗВАРЮВАННЯМ, НАПЛАВЛЮВАННЯМ, НАПИЛЮВАННЯМ І ПАЯННЯМ

Згідно з прийнятою термінологією поняття «зварювання металів» означає «процес нерознімного з'єднання металевих виробів місцевим нагріванням їх до розплавленого або тістоподібного (пластичного) стану без застосування чи з застосуванням механічного зусилля». Коли один із з'єднуваних виробів за своїми розмірами значно менший від іншого, користуються терміном «приварювання», маючи на увазі, що меншу частину деталі приєднують (приварюють) до більшої.

Міцне зварне з'єднання металів ґрунтується на атомній взаємодії. Зчеплення настає в результаті утворення атомно-молекулярних зв'язків між спряжуваними поверхнями, зближеними на відстань порядку 10^{-8} см, тобто відстань, яка відповідає величині атомного радіуса.

Придатність металу до утворення зварного з'єднання оцінюється його зварюваністю. Порівнюючи властивості з'єднання з основним металом, з якого виготовлено деталь, можна робити висновки щодо поганої чи доброї зварюваності матеріалу.

У ремонтному виробництві зварювання застосовують здавна. Саме під час ремонтних робіт для відновлення деталей парових машин уперше застосував свій великий винахід — зварювання металів — російський винахідник М. Г. Слав'янов.

Найдавнішим видом з'єднання металів можна вважати ковальське (чорнове) зварювання. Його застосовували для з'єднання міді та мідних сплавів. Нині вже практично всі матеріали (металеві, пластмасові, скляні та ін.) можна з'єднувати тим чи іншим способом.

Старовинним методом з'єднання металів, який був відомий ще з часів початку виготовлення металевих виробів, є також паяння. На початку ХХ ст. з'явився метод газотермічного напилювання покриттів. Завдяки своїй універсальності і ефективності він набув широкого застосування у промисловості.

50.1. Класифікація методів зварювання, які застосовуються на ремонтних заводах

Процеси зварювання, що характеризуються єдиним видом енергії, необхідної для здійснення зварного з'єднання, становлять вид зварювання.

Зварювання металів поділяється на дві основні групи: плавленням і тиском. Класифікацію зварювання за групами і видами подано на рис. 50.1.

Зварювання плавленням здійснюється сплавлюванням металів без застосування тиску з використанням у більшості випадків додаткового присадного металу, призначеного для розплавлення у зоні зварювання. Широкого застосування набули дугове, газове, електрошлакове та інші види зварювання плавленням. Традиційні методи зварювання — електронно-променевоє, лазерне — ще не застосовуються повсюдно, але є досить перспективними способами з'єднання металів.

Дугове зварювання виконується без механічного зусилля. Для місцевого розплавлення кромки зварюваних деталей використовують тепловий ефект електричної дуги.

За способом механізації процесу електродугове зварювання поділяється на ручне, напівавтоматичне та автоматичне.

Ручне зварювання характеризується тим, що подача електрода і переміщення дуги вздовж виробу здійснюються вручну.

При *механізованому зварюванні* механізовано лише подачу електродного дроту, а переміщення дуги здійснюється ручним способом.

При *автоматичному зварюванні* подача електрода і переміщення виробу здійснюються автоматично.

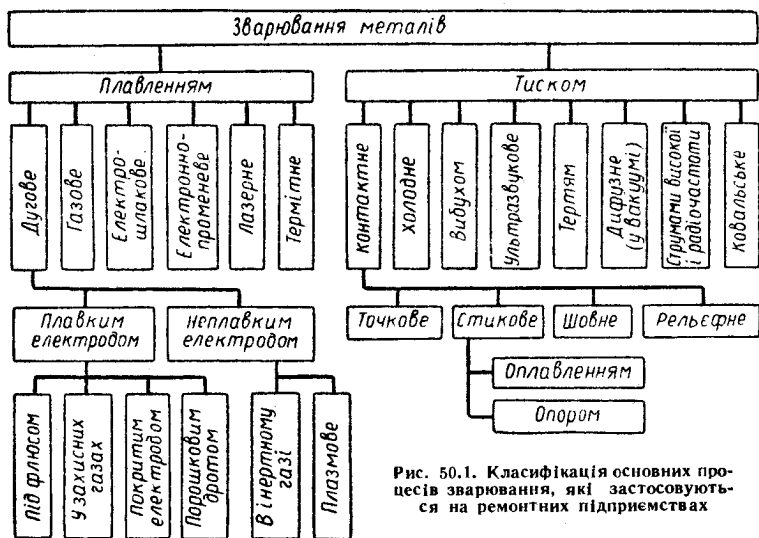


Рис. 50.1. Класифікація основних процесів зварювання, які застосовуються на ремонтних підприємствах

Зварювання у захисному газі — вид електродугового зварювання, при якому використовується захисний газ для запобігання дії повітря на розплавлений метал. Із захисних газів найбільше застосовують аргон і вуглекислий газ. Для зварювання хімічно активних металів, легованих та високолегованих сталей і сплавів застосовують аргон, для вуглецевих і деяких легованих сталей — вуглекислий газ. Під час зварювання у вуглекислому газі дуга горить між електродним дротом, який править за електрод і безпосередньо подається в дугу, і деталлю.

Під час зварювання *покритим електродом* застосовують електрод з нанесеним на його поверхню покриттям з порошкоподібного матеріалу (рис. 50.2). Розплавляючись, покриття захищає наплавлений метал від кисню та азоту повітря, стабілізує процес горіння дуги, а також легує наплавлений метал.

Під час зварювання *порошковим дротом* або стрічкою як плавкий електрод застосовують дріт (або стрічку), виготовлений з металеві оболонки, в яку запресовано порошкоподібний матеріал, що виконує такі самі функції, як і електродне покриття.

Газове зварювання — вид зварювання, при якому для місцевого розплавлення кромки зварюваного виробу безпосередньо використовується теплота згоряння суміші горючих газів з киснем. Під час газового зварювання (рис. 50.3) кромки основного металу зварюваних деталей 1 розплавляються полум'ям 4 газового пальника 3, а зазор між ними заповнюється присадочним металом 2, який вводять у полум'я пальника.

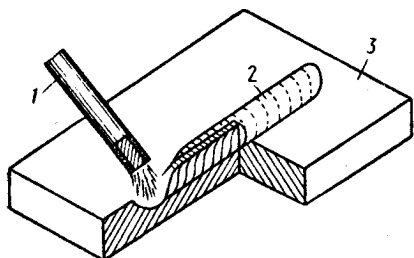


Рис. 50.2. Схема ручного електродугового наплавлення електродом:
1 — електрод; 2 — наплавлений метал; 3 — заготовка

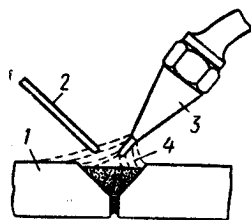


Рис. 50.3. Схема газового зварювання

Електрошлакове зварювання — вид зварювання плавленням з використанням теплоти, що виділяється під час проходження електричного струму крізь розплавлений шлак.

Електронно-променево зварювання — вид зварювання плавленням у вакуумі, який ґрунтується на використанні енергії сфокусованого потоку електронів в електричному полі високої напруги. Нагрівання металу під час електронно-променевого зварювання здійснюється у вакуумі електронним променем 1 (рис. 50.4). Цей метод застосовують для зварювання малогабаритних виробів з активних і тугоплавких металів. Зварювання деталі 2 відбувається у спеціальній герметичній камері 3. Переміщення деталі зі швидкістю зварювання здійснюється за допомогою механізму 4.

Лазерне зварювання ґрунтується на використанні енергії світлового потоку високого ступеня напрямленості. Це вид зварювання плавленням, при якому метал нагрівається когерентним світловим променем, створюваним оптичним квантовим генератором — лазером. Зварювання виконується на лазерній установці (рис. 50.5), основною частиною якої є генератор, що перетворює енергію, запасену в блоці конденсаторів, на енергію когерентного пучка лазерного випромінювання.

Пучок формують і керують ним за допомогою спеціальної системи, до якої входять лампа накачування 2, резонатор 3 та оптична система 5. Зварювання виконують просто неба, часто на значній відстані від генератора. Характерна особливість процесу — вузьке і глибоке проплавлення основного металу. Лазерне зварювання застосовують для з'єднання сталей малих товщин і дрібних деталей.

Термітне зварювання — вид зварювання, під час якого використовується теплота екзотермічної реакції термітної суміші, а шов утворюється за рахунок металу — продукту реакції. Термітна суміш — порошок подібна горюча суміш із зерен металу з великою теплою утворення, яка згоряє з виділенням великої кількості теплоти. Використовують в основному суміші з алюмінію і магнію. Термітне

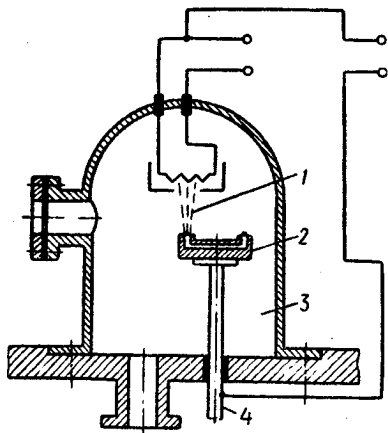
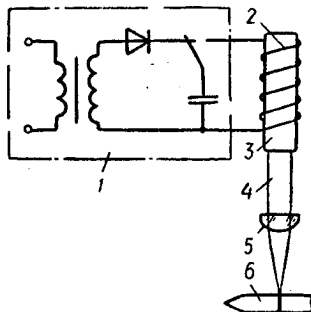


Рис. 50.4. Схема електронно-променевого зварювання

Рис. 50.5. Схема лазерного зварювання:

1 — джерело живлення; 2 — лампа накачування; 3 — резонатор; 4 — лазерне випромінювання; 5 — оптична система; 6 — зварюваний виріб



зварювання застосовують дуже рідко, в основному для ремонту сталених та чавунних великогабаритних деталей.

Види дугового зварювання плавленням. Дугове зварювання плавленням поділяється на зварювання плавким і неплавким електродами. В разі зварювання плавким електродом метал електрода плавиться і бере участь в утворенні зварного шва.

Основні способи зварювання плавким електродом: під флюсом, у захисному газі, покритим електродом, порошковим дротом (або стрічкою).

У разі зварювання неплавким електродом матеріал електрода не розплавляється. Електрод звичайно виготовляють з вольфраму або ж зі спеціального вугілля чи графіту. До цього виду зварювання можна віднести зварювання в інертному газі і плазмове.

Зварювання під флюсом — дугове зварювання (в основному автоматичне і механізоване) із застосуванням плавкого електродного дроту і флюсу. Флюс надходить у зону дуги для захисту металу шва від повітря, а також з метою легування наплавленого металу. Розплавляючись, флюс створює навколо дуги оболонку з шлаку. На рис. 50.6 показано схему зварювання під флюсом. Електрична дуга горить під шаром флюсу 2 між електродним дротом 1 і шаром флюсу, який створює шлаковий захист. Кромки зварюваного металу, електродний дріт і частково флюс у зоні дуги плавляться, утворюючи зварювальну ванну 4.

Кристалізація металу зварювальної ванни і зварювального шва 5 відбувається під час охолодження в міру віддалення від дуги.

Автоматичним зварюванням під флюсом з'єднують листові конструкції і наплавляють деталі з різних сталей з накладанням швів

значної протяжності. Основна перевага процесу — висока продуктивність і якісне зварювання.

У випадку механізованого зварювання під флюсом електродний дріт подають у дугу спеціальним шлангом. Дуга горить у флюсі, який надходить з бункера. Спрямування електродного дроту і підтримання потрібної довжини дуги забезпечує зварник вручну.

Наплавлювання являє собою технологічний процес нанесення плавного шару металу на поверхню металевої деталі за допомогою зварювання.

У разі спрацювання деталі більш як на 1...5 % від маси всього виробу погіршується робота всього вузла. Деталь бракують і викидають у брухт. Тим часом за допомогою наплавлювання можна не тільки відновити втрачені розміри спрацьованої деталі, а й нанести шар металу з певними властивостями: стійкістю проти спрацювання, корозійною стійкістю та іншими властивостями, які підвищують експлуатаційні якості всього виробу. Наплавлюванням можна багаторазово відновлювати спрацьовані деталі. Іноді відновлена наплавлюванням деталь набагато дешевша за нову і не поступається перед нею щодо роботоздатності.

Наплавлюють зовнішні і внутрішні поверхні деталей циліндричної форми, а також плоскі поверхні. При невеликому діаметрі деталі наплавлювання виконують по гвинтовій лінії (рис. 50.7, *a*). На деталях великих розмірів наплавлювання здійснюють валиками завдовжки 60...80 мм уздовж твірної з поперечними коливаннями (рис. 50.7, *b* та *в*). Плоскі поверхні деталей наплавляють валиками на всю довжину поверхні або ж окремими ділянками.

Під терміном «зварювання» розуміють з'єднання окремих деталей зварювальною дугою. Під час наплавлювання шар металу дугою наноситься на поверхню, доведена до розплавлення.

Для ремонту і відновлення деталей наплавлюванням широко

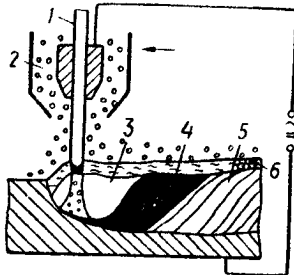


Рис. 50.6. Схема зварювання під флюсом:

1 — електродний дріт; 2 — флюс;
3 — дуга і газова булька; 4 — зварювальна ванна; 5 — сформований шов; 6 — шлакова кірка

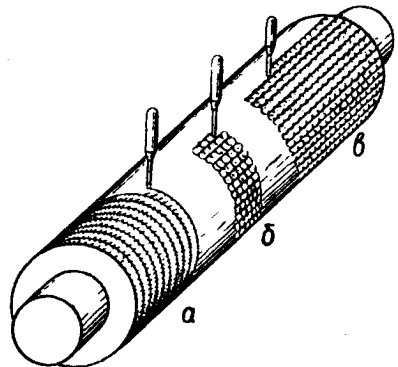


Рис. 50.7. Схема наплавлювання тіла обертаня:

a — по гвинтовій лінії; *b* — вздовж твірної поперечними коливаннями; *в* — вздовж твірної окремими валиками

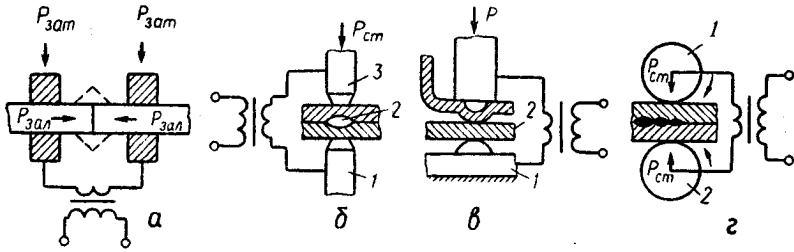


Рис. 50.8. Схема контактної зварювання:

а — стикового; б — точкового (1 — нижній електрод; 2 — зварна точка; 3 — верхній електрод); в — рельєфного (1 та 2 — поверхні зварюваних деталей); г — шовного (1 та 2 — відповідно верхній та нижній роликів електроди)

використовують розглянуті традиційні способи зварювання: дугове, газове, у захисних газах, плазмове та ін.

Зварювання тиском — це зварювання з місцевим пластичним деформуванням з'єднаних частин під дією статичного чи динамічного зусилля з нагріванням чи без нього. Основні види зварювання тиском: контактне, холодне, вибухом, ультразвукове та ін.

Контактне зварювання — зварювання тиском, при якому деталі нагріваються теплом, що виділяється під час проходження струму у з'єднаних частинах, які контактують.

Холодне зварювання тиском провадиться без нагрівання.

Зварювання вибухом ґрунтується на використанні енергії вибуху.

Ультразвукове зварювання провадиться без нагрівання і ґрунтується на з'єднанні частин деталі під дією ультразвукових коливань.

Залежно від виду зварного з'єднання контактне зварювання поділяється на стикове, точкове, рельєфне і шовне. Стикове контактне зварювання буває з оплавленням деталі і без оплавлення — методом опору.

Контактне стикове зварювання наплавленням — зварювання тиском з місцевим нагріванням металу до оплавлення шару на його верхній зварювальним струмом, що проходить через контакт торців деталей перпендикулярно до площини зварного стику, і прикладанням осового зусилля стискування (рис. 50.8).

Контактне стикове зварювання опором — зварювання тиском з місцевим підігріванням попередньо стиснутих деталей зварювальним струмом, який проходить через контакт торців деталей перпендикулярно до площини утворюваного зварного шва. Стискування деталей провадиться тиском, який різко зростає до кінця нагрівання.

Підвиди стикового контактної зварювання — зварювання оплавленням і без оплавлення. В разі стикового зварювання оплавленням тиску між деталями нема і зварювальний процес починається при

ввімкненому зварювальному колі, тобто коли зварювальний струм проходить до моменту зіткнення деталей.

У випадку точкового зварювання з'єднувані деталі, накладені звичайно внапусток, проявляються в окремих точках.

При рельєфному зварюванні на одній з деталей є виступи — рельєфи. Зварювання може здійснюватись по одному чи кількох рельєфах одночасно.

В разі шовного зварювання з'єднання утворюється з безперервного ряду зварних точок.

50.2. Фізико-металургійні і технологічні основи зварювання плавленням

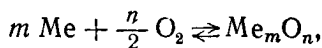
Зварювальна дуга. Під час зварювання метал плавиться під дією зварювальної дуги. Зварювальна дуга — потужний стійкий розряд електричного струму між провідниками в газовому проміжку. Тепло, що виділяється в дузі, витрачається на нагрівання газу, створення світлового потоку і зварювання. Температура дуги в центрі газового стовпа — близько 6273 К. Відстань між торцем електрода і зварюваним виробом визначає довжину дуги.

Схему будови зварювальної дуги, розподіл температур і теплоти, що виділяється, подано на рис. 50.9.

Процеси окислення і розкислення під час зварювання плавленням. Вплив азоту, водню, сірки та фосфору на властивості металу шва. Під час зварювання плавленням відбувається взаємодія між рідким і твердим металом, газом та рідким шлаком, що утворюється внаслідок розплавлення шлакотвірних речовин, які входять до складу електродних покриттів або флюсу.

Основні реакції, що відбуваються в зоні зварювання, — реакції окислення і розкислення металу. Кисень в атомарному стані утворює з залізом оксиди. У рідкому металі розчиняється тільки оксид заліза (III). Решта оксидів перебувають у вигляді шлакових включень і спливають на поверхню зварювальної ванни.

Кисень реагує з металом за реакцією



де Me — маса металу; O_2 — маса кисню; m та n — числові коефіцієнти.

Хімічні реакції відбуваються до стану рівноваги між вихідними речовинами і продуктами реакції. Про стан рівноваги можна робити висновки з констан-

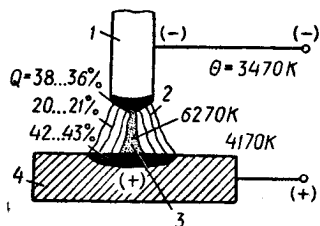


Рис. 50.9. Схема будови зварювальної дуги, розподіл температур θ_k і теплоти Q , що виділяється:

1 — катодна пляма; 2 — газовий стовп дуги; 3 — зона найвищих температур; 4 — анодна пляма

ти рівноваги k_p . Із закону діючих мас відомо, що

$$k_p = \frac{(\% \text{ Me})^m (\text{O}_2)^{n/2}}{(\% \text{ Me}_m \text{O}_n)}$$

де Me та O — відповідно вміст у масі металу та кисню в зоні реакції.

Реакція окислення відбуватиметься тим інтенсивніше, чим більший добуток концентрацій речовин, які вступають у реакцію (в наведеній формулі — значення чисельника), порівняно з рівноважною. Якщо константа буде менша від рівноважної, відбуватиметься реакція відновлення металу з його оксиду. Константа рівноваги, виражена через парціальний тиск пари речовин, які вступають у реакцію, визначається з формули

$$k_p = \frac{p_{\text{Me}} \cdot p_{\text{O}_2}}{p_{\text{Me O}_2}}$$

де p_{Me} — парціальний тиск речовин, які вступають у реакцію.

Найсильніші розкислювачі — кремній та марганець. Окислюючись, вони дають відповідно оксиди кремнію SiO_2 та марганцю MnO .

Активним розкислювачем є вуглець. При зварювальних температурах він утворює оксид CO. Кисень потрапляє в метал шва в основному з повітря в разі неякісного захисту шва, з іржі та окалини, коли недостатньо зачищено зварювану поверхню, або ж з вологи під час зварювання сирими електродами.

Сильні розкислювачі також титан та алюміній.

Навколишнє повітря — джерело потрапляння в наплавлений метал азоту. При температурах зварювання азот, переходячи в атомарний стан, добре розчиняється в рідкому металі зварювальної ванни, а під час охолодження виділяється з розчину і, взаємодіючи з металами, утворює нітриди Fe_2N , MnN , SiN та інші, які значно знижують пластичність металу.

Водень потрапляє в наплавлений метал з вологи, яка міститься в електродному покритті, або з іржі на зварюваній поверхні, а також з флюсу.

Під час кристалізації металу шва водень, не встигаючи виділитись з металу, утворює пори і дрібні тріщини, а також «флокени» — дефект у вигляді світлої плями, який видно на поверхні зламу.

Дуже шкідливі домішки в наплавленому металі — сірка та фосфор. Сірка утворює сульфід заліза FeS з низькою температурою плавлення (1466 K). Під час кристалізації сталі сульфід заліза, залишаючись у розплавленому стані, розподіляється між кристалами, спричиняючи появу тріщин.

Фосфор, присугній у наплавленому металі у вигляді фосфідів заліза Fe_3P та Fe_2P , різко знижує пластичність металу.

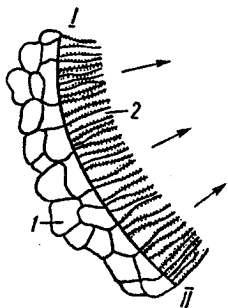


Рис. 50.10. Схема кристалізації металу шва: I — зона основного металу; II — кристаліти шва; I-II — умовна межа сплавлення

Кристалізація металу шва. Під час охолодження і тверднення рідкого металу шва відбувається його кристалізація, тобто утворюються кристаліти з рідкої фази. Кристаліти — це кристали неправильної форми. Процес утворення їх з рідкого розплавленого металу під час переходу його у твердий стан називається первинною кристалізацією. Первинна кристалізація починається на умовній межі сплавлення (рис. 50.10) — лінії початку охолодження зварювальної ванни. При цьому зароджуються центри кристалізації і зростають зерна. Вирослі зерна мають різну форму і розташування. У цьому випадку, якщо вони не мають певної орієнтації і нагадують форму многогранника, структура — гранулярна (зерниста). Вона може бути крупно- і малозернистою. Процес зміни форми кристалітів у металі, який перебуває у твердому стані, має назву вторинної кристалізації.

Коли ж зерна витягнуті в одному напрямі, структура називається стовпчастою і дендритною. Крупнозерниста будова металу із стовпчасто-дендритною структурою характерна для повільного охолодження.

Таблиця 50.1

Вид зварювання	Середні розміри ділянки, мм			Загальна довжина зони, мм
	перегріву	нормалізації	неповної перекристалізації	
Товстопокритим електродом	2,2	1,6	2,2	6,0
Під флюсом	0,8...1,2	0,8...1,7	0,7	2,5
Газове	21,0	4,0	2,0	27,0

Кінцева структура металу шва залежить в основному від способу зварювання, умов його проведення, а також від хімічного складу основного і присадкового металу. Так, у разі ручного зварювання покритим електродом з низьковуглецевої сталі (вміст вуглецю до 0,2 %) метал шва має структуру з менш вираженим орієнтуванням кристалів і округлими зернами фериту та перліту.

У випадку автоматичного зварювання цієї самої сталі під флюсом, коли швидкість охолодження повільніша, ніж під час ручного зварювання металевим електродом, метал шва набуває стовпчасто-дендритної структури.

Структурні ділянки пришовної зони. У пришовній зоні зварного з'єднання маловуглецевої незагартованої сталі, виконаного способом плавлення, є структурні ділянки, характеристику яких наведено на рис. 50.11.

Рис. 50.11. Будова пришовної зони

Ділянка *перегріву* з боку шва близька до солідусу, а з боку основного металу — приблизно 1373 К.

Ділянка *нормалізації* має дрібнозернисту структуру і підвищені властивості порівняно з вихідною структурою.

Ділянка *неповної перекристалізації* знаходиться в інтервалі температур 973...1123 К, при яких відбувається часткова перекристалізація металу. Середні розміри ділянок для деяких видів зварювання наведено в табл. 50.1.

У загартовуваній легованій сталі ділянки розміщуються у такій послідовності в міру віддаленості від шва: загартування, часткового загартування і відпуску.

Види зварних з'єднань. Зварні з'єднання поділяються на з'єднання встик, унапусток, кутові, з накладкою, V-подібні, X-подібні, відбортовані та ін.

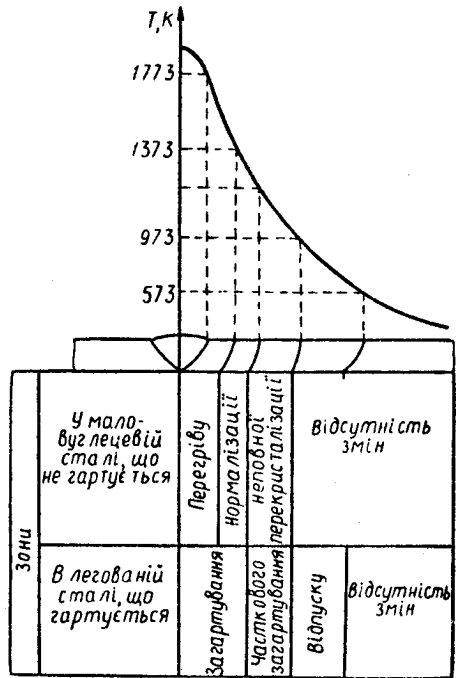
Зварювання може провадитись у різних просторових положеннях у вертикальному, напіввертикальному, горизонтальному, нижньому і стельовому (рис. 50.12).

50.3. Зварювальні та наплавні матеріали

Під час ремонтного зварювання і наплавлювання застосовують такі зварювальні матеріали: зварювальні електроди, зварювальний дріт суцільного перерізу і порошковий, зварювальні флюси, захисні гази.

Електроди для зварювання. Як присадковий матеріал у ручному дуговому зварюванні та наплавлюванні застосовують металеві електроди, покриті спеціальною обмазкою. Основні вимоги до зварювальних електродів регламентуються відповідними стандартами.

Усі електроди, що їх випускає промисловість (нині випускається понад 400 марок), за призначенням можна поділити на електроди для зварювання вуглецевих та низьколегованих конструк-



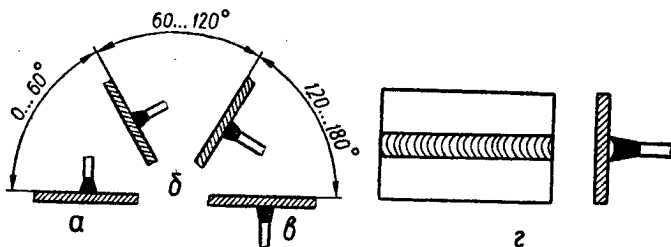


Рис. 50.12. Схема просторового розташування шва:
a — нижне; *б* — вертикальне; *в* — стельове; *г* — горизонтальне на вертикальній площині

ційних сталей загального призначення, теплостійких сталей; корозійно-стійких, жаростійких та жароміцних сталей і сплавів; високоміцних середньолегованих сталей; кольорових металів; для зварювання і наплавлювання чавуну, а також для наварювання.

Кожна марка електродів має певну зварювально-технологічну характеристику (продуктивність, типові механічні властивості і хімічний склад наплавленого металу). Усі ці дані, а також рекомендовані режими зазначено в паспорті (сертифікаті) на електроди.

Зварювально-технологічні властивості електродів характеризуються такими показниками: стійкістю горіння дуги, ступенем розбризкування, якістю формування наплавленого металу, відокремлюваністю шлакової кірки, коефіцієнтом наплавлення, а також здатністю утворювати тріщини, пори і т. д.

Електроди загального призначення розрізняються залежно від гарантованих механічних властивостей металу шва (наприклад, Э34, Э42 та ін.). Цифра показує мінімальне значення границі міцності. Так, електроди типу Э34 мають границю міцності не менш як 340 МПа. Кожен тип електродів, у свою чергу, поділяється за видами покриття на групи: Р — рудно-кислотне покриття, Т — рутилове, Ф — фтористо-кальцієве, О — органічне.

Марку електродів вибирають з урахуванням властивостей утвореного шва, металургійних особливостей, зварювально-технологічних, а також гігієнічних характеристик електродів.

Електроди для зварювання теплостійких сталей перлітного класу забезпечують необхідні механічні властивості при підвищених робочих температурах. Ця група електродів за хімічним складом і механічними властивостями металу шва після термообробки поділяється на сім типів.

Електроди для зварювання корозійно-стійких, жаростійких та жароміцних сталей і сплавів поділяються на чотири групи: для зварювання корозійно-стійких сталей (з високою стійкістю проти електрохімічної корозії); для зварювання жаростійких сталей і сплавів (з високою стійкістю проти руйнування в газових середовищах при

температурах понад 773 К); для зварювання жароміцних сталей і сплавів (які працюють у навантаженому стані при високих температурах); для зварювання двошарових сталей.

Електроди для зварювання високоміцних середньолегованих сталей поділяються на дві підгрупи: електроди аустенітного класу для зварювання високоміцних сталей у загартованому стані без підігріву і подальшої термообробки; електроди феритного класу для зварювання високоміцних сталей з підігрівом.

Електроди для зварювання кольорових металів умовно поділяються на три групи: для зварювання алюмінію і алюмінієвих сплавів; міді і мідних сплавів; нікелевих сплавів.

На ремонтних підприємствах найбільше застосовують електроди з фтористо-кальцієвим і рутиловим покриттям.

Електроди з фтористо-кальцієвим покриттям (УОНИ-13/45, СМ-11 та ін.) застосовують для зварювання особливо відповідальних конструкцій та деталей. Метал шва, наплавлений цими електродами, високопластичний з достатньо високою міцністю і ударною в'язкістю при низьких і кімнатних температурах. У покритті фтористо-кальцієвих електродів містяться карбонати і плавиковий шпат. У результаті дисоціації карбонатів утворюється вуглекислий газ і оксид вуглецю, які забезпечують газовий захист розплавленого металу. Розкислення металу шва здійснюється феромарганцем і феросиліцієм. Зварювання електродами з фтористо-кальцієвим покриттям провадять в основному постійним струмом зворотної полярності. Для здійснення зварювання на змінному струмі до складу покриття вводять сполуки калію, які стабілізують зварювальну дугу.

Електроди з рутиловим покриттям мають у складі покриття рутиї, алюмосилікати та карбонати, які, розкладаючись, утворюють шлакову кірку. Ці електроди застосовують в основному для зварювання і наплавлення деталей з маловуглецевих і низьколегованих сталей.

Зварювальний дріт суцільного перерізу. Для ремонтних зварювальних робіт придатний тільки зварювальний дріт певного хімічного складу і розмірів. Зварювальний дріт застосовують як присадний матеріал у механізованих способах зварювання і наплавлення. З цього дроту виготовляють стержні для зварювальних електродів. Зварювальний дріт, що надходить на ремонтні заводи, випускають за стандартом, який поширюється на гарячекатаний і холоднотягнутий дріт з вуглецевих, легованих та високолегованих сталей, призначених для механізованого зварювання і наплавлення. У стандарті вказано діаметр дроту, хімічний склад, розмір мотків та інші дані. Орієнтовно хімічний склад дроту можна визначити за літерами й цифрами, що входять у позначення марки дроту. Наприклад, зварювальний дріт має індекс «Св», а наплавленнявальний — «Нп». Цифри показують середній вміст вуглецю у сотих частках процента.

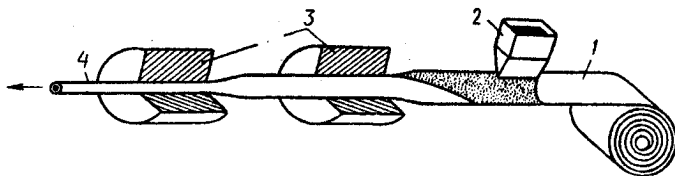


Рис. 50.13. Схема виготовлення порошкового дроту:
1 — стальна стрічка; 2 — бункер з шихтою; 3 — фільтри; 4 — порошковий дріт

Для зварювання нержавіючих, жаростійких та інших спеціальних сталей застосовують високолегований дріт. Для зварювання алюмінію і його сплавів використовують дріт СВА-1, СаАМ, а для механізованого зварювання під флюсом міді і хромової бронзи — дріт марок МТ, БрХ07 та ін.

Легуючі елементи, що входять до складу дроту, мають ті самі позначення, що й для сталі. Літера А вказує на підвищену чистоту металу щодо вмісту сірки й фосфору. Приклад умовного позначення дроту діаметром 3 мм із сталі типу 30ХГСА для зварювання ЗСв-30ХГСА ГОСТ 2246-70.

Дріт, виготовлений із сталі, виплавленої електрошлаковим чи вакуумно-дуговим переплавом або ж у вакуумно-індукційних печах, позначають літерами Ш, ВД або ВИ.

Для зварювання конструкційних сталей у вуглекислому газі застосовують дріт Св-08Г2С або Св-08ГС. Дріт, легований хромом, молібденом, нікелем, кремнієм і ванадієм, використовують для зварювання низьколегованих високоміцних сталей.

Порошковий дріт — присадний матеріал (який здебільшого править і за електрод) у вигляді скрученої із сталюї стрічки безперервної трубки (рис. 50.13), заповненої легуючим елементом у вигляді порошкових сумішей, що називаються шихтою (рис. 50.14).

Порошкові дроти класифікують:

за призначенням (для зварювання і наплавлення вуглецевих, низьколегованих та легованих конструкційних сталей, чавуну, а також деяких кольорових металів і сплавів);

за складом захисту (самозахисні і з додатковим захистом газом чи флюсом);

за складом осердя (рутил-органічні, карбонатно-флюаритні, флюаритні та ін.).

Залежно від призначення дроту для стабілізації горіння дуги в шихту вводять чисті метали і феросплави (як легуючі елементи), мармур, титанову руду, плавиковий шпат та інші компоненти.

Зварювальні і наплавлювальні флюси — це порошок (зрідка — паста), що складається з речовин, які запобігають окисленню розплавленого металу і сприяють розкисленню й ошлаковуванню окси-

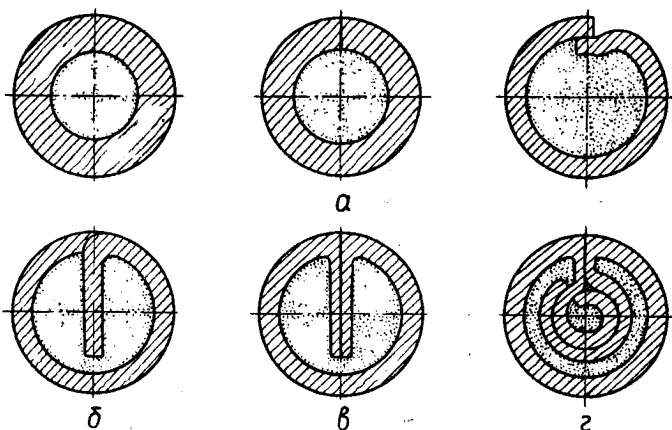


Рис. 50.14. Конструкції порошкового дроту:
а — прості трубчасті; *б* — з одним згинанням оболонки; *в* — з двома згинаннями оболонки; *г* — двошарова

дів. Крім захисту від повітря, флюси знижують температуру плавлення шлаку — розплаву різних оксидів, поліпшують формування зварного шва, сприяють стабілізації горіння дуги і виконують ряд інших металургійних функцій.

За призначенням розрізняють флюси загального призначення (для зварювання і наплавлювання вуглецевих та низьколегованих сталей) і спеціального призначення (для спеціальних способів зварювання, як-от електрошлакове, зварювання легованих сталей і т. д.).

За способом виготовлення флюси бувають плавлені (виготовлювані сплавленням шихти в електричних та полумєневих печах) і неплавлені (виготовлювані без розплавлення шихти). До неплавлених належать флюси, виготовлювані подрібненням і змішуванням окремих компонентів, а також керамічні флюси, які виготовляють, змішуючи шлакотвірні, легуючі, розкислювальні та інші компоненти.

За хімічним складом розрізняють оксидні флюси, що складаються з окислів металів та фтористих сполук (для зварювання і наплавлювання вуглецевих та низьколегованих сталей), сольові, які складаються з фтористих і хлористих солей (для зварювання активних металів), солеоксидні (для зварювання і наплавлювання високолегованих сталей).

За хімічним складом шлакоутворювальної частини флюси поділяються на кислі (містять кислі оксиди SiO_2 та TiO_2), нейтральні (містять в основному фториди і хлориди), основні (містять оксиди основного характеру, як-то CaO , MgO та FeO).

Плавлені флюси розрізняють за будовою частинок: склоподібні, пемзоподібні та кристалічні.

Тип сплаву	Умовне по- значення	Масова			
		C	Mn	Cr	Ni
Низьколеговані або нелеговані сталі $\leq 0,4$ (мас. ч., %)	A	$\leq 0,4$	0,5...3,0	0...3,0	0...3,0
Низьколеговані або нелеговані сталі $> 0,4$ (мас. ч., %)	B	$> 0,4$	0,5...3,0	0...5,0	0...3,0
Аустенітні високомарганцеві сталі	C	0,5...1,2	11,0...16,0	0...1,0	0...3,0
Аустенітні хромонікелеві сталі	D	$\leq 0,3$	1...8	13...30	5...25
Хромисті сталі	E	0,2...2,0	1,3...1,5	3...30	0...5
Швидкоріжучі сталі	F	0,6...1,5	$\leq 0,5$	4,0...6,0	—
Високохромисті спеціальні чавуни	G	1,5...5,0	0...6,0	25...35	0...40
Хромовольфрамкові тонкостійкі сталі	H	0,2...0,5	$\leq 1,0$	1...5,0	0...5,0
Кобальтові сплави з хромом і вольфрамом	N	0,7...3,0	$\leq 0,4$	25...33	0...3,0
Нікелеві сплави з хромом і бором	Q _a	$\leq 1,0$	—	8...18	65...85
Нікелеві сплави з молібденом	Q _b	$\leq 0,12$	—	0...18	60...80
Карбідні сплави зернисті спечені	P	$\geq 3,0$	$\geq 2,0$	—	—

За розміром частинок (зерен) флюси бувають тонкозернисті (до 0,8 мм), малозернисті (0,1...1,6 мм), середньозернисті (0,25...3,0 мм) і крупнозернисті (0,35...4,0 мм).

Для механізованого дугового та електрошлакового наплавлювання застосовують плавлені та керамічні флюси. До плавлених належать флюси типу АН-348, ОСЦ-45, АН-6 та ін.

За допомогою легованих керамічних флюсів, використовуючи стандартні дроти, можна мати легований неплавлений метал. Промисловість виготовляє металокерамічні флюси АНК-18, АНК-19 та ін. Флюс АНК-18 у разі наплавлювання низьковуглецевим дротом забезпечує такий склад металу, мас. %: вуглецю 0,2...0,4, марганцю 1,0...1,8, кремнію 0,5, хрому 2,5...5,0. Твердість наплавленого металу — 350...450 НВ.

Для механізованого наплавлювання рекомендуються такі флюси:

Тип наплавленого металу	Тип флюсу
A, B	АН-348-А; ОСЦ-45; АН-60; АН-8;
D	АН-26; 48-ОФ-6; 48-ОФ-10
E	АН-20; АН-26; АН-70
F, H, G	АН-70; 48-ОФ-6; АН-20

Таблиця 50.2

частка елементів, %						Орієнтовна твердість у робочому стані НРС _с
W	V	Mo	Co	інші		
—	—	0...1,0	—	—	—	40
—	—	0...1,0	—	—	—	60
—	—	0...1,0	—	—	—	50
—	—	—	—	Ti 0...1	Nb 0...1,5	40
0...1,5	0...0,5	0...1,0	—	—	—	45
1,5...18,0	0...3,0	0...10,0	0...15,0	—	—	62
0...5,0	0...1,0	0...3,0	0...5,0	Ti 0...1,5	B 0...1,5	60
1,0...10	0,15...1,5	0...4,0	—	—	—	45
3...25	—	0...3,0	30...70	Fe ≤ 6,0	—	40
—	—	—	1,0...1,5	Si 2,0...5,0	B 2,0...5,0	55
0...20	0,2...0,6	8...35	0...2,5	Fe 4,0...7,0	—	13
45	—	—	—	—	—	≥67

Захисні гази. Під час зварювання і наплавлювання плавленням як захисні застосовують інертні та активні гази і їхні суміші. Інертними називають одноатомні гази, які не вступають у хімічні реакції і практично не розчиняються у рідкому металі.

З інертних газів найширше використовують аргон, рідше — гелій. Аргон застосовують для зварювання легкоокислюваних і активних металів — алюмінію, титану та інших, а також високолегованих хромистих та хромонікелевих сталей і сплавів.

Активні захисні гази — кисень, вуглекислий газ, водень та їхні суміші. У процесі зварювання активні гази взаємодіють з металом і, розчиняючись, утворюють хімічні сполуки. З активних газів найбільше застосовують вуглекислий газ (окис вуглецю), який використовують в основному для зварювання і наплавлювання деталей з вуглецевих сталей.

Як захисний газ під час зварювання міді та мідних сплавів іноді застосовують азот. Захисні гази транспортують і зберігають у сталевих стандартних балонах. Вуглекислий газ для зварювання одержують з вуглекислоти, яку доставляють на заводи у балонах.

Наплавні матеріали. Для наплавлювання застосовують стандартний наплавний і сталевий наплавний дріт, наплавну

холоднокатану стрічку, покриті металеві електроди, порошкові дроти та стрічки, спечену стрічку, гранульовані порошки металу і порошкові суміші, а також литі прутки.

До наплавних матеріалів можна віднести і зварювальні флюси — плавлені та керамічні.

Основні дані про наплавні матеріали, хімічний склад наплавленого металу та його зварювально-технологічні властивості відбито у відповідних міжнародних стандартах.

Класифікацію наплавних матеріалів за хімічним складом наплавленого металу наведено в табл. 50.2.

Для відновлення втрачених розмірів під час наплавлювання можна застосовувати стандартний зварювальний дріт, який випускає промисловість. Крім зварювального дроту застосовують вуглецевий дріт ВС та ОВС, призначений для виготовлення пружин.

Для високопродуктивного наплавлювання використовують стальну холоднокатану стрічку завтовшки 0,4...1 мм і завширшки 20...100 мм залежно від розмірів наплавлюваних деталей з конструкційної, інструментальної або пружинної сталі. Стрічки застосовують як плавкий електрод для механізованого наплавлювання великих поверхонь. Використовують також порошкові стрічки. Від порошкового дроту стрічка відрізняється формою оболонки. Порошкова стрічка має плоский переріз.

Коротку характеристику сталюого наплавного дроту наведено в табл. 50.3. Дріт для наплавлювання має індекс H_n .

Холоднокатану стрічку для наплавлювання виготовляють з конструкційної, пружинної чи інструментальної сталі або із спеціальних сплавів. Найчастіше використовують стрічку завтовшки 0,4...0,6 мм і завширшки 30...100 мм.

Покриті металеві електроди, використовувані для наплавних робіт, і загальні технічні вимоги до них регламентовано відповідними стандартами.

Тип електродів визначається хімічним складом стержня, покриття і наплавленого металу.

Порошкові дроти. Розроблено багато марок порошкових дротів різного призначення. Усі типи дротів можна поділити на три групи: для наплавлювання під флюсом (ПП-3Х2В8, АА-25Х5ФМС, ПП-АН100 та ін.); для наплавлювання відкритою дугою (самозахисні — ПП-АН105, ПП-АН122 та ін.); для наплавлювання у середовищі захисних газів.

Порошкові стрічки для наплавлювання так само, як і порошкові дроти, виготовляють на спеціальних верстатах формуванням і завальцюванням металевіої стрічкової оболонки із заповненням осердя спеціальною шихтою. За допомогою порошкової стрічки можна досягти такого легування наплавленого металу, яке важко забезпечити іншими наплавними матеріалами.

Спечену стрічку виготовляють холодним прокатуванням порошків з подальшим спіканням у печі в умовах захисного середовища. Спечену металокерамічну стрічку випускають завширшки 25...100 мм і завтовшки 0,8...1,2 мм. Перевага спеченої стрічки порівняно з холоднокатаною — підвищення продуктивності наплавлювання за рахунок збільшення електроопору і, як наслідок, посиленого нагрівання електрода, а також одержання наплавленого металу з

Таблиця 50.3

Марка дроту	Наплавний метод		Типові об'єкти наплавлювання
	Тип	Твердість	
Нп-30	A	HB 160...120	Осі, шпindelі, вали
Нп-40	A	170...230	Те саме
Нп-65	A	220...300	Опорні ролики, осі
Нп-80	A	260...340	Колінчасті вали, хрестовини карданів
Нп-50Г	A	200...270	Натяжні колеса, опорні ролики гусеничних машин
Нп-657	A	230...310	Кранові колеса, осі опорних роликів
Нп-30ХЗВА	A	HRC _e 33...40	Графи прокатних валків, деталі автозчипки, шліцьові вали
Нп-35Х2Г2В	A	37...42	Деталі, що зазнають ударів та абразивного спрацювання
Нп-50ХФА	B	43...50	Шліцьові вали, колінчасті вали двигунів внутрішнього згорання
Нп-3Х13	E	38...45	Плунжери гідропресів, шийки колінчастих валів, штампи
Нп-4Х13	E	45...52	Опорні ролики тракторів та екскаваторів, деталі транспортерів
Нп-Х15Н60	C	HB 180...220	Деталі реторт та печей, які працюють при високій температурі
Нп-Х20Н80Т	C	180...220	Вихлопні клапани автомобільних двигунів
Нп-Г13А	C	220...280	Залізничні хрестовини, щоки дробарок, зуби ковшів

особливими властивостями, яких не можна мати від наплавлювання суцільнотягнутою або порошковою стрічкою.

Гранульовані порошки використовують в основному для плазмового та індукційного наплавлювання. Метал, наплавлений із застосуванням порошків, має досить високу твердість (35...55 HRC_e).

До наплавочних матеріалів належать і суміші порошків марок С-2М, ФБХ6-2, КБХ, призначені для дугового наплавлювання неплавким вугільним електродом. Суміші наносять на деталі машин, які працюють в умовах інтенсивного абразивного спрацювання.

Для газополуменового і аргонодугового наплавлювання застосовують литі прутки, які являють собою стержні діаметром 6...8 мм і

завдовжки до 400 мм. Склад литих прутків для газополуменевого і аргонодугового наплавлювання (мас. %) наведено в табл. 50.4.

Міжнародний інститут зварювання прийняв класифікацію наплавлених матеріалів для всіх способів наплавлювання. У табл. 50.5 наведено типи сталей і сплавів, одержаних в результаті наплавлювання, їхні умовні позначення, хімічний склад і твердість наплавленого металу в робочому стані.

Таблиця 50.4

Марка сплаву	Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Нікель	Вольфрам	Кобальт	Залізо
Сортмайт прутковий	2,5...3,3	2,8...3,5	1,5	25...31	3...5	—	—	Решта
VXN-1	0,5...1,2	1,5...2,5	0,5	35...40	50...60	—	—	5
B2K	1,75...2,25	1,0...2,0	—	28...32	2	14...17	48...53	3
B3K	0,9...1,3	1,75...2,75	—	28...32	2	4,0...5,0	58...63	3

Таблиця 50.5

Марка порошку	Масова частка, %							Наплавлений метал. твердість HRCe
	Вуглець	Кремній	Хром	Бор	Вольфрам	Нікель	Інші елементи	
ПГ-ХН80СР2	0,3...0,6	1,5...3,0	12...15	1,5...2,5	—	Основа	≤5 заліза	35...40
ПГ-ХН80СР3	0,4...0,8	2,5...4,5	12...16	2,0...3,0	—	»	≤5 заліза	45...50
НГ-ХН70СР4	0,6...1,0	3,0...5,0	13...17	2,5...4,0	—	»	≤5 заліза	55...60
ПН-АН30	0,9...1,3	1,5...2,5	28...32	—	4...5	2	Кобальт — решта	38...42
ПН-АН31	0,9...1,3	1,5...2,5	28...32	1,2...1,7	4...5	2	≤2 заліза	48...50
ПН-АН32	0,7...1,0	1,5...2,5	28...32	—	4...5	12...15	≤2 заліза	37...40
ПН-АН33	0,9...1,3	2,0...3,0	28...32	—	4...5	2	Кобальт — решта	40...45
ПН-АН20	1,8...2,5	1,0...2,0	28...32	—	13...15	2	5...7 молібдену	48...55
Порошкоподібний сортмайт	2,5...3,5	2,9...4,2	25...31	—	—	3...5	Заліза — решта	50...56

50.4. Відновлення деталей дуговим зварюванням і наплавлюванням

Ручне дугове зварювання і наплавлювання. Завдяки їхній простоті й універсальності ручне дугове зварювання і наплавлювання широко застосовують на ремонтних підприємствах. Цей метод характерний тим, що головні робочі рухи (подача електрода, переміщення дуги і виробу) виконуються вручну.

Технологічний процес відновлення деталей ручним дуговим зварюванням і наплавлюванням включає такі основні операції: підготов-

ку деталей і зварювальних матеріалів; безпосередньо зварювання чи наплавлювання; контроль якості зварного шва чи наплавленого металу. Цим методом усувають тріщини, відколювання та інші дефекти на корпусних деталях, які виготовляються в основному із сталей, чавуну та алюмінієвих сплавів.

Під час ремонту використовують плавкі металеві і неплавкі вугільні чи графітові електроди.

На ремонтних підприємствах якнайширше застосовують зварювання й наплавлювання плавким електродом на постійному і змінному струмі. Неплавкий вугільний електрод застосовують в основному для наплавлювальних операцій.

Зварювання можна провадити від однопостового зварювального перетворювача (рис. 50.15), від багатопостових зварювальних перетворювачів або від зварювального трансформатора з окремим регулятором струму (дроселя). Способи підготовки кромek визначаються товщиною і маркою сталі або сплаву ремонтної деталі.

Технологічні операції по ремонту і відновленню деталей внесено до маршрутних карт в описі технологічного процесу. Хід процесу складання, зварювання і обробки деталі з поділом на окремі операції і з зазначенням застосовуваного устаткування, інструменту, пристроїв і технологічних режимів зварювання заноситься до технологічних карт, які знаходяться на робочому місці зварника.

У випадку ручного дугового зварювання чи наплавлювання якість зварного з'єднання і наплавленого металу значною мірою залежить від кваліфікації зварника і його професійного уміння запалювати і підтримувати дугу, виконувати необхідні коливні рухи електродом, зварювати шви і здійснювати наплавлювання в різних просторових положеннях і т. д.

Режим ручного дугового наплавлювання залежить від розмірів деталі (в основному від товщини металу, що підлягає наплавленню), вимог до якості та ін. Залежність діаметра електрода і сили струму від товщини відновлюваної деталі подано в табл. 50.6.

Устаткування і апаратуру для дугового автоматичного та механізованого зварювання класифікують за такими основними ознаками: способом захисту зварювальної ванни (під флюсом, з газовим захистом);

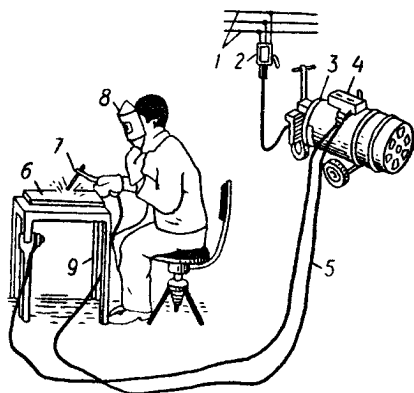


Рис. 50.15. Схема поста для ручного дугового зварювання:

1 — мережа трифазного змінного струму; 2 — вимикач; 3 — зварювальний перетворювач; 4 — регулятор зварювального струму; 5 — гнучкі проводи; 6 — зварювана чи наплавлювана деталь; 7 — електродотримач; 8 — щиток зварника; 9 — зварювальний стіл

способом регулювання дуги (з автоматичним регулюванням і з саморегулюванням);

кількістю електродів (одно-, дво- і багатоелектродні);

характером плавлення електродів (плавкими і неплавкими).

Дугове автоматичне і напівавтоматичне зварювання і наплавлювання під флюсом полягає в тому, що запалювання дуги, підтримання її довжини, подача зварювального дроту в зону, горіння дуги провадяться автоматично. Зварник (оператор) встановлює параметри режимів зварювання, вмикає автомат, встановлює параметри режиму і регулює його в разі відхилення від заданого, заправляє зварювальними матеріалами.

Таблиця 50.6

Товщина сталі, мм	Діаметр електрода, мм	Сила зварювального струму, А
1...2	2...3	80...110
3...5	3...4	100...160
4...10	4...5	140...220
12...24	6...7	180...300

До комплекту апаратури для автоматичного і механізованого зварювання, як правило, входять зварювальна головка, пульт керування і джерело живлення дуги. Робоче місце зварника комплектується відповідним устаткуванням та пристроями для виконання допоміжних робіт: повертання деталі під час зварювання плит наплавлювання; подачі і прибирання флюсу тощо.

Залежно від типу ремонтованих деталей, їхніх габаритних розмірів, маси, форми, типу зварних з'єднань, методів наплавлювання та інших факторів зварювальну і наплавну апаратуру комплектують вузлами різного призначення.

У загальному випадку зварювальний апарат для дугового автоматичного зварювання під флюсом складається з трьох основних вузлів: зварювальної головки, бункера з флюсоапаратом та візка, який переміщує механізм зварювальної головки вздовж шва. Зварювальні апарати кріпляться нерухомо або переміщуються по спеціальних напрямних, встановлених, як правило, поза виробом. Якщо зварювальний апарат переміщується безпосередньо по зварюваному виробу, його називають зварювальним трактором. Зварювальні трактори і напівавтомати знайшли широке застосування у виробництві громіздких зварних конструкцій.

Під час ремонту невеликої кількості деталей із складною конфігурацією швів технічно і економічно доцільно замість зварювання під флюсом застосовувати інші методи (в захисних газах, плазмове зварювання та ін.).

Ручне дугове наплавлювання плавкими металевими електродами мало чим відрізняється від ручного дугового зварювання. Суть способу полягає в тому, що так само, як і під час зварювання, основний метал і присадний матеріал (електродний стержень) плавляться в результаті тепла зварювальної дуги. Відмінність полягає в тому, що в разі наплавлювання кристалізація наплавленого металу від-

бувається на поверхні наплавлюваної деталі.

Режим ручного дугового зварювання й наплавлювання добирають, враховуючи конструкцію та розміри деталі, марку і товщину металу, вимоги до якості тощо. Орієнтовно діаметр електрода і зварювальний струм можна добирати за табл. 50.6.

Ремонт і відновлення деталей зварюванням і наплавлюванням у захисних газах. Суть способу зварювання в захисних газах полягає в тому, що електрична дуга горить у середовищі газу, який запобігає шкідливій дії кисню й азоту навколишнього повітря на метал шва.

Залежно від застосовуваного газу зварювання в захисних газах поділяють на зварювання в інертних та активних газах (рис. 50.16). Незалежно від роду захисного газу цей вид зварювання включає в себе такі способи: неплавким електродом дугою непрямої дії, неплавким і плавким електродами дугою прямої дії (рис. 50.17).

Дугою прямої дії називають дугу, яка електрично зв'язує зварювальний електрод із зварюваним виробом, а непрямою — дугу між двома електродами, яка електрично не зв'язана із зварюваним виробом.

Зварювання дугою прямої дії поділяється на зварювання плавким і неплавким електродом. Під час зварювання плавким електродом метал його плавиться і бере участь в утворенні зварного шва. В разі зварювання неплавким електродом (прутком вольфраму) метал електрода не плавиться і з металом виробу не реагує. Основні переваги



Рис. 50.16. Класифікація способів дугового зварювання

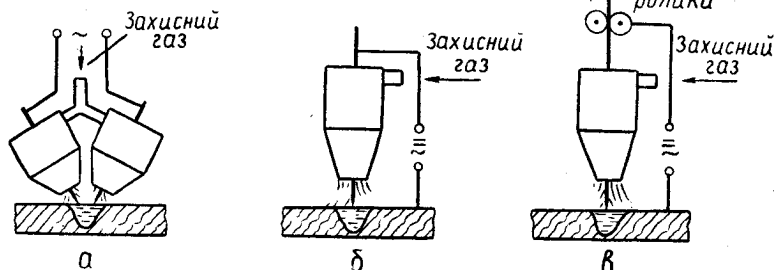


Рис. 50.17. Способи газоелектричного зварювання:

а — нерозплавлюваним електродом дугою непрямої дії; б — нерозплавлюваним електродом дугою прямої дії; в — розплавлюваним електродом дугою прямої дії

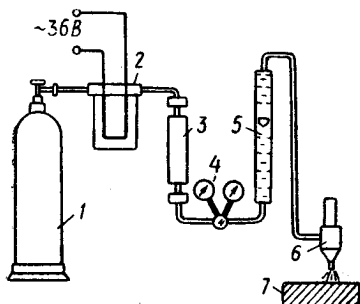


Рис. 50.18. Газоживильна апаратура для зварювання і наплавлювання в захисних газах:

1 — балон з газом; 2 — підігрівник; 3 — осушник; 4 — редуктор; 5 — ротаметр; 6 — сопло палильника; 7 — зварювана деталь

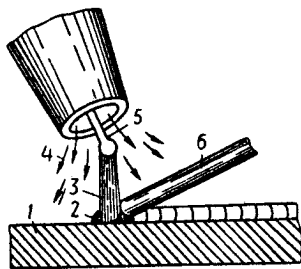


Рис. 50.19. Схема аргонодугового зварювання і наплавлювання нерозплавлюваним вольфрамовим електродом:

1 — основний метал; 2 — ванна рідкого металу; 3 — дуга; 4 — захисний газ; 5 — вольфрамовий електрод; 6 — присаджувальний метал

цього способу — можливість здійснювати процес в усіх просторових положеннях, легкість автоматизації процесу, простота устаткування, можливість наглядати за формуванням зварного з'єднання.

Устаткування і апаратура для зварювання в захисних газах. У загальному випадку робочий пост для зварювання в захисних газах складається з механічної та електричної частин. Балони з газом,

Таблиця 50.7

Показник	ПДПГ-300	A-537
Конструкція	ВНДІЕ30	ІЕЗ ім. Є. О. Пато́на
Сила зварювального струму, А	До 300	До 500
Діаметр зварювального дроту, мм	0,8...2,0	1,6...2,0
Швидкість подачі дроту, м/год	До 930	80...598
Витрата захисного газу, л/год	600...1300	480...1500
Для зварювання в середовищі	У захисних газах	У вуглекислому газі

шланги для подавання газу і прилади складають газову магістраль поста.

Зварювальне устаткування, застосовуване для зварювання в захисних газах, класифікують:

- і за способом зварювання — неплавким вольфрамовим електродом і плавким металевим електродом;
- і за призначенням — універсальне і спеціальне;
- і за типажем — напівавтомати, автомати і різні установки для спеціалізованих видів зварювальних робіт.

Для зварювання в захисних газах застосовують як постійний, так і змінний струм. Як джерела живлення зварювальної дуги в разі зварювання на постійному струмі використовують зварювальні перетворювачі або зварювальні випрямлячі, на змінному струмі — зварювальні трансформатори.

Для подавання електродного дроту і захисного газу призначені газоелектричні пальники. До газоживильної апаратури постів (рис. 50.18) входять: балон із захисним газом, редуктор, осушник і підігрівник газу, ротаметр для вимірювання витрати газу. Газ надходить у зону дуги спеціальним шлангом.

Технічні характеристики найпоширеніших напівавтоматів та автоматів у захисних газах наведено в табл. 50.7.

Для ручного дугового зварювання у середовищі аргону застосовують установки УДАР-300-1, УДГ-301 (на струми 50...300 А), УДАР-500, УДГ-501 (на струми 60...500 А) та ін. Установки комплектуються спеціальними газоелектричними пальниками.

Електроди, використовувані для зварювання в захисних газах, поділяються на дві групи: неплавкі на плавкі. У свою чергу, неплавкі електроди поділяються на вольфрамові та вугільні. Неплавкі вольфрамові електроди у вигляді прутків, які поставляють за стандартом, застосовують для аргонодугового зварювання. Неплавкі вугільні електроди використовують для зварювання міді та мідних сплавів. Плавкі електроди застосовують в разі використання як захисних газів аргону та вуглекислого газу. При цьому роль плавкого електрода виконує голий (необмазаний) присадний дріт.

Під час зварювання в захисних активних газах відбувається інтенсивна взаємодія газів з розплавленим металом. В результаті можуть виникнути дефекти під час кристалізації металу. Так, внаслідок вигорання вуглецю в недостатньо розкисленій сталі утворюються газові включення у вигляді пор. Щоб зварне з'єднання було належної якості, у присадний дріт вводять елементи-розкислювачі.

Вигоранню деяких легуючих елементів і нейтралізації шкідливого впливу газів запобігають легуванням зварного шва через присадний дріт.

Основні технологічні особливості зварювання й наплавлювання у середовищі захисних газів: рід, полярність і зварювальний струм, напруга дуги, швидкість зварювання, витрата газу, форма підготовки кромки під зварювання. Важливе значення має діаметр електродного дроту. Його добирають залежно від товщини зварюваного металу, а за вибраним діаметром встановлюють зварювальний струм. Витрату захисного газу визначають залежно від швидкості зварювання, зварювального струму і типу зварного з'єднання. Електродний дріт добирають з урахуванням забезпечення аналогічності хімічного складу металу шва і основного металу. Дріт іншого складу

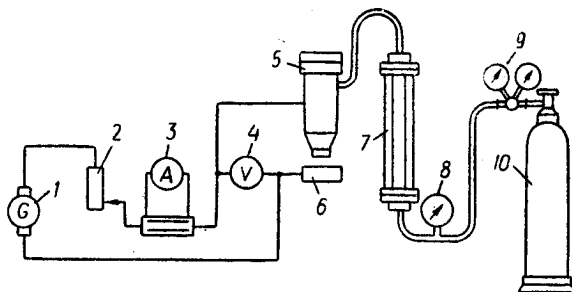


Рис. 50.20. Схема поста ручного аргонодугового зварювання нерозплавлюваним електродом на постійному струмі:

1 — зварювальний генератор; 2 — баластний реостат; 3 — амперметр; 4 — вольтметр; 5 — палик-електродотримач; 6 — стіл зварника; 7 — ротаметр; 8 — манометр низького тиску; 9 — редуктор; 10 — балон з газом

застосовують, щоб забезпечити певні властивості наплавленого металу.

На ремонтних заводах найбільше застосовують аргонодугове зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом (рис. 50.19 та 50.20), а також зварювання й наплавлювання плавким електродом у вуглекислому газі (рис. 50.21 та 50.22). Під час зварювання й наплавлювання в захисних газах повітря відтискується від зони зварювання струминою газу, а окислений метал шва вуглекислим газом запобігають елементи-розкислювачі, що містяться в електродному дроті.

Аргонодугове зварювання неплавким (вольфрамовим) електродом характерне тим, що дуга збуджується і горить між електродом і деталлю, а присадний матеріал подається ззовні. Зварювання можна виконувати як уручну, так і за допомогою автоматів та напівавтоматів

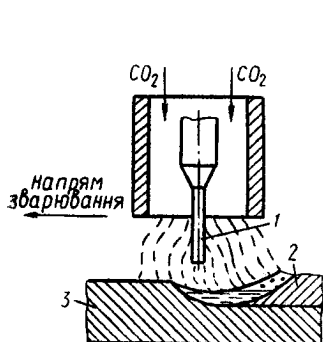


Рис. 50.21. Схема зварювання і наплавлювання розплавлюваним електродом у вуглекислому газі:

1 — розплавлюваний електрод; 2 — наплавлений метал; 3 — основний метал

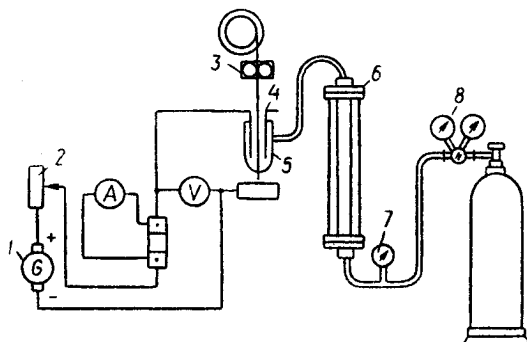


Рис. 50.22. Схема поста зварювання розплавлюваним електродом:

1 — зварювальний генератор; 2 — баластний реостат; 3 — подавальний механізм; 4 — струмопровідна втулка; 5 — палик; 6 — ротаметр; 7 — манометр низького тиску; 8 — редуктор

із застосуванням постійного і змінного струму. Цим способом доцільно ремонтувати і відновлювати відповідальні деталі з нержавіючих, жаростійких і жароміцних сталей, а також алюмінієвих та магнієвих сплавів. Спосіб забезпечує високу якість ремонту, проте використання порівняно дорогого і дефіцитного аргону різко підвищує вартість ремонту й відновлення деталей. Орієнтовні режими ручного аргонодугового зварювання й наплавлювання наведено в табл. 50.8.

Для ремонтного зварювання й наплавлювання деталей з маловуглецевих і деяких низьколегованих сталей як присадний матеріал застосовують кремнемарганцевистий дріт Св-08ГС, Св-08Г2С та ін. Кремній і марганець, які містяться в таких дротах, є розкислювачами, що забезпечує утворення швів без пор.

Таблиця 50.8

Діаметр присадного дроту, мм	Струм	Сила зварювального струму, А	Швидкість, м/год	Витрата аргону, л/хв
1,6	Змінний	35..75	9..20	3..4
1,6..2,0	»	45..85	9..20	4
1,6	Постійний прямої полярності	30..60	9..17	3..4
1,6..2,0	Те саме	40..75	5,5..12,0	4
1,6	Змінний	40..60	6..8	3..4
1,6	»	40..60	5..5,5	4

Наплавлювання в захисних газах мало відрізняється від зварювання цим самим способом. Так само, як і під час зварювання, дуга горить між наплавлюваною деталлю і плавким чи неплавким електродом. На ремонтних підприємствах найбільш поширене напівавтоматичне наплавлювання у середовищі вуглекислого газу плавким електродом постійним струмом зворотної полярності. Порівняно з ручним напівавтоматичне наплавлювання підвищує продуктивність праці в 3..4 рази і на 30..40 % знижує собівартість за рахунок зменшення затрат енергії на плавлення металу.

Наплавлюванню у вуглекислому газі піддають як циліндричні, так і плоскі поверхні деталей. Зовнішні і внутрішні поверхні циліндричних деталей наплавляють по гвинтовій лінії вздовж твірної.

Вибір способу і послідовності наплавлювання залежить від конструкції деталі. На ремонтних підприємствах для відновлення деталей застосовують напівавтоматичне наплавлювання у вуглекислому газі на напівавтоматах 0547Р, ПГШ-2М та ін. і автоматичне на спеціальному устаткуванні (автомати АДПГ-500, АТП-2 та ін.). Як джерела струму використовують випрямлячі ВДГ-301, ВС-300 та ін. і перетворювачі АСГ-400, ПСУ-600 та ін.

На підприємствах для зварювання в захисних газах часто використовують устаткування, призначене для зварювання під флюсом, після незначної переробки і додаткового оснащення газовою апаратурою.

Вибрати спосіб ремонтного зварювання й наплавлювання, а також склад захисних газів для різних матеріалів можна, керуючись даними табл. 50.9.

Відновлення деталей зварюванням і наплавлюванням під флюсом. Автоматичне зварювання (зрідка напівавтоматичне) застосовують

Таблиця 50.9

Зварюваний і наплавлюваний метал	Спосіб зварювання чи наплавлювання		Застосування вузлів деталей
	Нерозплавленим вольфрамовим електродом	Розплавленим електродом	
Маловуглецева сталь	Комбінований захист газовою сумішшю аргон + вуглекислий газ	Вуглекислий газ. 90 % аргону + 10 % вуглекислого газу. Аргон марки Г	Ремонт кабіни. Зварювання облицювання
Низько- і середньолеговані сталі	Комбінований захист аргон + вуглекислий газ	Аргон марки В. 90 % аргону + 10 % вуглекислого газу. Аргон марки Г	Наплавлювання деталей із спрацюванням до 1 мм
Нержавіючі хромонікелеві високолеговані сталі	Аргон марки В. Аргон марки В. Гелій. Комбінований захист	Аргон марки В. Гелій. Аргон марки Г. Вуглекислий газ. 90 % аргону + 10 % вуглекислого газу	Наплавлювання всмоктувальних клапанів двигунів
Жароміцні хромонікелеві сплави	Аргон марки В. Гелій	Аргон марки Б. Гелій	Наплавлювання вихлопних клапанів двигунів
Алюміній та алюмінієві сплави	Аргон марки Б	Аргон марки Б та В. 35 % аргону + 65 % гелію	Наплавлювання головки блока, поршнів, зварювання корпусів масляних насосів

у масовому та великосерійному виробництві для виконання кільцевих та прямолінійних швів у виготовленні деталей і зварних конструкцій.

Ремонтне наплавлювання під флюсом мало відрізняється від зварювання. Так само, як і під час зварювання, дуга в цьому випадку горить між електродом і наплавлюваною деталлю під захистом розплавленого шлаку або флюсу (рис. 50.23). Такою дугою плавляться основний і присадковий метали, а також флюс.

Оболонка з розплавленого флюсу оберігає метал наплавки і пришовної зони від контакту з киснем і азотом повітря, запобігає втратам розплавленого металу від розбризкування.

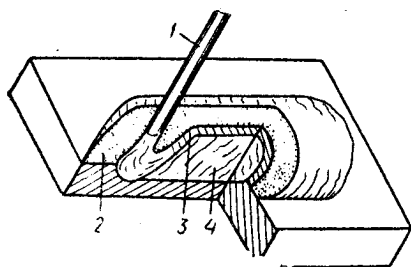
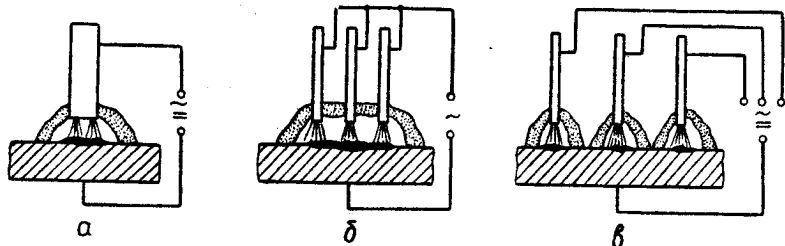


Рис. 50.23. Схема електродугового наплавлювання під флюсом:

1 — електродний дріт; 2 — флюс; 3 — шлакова кірка; 4 — наплавлений метал

Рис. 50.24. Схема способів наплавлювання під флюсом:

а — електродною стрічкою; б — багатоелектродне; в — багатодугове



Як і зварювання, наплавлювання під флюсом поділяється на автоматичне та напівавтоматичне. Автоматичне наплавлювання під флюсом забезпечує високі продуктивність та якість наплавленого металу, а також поліпшення умов праці. При цьому способі наплавлювання можна легувати наплавлений метал через електродний дріт, флюс або ж спільним легуванням через дріт та флюс. Ступінь легування залежить від режимів наплавлювання. У табл. 50.10 наведено режими наплавлювання циліндричних деталей діаметром 40...100 мм електродним дротом діаметром до 2 мм.

Перевага наплавлювання під флюсом — високі продуктивність і якість роботи; недолік — неможливість візуального нагляду за формуванням наплавлених валиків, а також неможливість виконувати процес у різних просторових положеннях.

У процесі наплавлювання намагаються зменшити частку основного металу в наплавленому, щоб знизити ступінь переходу шкідливих домішок.

Мале значення частки участі основного металу досягається за умови наплавлювання під флюсом електродною стрічкою (рис. 50.24).

Зрідка застосовують багатодугове наплавлювання. Суть способу багатодугового і багатоелектродного наплавлювання полягає в тому, що застосовують кілька наплавлювальних апаратів або ж один з кількома електродами, ізольованими один від одного. При цьому кожний електрод живиться від окремого джерела струму.

Наплавлюванням під флюсом відновлюють сталні колінчасті вали двигунів багатьох марок. Сталні колінчасті вали відновлюють напилюванням під флюсом АН-348А високовуглецевими дротами ОВС

або пружинним дротом. Наплавлювати колінчасті вали можна під шаром комбінованого флюсу, складеного з керамічного електрода типу АНК-18 чи АН-348 з додаванням порошкоподібного графіту.

Розроблено технологічне наплавлювання чавунних колінчастих валів під флюсом АН-348 у два шари. Перший шар наплавляють самозахисним порошковим дротом, а другий (стійкий проти спрацювання) — легованим дротом. У деяких випадках спрацьовані колінчасті вали автотранспортних двигунів наплавляють під флюсом багато-

Таблиця 50.10

Варіант режиму	Діаметр наплавлюваної деталі, мм	Діаметр електродного дроту, мм	Сила струму, А	Напруга дуги, В	Швидкість подачі дроту, м/год	Швидкість наплавлювання, м/год	Зміщення електрода, мм
1	40...50	1,2...1,6	110...130	25...78	70...100	14...18	4...5
2	70	1,6...2,0	170...180	26...28	70...120	20...24	5...6
3	80...90	2,0	170...180	26...29	120...150	20...24	6...7
4	100	2,0	170...200	26...29	120...150	20...24	7...8

електродним наплавлюванням. Шийки валів наплавляють чотирма електродами з дроту типу Н 30ХГСА. Після наплавлювання деталі піддають термообробці — глибокому відпуску чи відпалу і нормалізації.

Плазмове і плазмове-порошкове наплавлювання. Плазмове наплавлювання може здійснюватися з струмопровідним присадним дротом (рис. 50.25, а). Присадний дріт плавиться у дводуговому розряді. Одна дуга горить між вольфрамовим електродом 1 і соплом 3, а друга — між вольфрамовим електродом і дротом 4. Соплом 2 над-

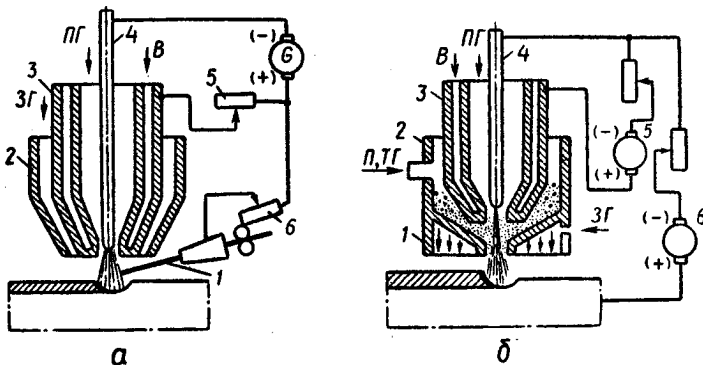


Рис. 50.25. Схема плазмового наплавлювання:

В — вода; ПГ — плазмотвірний газ; ЗГ — захисний газ; ТГ — транспортуючий газ; П — присадний порошок

ходить захисний газ. Нагрівання основного металу здійснюється за рахунок теплоти нагрітого розплавленого металу дроту і факелом плазмової струмини. Опори 5 та 6 призначені для зміни струму плазмової дуги і сили струму, що йде дротом.

Плазмове наплавлювання дає можливість наплавити тонкий шар металу при мінімальному проварі на деталі.

Плазмове наплавлювання деталей — прогресивний метод відновлення відповідальних деталей, як-от вихлопні клапани двигунів внутрішнього згоряння, кулачки розподільних валів та ін. Як присадний матеріал найчастіше застосовують порошок дрібної грануляції або ж присадний дріт. До недоліків цього процесу можна віднести високу вартість устаткування і наплавлюваних матеріалів.

При плазмово-порошковому наплавлюванні плазмова струмина формується в соплі 3 (рис. 50.25, б). Через сопло 2 надходить присадний порошок, а захисний газ — соплом 1. Для запалювання дуги між електродом 4 і соплом 3 є джерело 5. Джерело 6 використовують для формування плазмової дуги.

Індукційне наплавлювання СВЧ (рис. 50.26) здійснюється із застосуванням високочастотного місцевого нагрівання в індукторі, який звичайно живиться струмом високої частоти.

Технологічний процес індукційного наплавлювання включає нанесення наплавлювальної шихти певного хімічного складу, нагрівання наплавлюваної поверхні в електромагнітному полі індуктора до температури на 303...323 К вищої за температуру плавлення присадного матеріалу, видержку при вимкнутому нагріванні, під час якої забезпечується кристалізація рідкої ванни і формування наплавленого шару.

Індукційне наплавлювання може виконуватись нанесенням шару металу на поверхню виробу розплавленням присадного металу або

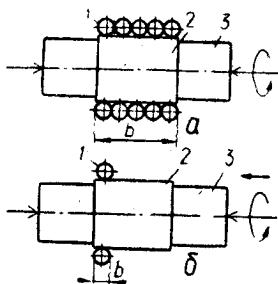


Рис. 50.26. Схема індукційного наплавлювання зовнішніх циліндричних поверхонь:
а — у багатовитковому індукторі; б — в одновитковому індукторі з переміщенням деталі вздовж осі; 1 — індуктор; 2 — присадний матеріал; 3 — відновлювана деталь (б — ширина зони одночасного плавлення присадного матеріалу)

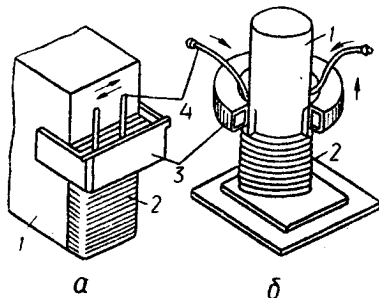


Рис. 50.27. Схема електрошлакового наплавлювання плоскої (а) і циліндричної (б) поверхонь:
1 — наплавлювана деталь; 2 — наплавлений шар; 3 — повзун або кристалізатор; 4 — електрод

ж заливанням розплавленого металу на підігріту основу. Основні переваги індукційного наплавлювання перед іншими способами: обмежена площа нагрівання основного металу, сприятливі умови праці, висока продуктивність.

Недоліки: окислення основного металу, обмежені можливості утворення шару заданої товщини і геометричної форми та ін.

Електрошлакове наплавлювання застосовують для нанесення шару металу великої товщини (понад 15 мм) на зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні деталей.

Таблиця 50.11

Параметр	Ролик одноборт- вий	Коток опорний
Сила струму, А	440...460	520...550
Напруга дуги, В	25...26	25...26
Сила струму в колі «електрострічка», А	100...120	50...70
Виліт електрода, мм	25...28	28...30
Виліт стрічки, мм	30	40...50
Кут подачі електрода, град.	70	70

Наплавлювання можна виконувати дротяним (рис. 50.27) і трубчастим електродом. Внаслідок розплавлення електрода 4 та деталі 1 утворюється наплавлений шар 2. Кристалізатор 3 переміщується вздовж осі наплавлюваної деталі. Описаний спосіб наплавлювання продуктивний, але менш універсальний порівняно з іншими.

Спосіб застосовують для ремонту великогабаритних деталей — станин, сухарів підшипників або у виготовленні приливів та штуцерів на великих деталях.

Електрошлаковим широкошаровим наплавлюванням із застосуванням додаткового присадного матеріалу можна відновлювати опорні

котки та ролики (рис. 50.28). Режими й умови наплавлювання опорних роликів подано в табл. 50.11. За наплавний матеріал правлять електроди — порошковий дріт ПП-АН125 або ж ТН-250 і стрічки типів 65Г або 08.

Вібродугове наплавлювання застосовують для ремонтного наплавлювання циліндричних деталей відносно малих розмірів — різних осей, валів, шліцьових валиків тощо. Суть спо-

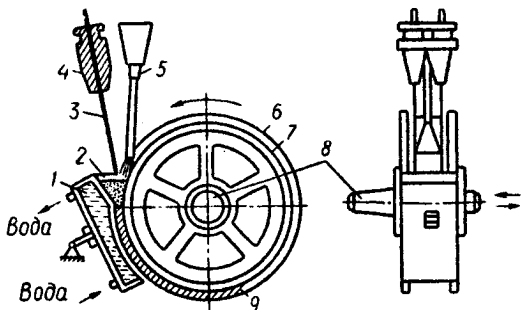


Рис. 50.28. Схема електрошлакового наплавлювання опорних котків:

- 1 — форма (кристалізатор); 2 — наплавлювальна ванна;
- 3 — електрод; 4 — струмопровідний мунштук; 5 — дозатор; 6 — габаритні диски; 7 — опорний коток; 8 — оправка; 9 — наплавлений шар

собу полягає в тому, що між деталлю 3 (рис. 50.29) і присадним електродним дротом 1, який вібрує з частотою 50 і більше коливань за секунду, періодично збуджується дуга.

Деталь рівномірно обертається, а наплавлювальна головка переміщується вздовж деталі. У зону наплавлювання надходить холодна рідина, найчастіше водний розчин кальцієвої соди або 20 %-й водний розчин гліцерину. Пара, що утворюється, захищає метал ванни від кисню й азоту повітря. Основна перевага цього способу — малий тепловий вплив на основний метал і незначна деформація наплавлюваної деталі (у 6...12 раз менша, ніж під час електродугового наплавлювання).

Вібродугове наплавлювання ефективне для відновлення спрацьованих деталей (спрацювання — менш як 1 мм).

Лазерне наплавлювання полягає в нанесенні покриття на спрацьовану поверхню деталі за допомогою лазера. Завдяки локальному фокусуванню лазерного випромінювання можна наносити присадний матеріал у вигляді порошкової суміші на поверхню деталі із збереженням вихідної структури деталі. В результаті можна поєднувати високу стійкість проти спрацювання з втомленісною міцністю відновленої деталі.

Наплавлювання порошковим дротом найефективніше для відновлення деталей із значним ступенем спрацювання. Суть способу полягає в тому, що як плавкий електрод використовують порошковий дріт.

При цьому захист і легування наплавленого металу забезпечуються за рахунок шихти, запресованої в осердя дроту. Для додаткового захисту іноді застосовують флюс або вуглекислий газ. Наплавлювати можна і без захисту — самозахисним порошковим дротом, в якому основною складовою шихти є рутил-органічні, карбонатно-флюоритні і флюоритні концентрати, що являють собою шлакоствірну частину шихти. Самозахисним дротом типу ПАНЧ-11 ремонтують чавунні блоки циліндрів, виготовлені з сірого чавуну.

Наплавлювання виконують на автоматах та напівавтоматах типу А-580М, А-384МК та ін. За джерела струму правлять зварювальні перетворювачі та випрямлячі, що мають жорстку зовнішню характерис-

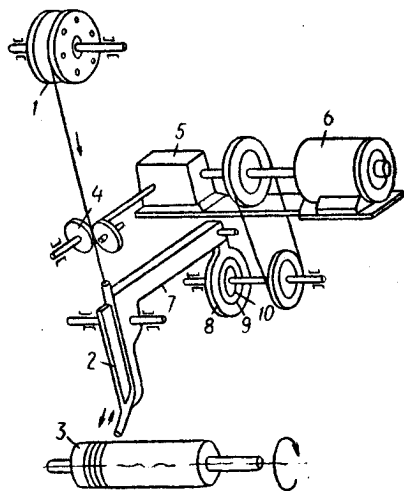


Рис. 50.29. Схема вібродугового наплавлювання
1 — касета для дроту; 2 — мундштук; 3 — деталь; 4 — ролик подачі дроту; 5 — редуктор; 6 — електродвигун; 7 — коромисло; 8 — шатун; 9 — ексцентрикова втулка; 10 — ексцентрикний вал

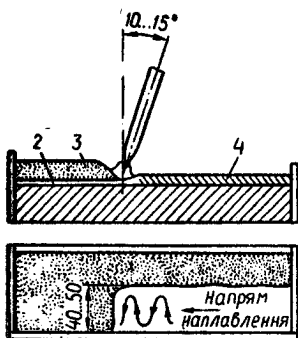


Рис. 50.30. Схема наплавлювання порошкових сумішей вугільною дугою:

1 — наплавлювана деталь; 2 — порошкова суміш; 3 — прожарена бура; 4 — шар наплавленого металу

тику. Режими наплавлювання залежно від типу порошкового дроту і діаметра відновлюваної деталі наведено в табл. 50.13.

Наплавлювання відкритою дугою самозахисним порошковим дротом. До самозахисних порошкових дротів належать рутил-органічні, карбонатно-флюоритні та флюоритні дроти з внутрішнім захистом, призначені для наплавлювання відкритою дугою: ПП-3Х4ВЗФ-0; ПП-15Х12М-0 та ін.

Після розплавлення цих дротів утворюються шлаки, які спливають на поверхню розплавленого металу і захищають його від шкідливої дії повітря.

Таблиця 50.13

Марка і діаметр, мм, електродного дроту	Діаметр деталі, мм	Параметри режиму наплавлювання				Твердість, НВ	
		Зварювальний струм, А	Напруга дуги, В	Швидкість наплавлювання, м/год	Подана дроту, мм	наплавленого металу	після поверхневої пластичної деформації
ПП-АН124 (ПП-У25Х17Т-0) діаметр 3	50...65	200...230	22...24	35...40	4,0...4,5	415...420	560...580
	60...75	240...250	24...26	30...35	4,5...5,6		
	70...85	260...280	26...28	25...30	5,5...6,0		
ПП-3Х5Г2М-0 діаметр 2,2	45...55	160...180	22...24	40...45	3...3,5	480...500	590...600
	50...65	160...180	22...24	35...40	4...5		
	60...75	200...220	24...26	25...30	5...6		
ПП-АН106 (ПП-1Х14Т-0) діаметр 2,0	45...55	160...180	22...24	25...35	2,5...3,0	500...520	570...590
	50...65	160...180	22...24	20...25	3,5...4,0		
	60...75	200...220	24...26	15...20	4,5...5,0		
ППЗХ13-0 діаметр 2,0	45...55	150...170	22...24	35...45	3,0...3,5	535...555	648...668
	50...65	160...200	22...24	30...40	4,0...5,0		
	60...75	200...220	24...26	25...30	5,5...6,0		
ПП-ТН250-0	35...45	180...200	22...24	55...65	4,0...4,5	258...278	320...340
	40...50	200...230	23...25	55...65	4,0...4,5		
	50...65	240...260	23...25	50...60	4,5...5,6		
ПП-25Х5ФМС-0	45...55	160...180	22...24	35...40	4,5...5,0	570...590	620...640
	50...65	200...220	22...24	30...40	4		
	60...75	240...270	24...26	25...35	5		

Цей спосіб ефективний для відновлення деталей складної форми.

Наплавлювання вугільною дугою застосовують зрідка для відновлення деталей ґрунтообробних агрегатів, зуб'їв ковшів екскаваторів тощо. Для цього способу наплавлювання характерним є застосування як присадного матеріалу порошку або порошкових сумішей з твердих сплавів (наприклад, суміш У35Х717, КБХ та ін.).

Наплавлюють дугою постійного чи змінного струму, яка горить між вугільним або графітовим електродом і деталлю (рис. 50.30).

Під час такого наплавлювання забезпечуються неглибоке проварювання і відносно висока продуктивність процесу.

Орієнтовні режими наплавлювання порошокподібних сумішей вугільними та графітовими електродами наведено в табл. 50.14.

Відновлення деталей газовим зварюванням і газополуменевим наплавлюванням. Газове зварювання і газополуменеве наплавлювання відбуваються при безперервному нагріванні металу полум'ям пальника і подаванні в зону нагріву присадного прутка. Від нагрівання полум'ям горючого газу кромки зварюваних деталей розплавляються. Під час наплавлювання розплавляється поверхня деталі у певній зоні полум'я пальника.

Як горючий газ найчастіше використовують ацетилен C_2H_2 , який добувають у спеціальних ацетиленових генераторах взаємодією карбіду кальцію з водою або ж доставляють на пост в ацетиленових балонах.

Іноді замість дефіцитного ацетилену використовують гази-замінники: пропан-бутанову суміш, природний газ та ін. Проте їх застосовують рідше, бо вони дають температуру полум'я нижчу, ніж ацетилен.

Газове зварювання й наплавлювання характеризуються простотою і невисокою вартістю устаткування. Звичайно до комплекту устаткування і апаратури поста для газового зварювання й наплавлювання входять: ацетиленові генератори (або ацетиленовий балон), балон з киснем, зварювальний пальник, редуктори, шланги. Ацетиленові генератори класифікуються за продуктивністю, способом встановлення і системою взаємодії карбіду кальцію з водою: з подаванням води на карбід, із подаванням карбіду у воду, із зануренням карбіду, а також генератори з витісненням води. За способом встановлення генератори поділяють на пересувні і стаціонарні. Редуктори призначені для зниження тиску газу, який надходить з балона, до робочого в пальнику. Для підведення газу до пальника застосовують спеціальні шланги з вулканізованої гуми з льняними прокладками.

Основним робочим інструментом для газозварювальних робіт є зварювальні пальники. Балони для стиснутих газів регламентуються стандартом.

Наплавлювання газокисневим полум'ям (газове наплавлювання) здійснюється аналогічно до зварювання з використанням тепла, що виділяється під час згоряння горючих газів у суміші з киснем. Цей спосіб застосовують в основному для наплавлювання твердих спла-

Таблиця 50.14

Електрод	Діаметр електрода, мм	Сила зварювального струму, А	Напруга дуги, В
Вугільний	10	160...200	24...26
	12	200...300	24...26
	14	300...350	25...28
	16	350...400	25...28
	20	400...500	26...30
Графітовий	6	120...160	26
	8	200...250	25
	10	250...300	26

вів у вигляді прутків відповідного хімічного складу або ж для наплавлювання кольорових металів та їхніх сплавів.

Тверді сплави звичайно наплавлюють на попередньо підігріті деталі у нижньому положенні навуглещовувальним полум'ям (полум'ям з надміром ацетилену). Газове наплавлювання здійснюють із застосуванням активних флюсів, які розкислюють зварювальну ванну. Основними перевагами цього процесу можна вважати мінімальне проварювання основного металу, малу імовірність утворення тріщин. Істотні недоліки газового наплавлювання — відносно низька продуктивність і обмежена можливість автоматизації процесу.

Таблиця 50.15

Наплавлювання	Продуктивність, кг/год
Газове	0,6...0,8
Ручне електродугове (окремими електродами)	0,8...3,0
Напівавтоматичне під флюсом	2,5...3,5
Автоматичне під флюсом (одним електродом)	2,0...15,0
Напівавтоматичне і автоматичне у середовищі вуглекислого газу	1,5...8,0
Електрошлакове (дротяними електродами)	20,0...60,0
Автоматичне самозахисним електродним дротом одним електродом	2,0...9,0
Плазмове з струмопровідним присадним дротом	2,0...12,0
Плазмово-порошкове	До 12,0
Електродугове	1,2...3,0

Флюси використовують у зварюванні й наплавлюванні високолегованих сталей, чавуну та кольорових металів. Як присадні матеріали застосовують металеві стержні (дріт або литі прутки), порошки та порошкові суміші. Матеріалами для них можуть бути чавуни, сплави на основі нікелю, кобальту, тверді сплави — сормайт, сталініт тощо.

Газовим зварюванням успішно усувають дефекти блоків циліндрів — тріщини, сколювання та ін. Як флюси застосовують спеціальний флюс ФС4-1, технічну буру або суміш вуглекислого натрію з вуглекислим калієм.

Продуктивність наплавлювання Π виражають кількістю металу, наплавленого за одиницю часу (наприклад, кг/год), і стосовно до плавкого електрода визначають за формулою

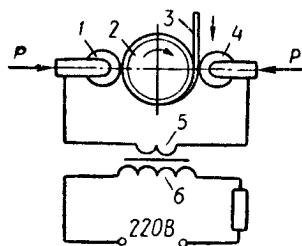
$$\Pi = k_n I_{зв} / 1000,$$

де k_n — коефіцієнт наплавлювання, г/(А · год); $I_{зв}$ — сила зварювального струму, А.

Продуктивність деяких способів наплавлювання наведено в табл. 50.15.

Рис. 50.31. Схема відновлення циліндричної деталі електроконтактним приварюванням присадного матеріалу:

1 та 4 — мідні ролики (електроди); 2 — відновлювана деталь; 3 — присадний матеріал (дріт або стрічка); 5 та 6 — обмотки зварювального трансформатора



Відновлення деталей за допомогою електроконтактного нагрівання. Суть процесу відновлення деталей електроконтактним нагріванням полягає в тому, що за допомогою такого нагрівання на поверхню відновлюваної деталі наносять присадний матеріал у вигляді стрічки, дроту чи порошкової суміші. Шар, що наноситься, і поверхнева зона основного металу деформуються під час нагрівання за рахунок теплоти, яка виділяється під час проходження зварювального струму (рис. 50.31).

Переваги процесу — висока продуктивність, незначні втрати присадного матеріалу і мала зона термічного впливу.

Контактним приварюванням металеві стрічки доцільно відновлювати циліндричні деталі діаметром від 30 мм і вище. Технологія відновлення електроконтактним приварюванням дроту передбачає попереднє висаджування спіральної канавки на поверхні відновлюваної деталі для одержання якісного наплавленого шару.

У разі відновлення деталей електроконтактним напиканням металевого порошку поверхневий шар буде пористим.

50.5. Газотермічне нанесення покриттів

Щоб надати деталям необхідних властивостей (стійкості проти спрацювання, корозійної стійкості тощо), на їхню поверхню наносять різні покриття. З численних способів нанесення стійких проти спрацювання металевих покриттів на ремонтних заводах застосовують такі: металізацію (електродугову, газополуменеву, плазмову та ін.), детонаційний, дифузійний, газо- і парофазний та інші методи.

Металізація — технологічний процес нанесення металопокриття на поверхню виробу напилюванням рідкого металу, розпилюваного струминою газу. Принцип дії електродугової металізації полягає в тому, що розплавлюваний вихідний матеріал (дріт або порошок) напилюється стиснутим повітрям. Залежно від використовуваного джерела нагрівання розрізняють дугову металізацію, газову (газополуменеву), плазмову та індукційну.

У разі дугової металізації метал плавить електрична дуга в електрометалізаторі на спеціальній установці (рис. 50.32). Метал розпилюється до частинок розміром 10...50 мкм і транспортується до поверхні деталі стиснутим повітрям. Товщина металізаційного шару може бути 12 мм і більше. Проте його міцність і стійкість проти динамічних навантажень невисокі.

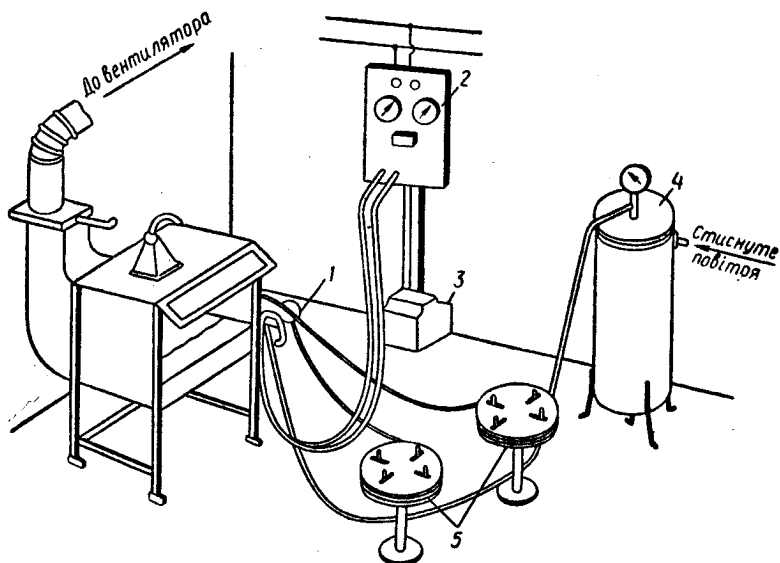


Рис. 50.32. Схема установки для металізації дугним способом:

1 — металізаційний апарат; 2 — відновлювана деталь; 3 — трансформатор; 4 — вологомасло-віддільник; 5 — вертушка з дротом

Металізацію можна здійснювати на апаратах марок ЭМ-3А, ЭМ-9, ЭМ-10 та ін., які випускає промисловість. Для напилювання застосовують дріт діаметром 0,8; 1; 1,6 та 2 мм.

Перевага способу — висока продуктивність процесу.

До недоліків можна віднести перегрів та окислення напилюваного матеріалу і вигорання легуючих елементів присадного матеріалу.

Під час газового (газополуменового) напилювання (рис. 50.33) полум'я газового паличника утворюється в результаті горіння суміші кисню й горючого газу (ацетилену чи пропан-бутану). Частинки напилюваного порошку подаються у факел полум'я і, рухаючись у ньому, нагріваються у струмині газу, розм'якшуються і розплавляються, а потрапивши на поверхню напилювальної деталі, зчеплюються

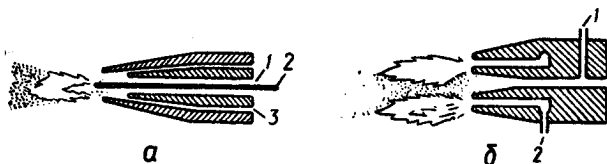


Рис. 50.33. Схеми газополуменових розпилювальних головок:

а — для нанесення покриттів з дроту; 1 — канал для подавання газової суміші; 2 — дріт; 3 — стиснуте повітря; б — для нанесення покриттів з порошоків; 1 — канал для подавання напилюваного порошку; 2 — канал для газової суміші

з основним металом. Під час напилювання порошкового матеріалу порошок може подаватись у факел полум'я транспортуючим повітрям або інертним газом (азотом, аргоном та ін.).

У разі нанесення покриттів з матеріалу дроту в розпилювальну головку надходить не порошок, а суцільнотягнутий дріт, розплавлюваний полум'ям пальника.

Режим газополуменового напилювання, застосований під час відновлення деталі, такий:

тиск стиснутого повітря, МПа	0,3...0,5
витрата повітря, м ³ /хв	0,6...0,8
тиск ацетилену, МПа	0,004...0,06
тиск кисню, МПа	0,2...0,7
витрата кисню, л/год	600...2100
швидкість подачі дроту, м/хв	4,5...6,0

Щоб підвищити динамічну міцність зчеплення напилюваного порошку з основним металом, застосовують процес газополуменового напилювання порошку з подальшим його оплавленням. У такий спосіб відновлюють розподільні вали двигунів (наприклад, ВАЗ 2101).

Як присадний матеріал застосовують порошки із сплавів на нікелевій основі, що самофлюсуються і мають високі антифрикційні та антиспрацьовувальні властивості. Залежно від хімічного складу застосовуваних порошків наплавлювана поверхня має твердість 50...60 НРС_e і досить високу міцність зчеплення покриття з основою (порядку $50 \cdot 10^5$ Па).

У разі плазмової металізації рідкий метал з дроту або порошку утворюється за допомогою плазми у спеціальній плазмовій головці — плазмотроні. Плазма являє собою іонізований потік газу при високих температурах (7273...20273 К).

Для нанесення покриттів з порошкового дроту за допомогою плазмової струмینی застосовують спеціальні плазмові пальники (рис. 50.34). За катод у пальнику править електрод (звичайно вольфрамовий), а за анод — мідне охолоджуване сопло. Плазмотвірний газ подається в розрядну камеру і спрямовується в сопло, стискаючи дугу. Порошок у камеру транспортується газом (найчастіше азотом). Напилювання виконується за допомогою спеціальних установок, що їх випускає промисловість.

Основні переваги плазмового напилювання — можливість напилювати різні матеріали — метали, кераміку, органічні матеріали тощо, а також висока щільність покриття і міцність його зчеплення з основою.

Параметри режиму плазмового напилювання: потужність пальника, витрата газів, напруга і струм, подача порошку, умови напилювання (відстань від пальника до виробу, швидкість переміщення пальника). Оптимальні значення технологічних параметрів установлюють експериментально.

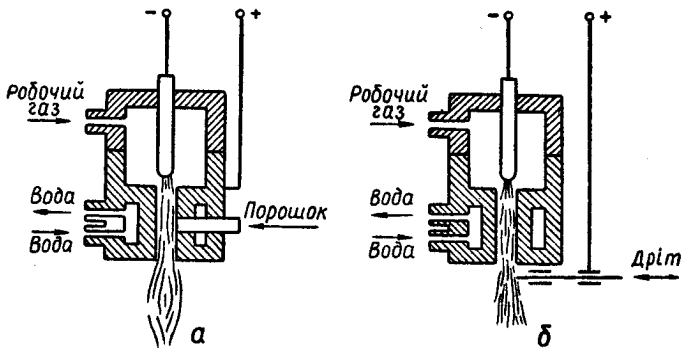


Рис. 50.34. Схема плазових пальників для нанесення покриттів:
 а — з порошків; б — з дроту або стержнів

У випадку детонаційного напилювання (рис. 50.35) для нанесення порошкового покриття використовується енергія детонації газової суміші. Ствол одним кінцем спрямований на оброблювану деталь, а в другому кінці ствола знаходиться напилюваний порошок. Електрична іскра спричиняє вибух газової суміші. В результаті детонації газової суміші виділяється теплота і утворюється ударна хвиля. Частинки порошку розігріваються в продуктах детонації, отримують велику кінетичну енергію і спрямовуються до відкритого кінця труби, проти якого знаходиться напилювана деталь. Під час зіткнення частинок порошку з поверхнею деталі виділяється велика кількість теплової енергії, і температура порошку може підвищитись до 4273 К і більше.

Процес напилювання порошку повторюється періодично 3...4 рази за 1 с. Протягом одного циклу напилювання можна нанести покриття завтовшки 6...10 мкм. Послідовно напилюючи один шар на інший, можна мати покриття завтовшки 1...2 мм.

Детонаційне напилювання призначене в основному для утворення стійкого проти спрацювання покриття, яке складається з карбідів га металевої зв'язки.

Високі температури і тиски, контакт частинок порошку з активним газовим середовищем, деформації частинок під час співударів з поверхнею деталі тощо сприяють перебігу різних фізико-хімічних

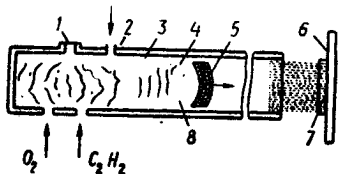


Рис. 50.35. Схема утворення детонаційних покриттів:
 1 — електрична свічка; 2 — подача напилюваного порошку; 3 — теплові хвилі; 4 — ударна хвиля; 5 — детонаційна хвиля; 6 — напилювана поверхня; 7 — напилюване покриття; 8 — частинки напилюваного порошку

процесів у напиленому шарі. Покриття, створені детонаційним напилюванням, характеризуються високою щільністю і міцністю зчеплення з основним металом. Істотний недолік детонаційного напилювання — виникнення великого шуму, через що установку необхідно ізолювати або тримати у спеціальному приміщенні.

Вакуумні методи нанесення покриттів — дифузійний, газофазний та інші (наприклад, іонно-плазмовий) забезпечують утворення на поверхні деталі тонкої плівки покриття (порядку 10 мкм). Тому їх застосовують для зміцнення поверхні деталі, а не для відновлення втрачених розмірів.

Операції нанесення покриттів здійснюють у такій послідовності: попередня підготовка поверхні, нанесення підшару (в міру потреби) матеріалу, обробка після напилювання (механічна, термічна, оброблювальна і т. д.).

Підготовка поверхні полягає в піско- чи дробострумнинній або механічній обробці відновлюваної поверхні, яку виконують незадовго до напилювання.

Нанесення підшару підвищує міцність зв'язку покриття з металевою поверхнею. Застосування підшару не виключає очищення поверхні перед напилюванням.

50.6. Паяння

Паянням називається процес утворення з'єднань з міжатомними зв'язками нагріванням з'єднуваних матеріалів до температури, яка нижча від температури плавлення їх. При цьому відбувається змочування припоєм поверхні деталей, затікання припою в зазор і подальша його кристалізація.

Класифікується паяння за істотними ознаками — одержанням припою, наявністю тиску на паяні деталі і т. д. (рис. 50.36).

Найбільш поширені такі види паяння:

з розплавленням полуди (паяння попередньо луджених заготовок або виробів без додаткового введення припою);

з нагріванням спаюваних матеріалів паянням;

газополуменеве (нагріванням спаюваних матеріалів газовим пальником);

індукційне (нагріванням теплом, що виділяється в спаюваній деталі під впливом електромагнітного поля).

До менш поширених видів паяння належить паяння в печі з контрольованою атмосферою, у флюсовій ванні, в електролітах.

Під час ремонту деталей найбільшого поширення набуло паяння звичайним газовим пальником (газополуменеве паяння) із застосуванням спеціального наконечника.

Паяльним матеріалом є припій та паяльний флюс. Припоєм називають матеріал з температурою плавлення нижчою, ніж у спаюва-

них металів, призначений для паяння і лудження, тобто нанесення на поверхню деталі припою у місці паяння (операції, що передують паянню).

Припої поділяються на легкоплавкі (м'які) з відносно низькими температурою плавлення та міцністю і тугоплавкі (тверді) з високою температурою плавлення. З легкоплавких припоїв найпоширеніші олов'яно-свинцеві типу ПОС. Склад легкоплавких припоїв регламентується стандартом. До тугоплавких припоїв належать латунь типу Л-62 або Л-68, мідно-цинкові типу ПМЦ, срібні та ін.

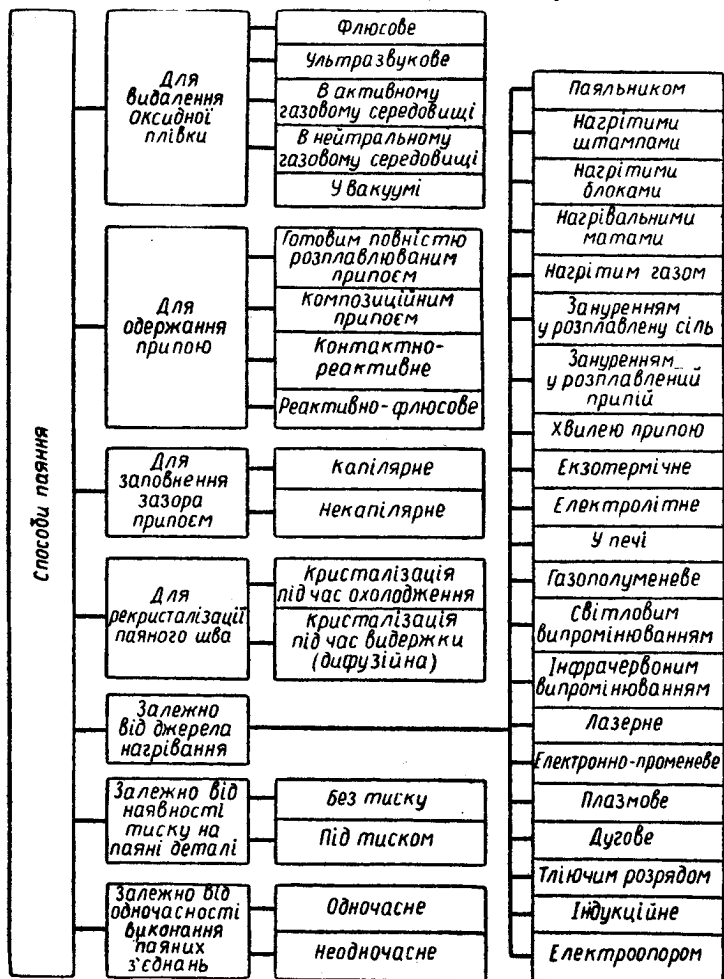


Рис. 50.86. Класифікація способів паяння, які застосовуються на ремонтних підприємствах

Припої випускають у вигляді прутків, порошку, порошкового припою з флюсом і зв'язуючою речовиною. Паяльні флюси застосовують для захисту основного металу і припою від окислення, а також для розчинення й видалення окислів з поверхні ремонтваної деталі.

Флюси поділяються на рідкі й тверді. Рідкі флюси (водні розчини хлористих солей цинку та хлористого амонію) застосовують в разі паяння легкоплавкими припоями. Тверді флюси (буру, борний ангідрид) використовують в основному у вигляді порошоків у разі паяння тугоплавкими припоями.

Таблиця 50.16

Нагрівання деталей	Припій	Назва або марка флюсу
Паяльником	На олов'яній та свинцевій основах	Каніфоль: КЭ, ЛТИ та ЛК; хлористий цинк; суміш хлористого цинку і хлористого амонію; флюспасти
Газополумєневими пальниками	Мідно-нікелеві, мідно-фосфорні, срібні	Бура, суміш бури і борної кислоти № 209
Електроконтактним нагрівом	Олов'яно-свинцеві, мідно-цинкові, мідно-фосфорні, срібні	Хлористий цинк, бура, суміш бури і борної кислоти

На кресленнях, у заводських інструкціях та в іншій технологічній документації спосіб паяння конкретного виробу може бути сформульований приблизно так: «паяння у вакуумі композиційним припоєм, капілярне, дифузійне, в печі, під тиском, ступінчасте».

Для ремонтних потреб найчастіше застосовують паяння за допомогою паяльників, газових пальників та індуктора (для паяння нагріванням СВЧ). Паянням ремонтують паливні баки, радіатори, карбюратори, кабіни тощо.

Деталі з вуглецевих та низьколегованих сталей і чавуну можна паяти усіма переліченими вище способами. Проте найпоширеніші і найпростіші способи нагрівання — паяльником, газополумєневими пальниками і рідше — електроконтактним нагрівом. Як припої в цьому випадку застосовують олов'яно-свинцеві, мідно-нікелеві, мідно-фосфорні, мідно-цинкові та срібні.

Флюси, застосовувані для різних способів паяння, наведено в табл. 50.16.

Для паяння алюмінієвих деталей застосовують припої із сплавів на основі алюмінію і флюси типу 34А, Ф320, Ф370, що містять хлористий калій, хлористий літій, хлористий цинк тощо.

Технологічний процес паяння включає підготовку деталей до паяння, власне паяння й очищення паяльного шва, контроль паяного

з'єднання. Під час підготовки деталей очищають поверхню від бруду та окисних плівок механічним способом або травленням кислотою, а також лужними розчинами.

Характер технологічного процесу визначається видом ремонтного виробництва тієї чи іншої ремонтованої деталі.

50.7. Зварювання і напилювання пластмас

Пластмасами називають матеріали, виготовлені на основі високомолекулярних органічних речовин — полімерів. Крім високомолекулярної основи полімера (або зв'язуючої), до них вводять різні наповнювачі, пластифікатори, барвники та інші спеціальні добавки.

Пластмаси мають цінні властивості: досить високу міцність, малу густину, високу корозійну стійкість, низьку теплопровідність. Їх використовують і як діелектрики, а також як матеріали з високими антифрикційними властивостями.

За зварюваністю пластмаси можна поділити на дві групи: незварювані звичайними методами — термореактивні та термопластичні (поліетилен, поліпропілен, полістирол, поліамід та ін.) і здатні зварюватись. Останні можуть багаторазово піддаватися нагріванню й переходити у пластичний стан. Такі пластмаси зварюють нагріванням і прикладанням тиску.

Зварювання пластмас — технологічний процес утворення нерознімного з'єднання — здійснюється при температурі в'язкотекучого стану. Під дією температури і тиску відбувається процес самозминання (аутогезія) з виникненням міцного зв'язку між молекулами.

Найпоширеніші такі види зварювання пластмас: газовими теплоносіями (ручне, із застосуванням присадного матеріалу і без застосування його); нагрітими (нагрівальними) інструментами (паяльником, електропраскою, пластиною або стрічкою і т. д.); гарячим пресуванням; струмами високої частоти; тертям; ультразвуком та іншими методами.

У разі зварювання газовими теплоносіями з присадним матеріалом зварювані кромки нагріваються за рахунок тепловіддачі від нагрітого газу, що надходить з пальника. Нагрітий газ (повітря, інертний газ тощо) надходить з мундштука пальника і нагріває кромки та присадний пруток до в'язкотекучого стану. Від натискування рукою на пруток останній приварюється до кромок, утворюючи зварний шов.

У разі зварювання без присадного матеріалу кромки листів скошують, листи укладають під зварювання і кромки рівномірно нагрівають нагрітим газом. Безпосередньо за струминою нагрітого газу рухаються ролики, які обтискують стик.

У випадку зварювання нагрітими елементами джерелами нагрівання є розігріті тіла (елементи), які передають тепло безпосереднім

контактом з пластмасою. Теплоносієм може бути паяльник, уміщений між зварюваними площинами, електропраска, металева пластинка або стрічка.

Під час зварювання гарячим пресуванням тепло передається до місця зварювання нагрітими поверхнями спеціальних пристроїв. Скошені і зчленовані зварювані поверхні пластмас затискають у пресі, робочі поверхні якого нагріваються електронагрівником. Досягнувши заданої температури, роблять видержку під тиском.

У випадку зварювання пластмас тертям нагрівання відбувається за рахунок тепла, яке є результатом тертя зварюваних поверхонь за умови натискування на них.

Метод зварювання ультразвуком ґрунтується на перетворенні в тепло механічних високочастотних коливань, збуджуваних у пластмасових деталях. Під дією тепла пластмаса розм'якшується, і після прикладення тиску поверхні з'єднуються.

Спосіб зварювання вибирають з урахуванням товщини матеріалу, фізико-хімічних властивостей пластмаси, типу конструкцій тощо.

Газополуменеве нанесення пластмас у ремонтних роботах застосовують для вирівнювання зварних швів і нерівностей на поверхні кабін та деталей оперення автомобілів, тракторів і комбайнів. Перед нанесенням пластмасового покриття зачищають і нагрівають ремонтвані поверхні. Напилювання виконують на установці типу УПН-6-63. Для ремонту кабін та деталей оперення використовують пластмаси типу ПФН-12 та ТПФ-37.

50.8. Основні дефекти і контроль якості зварних та паяних з'єднань, наплавленого і напиленого металу

Дефектами у зварних швах, а також у наплавленому і напиленому металі називаються відхилення від норм, передбачених стандартами і технічними умовами на зварні з'єднання та наплавлення. До основних дефектів належать: напливи, подрізи, пропалини, непровар, шлакові вclusions, тріщини, пористість.

Напливи — натікання рідкого металу на недостатньо нагріті кромки зварюваного металу. Напливи утворюються в разі повільного переміщення електрода і коли зварювання ведуть на малому струмі.

Підрізи — зменшення перерізу у вигляді заглиблення (канавки) в основному металі. Основна причина утворення подрізів — зварювання на підвищеному струмі і напрузі дуги.

Пропалини — витікання металу зварювальної ванни на зворотній бік шва.

Непровар — відсутність сплавлення основного металу з розплавленим електродним. Непровар утворюється внаслідок неправильної підготовки кромки або коли малий зварювальний струм і велика

швидкість зварювання, а також при наявності іржі, окалини та бруду на поверхні металу.

Шлакові (неметалеві) включення — це макро- і мікроскопічні частинки з'єднань металу з киснем, азотом, фосфором, а також окисли, що утворюються як побічний продукт під час зварювальних процесів.

Тріщини — основний і найнебезпечніший дефект зварних з'єднань та наплавленого металу. Вони можуть виникати в металі шва або в пришовній зоні. Основна причина утворення тріщин — недодержання технології та режимів зварювання і наплавлювання, застосування зварювальних матеріалів з підвищеним вмістом вуглецю, сірки й фосфору.

Пористість у металі зварного шва виникає в результаті того, що газ, розчинений в рідкому металі, не встигає вийти в атмосферу до того, як затвердне поверхня наплавленого металу. Основна причина утворення пор — погане зачищення наплавлюваної поверхні від бруду, іржі, масла. Причиною пористості може бути велика довжина дуги, невідповідність полярності зварювального струму.

Основні дефекти паяних з'єднань: непропалювання — часткове чи повне незаповнення паяльного зазора припоем і неспаювання — відсутність зчеплення матеріалу, який паяли, з матеріалом паяного шва.

Контроль зварних швів, наплавленого металу і паяних з'єднань може здійснюватися з руйнуванням і без руйнування цілісності деталей. Виявлення зовнішніх дефектів візуальним оглядом або через лупу і перевірку відповідності розмірів швів та наплавленого металу проектним нормам здійснюють зовнішнім оглядом. Цим контролем можна виявити непровар кореня шва, напливи, підрізи, зовнішні тріщини та інші дефекти.

Щільність зварних швів зварних з'єднань, які можна герметизувати, перевіряють гідравлічним випробуванням. Випробувальний тиск в 1,5...2 рази має перевищувати робочий тиск. Після видержки під випробувальним тиском протягом 5 хв його зменшують до робочого і пришовну зону обстукують молотком. Нещільності зварних швів виявляють в разі появи підтікання або потіння.

Для виявлення внутрішніх вад — раковин, тріщин, шлакових включень та газових пор застосовують просвічування рентгенівським та гамма-випромінюванням, ультразвукову та магнітну дефектоскопію. У контролі рентгенівським та гамма-випромінюванням використовують їх здатність проникати крізь метал, непрозорий для променів світла. Під час просвічування зварного шва у ньому видно всі внутрішні дефекти.

Систематичний контроль якості виконання операцій включає: вхідний контроль спрацьованих деталей, операційний та приймальний контроль відновлених деталей. До методів контролю зварних швів

і наплавленого металу належать механічні випробування, визначення хімічного складу та металографічні дослідження.

Перелічені методи випробувань проводять у різних комбінаціях. Під час вхідного контролю визначають також якість основного металу, зварювальних матеріалів, показників зварюваності металів та сплавів.

50.9. Наукова організація праці і техніко-економічні показники

Наукова організація праці на робочому місці включає виробничо-технологічні і психофізіологічні фактори.

До виробничо-технологічних факторів належать: удосконалення організації робочого місця та технології, а також ступінь його спеціалізації; впровадження засобів механізації й автоматизації основних і допоміжних робіт. Правильна організація робочого місця включає в себе найраціональніше розміщення устаткування, апаратури, складських місць і т. д. Робочі місця мають бути, по можливості, спеціалізовані, оснащені засобами механізації.

Психофізіологічні фактори умов праці: зручність робочої пози, комфортність, фізичні зусилля, освітленість, рівень шуму, виробнича естетика тощо.

Для визначення технічно обґрунтованих норм часу на виконання ремонтно-зварювальних робіт призначене технічне нормування. Впровадження нової техніки, раціоналізаторських пропозицій та винаходів, а також порівняння варіантів технологічних процесів визначають економічну ефективність технічного процесу, що виражається як економічний ефект.

До нормативно-технічної документації ремонтних заводів, що мають цехи або дільниці відновлення спрацьованих деталей методами наплавлювання й напилювання, входять:

ремонтні креслення відновлюваних деталей;

дослідні і типові технологічні процеси відновлення деталей напилюванням і наплавлюванням;

довідкові нормативні матеріали наукової організації праці;

методичні рекомендації щодо організації і технології відновлення деталей;

технічні характеристики застосовуваного устаткування, оснащення й матеріалів прийнятого методу відновлення.

Основні техніко-економічні дані дільниці наплавлювання й напилювання (орієнтовно):

річний фонд часу роботи устаткування, год	2070
річна витрата електроенергії, кВт	3750
річна витрата електроенергії на освітлення, кВт	2100

річна витрата стиснутого повітря, м ³	576 000
продуктивність витяжної вентиляції, м ³ /ч	300
рівень шуму, дБ	60
режим роботи дільниці	однорозмінний
строк служби устаткування, років	2...3
кваліфікація обслуговуючого персоналу,	
розряд	3...6
площа дільниці, м ²	50...60
витрата кисню, л/год	800...900
витрата ацетилену (балонного), л/год	600...800

Орієнтовну схему технологічного процесу відновлення деталей методами напилювання й наплавлювання, яку прийнято на дільниці, наведено на рис. 50.37.

50.10. Техніка безпеки і охорона праці під час зварювальних робіт

Правила виконання електрозварювальних робіт детально викладено у «Правилах техніки безпеки і виробничої санітарії під час електрозварювальних робіт».

Правила виконання ремонтних робіт, пов'язаних з газовим зварюванням і наплавлюванням, викладено у «Правилах техніки без-

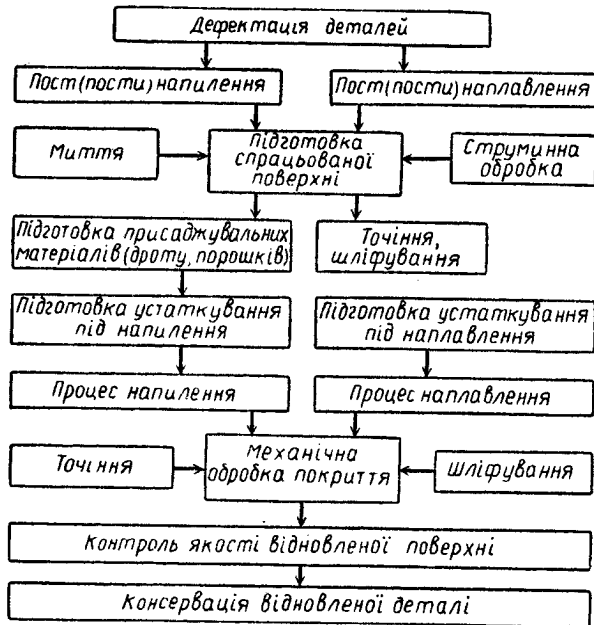


Рис. 50.37. Орієнтовна схема технологічного процесу відновлення деталей методами напилювання і наплавлювання

пеки і виробничої санітарії під час виробництва ацетилену, кисню і газополуменевої обробки металів».

Під час плазово-дугового та плазового зварювання, різання й наплавлювання керуються правилами виробництва і безпечної експлуатації ємкостей, що працюють під тиском.

Дуга виділяє промені видимі (проміння, що сліпить людину) і невидимі (інфрачервоне та ультрафіолетове проміння, які спричиняють опіки очей). Вона виділяє також пил і отруйні гази. Для захисту очей і шкіри людини застосовують щитки, маски із спеціальними стеклами, які правлять за світлофільтри, окуляри та інші засоби. Щоб уникнути отруєння газами, ремонтно-зварювальні роботи виконують в окремих кабінах або приміщеннях з припливно-витяжною вентиляцією.

Під час роботи із зварювальною апаратурою можливе ураження електричним струмом, що може спричинити параліч дихання або зупинення серця. Струм силою 0,01 А вважається небезпечним для людини, а 0,1 А і більше — смертельним.

Для захисту робітника від ураження струмом застосовують гумові діелектричні килимки та рукавички, а також інші засоби. Для гарантування безпеки робіт із зварювальним устаткуванням його обов'язково треба заземлювати.

Крім названих вище, причинами травм можуть бути: удари в результаті падіння важких предметів, засмічення очей зварника під час підготовки деталей під ремонтне зварювання і наплавлювання, опіки.

Основні запобіжні заходи проти травматизму — раціональна і правильна організація робочого місця й суворе додержання правил безпечного поводження з електрогазозварювальним устаткуванням.

Зварювальні роботи можуть спричинити пожежу. Щоб запобігти їй, треба вжити ряд протипожежних заходів, найважливіший з яких — суворе додержання протипожежного режиму роботи. Не можна поблизу місця зварювання зберігати легкозаймисті чи вогнебезпечні матеріали; балони з горючими газами і ацетиленовими генераторами слід розміщувати на безпечній відстані.

Контрольні запитання

1. Що таке «зварювання металів»?
2. Що таке зварювання плавленням, тиском?
3. Що таке зварювальна дуга?
4. Які бувають види зварних з'єднань?
5. На які групи за призначенням поділяються електроди?
6. Що таке порошок дріт?
7. Що таке зварювальні й наплавлювальні флюси і як їх класифікують?
8. У чому суть способу зварювання в захисних газах?
9. Що таке металізація?
10. Що називається паянням?

11. Які види паяння набули найбільшого поширення?
12. Які матеріали називають пластмасами?
13. Які види зварювання пластмас ви знаєте?
14. Які основні дефекти у зварних швах?
15. Що таке непропаювання і неспаювання?
16. У чому полягають основні заходи з техніки безпеки й охорони праці під час зварювальних робіт?

Глава 51

ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАХИСНИХ ТА СТІЙКИХ ПРОТИ СПРАЦЮВАННЯ ПОКРИТТІВ

51.1. Відновлення електrolітичним нарощуванням

Загальні відомості. Електrolітичним гальванічним покриттям належить значне місце в технології ремонту автотракторної техніки. Стосовно до умов ремонтного виробництва гальваностегія може розв'язувати три основні завдання: нанесення металопокриттів на спрацьовані поверхні під час відновлення геометричних розмірів деталей, металевих та інших покриттів для захисту поверхонь деталей від корозії або в разі цементації, нанесення захисно-декоративних покриттів.

Найважливішим з погляду забезпечення надійності і довговічності відремонтованої техніки є перше завдання, розв'язування якого забезпечує відновлення геометричної форми і розмірів працюваних поверхонь, а також службових властивостей деталей при мінімальних затратах суспільно-корисної праці і матеріальних засобів. В умовах ремонтного виробництва гальванічним способом нарощують метали, головним чином на поверхні деталей, що втратили свої початкову форму, розміри і деякі службові властивості в результаті природного спрацювання.

Можливість застосування тих чи інших способів відновлення деталей гальванічними покриттями залежить від ступеня спрацювання, розподіл якого для деталей, що надходять у капітальний ремонт, показано на рис. 51.1.

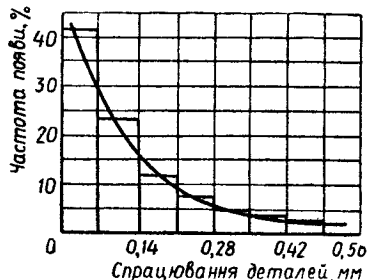


Рис. 51.1. Розподіл спрацювань деталей капітально ремонтнованих автомобілів

У зв'язку з тим, що під час хромування можуть бути нарощені покриття завтовшки до 0,3 мм, а під час залізнення — 1,0...1,5 мм, ці процеси забезпечують можливість відновлення досить великої номенклатури автотракторних деталей практично при будь-якому спрацюванні їх. Найширше їх застосовують у ремонтному виробництві для відновлення спрацьованих деталей.

Ступінь відновлення службових властивостей деталей визначається такими характеристиками гальванічних металопокриттів, як зчіплюваність їх з матеріалом деталей, твердість та стійкість проти спрацювання, вплив покриттів на міцність відновлених деталей (головним чином на втомленісну міцність).

Високої зчіплюваності покриттів з металом деталей досягають правильним вибором режимів нанесення покриттів. Твердість покриттів, утворених під час хромування та залізнення, і їхня стійкість проти спрацювання повністю задовольняють поставлені вимоги. Оскільки під час нарощування гальванічних хромових та залізних покриттів у них виникають внутрішні напруження розтягу, відновлення деталей із застосуванням таких покриттів призводить до зниження втомлюванісної міцності їх (на 15...30 %).

Електролітичне осадження металів у гальваніці здійснюється з електролітів — водних розчинів солей, кислот та основ. Під час розчинення у воді молекули цих речовин дисоціюють на протилежно заряджені частинки: позитивні іони металу Me^+ та водню H^+ , які називаються катіонами, і негативні іони кислотних залишків SO_4^{2-} , гідроксильних груп OH^- та кисню O^{2-} , що називаються аніонами. Такі розчини — провідники II роду. Якщо в електроліт умістити металеві пластини, під'єднані до клем джерела постійного або змінного струму, на межі поверхні металеві пластини і електроліту відбуватимуться електрохімічні реакції, тобто електроліз.

Як електроліти застосовують розчини кислот і солей тих металів, які потрібно нанести на деталь. На анодах, крім розрядження негативно заряджених іонів, відбувається процес розчинення металу з переходом його у вигляді іонів в електроліт. Таким чином, скільки з електроліту виходить іонів металу, осаджуючись на катоді, стільки його розчиняється з анода, поповнюючи електроліт, тобто електроліт не збіднюється на іони металу.

Процес електролітичного осадження металів підпорядковується законам Фарадея: кількість речовин, виділених чи розчинених на електродах, прямо пропорціональна кількості електрики, що пройшла через електроліт. Під час проходження через електроліт певної кількості електрики маси речовин, що виділяються на катоді або розчиняються на аноді, пропорціональні їхнім хімічним еквівалентам.

Кількість електрики, яка являє собою добуток сили струму на час (It), виражається числом кулонів або ампер-годин. Щоб на катоді виділилася один грам-еквівалент будь-якої речовини (A/n , де A — атомна маса; n — валентність елемента), потрібно пропустити через електроліт кількість електрики, що дорівнює 96 500 Кл, або $26,8 A \times \times \text{ год}$.

У гальванотехніці користуються електрохімічним еквівалентом, що являє собою кількість речовини в грамах, яка виділилася на елек-

троді під час проходження через електроліт одиниці кількості електрики (однієї ампер-години), г/(А · год):

$$\varepsilon = \frac{A}{n \cdot 26,8}.$$

На катоді, крім осадженого металу, виділяється водень чи відбуваються побічні процеси електрохімічного відновлення (наприклад, $\text{Fe}^{3+} + e \rightarrow \text{Fe}^{2+}$). З цієї причини кількість металу менша, ніж розраховано за законом Фарадея. Для оцінки корисно використаного струму в гальванотехніці прийнято параметр вихід по струму f_c . Його визначають як відношення практично виділеного металу на катоді до теоретично обчисленого за законом Фарадея, тобто вихід по струму, — це ККД електричного струму. Його значення знаходять з такої залежності:

$$f_c = \frac{q_2 - q_1}{\varepsilon I t} 100 \%,$$

де q_1 та q_2 — маса зразка відповідно до і після нанесення покриття, г; ε — електрохімічний еквівалент, г/(А · год); I — сила струму, А; t — тривалість процесу, год.

Відповідно до закону Фарадея товщину h , мм, осаджуваного металевого покриття визначають за формулою

$$h = \frac{D_k \varepsilon f_c t}{1000 \rho_m},$$

де D_k — катодна густина струму, А/дм²; ρ_m — густина металу, г/см³.

Для розрахунку часу, потрібного для осадження покриття заданої товщини h , користуються співвідношенням

$$t = \frac{1000 h \rho_m}{D_k \varepsilon f_c}.$$

Силу струму, необхідну для нанесення покриття на конкретну площу, визначають за формулою $I_k = S_k D_k$, де S_k — площа покриття металом, дм².

Одержані аналітичні залежності виходять з умови рівномірності розподілу осаду по нарощуваній поверхні.

Насправді товщина осаду на різних ділянках деталі різна — на опуклих поверхнях вона більша. Властивість електроліту давати рівномірні щодо товщини покриття характеризується його розсіювальною здатністю, яка залежить від ступеня рівномірності розподілу електричних силових ліній, що йдуть від анода до катода. Способи зменшення нерівномірності нарощування електролітичних покриттів такі: застосування додаткових анодів або захисних катодів, установа шайб або неметалевих екранів, виготовлення анодів, які копіюють форму катода.

Крім розсіювальної здатності, на якість покриттів впливає покривна здатність електроліту, під якою розуміють здатність електроліту забезпечувати утворення покриття на поглиблених частинах деталей незалежно від його товщини. Покривна здатність поліпшується із збільшенням концентрації основної солі в електроліті.

Технологічний процес нанесення електролітичних покриттів передбачає виконання трьох груп операцій: підготовки поверхні деталей до нанесення покриття, нанесення покриття і завершальну обробку після нанесення покриття.

Мета підготовки поверхні основного металу — надати деталі правильної геометричної форми, видалити жирові та окисні забруднення і зменшити шорсткість поверхні. Підготовка складається з таких операцій:

- механічної обробки поверхонь, що підлягають нарощуванню; очищення деталей від оксидів і промивання їх органічними розчинниками;

- монтажу деталей на підвісні пристрої і ізолювання місць, які не підлягають покриванню;

- знежирювання (хімічного чи електрохімічного);

- промивання в текучій гарячій, а потім у холодній воді;

- хімічної або електрохімічної обробки;

- промивання в текучій воді.

Попередню механічну обробку здійснюють, щоб усунути сліди спрацювання і відновити правильну геометричну форму. Найчастіше застосовувані способи попередньої механічної обробки — шліфування і полірування.

У процесі очищення деталей з поверхонь видаляють продукти корозії, масляні та інші забруднення. Під час монтажу деталей на підвісний пристрій потрібно забезпечити надійний контакт в електричному колі деталь — підвіска — штанга, упевнитись у наявності сприятливих умов для рівномірного розподілу покриття по поверхні деталей і щоб видалити бульбашки водню, який виділяється під час електролізу. Для захисту місць, які не підлягають покриванню, застосовують різні лаки, емалі, плівки, а також екрани з неелектропровідних кислото-лугостійких матеріалів.

Жирові плівки можна видалити з поверхні деталей хімічним або електрохімічним способом. Поширені способи хімічного знежирювання: протирання поверхонь деталей віденським вапном $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$, а також обробка їх лужними розчинами способом занурення в розчин або струминним методом. Високої якості очищення поверхонь досягають електрохімічним знежирюванням у лужних розчинах. При цьому на поверхні деталей, які вішають на катодну штангу, бурхливо виділяється водень, який сприяє механічному відриву жирової плівки. Щоб запобігти насиченню воднем поверхонь деталей, що збільшує ламкість основного металу, в кінці процесу знежирювання змінюють

полярність на обернену і протягом короткого часу (0,2...0,25 тривалості обробки на катоді) обробляють деталі на аноді. Цього ж ефекту досягають і при електрохімічному знежирюванню змінним струмом.

Хімічну та електрохімічну обробки виконують для розчинення окисних плівок, які є на поверхні деталей, і наклепаного шару металу, утвореного під час механічної обробки. Для хімічної обробки (травлення) застосовують розчин сірчаної або соляної кислоти або їхні суміші.

Найпоширеніший спосіб електрохімічної обробки — анодне травлення, при якому виключається насичення металів воднем. У процесі анодної обробки одночасно з розчиненням оксидів і наклепаних поверхневих шарів металу, утворених під час механічної обробки, відбувається насичення поверхні іонами кисню, тобто утворення мономолекулярної пасивної плівки, яка оберігає поверхню від глибшого окислення, ніж на товщину цієї плівки, під час промивання деталей і перебування їх в електроліті до вмикання електричного струму.

Обробка деталей після нанесення покриття складається з таких процесів:

промивання в текучій воді;

нейтралізації від залишків електроліту в 10 %-у розчині кальцинованої соди;

промивання в холодній і гарячій воді;

демонтажу з підвісного пристрою і видалення ізоляції;

висушування деталей гарячим стиснутим повітрям;

механічної обробки відновлених гальванічним нарощуванням поверхню під заданий (номінальний або ремонтний) розмір.

Залізнення. Уперше електролітичне покриття залізом здійснили в 1869 р. російські вчені Б. С. Якобі та Є. І. Клейн. Маючи ряд техніко-економічних переваг порівняно з іншими електролітичними покриттями, електролітичне залізнення привернуло увагу багатьох учених. Для електролітичного осадження заліза застосовують два види електролітів, які різняться температурою процесу, — холодні і гарячі.

Досі для відновлення деталей розроблено і досліджено багато гарячих електролітів різного складу. Серед них виділяють три основні групи: хлористі, сірчаноокислі і мішані, кожна з яких визначається видом аніона солі заліза. Проведені рядом авторів дослідження показали, що сірчаноокислі і мішані електроліти значно поступаються перед хлористими за рядом показників. Тому у практиці ремонтного виробництва найширше використовуються хлористі електроліти, до складу яких входять хлористе (двовалентне) залізо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ і соляна кислота HCl . Застосування їх забезпечує утворення щільних дрібнозернистих осадів завтовшки до 1,0...1,5 мм з високими механічними властивостями і стійкістю проти спрацювання, близькою до стійкості проти спрацювання загартованої сталі. Електроліти допу-

скають застосування високих густин струму ($20 \dots 1000 \text{ A/дм}^2$), причому зміна густини струму в значних межах супроводиться незначними ($1,5 \dots 2,0 \%$) коливаннями виходу по струму, що дає можливість точно визначати тривалість процесу електролізу і розширює можливість його автоматизації.

Властивості покриттів залежать від умов перебігу процесу, які визначаються концентрацією солі заліза $C_{\text{ме}}$, густиною струму $D_{\text{к}}$, температурою електроліту θ_e і його кислотністю рН, а також наявністю в ньому добавок. Залежність твердості осадів електролітичного заліза від режиму електролізу показано на рис. 51.2. Збільшення вмісту солей кислоти в електроліті супроводиться відносно невеликим зниженням мікротвердості покриттів, але істотно впливає на структуру осадів та вихід по струму, що необхідно враховувати у практиці відновлення деталей електролітичним залізненням у гарячих електролітах.

Склади електролітів для залізнення на постійному струмі наведено в табл. 51.1. Схему установки для нанесення гальванічних покриттів на постійному струмі показано на рис. 51.3.

Досить ефективним і перспективним у ремонтному виробництві є використання гальванічного холодного залізнення на асиметричному струмі, що має ряд переваг порівняно з залізненням у гарячих електролітах на постійному струмі: високу універсальність, тобто можливість одержання осадів заліза різної твердості без зміни температури електроліту і його складу; спрощену конструкцію ванн через відсутність необхідності підігріву електроліту; поліпшення умов праці у зв'язку із зниженням кількості випаровувань з поверхні електроліту; низьку вартість.

Схему установки залізнення на асиметричному змінному струмі показано на рис. 51.4.

Основні фактори, що впливають на властивості осадів заліза з холодних хлористих електролітів у разі використання асиметричного змінного струму, — катодна густина струму і коефіцієнт асиметрії β' .

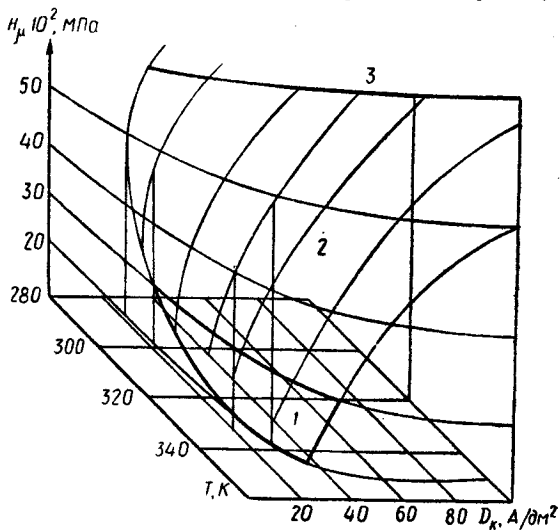


Рис. 51.2. Залежність твердості осадів електролітичного заліза від режиму електролізу:

1 — без тріщин; 2 — з тріщинами; 3 — зі зруйнованою структурою

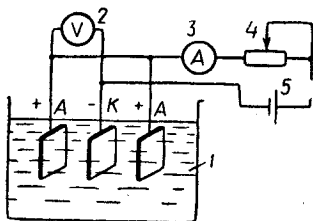


Рис. 51.3. Схема установки для нанесення гальванічних покриттів:
1 — електрод; 2 — вольтметр; 3 — амперметр; 4 — реостат; 5 — джерело живлення

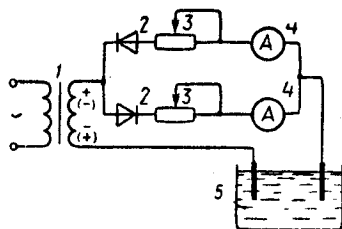


Рис. 51.4. Схема установки для залізнення на асиметричному змінному струмі:
1 — знижувальний трансформатор; 2 — кремнієві діоди ВК-50; 3 — реостати; 4 — амперметри; 5 — гальванічна ванна

Асиметричний змінний струм поліпшує зчіплюваність покриття з основним металом завдяки можливості поступово підвищувати твердість осаду заліза. Спочатку протягом 2...3 хв осаджують шар з невисокою твердістю (1960...2450 МПа), з ненапруженою ґраткою, який зчіплюється значно міцніше з основним металом, ніж твердий шар з великими внутрішніми напруженнями розтягувального типу.

Таблиця 51.1

Компоненти і параметри режиму	Склад електроліту, кг/м ³		
	1	2	3
Залізо хлористе FeCl ₂ · 4H ₂ O	200...250	600...650	400...450
Кислота соляна HCl	2...3	2,0...2,5	0,6...0,8
Водневий показник, рН	1	11,5	1
Температура, К	333...343	253...263	223...253
Густина струму D _к , А/дм ²	До 40	20...30	10...80
Швидкість осадження, мкм/хв	6,5	3...5	2,2...10

Потім твердість поступово збільшують, підвищуючи катодно-анодне відношення — коефіцієнт β' . У такий спосіб, змінюючи катодно-анодне відношення (зменшенням анодної складової), можна в одній ванні мати осаді різної твердості.

Коефіцієнт асиметрії β' впливає також на структуру покриття. Мікроструктура заліза, осадженого при $\beta' = 2$, являє собою дрібні зерна; мікротріщин в осаді немає. При $\beta' = 4$ структура шару заліза дрібнозерниста, з невеликою кількістю мікротріщин, поява яких свідчить про напружений стан кристалічної ґратки електролітичного заліза, яка зазнає напружень розтягувального типу. За рахунок цього підвищується твердість. При $\beta' = 6$ мікроструктура аналогічна попередній, але кількість тріщин помітно збільшується, а мікротвердість підвищується. При $\beta' = 8...12$ структура набуває дуже дрібно-

зернистого характеру з великою кількістю мікротріщин. Твердість при цьому досягає 5880...6000 МПа. Залежність твердості електролітичного заліза від коефіцієнта асиметрії показано на рис. 51.5.

Другий фактор, що впливає на твердість електролітичного заліза та стійкість його проти спрацювання, — катодна густина струму, з підвищенням якої при незмінному коефіцієнті асиметрії твердість осаду зростає. Це наочно показано на рис. 51.6.

Таблиця 51.2

Характеристика зразків	Границя пропорциональності, МПа	Границя текучості, МПа	Границя міцності, МПа	Відносне видовження, %	Відносне звуження, %	Границя витривалості, МПа	Опір зрізуванню, МПа	Ударна в'язкість, кДж/м ²
Сталь 45 нормалізована	392,0	409,8	682,0	22,0	47,5	290,0	576,6	917,0
Сталь нормалізована + тверде електролітичне залізо (товщина шару 0,1 мм)	401,0	415,0	656,0	18,0	29,0	240,0	499,0	903,0

Деталі, відновлені електролітичним залізненням, являють собою біметали, властивості яких істотно відрізняються від властивостей металів (табл. 51.2). Це треба враховувати, вибираючи номенклатуру деталей, які підлягають відновленню способом нанесення гальванічних покриттів.

Склад електроліту і режими електролітичного залізнення на асиметричному змінному струмі наведено в табл. 51.3.

Хромування. Важливим напрямом використання гальванічних покриттів для відновлення деталей автотракторних засобів та іншої техніки є електролітичне хромування.

Розрізняють хромування стійке проти спрацювання і захисно-де-

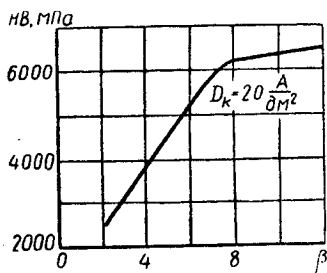


Рис. 51.5. Графік зміни твердості осаду заліза залежно від коефіцієнта β

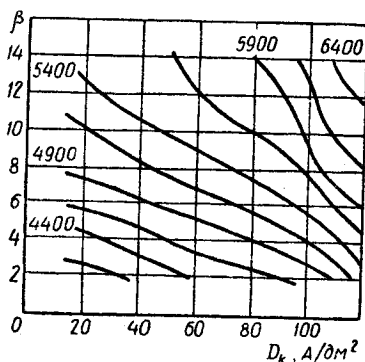


Рис. 51.6. Вплив режимів електролізу на твердість осади електролітичного заліза (твердість в МПа)

коративне. Перше застосовують для відновлення спрацьованої поверхні деталей і для покриття інструменту, щоб підвищити їхній опір спрацюванню. У другому випадку йдеться про захист виробів від корозії і надання їм естетичного зовнішнього вигляду.

Захисно-декоративний хром звичайно застосовують з підшаром міді й нікелю, оскільки через велику пористість сам хром не може вберегти вироби від корозії.

Усі види хрому, стійкого проти спрацювання, можна одержати в одному універсальному електроліті такого складу: хромовий ангідрид CrO_3 — 250 кг/м^3 ; сірчана кислота H_2SO_4 — 2,5 кг/м^3 , але режими будуть неоднакові.

Таблиця 51.3

Компоненти і параметри режиму	Склад електроліту, кг/м^3
Залізо хлористе $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	400
Соляна кислота HCl	1,5...2,0
Катодна густина струму D_k , А/дм^2	20
Вихід по струму, %	80...90
Температура електроліту t , K	293

Наведений склад електроліту називається універсальним, бо в ньому можна одержати осаді хрому і стійкі проти спрацювання, і захисно-декоративні. Для останніх режим покриття такий: густина струму $D_k = 7...30 \text{ А/дм}^2$; температура електроліту — 303...318 K .

Декоративний хромносять на підшари міді чи нікелю. Крім універсального електроліту існує ряд інших — саморегульвний, тетрахроматичний та ін.

Саморегульвний електроліт має здатність автоматично підтримувати концентрації іонів SO_4 та SiF_6 , в результаті чого відпадає потреба часто коригувати процес. Застосовують електроліт такого складу, кг/м^3 : хромовий ангідрид — 200...300; сульфат стронцію — 6,5...7, кремнефторид калію — 18...20. Густина струму — 50...100 А/дм^2 ; температура — 323...343 K .

Тetraхроматичний електроліт дає можливість вести процес при кімнатній температурі. Склад електроліту, кг/м^3 : CrO_3 — 350...400; H_2SO_4 — 2,0...2,5; NaOH — 40...60; цукор або глюкоза — 1...2. Режим хромування: густина струму 10...80 А/дм^2 ; температура 291...295 K . Хром, одержаний з тетрахроматного електроліту, добре припрацьовується.

Процес електролітичного хромування характеризується дуже малим виходом по струму в стаціонарних ваннах — 13...15 %. Причиною є склад електроліту (хромово та сірчана кислота), при якому електричний струм витрачається в основному на розряджання на катоді деталі іонів водню, а сам процес хромування — побічний. Для хромування аноди виготовляють з важкорозчинного металу — свинцю.

Зовнішній вигляд, структура та механічні властивості електролітичного хрому змінюються в дуже широких межах залежно від умов електролізу, складу і температури електроліту, густини струму. При незмінному складі електроліту можна, змінюючи густину струму

і температуру, одержати осад трьох видів: блискучий, молочний та матовий (сірий).

Блискучі осад одержують при температурі 329...331 К і середніх густинах струму 35...70 А/дм². Їхня твердість порядку 7,35...8,82 ГПа. Вони мають широко розгалужену сітку тріщин і дуже ламкі. Рекомендуються для нарощування спрацьованих поверхонь деталей при питомих навантаженнях, які не перевищують у випадках сухого тертя 2,45 МПа, а за умови змащування — 3,92...4,9 МПа.

З блискучого осаду стійкого проти спрацювання хрому анодним травленням можна одержати пористий хром, який використовують для деталей, що працюють в умовах недостатнього змащування. Анодне травлення виконують в електроліті при густині струму 30...40 А/дм².

Молочні осад утворюються при температурі 333 К і вище, порівняно невисоких густинах струму — 25...35 А/дм². Вони характеризуються твердістю 2,45...7,35 ГПа, доброю змочуваністю і значною в'язкістю порівняно з блискучими осадами, а також відсутністю сітки тріщин у тонких шарах. Рекомендуються для нарощування деталей, які працюють при середніх питомих тисках порядку 7,85...9,8 МПа і як антикорозійне покриття.

Матові (сірі) осад хрому одержують при високій густині струму (70...100 А/дм²) і порівняно невисокій температурі (308...323 К). Ці осад характеризуються великою твердістю (11,77 ГПа), ламкістю, наявністю густої сітки тріщин і низькою стійкістю проти спрацювання.

Пористість хромових покриттів, яка впливає на їхні функційні антикорозійні властивості, різко зменшується з підвищенням температури електроліту. Підвищення густини струму при постійній температурі електроліту призводить до збільшення пористості покриттів.

Найвищі експлуатаційні показники у покриттів з дрібнокристалічною структурою. Структура таких покриттів перебуває у нерівноважному стані, їхня кристалічна ґратка спотворена через виниклі внутрішні напруження, які залежать від густини струму і температури електроліту.

Великі розтягуючі внутрішні напруження негативно позначаються на міцності зчеплення покриття з основним металом або металом підшару. При цьому зчіплюваність осаду збільшується з підвищенням температури електроліту і зменшенням густини струму.

Захисно-декоративні покриття. Їх широко застосовують як багатошарові катодні захисно-декоративні покриття. Найстійкіші чотиришарові покриття від послідовного нанесення шарів нікелю, міді, ще раз нікелю і хрому. Перший шар нікелю завтовшки не більш як 5 мкм забезпечує високу міцність зчеплення покриття з деталлю. Шар міді завтовшки до 30 мкм має невелику пористість і забезпечує добрий захист від проникнення корозійного середовища. Другий шар нікелю (20 мкм) надає покриттю красивого зовнішнього вигляду,

а дуже тонкий (1...2 мкм) напівпрозорий шар хрому захищає його від механічних пошкоджень.

Електролітичне міднення застосовують як підшар у випадку захисно-декоративного нікелювання та хромування, а також для відновлення натягу у спряжуваних деталях і захисту поверхонь деталей від цементації.

Під час міднення найчастіше використовують простий і недорогий сірчаноокислий електроліт, що складається з водного розчину мідного купоросу $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (200...250 кг/м^3) та сірчаної кислоти H_2SO_4 (50...75 кг/м^3). Покриття наносять за допомогою розчинних мідних анодів, додержуючи такого режиму: густина струму — 2...4 А/дм^2 ; температура електроліту — 291...293 К; вихід по струму — 98...100 %.

Електролітичне нікелювання застосовують як підшар під час декоративного хромування. Характерна особливість нікелю — його висока стійкість проти атмосферних впливів. Процес здійснюється при кімнатній температурі електроліту і густині струму 1 А/дм^2 . Вихід по струму становить 90...95 %.

Склад електроліту, кг/м^3 : нікель сірчаноокислий NiSO_4 — 140; натрій сірчаноокислий Na_2SO_4 — 50; борна кислота H_3BO_3 — 25; натрій хлористий NaCl — 5; магній сірчаноокислий MgSO_4 — 10.

Цинкування в ремонтному виробництві застосовують головним чином для захисту від корозії дрібних кріпильних деталей. Для цинкування найпоширеніші сірчаноокислі електроліти, до складу яких входять, кг/см^3 : сірчаноокислий цинк (200...250), сірчаноокислий алюміній (20...30), сірчаноокислий натрій (50...100) та декстрин (8...12). Покриття наносять у спеціальних оберткових барабанах або дзвонах при кімнатній температурі електроліту і густині струму 3...5 А/дм^2 . Вихід по струму становить 92 %, товщина шару — 3...40 мкм.

Останнім часом збільшився обсяг досліджень з питання застосування в ремонтному виробництві комбінованих і композиційних покриттів. Прикладом використання комбінованих покриттів може бути технологія осадження сплаву залізо — нікель на поверхню гільз циліндрів двигунів. Суть методу нанесення композиційних покриттів полягає в тому, що разом з металом з гальванічної ванни на деталі осаджують різні неметалеві частинки: карбіди, бариди, оксиди, сульфід, порошки полімерів тощо. Введення дисперсних матеріалів у металеву матрицю змінює властивості покриттів і в десятки разів збільшує їхню стійкість проти спрацювання. Прикладом застосування композиційних покриттів у ремонтному виробництві є відновлення алюмінієвих деталей двигунів внутрішнього згоряння нікель-фосфорними покриттями, нанесення яких на спрацьовані поверхні алюмінієвих поршнів двигунів Д-108 підвищило їхню стійкість проти спрацювання в 1,5...2 рази порівняно з новими. При цьому виключається механічна обробка деталей перед осаджуванням покриттів. Склад електроліту,

кг/м³: хлористий нікель — 25...350; фосфорна кислота — 150...300. Режим нанесення покриття: густина струму — 60...70 А/дм²; температура електроліту — 313...318 К.

Для відновлення геометричних розмірів спрацьованих деталей провадяться дослідження щодо застосування композиційних покриттів на основі заліза. Композиційні покриття на основі нікелю та хрому в десятки разів підвищують стійкість проти спрацювання під час тертя у парі з чавуном. Виконані на Волзькому автомобільному заводі стендові випробування показали, що покриття на основі хрому підвищують роботоздатність спряження «кулачок розподільного вала — важіль клапана» у 8 раз.

В Англії широко застосовують самозмащувані покриття. Комбінований шар, що містить метал і тверде мастило, осаджують з електроліту, в якому містяться тонко подрібнений фторид графіту і водорозчинна поверхнево-активна речовина із зв'язкою фтор — вуглець, що надає позитивного заряду частинкам порошку. Як метал застосовують мідь, нікель, хром, цинк, кадмій, олово, свинець і деякі сплави. Такі самозмащувані покриття наносять на поршневі кільця, шатуни, вкладиші, стінки циліндра.

Перспективним напрямом є використання композиційних покриттів для захисту виробів від корозії. Наприклад, складне покриття для захисту від корозії складається з трьох шарів, нанесених гальванічним способом: спідній шар (0,0025...0,0508 мм) з кобальту або його сплаву (55 %) з нікелем, проміжний (0,0005...0,0076 мм) з кобальту і верхній (0,00013...0,0025 мм) з мікропористого декоративного покриття.

Отже, застосування гальванічних покриттів — один з важливих шляхів поліпшення експлуатаційних властивостей як нових деталей в автомобілебудуванні, так і відновлених деталей в авторемонтному виробництві, спрямований на підвищення надійності і якості нових та капітально відремонтованих автомобілів і їхніх складових частин.

51.2. Відновлення деталей полімерними матеріалами

Полімерні матеріали. В ремонтному виробництві знайшли застосування полімерні матеріали та синтетичні клеї. Переваги їх в тому, що вони характеризуються значною міцністю, доброю хімічною стійкістю, стійкістю проти спрацювання і високими антифрикційними властивостями. Недоліки — мала втомленісна міцність і низька теплостійкість окремих матеріалів.

Полімерні матеріали застосовують для ліквідації в деталях вм'ятин, тріщин, пробоїн, раковин, для виготовлення швидкоspraцьовуваних деталей або окремих частин. Розрізняють термореактивні і термопластичні матеріали.

Термореактивні полімерні матеріали (реактопласти) характеризуються тим, що під час переходу під дією тепла у пластичний стан зазнають необоротних змін, тобто після затвердіння їх не можна знову розплавити для повторного використання.

Термопластичні полімерні матеріали (термопласти) характеризуються тим, що після повторного нагрівання їх можна знову формувати.

Полімерні матеріали та синтетичні клеї, що найчастіше використовуються в ремонтному виробництві, подано в табл. 51.4.

З термореактивних пластмас найбільшого поширення набули епоксидні смоли ЕД-16 та ЕД-20 у різних композиціях з добавками до смоли отверджувачів, пластифікаторів, наповнювачів, барвників та інших компонентів. Галузі застосування епоксидних смол у ремонті деталей та вузлів показано в табл. 51.5.

З полімерів (наприклад, капрону) методом лиття під тиском виготовляють втулки, ресорні підшипникові втулки, осі та інші деталі.

Епоксидний клей (епоксипласт) характеризується такими властивостями:

процес тверднення відбувається без застосування тиску;

характеризується доброю липкістю і можливістю обробки різальним інструментом;

не потребує спеціального устаткування і високої кваліфікації робітників;

забезпечує добру якість ремонту у важкодоступних місцях без розбирання агрегатів.

Епоксидний клей складається з епоксидної смоли, пластифікатора, наповнювачів та отверджувача. Епоксидна смола відіграє роль зв'язуючої речовини і є основою клейової суміші. Щоб збільшити ударну в'язкість та еластичність епоксидного клею, а також знизити його ламкість, до клейової суміші вводять пластифікатор (наприклад, дибутилфталат). Як пластифікатор можна застосовувати також рідкий тіокол та диметилфталат. Маса пластифікатора становить 10...25 % маси епоксидної смоли. Наповнювачі надають епоксидному клею бажаного кольору, потрібної в'язкості, підвищують міцність зчеплення. Як наповнювач використовують алюмінієвий порошок, слюдяний пил, мелений тальк та ін. Для тверднення клею до суміші вводять отверджувач (поліетиленполіамін, гексаметилендіамін, малеїновий ангідрид та ін.).

Підготовка компонентів полягає в тому, щоб привести їх у стан, придатний для змішування. Епоксидну смолу для зменшення її в'язкості підігрівають до температури 320...330 К. Для цього посудину із смолою занурюють у гарячу воду і видержують її там протягом 10...12 хв. Смолу можна також підігріти, поставивши посудину в піч, нагріту до 370 К. Не можна підігрівати епоксидну смолу на відкритому вогні, щоб не вигоріла. Пластифікатор дибутилфталат для видалення

Таблиця 51.4

Матеріал	Галузь застосування
Смола капронова (капрон первинний)	Ремонт валиків, втулок, вкладишів підшипників, виготовлення шестерень, шківів
Поліамід ПП-610	Те саме
Поліамід 68	» »
Поліетилен НД	Нанесення покриттів, виготовлення захисних деталей (пробки, заглушки)
Поліетилен ВД	Те саме
Поліамід ПП-610	Ремонт деталей з підвищеними механічними властивостями
Фенілон С-2	Ремонт шийок валів, кулачкових валів, нанесення тонкошарових покриттів, ремонт вкладишів підшипників
Полістирол	Виготовлення деталей, які працюють при температурі до 338 К
Поліформальдегід	Використовується як заміник сталей і кольорових металів під час ремонту і виготовлення деталей
Волокніт АГ-4	Виготовлення крильчаток, шестерень і деталей, які працюють при температурі 213...473 К
Текстоліт	Виготовлення прокладок шестерень, ремонт напрямних
Еластомір ГЭН-150 (В)	Ремонт нерухомих з'єднань деталей та вузлів сільськогосподарської техніки
Епоксидна смола ЭД-16	Ремонт тріщин і пробіи у корпусних деталях, ремонт посадочних місць під підшипники, клеезварні з'єднання, стабілізація і ремонт нарізних з'єднань деталей та вузлів
Герметик «Эластосил 137-83»	Герметизація і ущільнення з'єднань деталей та вузлів
Герметик «Эластосил 1101 В»	Те саме
Синтетичний клей БФ-52Т	Приклеювання фрикційних накладок ведених дисків
Клей ВС-10Т	Те саме
Клей БФ-2	Склеювання металів та полімерних матеріалів
Клей БФ-4	Те саме
Клей 88Н	Склеювання гум і гуми з металами
Клей ВК-2	Клеезварні, клеезаклепкові та клеенарізні з'єднання

Таблиця 51.5

Склад на основі епоксидних смол (частин по масі)	Галузь застосування	Приклади
--	---------------------	----------

ЭД-6 (100)

Склеювання металевих деталей, ремонт рухомих спряжень та нарізних з'єднань; усунення великих тріщин до 2 мм

Ремонт нерухомого спряження шарикопідшипник — гніздо шарикопідшипника коробки передач, шарикопідшипник — вал, тріщина в корпусі карбюратора

Склад на основі епоксидних смол (частин по масі)	Галузь застосування	Приклади
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Залізний порошок (160) Поліетиленполіамін (8)	Усунення тріщин; ремонт нарізних з'єднань і робочих поверхонь корпусних деталей, які зазнають температурних коливань під час експлуатації	Тріщина водяної сорочки блока циліндрів двигуна; тріщина водяної сорочки головки блока циліндрів; спрацьовані робочі поверхні корпусу гідравлічного насоса
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Поліетиленполіамін (9)	Те саме	Те саме
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Алюмінієвий порошок (25) Поліетиленполіамін (8)	Те саме	Те саме
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (15) Залізний порошок (160) Поліетиленполіамін (8) Скотканина або технічна бязь 3...4 шари	Усунення пробоїн у корпусних деталях, які зазнають температурних коливань під час експлуатації	Пробоїни у блоці циліндрів, корпусі коробки передач
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Поліетиленполіамін (9) Скотканина або технічна бязь 3...4 шари	Те саме	Те саме
ЭД-6 (100) Поліетиленполіамін (9) Смола капронова (порошок) (90)	Нанесення на спрацьовані поверхні підшипників ковзання як антифрикцій-ну суміш	Підшипники ковзання, які працюють при температурі не вище ніж 120 °С, питомому тиску не більш як 10 МПа і швидкості ковзання не більше ніж 4 м/с
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Борошно слюдяне (80) Поліетиленполіамін (9)	Шпаклювання зварних швів; вирівнювання вм'ятин на облицюванні тракторів та автомобілів	Блоки циліндрів двигунів, корпуси коробок передач, корпуси задніх мосгів, облицювання тракторів
ЭД-6 (100) Дибутилфталат (20) Цемент-400 (120) Поліетиленполіамін (9)	Те саме	Те саме

легких речовин також підігрівують до температури 333 К. Якщо клею готують небагато (до 0,2 кг), підігрівати дибутилфталат не обов'язково. Усі наповнювачі необхідно просушити при температурі 100...393 К протягом 3 год.

Після того як зроблено розрахунок усіх компонентів клею, відважено і підготовлено їх, у порцію епоксидної смоли вливають порцію

дибутилфталату і перемішують протягом 3...5 хв до утворення однорідної рідини. Потім у цю суміш, перемішуючи, додають невеликими порціями наповнювачі.

Загальна маса одночасно приготовленої епоксидної пасти за умови ручного змішування і за допомогою клеємішалки має не перевищувати 500 г. Строк технологічної придатності клею з моменту введення в нього отверджувача при кімнатній температурі має не перевищувати 30...50 хв, бо потім починає знижуватись склеювальна здатність, а в'язкість зростає настільки, що клей важко наносити.

Таблиця 51.6

Компонент	Номер суміші			
	1	2	3	4
Епоксидна смола ЭД-5	—	—	100	—
» » ЭД-6	100	100	—	100
Дибутілфталат	20...25	15...20	12...16	15...20
Слюдяний піл марок А чи Б	—	—	15...20	—
Алюмінієва пудра ПАК-1	—	20...30	10...15	35...40
Тальк мелений	60...70	—	—	—
Поліетиленполіамін	12,0	12,0	12,0	12,0

Найбільш уживані клейові суміші наведено в табл. 51.6. Суміші 1 та 2 застосовують для відновлення спрацьованих або уражених корозією поверхонь, а 3 та 4 — для ліквідації тріщин.

Методи нанесення полімерних покриттів. Газополуменеве напилювання полімерів. Суть цього методу полягає в тому, що напилюваний матеріал у вигляді дрібного порошку пропускається через полум'я газового пальника, нагрівається, розплавляється і за допомогою стиснутого повітря переноситься на поверхню деталі. Газополуменевим напилюванням можна наносити полімерні покриття на спрацьовані поверхні деталей, створювати захисно-декоративні покриття, ліквідувати вм'ятини на облицюванні, оперенні, кабінах автомобілів, тракторів та інших машин.

Метод високопродуктивний, але покриття утворюється нерівномірним. Крім того, полімерний порошок під час напилювання частково зазнає деструкції (зміна фізико-хімічних властивостей та структури покриття внаслідок «згоряння» полімеру).

Для газополуменевого напилювання застосовують установки УПН з пальником ГЛН-4 або ГТН.

Під час напилювання стиснуте повітря подають під тиском 0,3...0,6 МПа; відстань від пальника до поверхні деталі — 50...100 мм, швидкість переміщення пальника — 1,5...2 м/хв.

Вихрове напилювання полімерів. Для вихрового напилювання полімерів застосовують порошки з розміром частинок 0,12...0,25 мм.

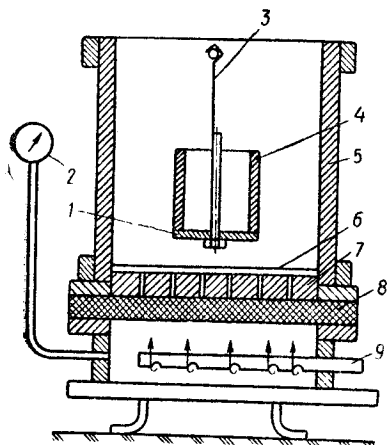


Рис. 51.7. Установка для вихрового напилювання полімерного матеріалу:
 1 — опорна шайба; 2 — манометр; 3 — підвісний пристрій; 4 — деталь; 5 — камера; 6 — тканина; 7 — стальна пластинка з отворами; 8 — пориста перегородка; 9 — трубопровід

Схему установки для вихрового напилювання полімерів наведено на рис. 51.7. Нагріту до температури 553...573 К деталь (на 323...353 К вище від температури плавлення полімеру) вміщують у камеру під пористою перегородкою, на яку насипано порошкоподібний полімер, висота його шару не повинна перевищувати 80...100 мм. У робочу ємність камери через цю перегородку надходить стиснуте повітря (або інертний газ) під тиском 0,1...0,2 МПа, приводячи у вихровий (завислий) стан полімерний порошок. Іноді завислий стан полімерного порошку називають псевдозрідженим, оскільки вихровий шар нагадує потік рідини. Частинки полімеру, інтенсивно переміщуючись, осідають на деталь, плавляться і утворюють рівномірне покриття.

Пористу перегородку виготовляють із склотканини, повсті, кераміки та інших матеріалів. Час видержки деталі при вихровому напилюванні — 8...10 с.

Недолік вихрового методу — підвищена втрата полімерного порошку.

Крім перелічених методів, ці покриття ефективно одержувати литтям (опресуванням). При цьому гранули чи порошок пластмаси завантажують у бункер литтєвої машини, звідки порціями він надходить у канал, де нагрівальним елементом підігрівається і під тиском плунжера подається в прес-форму. Розміри прес-форми мають враховувати спрацювання деталі і припуск на подальшу обробку (в разі потреби). Литтєвим методом відновлюють і виготовляють деталі.

Вібраційним методом досягають також завислості полімерного порошку і нанесення його на поверхню деталі у псевдозрідженому шарі.

Технологія нанесення полімерних покриттів:

1. Приготування порошку (висушування при температурі 333 К, складання суміші з полімеру, наповнювача, перемішування композиції, заповнення бункера або камери установки).

2. Підготовка деталі під покриття (старанне очищення поверхні від іржі і забруднень виваруванням у 10 %-му розчині каустичної соди, потім зачищення наждачною шкуркою, заокруглення гострих кромки, знежирення віденським вапном, ацетоном чи уайт-спіритом,

фосфатування поверхні в розчині суперфосфату у воді до появи сірого відтінку. При цьому на поверхні утворюється якнайтонша фосфатна плівка, що має густу сітку мікрокапілярів, які сприяють збільшенню зчіплюваності полімерного шару з деталлю.

3. Власне нанесення покриття.

4. Термічна обробка покриття для збільшення стійкості проти спрацювання провадиться в маслі при температурі 433...453 К (15... 20 хв), після чого деталь повільно охолоджують з швидкістю 303...308 К/год.

5. Механічна обробка деталі до номінального розміру — шліфування з інтенсивним охолодженням.

Нанесення тонкошарових покриттів у псевдозрідженому стані відновлює деталі зі спрацюванням робочих поверхонь до 1 мм. Комбінований підшар має складатися з суміші 55 % по масі просушеного полікапроамідного порошку і 45 % порошкової суміші на основі твердих епоксидних смол типу Э-49.

Попередньо нагріті до температури 553...573 К деталі спочатку опускають у псевдозріджений шар порошкової суміші і видержують там 1 с, після чого деталь з оплавленим комбінованим підшаром вміщують у псевдорозріджений шар полікапроамідного порошку. Залежність товщини нанесеного полікапроамідного покриття від часу видержки у псевдорозрідженому шарі і відношення маси деталі до площі поверхні наведено на графіку (рис. 51.8).

Деталі з нанесеним полікапроамідним покриттям з комбінованим підшаром вміщують на 10 хв у ванну з маслом Дп-11, нагрітим до температури 390 К, а потім охолоджують на повітрі.

Після нанесення покриття деталі піддають механічній обробці.

Відновлення деталей склеюванням. При склеюванні необхідно досягти високої адгезії між клейовою композицією і склеюваними поверхнями. З цією метою склеювані ділянки деталей старанно обробляють шабруванням, добиваючись доброго прилипання їх. Зачищені поверхні знежирюють, очищають від оксидів та пилу (безпосередньо перед склеюванням — наждачною шкуркою) і старанно продувають стиснутим повітрям. На підготовлену поверхню наносять клейову композицію (один тонкий шар), потім через 1 год — другий шар, який видержують протягом 3...5 хв при кімнатній температурі. Після з'єднання деталі видер-

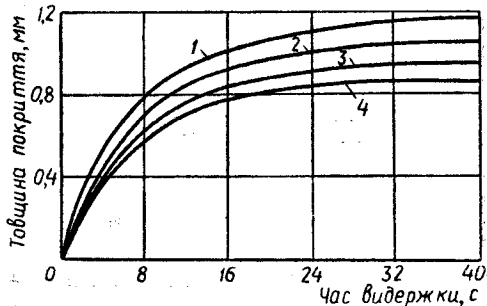


Рис. 51.8. Залежність товщини покриття від видержки нагрітих деталей у псевдорозрідженому шарі, г/см²:

1 — $m/F = 15$; 2 — $m/F = 10$; 3 — $m/F = 4$; 4 — $m/F = 1$

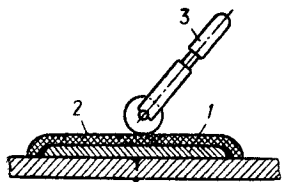


Рис. 51.9. Замазування тріщини в корпусній деталі епоксидною композицією:

1 — металева пластина; 2 — накладка із склотканини; 3 — прикатувальний пристрій

жують у спеціальному пристрої при температурі 413...433 К протягом 1,5...2 год.

За допомогою клею ВС-10Т в ремонтному виробництві успішно приклеюють фрикційні накладки до гальмових колодок (дисків).

Ліквідація тріщин епоксидними композиціями. Дефекти в корпусних деталях усувають за допомогою епоксидних композицій такого складу (масові частини): смола ЕД-6 — 100; поліетиленполіамін — 10, дибутилфталат — 15; наповнювач (чавунний порошок — 150; графіт — 50 або алюмінієва пудра — 20).

Технологічний процес ліквідації тріщин у корпусних деталях складається з таких операцій:

1. Підготовчо-слюсарна обробка — засвердлювання кінців тріщини свердлом діаметром 3...4 мм; розширення фаски зубилом, шліфувальним кругом чи іншими методами; зачищення до металічного блиску прилеглих до тріщини ділянок на відстані 10...15 мм; знежирювання ацетоном, уайт-спіритом чи іншими розчинниками.

2. Приготування епоксидної композиції — з метою видалення вологи необхідно нагріти смолу до температури 373 К і видержати протягом 1 год; додати до смоли дибутилфталат і старанно розмішати; додати наповнювач і розмішати до гомогенного стану; охолодити композицію до кімнатної температури.

3. Нанесення композиції — перед замазуванням тріщини ввести в суміш отверджувач і нанести шпателем перший шар композиції, видержати протягом 5...6 хв. Потім нанести другий шар до цілковитого заповнення композицією порожнини тріщини і видержати при кімнатній температурі протягом 20...24 год або при 333 К протягом 4...6 год (час полімеризації і остаточного тверднення епоксидної смоли). Якщо тріщина велика, використовують накладку із склотканини або комбіновану — з тканини і металевої пластини (рис. 51.9).

За допомогою епоксидних композицій ліквідують тріщини у водяній рубашці блока циліндрів, картерах коробок передач, задніх мостів та інших корпусних деталей.

51.3. Нанесення синтетичних матеріалів для компенсації спрацювання деталей

У сучасному ремонтному виробництві найчастіше застосовують спечені антифрикційні матеріали та покриття, створені методами порошкової металургії і методами металізування.

Доцільність застосування спечених антифрикційних покриттів визначається в основному трьома факторами: низькою собівартістю виготовлення, ефективністю в експлуатації і простотою методу й

устаткування для його здійснення. Крім того, спечені антифрикційні покриття мають здатність самозмащувати вузол тертя.

Переваги застосування спечених порошкових матеріалів для відновлення спрацьованих деталей полягають ось у чому:

економія металу за рахунок застосування ресурсозберігаючої технології додержання точних розмірів, тобто скорочення відходів виробництва, а також маси деталі за рахунок пористості нанесеного шару;

значне скорочення парку металорізального устаткування у зв'язку з непотрібністю механічної обробки нанесеного покриття;

використання відходів — переробка стружки в порошок масу; автоматизація і висока культура виробництва, що супроводжують використання методів порошкової металургії;

значне підвищення ресурсу вузлів завдяки ефекту самозмащення пористих антифрикційних покриттів.

Існує така класифікація спечених антифрикційних матеріалів: на основі залізних порошоків; на основі кольорових металів; з тугоплавких стійких проти спрацювання матеріалів та їхніх сполук; металографітові композиції; металопластмасові матеріали; самозмащувані композиції з використанням металевих, керамічних та металокерамічних порошоків. Ця класифікація не повністю охоплює всю різноманітність антифрикційних матеріалів і покриттів. Вдалішою є класифікація, наведена на рис. 51.10.

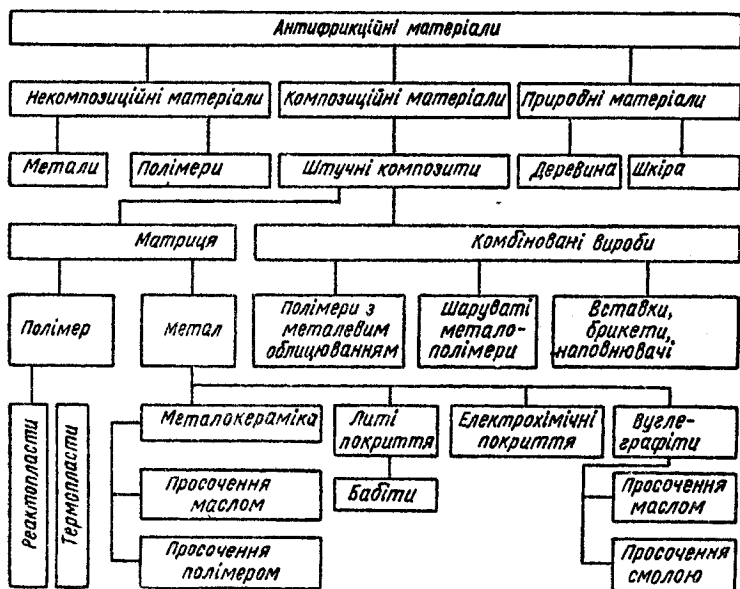


Рис. 51.10. Класифікація антифрикційних матеріалів

Композиційні матеріали на основі порошків, як правило, ізотропні. Щоб мати високоміцні покриття, доцільно застосовувати наповнювачі з великою питомою поверхнею (розміри частинок порошку наповнювача становлять 1...5 мкм). З органічних наповнювачів найпоширеніші деревне борошно, а неорганічних — крейда, каолін, слюда та ін.

В особливу групу можна виділити елементи, які додають, щоб досягти ефекту самозмащування. Для таких антифрикційних матеріалів широко застосовують тверді мастила, що мають ламінарну структуру.

Для виготовлення підшипників ковзання вузлів тертя вакуумних установок використовують металокераміку з високоолов'янистої бронзи з просоченням 50 %-ю водною суспензією фторопласту.

Для нанесення антифрикційних покриттів на деталі, які працюють в умовах обмеженого змащування при високих температурах, застосовують самозмащувальний матеріал — амальгопласт, який формується на основі теплостійких полімерів і розчинів твердих мастил у рідких поверхнево-активних металах.

Прагнення знизити витрати під час ремонту привело до використання пресованої деревини для виготовлення підшипників, які працюють без змащування в абразивному середовищі. Підшипник виготовляють за такою технологією: термообробка маслом заготовок з пресованої деревини при температурі 378...393 К; вільне просочення маслом після пресування і сушіння готових підшипників; примусове просочування пресованої деревини у вакуумі.

Дослідженнями встановлено, що коефіцієнт тертя таких підшипників по сталі дорівнює 0,003...0,09 (температура третьової пари має не перевищувати 363 К, бо окислення масла, що відбувається при вищих температурах, призводить до різкого зниження триботехнічних властивостей пресованої деревини).

Широкого застосування набули також матеріали, в яких твердим мастилом є фториста сполука металу, що дає можливість створити стійку стабільну розподільну плівку (фториди мають високу хімічну і термічну стабільність). Такі матеріали застосовують для відновлення спрацьованих деталей, які працюють в умовах сухого тертя при підвищених температурах.

Для значного підвищення антифрикційних властивостей деталей після відновлення їх рекомендується наносити тонкий металофторопластовий шар. Такі покриття можна створювати двома методами: припиканням пористого покриття із подальшим заповненням пор фторопластом або припиканням шихти з металевих порошків і фторопласту. При першому методі основу покривають шаром міді, наносять на оміднений шар дозований шар бронзи завтовшки 0,07...0,5 мм і припикають його, після чого пористий шар просочують фторопластовою суспензією з наповнювачів з дисульфиду молібдену. За другим методом

поверхню основи покривають бронзовим шаром завтовшки 0,1 мм, на який потім наносять шихту з порошків міді, олова та фторопласту, напресовують шар і припікають його. Другий метод широко застосовують у ремонті деталей насосів типу НШ.

Останнім часом набули застосування композиційні антифрикційні матеріали на основі деревини з полімерними наповнювачами, що сприяє значному підвищенню триботехнічних властивостей деревини. Наприклад, деревина, модифікована фенолформальдегідною смолою і просочена маслом СУ, успішно працює у вузлах тертя при швидкостях ковзання 0,8...1,4 м/с і питомих навантаженнях 1,5...2,0 МПа.

Розроблено новий антифрикційний матеріал на основі фторопласту з наповнювачем з графітових волокон і комплексу твердих мастил. Стійкість проти спрацювання даного матеріалу в 3...5 раз перевищує стійкість використовуваних графітопластових матеріалів. Його можна рекомендувати для відновлення спрацьованих підшипників ковзання, які працюють при навантаженні 4,2 МПа і швидкості ковзання до 1,5 м/с.

Одним з найпоширеніших способів нанесення антифрикційних покриттів є газополуменеве напилювання. Високоякісне покриття утворюється в результаті вихрового напилювання порошоків, при якому, на жаль, спостерігається велика витрата порошоків. З метою підвищення стійкості полімерних покриттів проти спрацювання на них наносять тонкий шар металу. Стійкість проти спрацювання такого покриття на 40...80 % вища, ніж звичайного полімерного.

При нанесенні антифрикційних покриттів на спрацьовану поверхню деталі методом спікання зберігають багато корисних властивостей порошкових композицій, які найчастіше втрачають в разі доведення композицій до температури плавлення. Існує кілька способів припикання — електроконтактний, магніто-імпульсний, металізація та ін. Припикання застосовують для відновлення і зміцнення таких деталей машин, як посадочні місця валів, лиски санників, шестірні гідронасосів тощо.

Напилювання — поширений спосіб нанесення покриття на деталі різної конфігурації. Методи напилювання можна застосовувати для нанесення металокерамічних покриттів, а також для створення багатшарових антифрикційних покриттів.

У сучасному ремонтному виробництві деталі частіше застосовують двшарові (метал — полімер) покриття, нанесені вакуумною металізацією. Як показує досвід, від нанесення таких покриттів на посадочні місця валів, важелів, шестерень і крильчаток водяних насосів стійкість проти спрацювання підвищується на 40...80 % порівняно із стійкістю нових деталей.

Становить інтерес метод спікання антифрикційних поверхонь на спрацьованих деталях у контейнерах з плавким затвором. Застосування цього методу дасть можливість створити антифрикційне

покриття найпростішим способом, оскільки спікання виконується в будь-якій печі, і при цьому навколо деталі утворюється необхідне газове середовище.

Застосовують також метод нанесення антифрикційних полімерних покриттів вібровихровим способом, включаючи створення антифрикційних полімерних порошкових композицій, знежирення поверхні деталі, її нагрівання і нанесення псевдозрідженого шару порошку.

51.4. Відновлення герметичності деталей

Вимоги надійної і безвідмовної роботи агрегатів і машин пов'язані із забезпеченням високого ступеня герметичності.

Одним із суттєвих недоліків литих деталей, а також зварних і паяних швів є наявність у них пор і тріщин і, як наслідок, відсутність герметичності. Доведення деталей механічною обробкою, перепаяванням і заварюванням місць розгерметизації не завжди дає позитивні результати. Застосовувані для цього анаеробні герметики (АГ) дають змогу усунути вказані недоліки.

Анаеробні суміші являють собою полімеризаційно здатні смоли акрилового ряду, які, контактуючи з атмосферним киснем, зберігають рухомий стан. Потрапляючи в зазор, пори і т. п., вони тверднуть і утворюють міцний полімер після припинення доступу кисню. Номенклатуру марок і властивостей анаеробних герметиків, рекомендованих для застосування під час ремонту машин і механізмів, наведено в табл. 51.7.

Швидкість полімеризації залежить від контактуючого матеріалу. За впливом на швидкість тверднення герметика матеріали поділяються на 3 групи:

активні — мідь та її сплави, кобальт, марганець, нікель, залізо (контакт з ними прискорює полімеризацію герметика);

нормальні — алюміній та його сплави, вуглецеві сталі, золото, срібло, цинк (їхня поверхня реактивна);

пасивні — покриття, в тому числі гальванічні, кадмовані, анодовані, окисовані, хроматовані, частково оцинковані; сплави, які містять титан; нержавіючі сталі; пластмаси.

Тверднення на активних поверхнях триває хвилини, на нормальних — години, на пасивних — до кількох діб. Застосування спеціальних активаторів КС і КВ дає можливість скоротити процес полімеризації анаеробних ущільнювальних покриттів на неактивних поверхнях до 3...6 год.

Швидкість тверднення і час, протягом якого матеріал набуває максимальної міцності, прямо залежать від температури тверднення. На якість ущільнення впливають також чистота і шорсткість поверхні, величина зазора, площа герметизуючої поверхні, технологія складання і т. п.

Таблиця 51.7

Марка анаеробного герметика	Галузь застосування	Заповнюваний зазор, мм	Тривалість набирання міцності, год	Границя міцності на здування, МПа	Момент відкручування, Н · м	Інтервал робочих температур, К
Анатерм-IV	Усунення мікропор і мікротріщин, ущільнення і герметизація циліндричних з'єднань	До 0,07	5	Не менш як 3	—	213...523
Унігерм-7	Ущільнення, контрування і фіксація нерознімних циліндричних нарізних з'єднань	До 0,15	3	17...22	20	213...423
Унігерм-2Н	Просочення пористого литва, герметизація і фіксація рознімних гвинтових з'єднань	До 0,15	24	1,5...5,5	—	20...473
Анатерм-6	Ущільнення, герметизація і фіксація фланцевих, нарізних і гладких нерознімних з'єднань	До 0,6	6...24	5,0...8,0	—	213...423
Анатерм-117	Фіксація, ущільнення, герметизація виробів, що зазнають впливу вібрації і ударних навантажень	До 0,3	1...6	Не менш як 17	—	213...573
Унігерм-9	Кріплення, стопоріння кріплення з'єднання деталей, що мають захисні покриття	0,1...0,3	1...6	Не менш як 15	Не менш як 20	213...423
Анатерм-17	Ущільнення і герметизація з'єднань, які працюють при ударних і вібраційних навантаженнях	0,1...0,45	3...5	0,5...3,0	—	213...423
Анатерм-8	Ущільнення фланцевих, нарізних і гладких рознімних з'єднань	До 0,6	6...48	Не більш як 6,0	—	213...423

Анаеробні суміші характеризуються високою хімічною стійкістю проти агресивного середовища, бензо- і маслопродуктів; мають водозахисні властивості, що запобігає корозії в зоні контакту; високу механічну міцність, достатню еластичність і стійкість в умовах вібрації; термостійкість; здатність малозв'язаних сумішей затікати в будь-які зазори; великий діапазон міцнісних і в'язкісних властивостей. Їм властиві висока мобільність і простота застосування в умовах виготовлення, експлуатації і ремонту виробів.

Названі властивості анаеробних сумішей дають можливість у багатьох випадках відмовитись від традиційної технології ремонту машин та механізмів і перейти до принципово нових методів ремонту, одним з яких є застосування анаеробних герметиків для стопоріння і герметизації нарізних з'єднань.

У процесі експлуатації нарізні з'єднання зазнають знакозмінних навантажень, впливу температури, корозійного і абразивного середовища та інших факторів, що сприяють їхньому швидкому спрацюванню. Напруження зтягування нарізних з'єднань, що створюється під час складання, з часом знижується під дією навантажень і зовнішніх умов, в результаті чого порушується нормальна робота машин.

Застосовують різні способи фіксації і стопоріння нарізних з'єднань: за допомогою контргайок, пружинних і замкових шайб, дроту, кернування і розклепування, приварювання і паяння. Однак не всі способи стопоріння достатньо надійні. У процесі експлуатації машин вони потребують періодичного підтягування, на що витрачається багато часу.

У зарубіжному і вітчизняному машинобудуванні анаеробні матеріали вперше набули великого поширення саме для стопоріння нарізних з'єднань. Це простий надійний і економічний спосіб надання з'єднанням стійкості проти дії вібрації, трясіння, ударних навантажень. На відміну від механічних стопорних пристроїв анаеробні герметики заповнюють простір між витками різьби, завдяки чому зростає опір тертю, створюються умови для запобігання накручуванню металу і корозії, підвищується крутий момент відкручування відносно до момента зтягування. В результаті заміни традиційних способів стопоріння нарізних з'єднань клейовими виробничі витрати знижуються майже на 90 %.

Механізм полімеризації анаеробних герметиків у нарізних з'єднаннях можна уявити так. Під час закручування нарізного елемента з попередньо нанесеним на нього рідким герметиком витискується повітря з об'єму між з'єднуваними нарізними поверхнями і заповнення його герметиком, який, тверднучи, утворює міцне з'єднання. Застосування анаеробних матеріалів дає змогу не тільки відновити нарізні з'єднання і запобігти самовідкручуванню в процесі експлуатації, а й забезпечити добру герметичність і роботоздатність.

Технологічний процес стопоріння нарізних з'єднань анаеробними матеріалами полягає ось у чому. З'єднувані нарізні поверхні ретельно очищають від іржі, старої фарби, окалини та інших експлуатаційних забруднень, знежирюють стандартними засобами і наносять герметик на 3...4 нитки різьби болта чи шпильки. Матеріал наносять крапельницею флакона чи помазком.

На міцність з'єднання впливають такі фактори, як величина зазора, якість знежирення, попереднє затягування, умови експлуатації, марка анаеробного матеріалу та ін. Так, для герметика АН-IV максимально заповнюваний зазор становить 0,07 мм, а для Уч-8— 8...0,45 мм.

Із збільшенням моменту затягування зростає і величина моменту відкручування. Наприклад, якщо гайку затягнуто з моментом 30... 40 Н · м, момент відкручування збільшується до 90...120 Н · м. (герметики АН-6 та УГ-1), що виключає можливість самовідкручування нарізного з'єднання.

Анаеробні герметики широко застосовують для герметизації виливків, зварних і паяних швів.

Типовий технологічний процес місцевої герметизації включає такі операції:

перевірка виливків на герметичність за кресленням і позначення місць, які потребують герметизації;

висушування деталі для видалення вологи;

знежирювання виливка ацетоном чи розчинником, якими обливають місця герметизації і ретельно протирають їх жорстким пензлем чи щіткою. Щоб запобігти закупорюванню тріщин, не допускається користуватись для знежирення ганчіркою;

просушування знежирених поверхонь при кімнатній температурі протягом 20...30 хв;

нанесення герметика на підготовлену поверхню (пензлем чи з флакона);

видержування деталі на повітрі протягом 16...24 год;

видалення залишку герметика з поверхні ганчіркою;

перевірка на герметичність.

Технологічний процес герметизації зварних і паяних швів аналогічний процесу місцевої герметизації виливків.

Для герметизації пор литва, як і в разі усунення дефектів зварних та паяних швів, застосовують малов'язкі з доброю просочувальною здатністю анаеробні герметики — антипори (АН-1, АН-IV, УГ-4ПР, ДН-1, ЛН-2) замість бакелітового лаку ЛБС-1. За допомогою анаеробних матеріалів можна герметизувати пори зварних швів. Завдяки своїй змочувальній і капілярній дії вони проникають у невидимі порожнини та найтонші пори і, структуруючись в анаеробних умовах, тверднуть, запобігаючи витіканню газів і рідин.

Однією з перспективних галузей застосування анаеробних герметиків є ущільнення паяних трубних з'єднань у радіаторах, повітряних кондиціонерах, холодильниках тощо. Рідкий матеріал наносять пензлем на ще не загололі місця паяння, в результаті чого прискорюється його проникнення в найтонші пори і твердження. На жаль, у вітчизняній технологічній практиці цього способу не застосовують.

Ефективність «лікування» пор АГ і його перспективність додатково підтверджуються тим фактором, що за умови застосування точно дозованої кількості герметика виключається потрапляння його на поверхню деталей. Останні можна зварювати і паяти не тільки без деформування герметика, а й з його термічним отвердженням.

Під час експлуатації транспортних засобів і технологічного устаткування майстерень та гаражів в результаті механічних ударів, корозії чи інших факторів можуть виникати пробіли в металевих трубопроводах. У цих випадках ремонт і герметизацію з використанням анаеробних матеріалів здійснюють так. Пошкоджене місце трубопроводу зачищають, обмотують по зовнішній поверхні шаром латунної дрібновічкової (20...30 мкм) сітки, просоченої анаеробним герметиком.

Вічка сітки і її еластичність дають можливість утримати шар АГ на поверхні труби завдяки дії сил поверхневого натягу і капілярного ефекту при будь-якому положенні трубопроводу, забезпечуючи одночасно щільне укладання. Багатошарова обмотка сіткою гарантує об'ємний розподіл АГ в намотаному шарі. Для припинення доступу повітря до металопластмасового шару його зовні обмотують липкою еластичною поліхлорвініловою стрічкою (ізострічкою).

Мікротріщини в горизонтальній площині можна герметизувати, поливаючи матеріал герметиком АН-IV. Для цього з допомогою клейкої стрічки роблять бортик заввишки 3...5 мм, наливають шар антипору завтовшки 1...2 мм і видержують протягом 24 год при температурі 20 °С. Збільшивши температуру, можна скоротити тривалість «заліковування» мікротріщин.

Переваги такої технології в тому, що для її впровадження не потрібні спеціальні устаткування, оснащення чи апаратура, а тому її можна реалізувати в будь-яких дорожніх чи польових умовах для труб різних розмірів, твердості і точності з'єднання. Зона ущільнення відзначається достатньою міцністю і корозійною стійкістю.

Анаеробні герметизуючі матеріали застосовують для ущільнення фланцевих з'єднань замість твердих прокладок. Відомо, що якість ущільнення твердою прокладкою залежить від сили стискування в зоні «фланець — прокладка» і стану поверхні з'єднаних деталей. Здатність анаеробного матеріалу затікати в усі западини з'єднаних поверхонь під час формування прокладки в процесі складання дає можливість усунути такі дефекти, як подряпини, риски, вм'ятини, які можна заповнити традиційними твердими прокладками.

Анаеробні герметизуючі матеріали можна застосовувати як самостійно, так і в поєднанні з традиційною твердою прокладкою. Для ущільнення фланцевих з'єднань найбільше підходять «еластичні» анаеробні герметизуючі матеріали АН-6К, АН-8К. Такі матеріали стійкіші проти дії температурних і вібраційних навантажень. Відомі приклади застосування герметика АН-8К у з'єднаннях паропроводу. Замість поронитових прокладок застосовують металеві з гарантованим зазором 0,2...0,3 мм для герметика. Під час пуску — випуску пари виникають температурні зміни довжини трубопроводів, які сприймаються таким металополімерним ущільненням, причому зберігається добра герметичність стиків.

Герметизацію гвинтів кріплення полюсних башмаків з котушками обмотки збудження до корпусу стартера вантажного автомобіля раніше здійснювали за допомогою нітрошпаклівки НЦ-008. Під час випробувань стартера на герметичність, проведених зразу після складання, коли шпаклівка остаточно ще не затвердла і зберігає свою еластичність, кількість негерметичних з'єднань гвинт — полюсний башмак невелика, в процесі експлуатації автомобілів кількість випадків порушення герметичності в цих з'єднаннях зростає у зв'язку з появою тріщин у затверділій шпаклівці. В умовах дії вібрації і знакозмінних навантажень, особливо при низьких температурах, процес склування і руйнування нітрошпаклівки посилюється.

Для стопоріння нарізних з'єднань рекомендовано високов'язкий АГ, застосування якого дає змогу в 1,5 раза збільшити момент відкручування нарізного з'єднання. Випробування на герметичність показали, що розгерметизація не спостерігалась при підвищенні тиску до 0,5 МПа, тимчасом як за технічними умовами на стартер таке нарізне з'єднання має зберігати герметичність при 0,02 МПа.

Для запобігання витікань робочого і технологічного середовищ крізь нерухомі з'єднання розробляють нові анаеробні ущільнювальні прокладки «Анатерм-501» та «Анатерм-502», що являють собою високов'язкі, тиксотропні композиції. Їх призначено для герметизації плоских, штуцерних та нарізних з'єднань із зазором до 0,8 мм і можна експлуатувати в різних маслах, паливах, воді та інших агресивних рідинах, причому вони витримують тиск до 60 МПа.

Особливістю цих прокладок порівняно з герметиками аналогічного класу є низька чутливість до розкриття стику, що дає можливість застосовувати їх для нежорстких конструкцій при динамічному режимі навантаження. Ці якості забезпечуються за рахунок оптимального співвідношення деформаційних, міцнісних і адгезійних властивостей матеріалу. Так, при зазорі 0,15 мм розкриття стику до 80 % дає змогу витримувати тиск до 15 МПа; при тиску 10 МПа розгерметизація настає при деформації понад 100 %. Прокладки технологічні, їх можна використовувати для герметизації в індивідуальному та серійному виробництві, під час ремонту звичайних і прецизійних з'єднань.

51.5. Відновлення та ремонт лакофарбових покриттів

У процесі експлуатації машини зазнають дії сонячної радіації, вологи, низьких і високих температур, агресивних рідин, механічних навантажень, біологічного ураження тощо. Перелічені фактори (кожен зокрема, а тим більше в сукупності) спричиняють старіння і руйнування лакофарбових покриттів (ЛФП).

Захист за допомогою ЛФП — основний спосіб захисту конструкцій від корозії. Надійність, довговічність і зовнішній вигляд ЛФП визначаються властивостями лакофарбового матеріалу, схемою побудови системи захисного покриття, умовами і режимом формування кожного шару покриття, а також видом і станом фарбованої поверхні. Основні фактори, що визначають захисний ефект ЛФП, — взаємодія вологи з плівкою покриття, проникність плівки для кисню повітря та води, омичний опір плівки і адгезія з поверхнею, яку ЛФП захищає. В одному шарі плівки важко реалізувати всі властивості, що задовольняють вимоги до покриття, а тому ЛФП звичайно наносять у кілька шарів. Перший шар має забезпечити високу адгезію з поверхнею, яку захищають, а до подальших ставляться вимоги мінімальної проникності для води, кисню повітря та електролітів, максимальної експлуатаційної стійкості, а також спеціальних і декоративних властивостей.

ЛФП, що використовуються в ремонтному виробництві, класифікують на ґрунтовки, шпаклівки, лаки та фарби. Ґрунтовки, використовувані як перші шари покриття, забезпечують високу адгезію і мають добрі антикорозійні властивості. Шпаклівки, призначені для вирівнювання поверхні, наносять, як правило, на попередньо заґрунтовану поверхню. Лаки і фарби призначені для утворення верхніх шарів ЛФП, які надають покриттю потрібних експлуатаційних, декоративних чи спеціальних властивостей.

Властивості лакофарбових матеріалів (ЛФМ) залежать від компонентів, що входять до складу їх, і насамперед від плівкоутворювача. Крім того, ЛФМ можуть містити розчинники, пігменти, заповнювачі, сикативи, пластифікатори. Як плівкоутворювачі використовують олії, смоли, ефіри, целюлозу. Розчинники являють собою безбарвні рідкі органічні сполуки і застосовуються для розчинення плівкотвірних речовин.

Пігменти — порошкоподібні кольорові оксиди або солі металів, нерозчинні у плівкоутворювачах та розчинниках, надають ЛФП забарвлення та непрозорості, уповільнюють старіння і підвищують захисні властивості ЛФП.

Наповнювачі — крейда, гіпс, каолін, тальк та інші використовують для заміни частини пігментів з метою здешевлення ЛФП.

Сикативи — окисли свинцю, марганцю, кобальту використовують для прискорення висихання масел.

Пластифікатори надають плівці додаткової еластичності. Всі ЛФМ поділяються на групи, які різняться плівкоутворювачами. У кожній групі ЛФМ класифікують за призначенням: атмосферостійкі — 1, водостійкі — 4, термостійкі — 8, електроізоляційні — 9, ґрунтовки — 0, шпаклівки — 00.

У такий спосіб марка ЛФМ вказує хімічну природу плівкоутворювача і його призначення. Наприклад, ХВ-16 — перхлорвінілова атмосферна емаль з реєстраційним номером 6, ЕП-0026 — епоксидна шпаклівка з реєстраційним номером 26. У виробництві і ремонті машин та двигунів в основному використовують атмосферостійкі і електроізоляційні ЛФП. Марку ЛФП встановлюють стосовно до даного типу машин, даної частини машин, двигуна тощо. Наприклад, епоксидні (ЕП) емалі та лаки стійкі проти дії бензину, води та лугів, мають електроізоляційні властивості і характеризуються тривалою теплостійкістю при температурах до 473 К. Поліакрилові (АК та АС) емалі та лаки мають високу світло- і атмосферостійкість, еластичні, стійкі проти удару, мають добру адгезію з металом. Поліуретанові (УР) емалі та лак мають високу водо- і атмосферостійкість, стійкі проти дії окислювачів, пари кислот, масел, агресивних рідин, мають добру адгезію з різними матеріалами. Поліуретани токсичні, і під час роботи з ними потрібні індивідуальний захист і добра вентиляція.

Основні властивості ЛФМ контролюються спеціальними методами випробування. До таких методів належать методи визначення: вмісту легких і нелетких, твердих і плівкотвірних речовин; в'язкості; непрозорості; часу і властивостей висихання; кольору та зовнішнього вигляду; твердості ЛФП та ін.

Підготовка поверхні до напилювання ЛФП полягає насамперед у видаленні з поверхні, що фарбується, всіляких забруднень механічними чи хімічними способами, які принципово не відрізняються від розглянутих вище способів очищення деталей перед дефектацією. Потім поверхню промивають чистою водою і висушують.

Вибір способу нанесення ЛФМ на поверхню залежить від рецептури ЛФМ, конструкції фарбованої деталі чи виробу, обсягу виробництва, вимог до якості покриттів, техніки безпеки. Відомі такі основні способи нанесення ЛФМ на поверхню: розпилювання, занурення, обливання, контактне перенесення. Фарбування розпилюванням — найпоширеніший спосіб нанесення покриттів. Розрізняють такі способи фарбування розпилюванням: без накладання електричного поля (пневматичний, безповітряний, аерозольний); в електричному полі (електростатичний, відцентровий, пневматичний, безповітряний).

Для нанесення ЛФМ пневматичним способом використовують пневматичні фарборозпилювачі. Ступінь диспергування ЛФМ залежить від швидкості витікання повітря з розпилювальної головки, швидкості витікання ЛФМ, в'язкості і поверхневого натягу ЛФМ. Швидкість витікання повітря приблизно 450 м/с, ЛФМ — 0,1 м/с. При правильному

виборі основних параметрів факел ЛФМ складається з краплин діаметром 6...80 мкм. Більшість ЛФМ наносять ручними пневматичними фарборозпилювачами. Стиснуте повітря під тиском 0,5...0,6 МПа надходить до розпилювачів від компресорної станції. Велика витрата розчинників, великі непродуктивні втрати ЛФМ, необхідність видалення із зони фарбування пари розчинників і неможливість нанесення покриття на гострі кромки, стінки отворів тощо — основні недоліки цього поширеного способу нанесення ЛФМ на поверхню.

При прогресивнішому безповітряному (гідродинамічному) способі розпилювання і диспергування ЛФМ відбуваються в результаті виходу з розпилювального пристрою під тиском 25 МПа. При цьому тиск на виході з сопла падає до атмосферного, що спричиняє миттєве випаровування розчинника і розпилювання ЛФМ, тобто утворюється спрямований факел краплин ЛФМ. Фарбування розпилюванням в електричному полі ґрунтується на принципі взаємодії електричного поля і заряджених крапель ЛФМ.

Ремонтувати всі види ЛФП необхідно в міру появи руйнувань або пошкоджень.

Для прискорення висихання нанесених повільно висихаючих покриттів (алкідних, епоксидних, поліуретанових та ін.) можна застосувати місцеве обігрівання.

Машини, пофарбовані у приміщенні швидковисихаючими емалями, не можна в погану погоду ставити просто неба раніш як через 12...16 год після практичного висихання, а пофарбовані такими емалями, як епоксидні та поліуретанові холодного сушіння, — раніш як через 48...72 год.

Залежно від характеру і ступеня руйнувань покриттів ремонт може бути частковим чи повним. Основні операції — видалення забруднень, часткове чи повне видалення покриття, підготовка поверхні до фарбування, нанесення нового ЛФП.

Для якісного виконання ремонту необхідно знати природу ремонтованих покриттів. Не вдаючись до складного аналізу, встановити точну природу покриттів важко.

Для визначення природи ЛФП, що підлягають ремонту, треба мати на увазі таке:

1. Якщо зовнішні поверхні виробів лаковані, то для цих потреб могли бути застосовані акрилові лаки АС-82, АК-113 та АС-16 або пентафталевий лак ПФ-171.

Природу зазначених лаків орієнтовно можна встановити в такий спосіб: тампоном з вати чи ганчірки, змоченим у розчиннику 645 або Р-5, спеціальній змивці СД (сп) або АФТ-1, розмивають покриття на невеликій ділянці. Акрилові лакові покриття швидко розмиваються і залишають на тампоні липучу масу. Коли ж покриття пентафталеве (ПФ-171), то воно не розчиняється, а набрякає і зморщується.

2. Якщо зовнішні поверхні виробів пофарбовано емалями, то для цього могли бути використані акрилові, перхлорвінілові, нітроцелюлозні, епоксидні, пентафталеві, алкідно-меламінові ЛФМ.

Для встановлення природи покриття необхідно визначити, чи розчиняється воно, як зазначено вище. Якщо покриття не розчиняється, а набрякає і зморщується, то можна думати, що це покриття алкідне, алкідно-меламінове чи епоксидне. Епоксидно-поліамідне і пентафталеове покриття найчастіше одержують при холодному сушінні, а тому вони швидше і інтенсивніше набрякають порівняно з алкідно-меламіновим, яке сушать завжди при підвищеній температурі. Крім того, епоксидне покриття значно сильніше крейдує, ніж алкідно-меламінове чи пентафталеове, і майже повністю втрачає глянець.

Коли ж встановлено, що покриття розчиняється, то слід визначити, чи є воно акриловим, перхлорвініловим чи нітроцелюлозним. Для цього з пофарбованої поверхні знімають невелику частину верхнього шару покриття і спалюють його. Перхлорвінілове покриття горить повільно кіптявим полум'ям, причому продукти згорання виділяють характерний запах хлору; акрилове покриття горить спокійним яскравим полум'ям, а нітроцелюлозне згоряє вмить. Олійні, гліфталеві або алкідно-меламінові покриття горять повільно.

3. Після аналізу верхніх шарів покриттів визначають тип ґрунтовок: плівки ґрунтовок АК-069 та АК-070 легко розчиняються в зазначених вище змивках на відміну від ґрунтовок ФЛ-086 та ФЛ-03-Ж; плівки яких набрякають і зморщуються.

Наведені методи визначення природи ЛФМ досить орієнтовні і неповні, але в ряді випадків їх можна використати для практичних потреб.

Видалення старого ЛФП на основі швидковисихаючих лаків та емалей (акрилові, перхлорвінілові, нітроцелюлозні) не становить великих труднощів. Значно складніше видалити необоротні покриття, наприклад епоксидні, поліуретанові, алкідні, олійні тощо.

Для видалення старих зруйнованих ЛФП використовують змивки, які різняться між собою змивною дією, горючістю і токсичністю. Найширше застосовують змивки СД(об) та АФТ-1. Змивні властивості АФТ-1 значно вищі, ніж у СД(об), а недоліком обох змивок є горючість їх. Негорючі змивки СЗУ-1, СЗУ-2 характеризуються доброю змивною дією, але внаслідок підвищеної токсичності (вони містять хлоровані вуглеводні) застосовувати їх можна лише за умови суворого додержання правил техніки безпеки, передбачених для робіт з токсичними розчинниками. Крім того, внаслідок недостатньої стабільності окремих партій хлорованих вуглеводнів змивки СЗУ-1 та СЗУ-2 можуть містити невелику кількість хлористого водню. Якщо така змивка залишається у стиках, швах чи інших місцях, вона може спричинити корозію.

Перед нанесенням змивки СД(об) її попередньо підігрівають до температури 308...313 К в гарячій воді і видержують до повного розчинення пластівцеподібного осаду. Нагрівати змивку на відкритому вогні категорично забороняється, бо вона може зайнятися. Змивку наносять не сразу на всю поверхню, а послідовно, ділянками, причому не розтушовують, а набризкують. Нанесена на покриття змивка швидко застигає, перетворюється на кашку. У такому вигляді її слід видержати протягом 10...15 хв. Під дією змивки плівка розчиняється, а у необоротних покриттів набрякає і зморщується. Після того як покриття достатньо случилося, його видаляють, користуючись щетинною щіткою з коротким ворсом. Щітку змочують змивкою і протирають нею набряклу ділянку покриття, відокремлюючи його від поверхні. Очищену поверхню протирають бавовняними серветками, змоченими уайт-спіритом, для видалення залишків покриття та парафіну, що міститься в змивці. Якщо на окремих ділянках покриття не відокремлюється від поверхні, змочують змивкою повторно.

Видаляти набрякле покриття металевими щітками або скребачками не допускається. Для цього можна застосовувати шпатель з фанери, текстоліту, оргскла тощо. Знявши покриття, з поверхні видаляють продукти корозії наждачною шкуркою № 4 чи 5 і старанно протирають ці місця серветкою, змоченою уайт-спіритом. Особливу увагу треба звертати на те, щоб зі змитої поверхні був повністю видалений парафін.

Технологія ремонту. У практиці експлуатації можливі такі зміни покриттів:

1. *Нааявність на поверхні сіруватого нальоту.* Всю поверхню промивають 3 %-м водним розчином технічного калійного мила або 1,5 %-м водним розчином ОП-7 чи ОП-10, а потім протирають серветками, змоченими водою, і висушують протягом 2...2,5 год. Якщо є масні плями, то до промивання їх видаляють серветками, змоченими бензином. Після висушування всю поверхню протирають серветками, змоченими полірувальною водою.

2. *Крейдуння і вицвітання покриттів.* Поверхню промивають, як зазначено в п. 1, а потім зачищають наждачною шкуркою № 5 і видаляють утворений пил сухим пензлем чи обдувають чистим стиснутим повітрям, після чого протирають серветками, змоченими бензином. Фарборозпилювачем наносять щільний шар перхлорвінілової чи акрилової емалі і сушать, додержуючи одного з таких режимів:

Температура сушіння, К	278...285	286...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год	3	2	1,5	1

3. *Часткове чи повне зруйнування покриттів.* Залежно від стану покриттів можуть бути виконані частковий ремонт чи повне перефарбування. Всю поверхню протирають сухою серветкою. Ділянки ЛФП, погано зчеплені з металом, видаляють дерев'яним шпателем, краї покриття в місцях переходу до оголеного металу обережно, щоб не

пошкодити окисного покриття, зачищають наждачною шкуркою № 5. Для згладжування окремих переходів замість зачищення їх можна обробити серветками, змоченими розчинником Р-5. Потім уже покриття злегка зачищають наждачною шкуркою № 4 чи 5 і видаляють утворений пил сухим пензлем або обдувають чистим стиснутим повітрям. Усю поверхню протирають сухою серветкою. Ділянки ЛФП, погано зчеплені з металом, видаляють за допомогою дерев'яного шпателя, краї покриття в місцях переходу до оголеного металу обережно, щоб не пошкодити окисного покриття, зачищають наждачною шкуркою № 5. Для згладжування окремих переходів замість зачищення можна обробити їх серветками, змоченими розчинником Р-5. Потім усе покриття злегка зачищають наждачною шкуркою № 4 чи 5 і видаляють утворений пил сухим пензлем чи обдувають чистим стиснутим повітрям. Усю поверхню протирають серветкою, змоченою бензином, після чого на оголені ділянки наносять фарборозпилювачем ґрунтовку АК-069 і сушать її за одним з таких режимів:

Температура сушіння, К	278...285	286...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год	3	2	1,5	1

Після висушування ґрунтового шару на всю поверхню наносять фарборозпилювачем перший шар перхлорвінілової або акрилової емалі і сушать за одним з таких режимів:

Температура сушіння, К	278...285	286...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год	4	3	2,5	2

Після висихання першого шару емалі наявні на покритті тріщини і нерівності зашпакльовують шпаклівкою ХВ-004 і сушать за одним з таких режимів:

Температура сушіння, К	278...285	286...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год	6	4	3	2

Шпаклівку наносять тонким шаром. Якщо одного шару не досить, то наносять другий і сушать за одним з режимів, рекомендованих для першого шару. Після висихання шпаклівки її зачищають і видаляють з поверхні утворений пил. На зашпакльовані ділянки наносять тонкий шар тієї самої емалі, яку застосовували для першого шару, і сушать за вказаним режимом. Потім на всю поверхню наносять другий шар емалі і сушать за одним з таких режимів:

Температура сушіння, К	278...285	286...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год	6	5	4	3

Після висихання ґрунтовки фарборозпилювачем наносять два шари епоксидно-поліамідної емалі і сушать за одним з таких режимів:

Температура сушіння, К	285...291	292...298	299...308
Тривалість сушіння, год:			
1-й шар	8	6	5
2-й шар	16	12	10

Умови виконання пофарбування — надійний захист машин, а також надання їм гарного зовнішнього вигляду залежать від ряду факторів, серед яких важливим є правильне виконання технологічних операцій і здійснення пофарбування в умовах, що гарантують одержання якісних покриттів.

Усі малярні й оздоблювальні роботи необхідно виконувати у спеціально обладнаних цехах або малярних майстернях при температурі 285...310 К і відносній вологості повітря 45...80 %. При температурі понад 310 К і низькій відносній вологості повітря розчинники дуже швидко звітрюються (у повітрі під час нанесення перхлорвінілових матеріалів утворюються «нитки», і на покритті виникає так звана «апельсинова шкуринка» або «шагрень»).

ЛФМ, які застосовують для фарбування, мають відповідати вимогам стандартів.

Фарбувати виріб чи конструкцію треба за задалегідь складеною розгорнутою технологічною інструкцією, затвердженою головним інженером або головним технологом підприємства.

Виконуючи механічні або складальні роботи, треба бути максимально обережним у поводженні з пофарбованими деталями. У заводській технології мають бути передбачені відповідні заходи, що гарантують збереженість ЛФП.

Щоб підвищити захисні і декоративні властивості термореактивних акрилових, олійно-фенольних, алкідно-меламінових, пентафталевих та інших покриттів, їх треба сушити при максимально допустимій температурі. З цієї ж метою доцільно сушити при підвищеній температурі і епоксидні ЛФМ.

Підготовка складених виробів до фарбування. Після складання виробів з попередньо лакованих або заґрунтованих одним шаром ґрунтовки деталей їхні поверхні, як правило, забруднені, а головки заклепок не заґрунтовані. Перш ніж приступити до дальшого фарбування, зовнішні і внутрішні поверхні старанно очищають від забруднень, для чого їх промивають послідовно теплою мильною водою (3 %-й розчин технічного калійного мила), а потім чистою водою. Промиті поверхні спочатку протирають сухими бавовняними серветками, а потім серветками, змоченими бензином БР-1 або уайт-спіритом. Аналогічно можна знежирювати перед фарбуванням незаґрунтовані і нелаковані раніше вироби. У цьому випадку для знежирювання, крім бензину чи уайт-спіриту можна застосовувати суміші органічних розчинників — 645, Р-4, Р-5 та ін.

Перед остаточним лакуванням чи фарбуванням потрібно ліквідувати всі наявні дефекти на покриттях (патьоки, шагрень, шорсткість), а також можливі залишки інших матеріалів (клеї, герметики). Для цього поверхню зачищають наждачною шкуркою № 3, 4 чи 5 з подальшим протиранням чистими серветками, які не залишають ворсу.

У випадках, коли зовнішні поверхні фарбують емалями, попередньо грунтують головки заклепок.

Певні утруднення становить утворення достатньо гладеньких покриттів у разі нанесення швидковисихаючих лаків та емалей, зокрема акрилових та перхлорвінілових. У разі нанесення швидко-висихаючих ЛФМ фарборозпилювачем тиск повітря, що надходить для розпилювання, має становити $(2,5 \dots 3,5) \cdot 10$ Па, а відстань від фарбованої поверхні до фарборозпилювача — 250...300 мм.

У результаті неправильної технології нанесення ЛФМ на покриття можуть виникати деякі дефекти.

Різні відтінки кольору покриття за умови застосування того самого ЛФМ. Це буває в разі поганого перемішування матеріалів перед нанесенням, оскільки готові для вживання ЛФМ здатні утворювати осади.

Пухирі в покритті. Цей дефект утворюється в разі висушування ЛФМ при підвищеній температурі без попередньої видержки на повітрі, внаслідок нанесення покриттів на вологу поверхню, нанесення нового шару на недостатньо високий попередній, а також у випадку потрапляння води у фарбувальний матеріал.

Відшарування покриттів можливе внаслідок недостатнього знежирювання поверхні, поганого очищення повітря, яке застосовується для розпилювання, від олії та води, пересушування ґрунту або проміжного шару ЛФМ.

Проникнення спіднього шару ЛФМ крізь верхній шар. Причиною цього може бути недостатнє висушування спіднього шару або наявність у верхньому шарі сильнодіючих розчинників, які повільно вивірюються.

Зматовіння покриття може статися у випадках, коли ЛФМ містить багато води або покриття висихає при низькій температурі.

Шагрень. Цей дефект виникає на акрилових покриттях в результаті нанесення надмірно товстих шарів лаку чи емалі. Слід мати на увазі, що покриття акриловими ЛФМ мають здатність утворювати незначну шагрень після нанесення наступних шарів.

51.6. Охорона праці і техніка безпеки

Лакофарбові матеріали, які застосовуються у промисловості для захисту різних виробів, належать до легкозаймистих і горючих рідин.

Фарбувати вироби треба у спеціально обладнаних приміщеннях, обов'язково додержуючи правил техніки безпеки та виробничої санітарії і протипожежних заходів.

1. Внутрішні поверхні стін підготовчих і фарбувальних відділень мають бути обшукатурені і пофарбовані світлою олійною фарбою. Санітарно-технічне обладнання (прилади опалення, трубопроводи тощо) повинні мати гладеньку (для зручності очищення) пофарбовану

поверхню. Підлоги фарбувальних цехів мають бути неспалімі, рівні, щоб прибирання їх не становило утруднень.

2. Усі підготовчі роботи (доведення ЛФМ до робочої в'язкості фільтрування тощо) можна виконувати тільки в роздавально-підготовчому відділенні, обладнаному відповідно до вимог техніки безпеки і протипожежної безпеки.

3. На робоче місце ЛФМ треба доставляти в готовому для користування вигляді у кількості, яка не перевищує змінної потреби. Матеріали слід зберігати у щільно закритій тарі.

4. Зберігати порожню тару в робочих приміщеннях забороняється. Використані промаслені ганчірки та ганчір'я, щоб уникнути самозаймання, треба складати в металеві ящики з кришками, які закриваються, і в кінці зміни виносити з приміщення.

5. Пензлі, щітки, фарбувальні валики та фарборозпилювачі слід очищати від решток ЛФМ і зберігати в закритих посудинах під витяжку або у вентилязованих металевих шафах.

6. Великогабаритні і важкі вироби несерійного виробництва як виняток допускається фарбувати у складальному цеху на місці складання, додержуючи таких вимог:

вогнестійкість приміщення;

вимикання на час фарбувальних робіт усіх видів устаткування, де можливе іскріння (електричні підйомні пристрої, паяльні лампи тощо);

провітрювання цеху під час роботи і після закінчення її;

виконання фарбувальних робіт при денному світлі;

наявність необхідних заходів вогнегасіння на дільниці, де виконують фарбувальні роботи;

забезпечення малярів-пульверизаторників засобами індивідуального захисту органів дихання.

7. Під час виконання фарбувальних робіт у цеху має перебувати не менш як двоє людей.

8. Робітників, які працюють на фарбуванні виробів, необхідно забезпечувати спецодягом за встановленими нормами.

9. Малярів-пульверизаторників, які працюють у зоні утворення лакофарбового туману, для захисту органів дихання треба забезпечувати масками з подачею очищеного у спеціальному фільтрі і підігрітого (взимку) повітря або респіраторами, які гарантують захист від туману і пари розчинників.

10. Під час виконання малярних робіт, пов'язаних з сильним забрудненням рук, рекомендується користуватись пастою для захисту рук.

11. Під час виконання фарбувальних робіт необхідно додержувати «Правил і норм техніки безпеки, пожежної безпеки і промислової санітарії для фарбувальних цехів».

12. Працюючи з епоксидними ЛФМ, треба додержувати діючих санітарних правил.

У гальванічних цехах під час відновлення спрацьованих деталей машин застосовують *кислоти, луги і речовини, які шкідливо діють на організм людини*. Тому обов'язковою умовою роботи з ними є неухильне додержання вимог щодо охорони праці і техніки безпеки. Основні з них:

видалення з цеху пари, газів, надмірної вологості та пилу за допомогою загальної і місцевої припливно-втяжної вентиляції (5...10 м³/хв);

застосування в цеху парового чи водяного опалення і підтримання температури в приміщенні в межах 288...291 К;

достатня площа цеху і його висоти, яка має не менш як 5 м;

підлога приміщення має бути викладена метлахською плиткою, а стіни на висоту 1,5...2 м від підлоги облицьовані керамічною плиткою;

для роботи з шкідливими електролітами необхідно надівати спецв одяз та спецвзуття (гумові рукавички, чоботи, фартух та окуляри).

Припливне повітря має надходити на рівні не нижче як 2,5...3,0 м від підлоги рівномірно через повітророзподільники, які забезпечують рухомість його не більш як 0,3 м/с. Втяжну вентиляцію треба включати не менш як на 15 хв.

Усі ванни з розчинами, які виділяють шкідливі речовини, після роботи треба закривати спеціальними кришками.

Необхідно систематично очищати канали та бортові відсмоктувачі від різних забруднень, що засмічують вентиляційну систему.

Не рідше як один раз за 6 місяців проводити аналіз повітря на вміст отруйних газів, пари та пилу.

Під час операцій фільтрації, переливання та коригування електролітів необхідно користуватись захисними окулярами, щоб запобігти потраплянню бризок в очі. Готуючи кислі електроліти, треба лити кислоту у воду, а не навпаки. Під час застигання сухих хімікатів у ваннах треба працювати в протипилових респіраторах. Солі і кислоти слід добавляти невеликими порціями. Під час переливання електроліту слід вимикати струм і оберегати себе від потрапляння бризок розчину на тіло та одяз.

Під час роботи необхідно користуватись гумовим взуттям, рукавичками та фартухами. У приміщенні мають бути встановлені фонтанчики з водою для обмивання шкірних покривів в разі випадкового потрапляння на них електроліту. Підлоги і стіни дільниці мають бути покриті керамічною плиткою.

Стічні води після миття деталей слід пропускати через очисні споруди.

Під час роботи з полімерними матеріалами повітря може забруднитись паром або пилом з підвищеною токсичністю, тому приміщення має бути обладнане витяжною і припливною вентиляцією, а робочі місця — місцевою вентиляцією. Полімерні матеріали треба зберігати в мінімальній кількості при добрій вентиляції складів. Робоче місце слід обладнати витяжною вентиляцією. Подрібнення, приготування і транспортування полімерних матеріалів та сумішей мають бути по можливості механізовані і ізольовані від основного виробництва.

Підтікання і мішки пластмас з виробів треба знімати в поліетиленових рукавичках на бязевій основі папером, а потім — ганчір'ям, змоченим у розчиннику. Як розчинники не можна застосовувати бензол, толуол, чотирихлористий вуглець та інші токсичні рідини.

У разі нанесення на вироби пластмаси пензлями, шпателями або лопатками їх треба обладнувати захисними екранами (металевами або з цупкого картону), які гарантують захист рук працюючого. Руки треба мити не тільки під час перерв і після закінчення роботи, а й негайно після випадкового забруднення полімерними матеріалами.

Зберігати і приймати їжу, а також палити в робочих приміщеннях категорично забороняється.

Контрольні запитання

1. Які основні завдання вирішує гальваностегія?
2. Як підготовляють поверхню матеріалу перед нанесенням електролітичних покриттів?
3. У чому суть анодного травлення?
4. Які види електролітів застосовують?
5. Що таке стійке проти спрацювання і захисно-декоративне покриття?
6. У чому суть методу нанесення комбінованих покриттів?
7. Які переваги полімерних матеріалів?
8. У чому суть методу газополуменевого напилювання полімерів?
9. Як відновлюють деталі склеюванням?
10. Які фактори спричиняють руйнування ЛФП?
11. Як підготовляють поверхню до напилювання ЛФП?
12. Які дефекти можуть виникнути в результаті неправильної технології нанесення ЛФП?
13. Які основні вимоги до охорони праці і техніки безпеки під час роботи з шкідливими речовинами?

Глава 52

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ВУЗЛІВ ТА АГРЕГАТІВ МАШИН

52.1. Особливості відновлення деталей двигуна

Відновлення блока і головки циліндрів. Блок і головка циліндрів забезпечують конструктивну жорсткість двигуна. У процесі роботи ці деталі зазнають інтенсивних механічних, теплових, хімічних, ка-

вітаційних та інших впливів. Характерні види несправностей — спрацювання робочих поверхонь, утворення тріщин та пробоїн, деформування базових поверхонь.

Специфіка відновлення блока та його головки пов'язана головним чином з технологічними властивостями їхнього матеріалу. Більшість блоків циліндрів виготовляють з сірого чавуну СЧ18, головки циліндрів — із силуміну або сірого чавуну СЧ21. Наприклад, блок і головку циліндрів двигунів ЯМЗ виготовляють із спеціального чавуну, що відповідає марці СЧ21, легованого хромом, нікелем, міддю та титаном.

Таблиця 52.1

Позиція дефекту на рис. 52.1	Дефект	Повторність дефекту	Способи усунення
1	Пошкодження гнізда корінного підшипника	0,03... 0,05	Розточування дефектного гнізда наплавлення і обробка до нормального розміру
2	Тріщини, пробоїни на стінках водяної сорочки	0,03... 0,05	Заварювання тріщин та пробоїн з наступною герметизацією епоксидною сумішшю
3	Тріщини на перемичці між посадочними місцями під гільзи циліндрів	0,6	Заварювання тріщин або зарівнювання їх фігурними вставками
4	Спрацювання, овальність і конусність поверхонь під вкладиші корінних підшипників	0,1...0,2	Розточування отворів під вкладиші збільшеного розміру; розточування отворів під вкладиші до нормального розміру з перекосом осі у глибину блока; приварювання сталеної стрічки з наступним розточуванням до нормального розміру
5	Неспіввісність опор під вкладиші корінних підшипників при відсутності інших дефектів	0,15...0,2	Розточування корінних вкладишів, що були у вжитку, або нових в опорах блока
6	Корозія і спрацювання посадочних місць під нижній пояс	0,25...0,3	Розточування посадочного місця з наступним встановленням кільця на епоксидному компаунді
7	Овальність на посадочних місцях під гільзи циліндрів	0,3	Розвірчування одночасно обох посадочних місць під гільзи циліндрів
8	Спрацювання, забоїни на торцевій поверхні гнізда блока, блока циліндрів під бурт гільзи	0,25...0,4	Механічна обробка опорної поверхні під бурт гільзи циліндрів
9	Спрацювання внутрішньої поверхні втулки розподільного вала	0,05...0,1	Заміна втулки
10	Пошкодження різи шпильок та нарізних отворів, обрив шпильок	0,2...0,4	Заміна шпильок; встановлення нарізних спіральних вставок

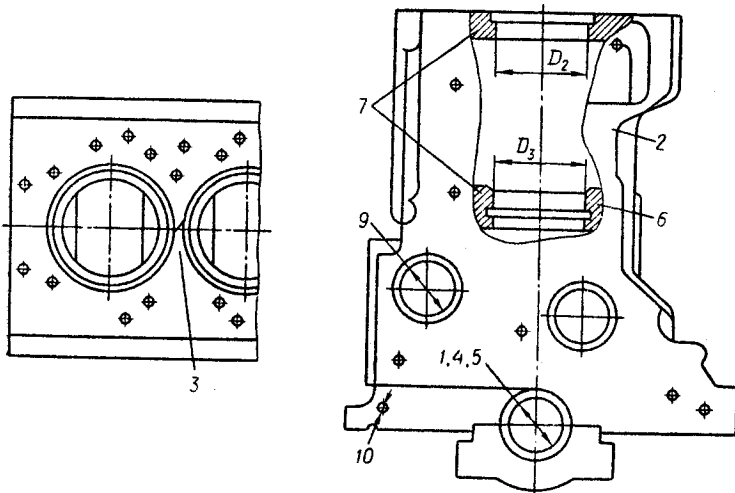


Рис. 52.1. Схема розташування дефектів блока циліндрів двигуна Д-240:
1...10 — дефекти згідно з табл. 52.1.

Чавун, як відомо, має підвищену порівняно із сталлю схильність до ламкого руйнування під дією динамічних навантажень і високотемпературних впливів. Це особливо проявляється під час зварювання, де поряд із зазначеними факторами впливу відбувається утворення ще й структурних фаз підвищеної ламкості. Можливі дефекти блока циліндрів наведено в табл. 52.1. Схему розташування дефектів блока показано на рис. 52.1 на прикладі двигуна Д-240. Поопераційну послідовність технологічного процесу і маршрути відновлення блока циліндрів подано на рис. 52.2.

Відновлюють головки блоків циліндрів за технологічним процесом, який аналогічний до процесу відновлення блока з використанням комплекту устаткування у вигляді потоково-механізованої лінії. Сукупність можливих дефектів головок циліндрів і необхідних для усунення цих дефектів технологічних способів наведено в табл. 52.2

Відновлення гільз циліндрів. Гільзи циліндрів виготовляють з сірого чавуну. Внутрішню поверхню гільз після попередньої обробки загартовують СВЧ з подальшим низьким відпуском. Гільз з легованого чавуну не загартовують.

Найможливіші дефекти гільз — спрацювання внутрішньої робочої поверхні, нижньої поверхні опорного бурта та посадочних поясків, риски і задири на поверхні, кавітаційні руйнування зовнішньої поверхні.

Спрацювання внутрішньої поверхні, а також її овальність визначають за допомогою індикаторного нутроміра; риски, задири та кавітаційні руйнування виявляють візуально. Крім того, застосову-

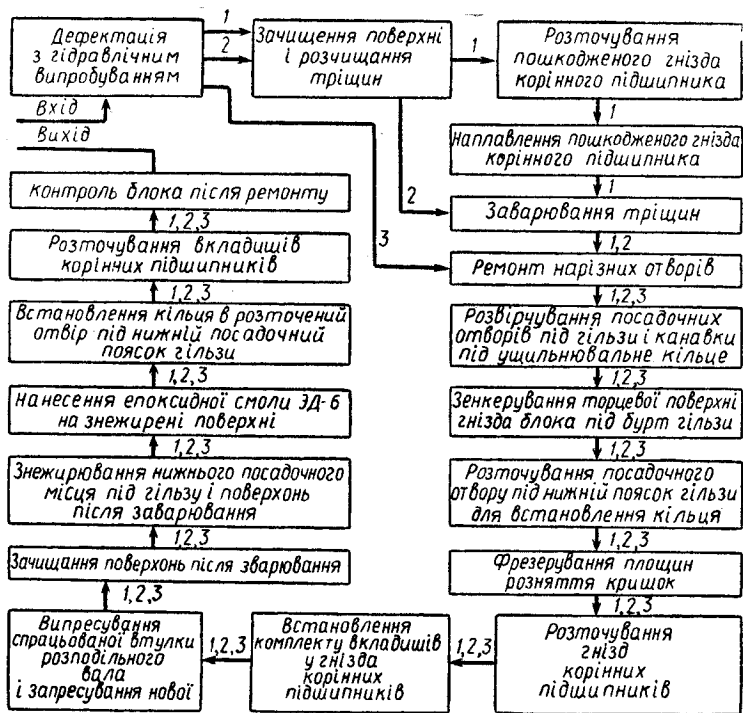


Рис. 52.2. Схема технологічного процесу відновлення блока циліндрів:
1, 2, 3 — маршрути відновлення

ють спеціалізовані пристрої для контролю конструктивних розмірів гільз і твердості внутрішньої поверхні.

Серед способів усунення дефектів внутрішньої поверхні гільз циліндрів найпоширеніша обробка їх на ремонтний розмір, що відповідає розмірам ремонтних поршнів та кільць. Після розточування на вертикальному алмазно-розточувальному верстаті або шліфування на спеціальному відцентровому внутрішньошліфувальному верстаті гільзи хонінгують на вертикально-хонінгувальному верстаті.

Під час відновлення зовнішньої поверхні гільз циліндрів необхідно, по-перше, усунути кавітаційні руйнування і, по-друге, спрацювання посадочних поясків. У першому випадку застосовують покриття на основі епоксидних смол, а в другому — наплавляють посадочні пояски або приварюють заготовки із сталі до стрічки до поясків гільзи окремими кільцевими швами.

Загальний цикл технологічних операцій відновлення гільз показано на рис. 52.3. Виділені тут три основні маршрути реалізуються на потоково-механізованій лінії.

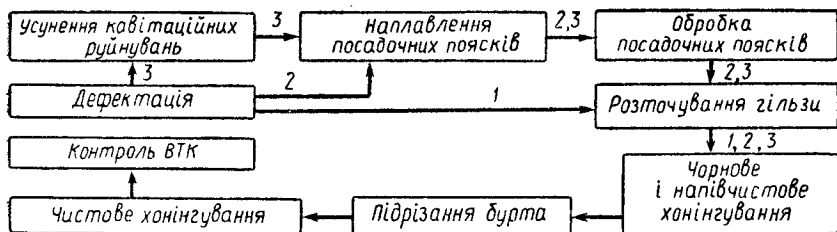


Рис. 52.3. Схема технологічного процесу відновлення гільз циліндрів:
1, 2, 3 — маршрути відновлення

Крім основного способу відновлення внутрішньої поверхні гільз обробкою на ремонтний розмір, застосовують вставку сталеної стрічки у попередньо розточену частину гільз (в ряді випадків використовуються і під час виготовлення гільз), а також розроблено різні способи нарощування спрацьованої поверхні гільз з подальшою механічною

Таблиця 52.2

Дефект	Повторність дефекту	Способи усунення
Жолоблення і корозія поверхні прилягання до блока циліндрів	0,13	Шліфування поверхні для усунення нещільності
Спрацьовання робочих фасок клапанних гнізд	1,0	Шліфування і розточування гнізд, запресування кілець. Наплавлення гнізд з наступним зенкеруванням фаски до нормальних розмірів
Спрацьовання і пошкодження нарізних отворів	0,1	Установлення нарізних спіральних вставок
Вигорання кромки вставки камери згоряння	0,2	Видалення дефектної вставки і встановлення нової
Вм'ятини, раковини, заусенці, риски на поверхнях під прокладки форсунок	0,45	Установлення нової втулки з наступним розвірчуванням
Тріщини на перемичці між клапанними гніздами, поблизу отворів під шпильки кріплення або штангу штовхачів, на перемичках між клапанними гніздами і вставками камери згоряння	0,25	Заварювання або зарівнювання тріщин установленням фігурних вставок

обробкою їх. До них належить, зокрема, електроконтактне приварювання сталеної стрічки. Приклади інших способів наведено на рис. 52.4, а та б, де показано схеми індукційного відцентрового наплавлювання і проточного хромування. Під час термопластичного обтискування (рис. 52.4, в) спрацьовану гільзу встановлюють у матрицю 4 і нагрівають СВЧ за допомогою індуктора 3. Температурні напруження, що виникають у матеріалі гільзи, у зв'язку з обмеженням

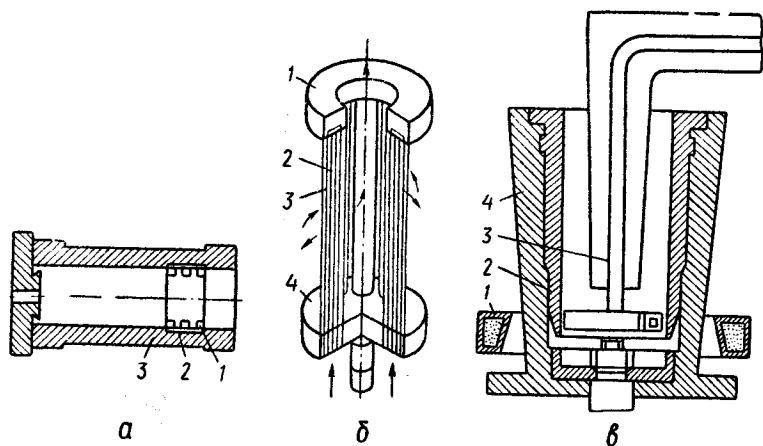


Рис. 52.4. Приклади способів відновлення гільз циліндрів:

а—індукційне відцентрове наплавлювання; 1 — індуктор; 2 — шхита; 3 — деталь; *б* — проточне хромування; 1 — центрувальне кільце; 2 — струмопровідні трубки; 3 — радіальні канали для підведення електроліту; 4 — опорний диск; *в* — термопластичне обтискування; 1 — спрейер; 2 — гільза; 3 — індуктор; 4 — матриця

можливості розширення в жорсткій матриці призводять до пластичних деформацій у радіальному напрямі, що й забезпечує необхідну усадку гільз по внутрішньому діаметру.

Відновлення клапанів. Найхарактерніші дефекти клапанів — спрацювання фаски тарілки і поверхні стержня, а також обгоряння тарілок і прогин стержня.

Поверхню фаски тарілки відновлюють аргонодуговим наплавлюванням (подібно до того, як це роблять за технологією виготовлення клапанів) з подальшим шліфуванням під збільшений ремонтний розмір. Крім наплавлювання, спрацьовану поверхню фасок клапанів можна нарощувати плазмовим або роторним газополуменевим напилюванням, електроконтактним напіканням металевих порошоків (рис. 52.5) та іншими способами.

Бокову поверхню стержнів клапанів відновлюють хромуванням з подальшим шліфуванням під збільшений ремонтний розмір, поверхню торця клапана — шліфуванням до виділення шарів спрацювання.

Відновлення шатунів. Шатун належить до числа високонавантажених деталей двигуна. У процесі тривалої експлуатації у шатунів спостерігаються деформації у вигляді вигину і скручуваності, а також у зміні конфігурації отвору кривошипної головки (табл. 52.3).

Дефектують шатуни за допомогою універсальних засобів вимірювання і пристроїв.

Для відновлення міжосьової відстані між головками шатуна, зокрема, можна використати пристрій (рис. 52.6), в якому шатун

розтягують між нерухою 9 та рухою 5 опорами, прогриваючи деформовану частину шатуна полум'ям газового пальника 7 до температури 1073...1273 К. У розтягнутому стані (до міжосьової відстані, яку встановлено обмежувачем 3) шатун охолоджують до температури

Таблиця 52.3

Дефект	Повторність дефекту	Способи усунення
Спрацювання внутрішньої верхньої головки	0,5	Розточування отвору до ремонтного розміру
Спрацювання внутрішньої поверхні нижньої головки	0,3	Хонінгування до нормального розміру або залізнення з наступною обробкою до нормального розміру
Спрацювання внутрішньої поверхні втулки верхньої головки	1,0	Заміна втулки
Спрацювання опорних поверхонь кришки під гайки шатунних болтів	0,15	Зенкерування опорних поверхонь

673 К, після чого його звільняють від механічних зусиль. Щоб мати однорідну структуру металу і однакову твердість по довжині стержня, розтягнуті шатуни загартовують з подальшим відпуском, нагріваючи в газових або електричних печах і охолоджуючи в маслі.

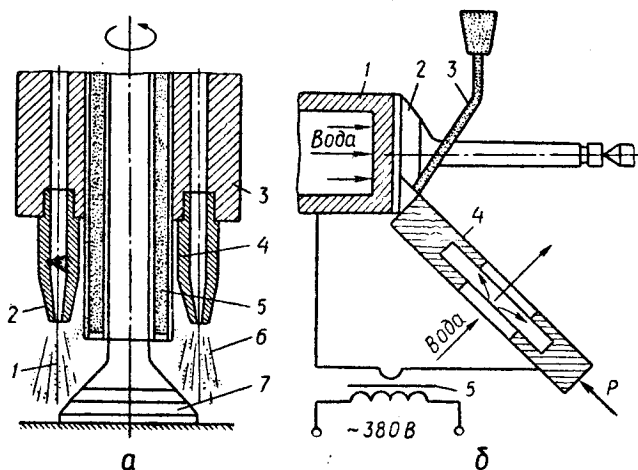


Рис. 52.5. Приклади способів відновлення фаски тарілки клапана:

a — роторне наповнення: 1 — полум'я пальника; 2 — газове сопло; 3 — корпус тарілки; 4 — бункер; 5 — сопло бункера; 6 — порошок; 7 — відновлений клапан; *b* — електроконтактне наповнення порошку: 1 — мідна оправка; 2 — деталь (клапан); 3 — дозатор порошку; 4 — мідний ролик; 5 — силовий трансформатор

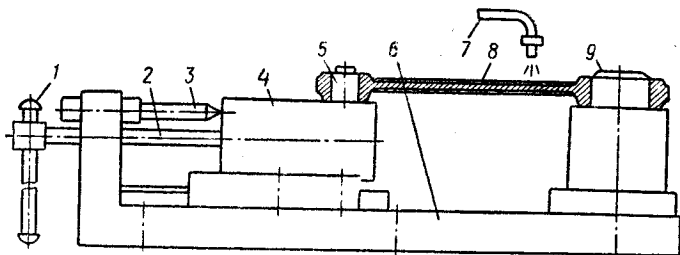


Рис. 52.6. Схема пристрою для розтягування шатунів:

1 — рукоятка; 2 — ходовий гвинт; 3 — обмежувач ходу; 4 — повзун; 5 — рухома опора; 6 — основа; 7 — газовий пальник; 8 — шатун; 9 — нерухома опора

Діаметр отворів, овальність і конусність верхньої і нижньої головок шатуна контролюють нутроміром. Внутрішні циліндричні поверхні головок можна нарощувати електроконтактним приварюванням сталеної стрічки на спеціальній установці.

Відновлення колінчастих валів. Основні дефекти колінчастого вала: вигин, спрацювання канавок під шпонки, спрацювання отворів у фланці, спрацювання різьби під гайку кріплення передньої противаги ЯМЗ-236, спрацювання отвору під підшипник напрямного кільця ведучого вала коробки передач, спрацювання корінних і шатунних шийок. Зауважимо, що з семи зазначених дефектів три усувають способами зварювання і наплавлювання.

Вигин колінчастого вала (биття середніх корінних шийок відносно осі крайніх шийок) звичайно усувають випрямленням на гідравлічному пресі або наклепуванням у пристрої. Для випрямлення на пресі вал укладають на призми крайніми корінними шийками (рис. 52.7).

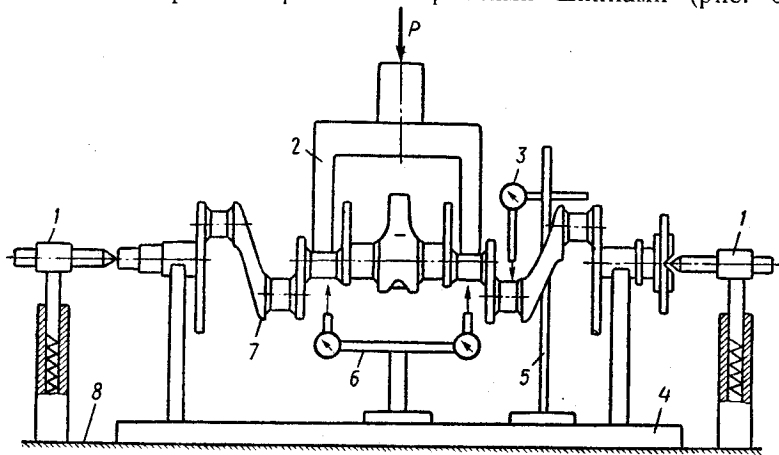


Рис. 52.7. Схема усунення вигину колінчастого вала:

1 — контрольні центри; 2 — пуансон; 3 — індикатор; 4 — призма; 5 — стояк індикаторний; 6 — скоба індикаторна; 7 — колінчастий вал; 8 — стіл преса

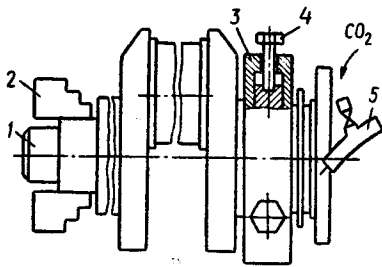


Рис. 52.8. Схема відновлення отвору під підшипник і напрямного кінця ведучого вала КП способом дугового наплавлювання в захисному середовищі CO_2 :

1 — колінчастий вал; 2 — патрон трикулачковий; 3 — пристрій для центрування фланцевої частини колінчастого вала; 4 — болти затискні центрвальні; 5 — пристрій для подавання зварювального дроту та вуглекислого газу в зону канавки

Після цього через мідну прокладку тиснуть пуансоном на одну з середніх корінних шийок вала, вигинаючи у бік, протилежний виявленому вигину. Прогин вала у зворотний бік під час натискування штока має в 10...15 раз підвищувати вигин, який усувають. При цьому навантаження на вал зберігають протягом 120...240 с. Після випрямлення вал знову перевіряють на биття доти, поки воно впишеться в допустимі межі $\leq 0,05$ мм. Для контролю користуються індикатором 3 та індикаторною скобою 6.

Спрацьовані канавки під шпонки шестірні або шківів колінчастого вала відновлюють заварюванням з наступним фрезеруванням під номінальний розмір. У колінчастих валах ЯМЗ-236 допускається виготовлення шпонкових канавок у новому місці із зміщенням на 180° відносно до спрацьованих. У цьому випадку спрацьовані шпонкові канавки фарбують.

Спрацьовані отвори у фланці під болти кріплення маховика відновлюють розвірчуванням під ремонтний розмір у зборі з маховиком. Спрацьовану або зірвану різьбу під гайку кріплення передньої противаги відновлюють наплавлюванням з подальшим приточуванням і нарізуванням різьби номінального розміру.

Спрацьовані отвори підшипник напрямного кінця ведучого вала коробки передач (КП) відновлюють попереднім розточуванням і запресуванням додаткової ремонтної втулки з подальшим її розточуванням під ремонтний розмір або наплавлюванням у захисному середовищі вуглекислого газу (рис. 52.8) з подальшим розточуванням до номінального розміру.

Шатунні і корінні шийки колінчастого вала, спрацьовання яких перевищує встановлені для них ремонтні розміри, не можна відновити звичайним способом — шліфуванням під ремонтний розмір. Їх відновлюють наплавлюванням.

Колінчасті вали сучасних двигунів виготовляють із сталей і чавунів. Найпоширеніший спосіб відновлення їх — наплавлювання.

В результаті теплової дії електродугового процесу основний метал (метал колінчастого вала) і присадний метал у певній локальній зоні плавлення нагріваються до температур, близьких до температури

кипіння. Це призводить не тільки до фазового перетворення, а й до випаровування їх, окислення, взаємодії з азотом, розчинення в розплавленому металі газів. Усе це сприяє тому, що хімічний склад наплавленого шару відрізняється від хімічного складу металу відновлюваної деталі зменшенням процентного вмісту компонентів, наявністю окислів та інших неметалевих включень, пор і тріщин. У техніці зварювання і наплавлювання деталей керуються правилом: чим чистіший наплавлений метал, тим вищі його механічні властивості. З цією метою поряд з добором присадного металу в зоні плавлення створюють спеціальну газову атмосферу, яка захищає рідкий метал від дії компонентів повітря, розкислюють і покривають рідку ванну спеціальними шлаками.

Локальне нагрівання основного металу в зоні плавлення сприяє структурним змінам, які пов'язані з укрупненням кристалів, утворенню пришовних зон підвищеної ламкості, особливо перехідної зони від рідкої фази до твердої і далі вглиб деталі. Розміри зони термічного впливу залежать від способу і параметрів режиму дугового наплавлювання.

У разі дугового зварювання і наплавлювання деталей, виготовлених з маловуглецевої сталі, структурні зміни основного металу в зоні термічного впливу мало позначаються на зниженні його механічних властивостей.

Під час зварювання й наплавлювання середньо- та високовуглецевих сталей і чавунів у зоні термічного впливу спостерігається утворення високонапружених загартувальних структур, які різко знижують пластичні властивості металу, часто стають причиною утворення мікро- та макротріщин, а також вкорочення (або звуження) і деформації деталей. Цим зумовлені основні проблеми відновлення колінчастих валів способами дугового наплавлювання. Завдання їх відновлення вказаними способами досі остаточно не розв'язане.

Проте потреба в ремонті колінчастих валів способами зварювання й наплавлювання настільки велика, що практика їх застосування дуже поширилася на сучасних авторемонтних заводах.

Існує кілька варіантів відновлення колінчастих валів дуговим зварюванням і наплавлюванням:

автоматичне наплавлювання шийок валів пружинним дротом НП-68 під флюсом АН-348А із застосуванням до нього ферохрому та графіту без термічної обробки після наплавлювання;

автоматичне наплавлювання шийок валів пружинним дротом НП-65Г під флюсом АН-348А із застосуванням після наплавлювання термічної обробки;

автоматичне наплавлювання шийок валів дротом НП-30 ХГСА під флюсом АН-348А із застосуванням після наплавлювання термічної обробки;

автоматичне наплавлювання пружинним дротом марки НП-65Г під керамічним флюсом АНК-18 без застосування термічної обробки;
 автоматичне широкошарове наплавлювання валів з високоміцного чавуну зварювальним дротом Св-08А відкритою дугою з феромагнітною порошковою присадкою, яка гарантує одержання синтетичного чавуну і відсутність у зоні сплавлювання смуги відбілювання і сітки тріщин;

автоматичне багатоелектродне багатодугове наплавлювання легованим зварювальним дротом із застосуванням флюсу та вуглекислого газу;

автоматичне широкошарове наплавлювання з високоміцного чавуну зварювальним дротом Св-08А із застосуванням феромагнітної шихти та комплексного модифікатора ЖКМКУР, порошку фтористого кальцію, порошку алюмінію, графіту сріблястого, модифікатора БсКц-Ш; вібродугове автоматичне наплавлювання.

Сьогодні відомо багато інших способів, які, проте, до кінця не розв'язують проблем, пов'язаних з утворенням високонапружених загартовувальних структур, мікро- та макротріщин, вкорочення деталей.

Тому завдання полягає у виборі найсприятливіших способів та режимів дугового наплавлювання, які забезпечують ресурс роботи відновленого колінчастого вала не менш як 80 % від ресурсу роботи нового.

Найефективнішими є методи централізованого відновлення колінчастих валів на спеціалізованих потокових лініях. На рис. 52.9 як приклад наведено схему такого технологічного процесу, а в табл. 52.4 — послідовність і короткий зміст технологічних операцій. З рисунка і таблиці видно, що для відновлення основних параметрів колінчастого вала потрібно виконати принаймні 32 технологічні операції, що під силу тільки добре організованому, технічно оснащеному підприємству. Слід зауважити також, що більшість підприємств,

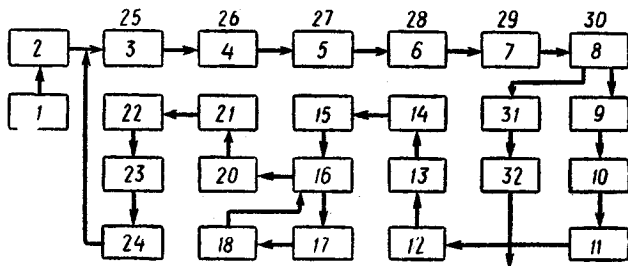


Рис. 52.9. Принципіальна схема технологічного процесу централізованого відновлення колінчастих валів двигунів ГАЗ-51 на потоковій лінії із застосуванням дугового автоматичного наплавлювання:

1...32 — операції технологічного процесу і послідовність їх у технологічному потоці (за табл. 52.4)

Таблиця 52.4

№ пор.	Операція	Короткий зміст операції
1	Слюсарна	Випресування підшипників, видалення шпонок, зачищення заусенців, монтаж технологічних касет з валами перед виварюванням
2	Виварювальна	Виварювання валів у ванні
3	Мийна	Промивання валів гарячою водою
4	Сушильна	Продування масляних каналів стиснутим повітрям, сушіння на повітрі
5	Магнітна дефектоскопія	Виявлення макротріщин
6	Мийна	Промивання масляних каналів гасом, прочищення йоржами
7	»	Зовнішнє миття струминами гарячої води
8	Сушильна	Продування масляних каналів стиснутим повітрям, сушіння на повітрі
9	Пресова	Виявлення й усунення вигину
10	Контрольно-сортувальна	Контроль валів і призначення технологічного маршруту
11	Підготовча (слюсарна)	Закриття входів і виходів масляних каналів
12	Наплавлювальна	Наплавлення шатунних шийок
13	Пресова	Виявлення й усунення вигину після наплавлення
14	Наплавлювальна	Наплавлення пояска фланця кріплення маховика
15	»	Наплавлення поверхні під підшипник
16	Токарна	Підрізування і обрізування пояска фланця, розточування отворів під підшипник, виправлення торцевої фаски
17	Слюсарна	Калібрування різьби під храповик і отвір фланця
18	Наплавлювальна	Наплавлення корінних шийок
19	Слюсарна	Розкриття масляних каналів за допомогою зеркерів
20	Фрезерна	Фрезерування шпонкового паза
21	Шліфувальна	Чорнове і чистове шліфування корінних шийок
22	»	Чорнове і чистове шліфування шатунних шийок
23	Балансувальна	Виявлення й усунення дисбалансу маси колінчастого вала
24	Полірувальна	Полірування поверхні корінних і шатунних шийок
25	Мийна	Промивання колінчастих валів гарячою водою
26	Сушильна	Продування масляних каналів стиснутим повітрям, обдування іззовні, сушіння на повітрі
27	Магнітна дефектоскопія	Виявлення макротріщин після наплавлення
28	Мийна	Промивання масляних каналів гасом за допомогою йоржа
29	»	Зовнішнє миття струминами гарячої води
30	Сушильна	Продування масляних каналів стиснутим повітрям, сушіння на повітрі
31	Контрольна	Зовнішній огляд, контроль розмірів за кресленням та інших параметрів
32	Консерваційна, пакувальна	Змащування вала зануренням у підігріте масло, обгортання шийок пакувальним папером, укладання в касету для транспортування і складування

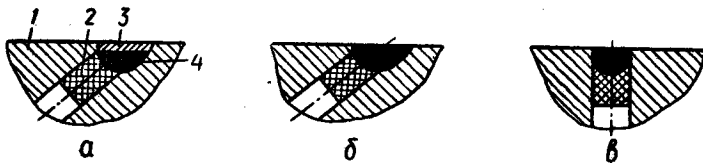


Рис. 52.10. Способи закриття входу і виходу масляних каналів:

а — похилий відносно осі шийки канал, триелементна пробка; *б* — похилий відносно осі шийки канал, двоелементна пробка; *в* — канал, перпендикулярний до осі шийки, двоелементна пробка; 1 — шийка вала; 2 — азбестова набивка; 3 — стальна плоска шайба; 4 — графітова паста

які спеціалізуються на централізованому відновленні колінчастих валів із застосуванням дугового наплавлювання, використовують з технологічного процесу операції термічної обробки (відпуск вала перед механічною обробкою, загартування шийок після наплавлювання).

У наведеному прикладі (рис. 52.9) в разі наплавлювання шийок звичайним високовуглецевим зварювальним дротом і флюсом термічні операції мають розміщуватись між операціями 9 та 10 (відпуск), а також 21 та 22 (загартування шийок СВЧ). Це потребує додаткових трудових затрат, електроенергії, матеріалів.

Щоб добитися також міцніших характеристик колінчастого вала без термічної обробки, для наплавлювання застосовують середньота високолеговані дроти, а також флюси, які сприяють виникненню у наплавленому металі ненапружених загартувальних структур, що не утворюють у ньому тріщин, пор, неметалевих включень.

З рис. 52.9 і табл. 52.4 видно, що перед наплавлюванням усі поверхні колінчастого вала, у тому числі поверхні масляних каналів, необхідно старанно очищати від іржі, нальоту смоли та інших забруднень, що гарантує непотрапляння їх в зону плавлення, а отже, дає можливість досягти високої якості наплавлювання.

Входи і виходи масляних каналів закривають електропровідними пробками, що легко руйнуються (рис. 52.10). За матеріал для пробки править азбест, використовуваний як м'яка подушка, на яку подається спеціальна паста, приготовлена замішуванням порошкоподібного графіту на рідкому склі. Часто на графітову пасту кладуть плоску стальну шайбу 3. Пробки не повинні містити в собі вологи, а тому після встановлення у масляні канали їх треба просушити.

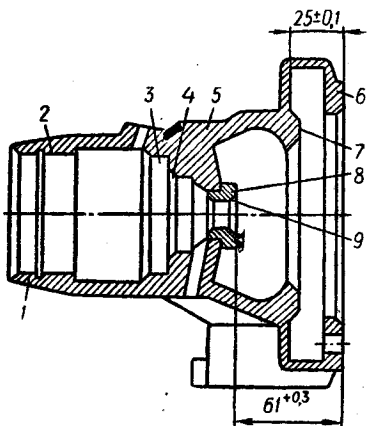


Рис. 52.11. Схема розташування дефектів корпусу водяного насоса дизеля СМД-60:

1... 9—відновлювані поверхні

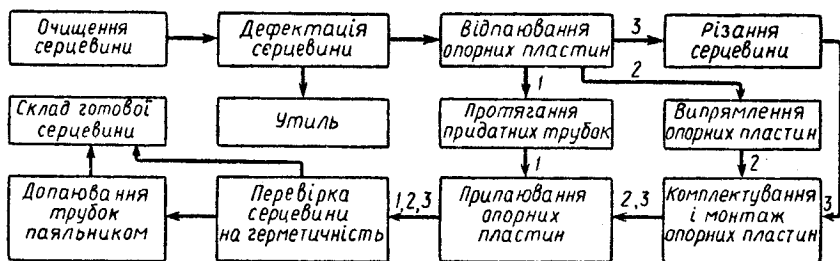


Рис. 52.12. Схема технологічного процесу відновлення серцевин водяних радіаторів:
1, 2, 3 — технологічні маршрути

Системи охолодження і мащення. З дефектів системи охолодження найчисленніші — спрацювання спряжених поверхонь, утворення накипу на стінках водяної сорочки і трубок радіаторів, окремі пошкодження баків, трубок радіаторів та деталей вентилятора.

Водяний насос. На рис. 52.11 показано місця розташування можливих дефектів корпусу водяного насоса дизеля СМД-60, які усувають розточуванням або розвірчуванням до одного з ремонтних розмірів і постановкою ремонтних втулок. Спрацювання поверхні валика водяного насоса усувають нарощуванням (наприклад, наплавлюванням у середовищі вуглекислого газу з подальшою обробкою різанням та шліфуванням).

Водяний радіатор. Найбільш пошкоджувана деталь радіатора — його серцевина, відновлення якої полягає в запаюванні трубок і ліквідації тріщин у з'єднаннях опорних пластин з трубками. При цьому верхні і нижні опорні пластини відпадають у спеціальній печі, видаляють пошкоджені ділянки серцевини і замінюють їх новими. Повний цикл операцій технологічного процесу відновлення серцевин радіаторів наведено на рис. 52.12.

Випробовують радіатори на відповідних стендах. На верхні і нижні патрубкі встановлюють перехідники і заглушки, до яких приєднують рукави для підведення води. Радіатор повністю заповнюють водою і перевіряють його герметичність зовнішнім оглядом усієї поверхні.

Шестеренні насоси. Ряд дефектів деталей системи охолодження типові і для системи мащення. Наприклад, для шестеренних насосів, як і для водяних, найпоширенішими дефектами є спрацювання спряжених деталей (рис. 52.13).

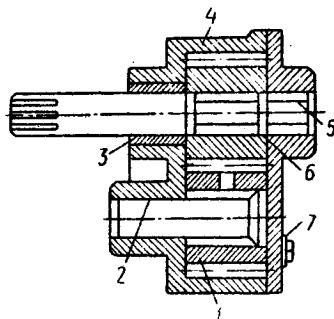


Рис. 52.13. Схема розташування місць спрацювання спряжених деталей шестеренного насоса:
1, 2, 3, 4 — корпуси; 5 — втулки та ролик; 6 та 7 — кршки

Відновлюють поверхню корпусу шліфуванням з подальшим шабруванням. Колодязі корпусу насоса нарощують мідненням, нікелюванням, наплавлюванням міді чи латуні, заливанням епоксидними смолами; застосовують також розточування гнізд з подальшим запресуванням вкладишів.

Масляні радіатори. Найчастіше в радіаторах засмічуються маслозбірники та внутрішні порожнини трубок. Щоб очистити засмічені ділянки, їх виварюють у миючих розчинах і промивають гарячою водою. Пошкодження ділянки трубок або маслозбірників ремонтують паянням. На герметичність їх перевіряють на спеціальних стендах.

52.2. Ремонт деталей трансмісії

Спрацювання отворів під втулки вала виключання зчеплення ремонтують розточуванням і запресуванням в них втулок ремонтного розміру.

Спрацьовані отвори під установчі штифти заварюють і обробляють або розвірчують під ремонтний розмір з встановленням під час складання ступінчастого штифта.

Спрацьований отвір, що центрує КП, ремонтують постановкою кільця або наплавлюванням. Спрацьовані опорні поверхні лап кріплення картера до рами ремонтують фрезеруванням до виведення слідів.

Спрацювання і задирки на робочій поверхні дисків зчеплення усувають шліфуванням. Спрацьовані отвори під пальці важелів заварюють і свердлять нові номінального розміру.

Спрацьовані гнізда під підшипники ремонтують встановленням додаткових (нових) деталей втулок або гальванічним позаванням осталоюванням з подальшою обробкою під номінальний розмір.

Спрацьований отвір під вісь блока шестерні заднього ходу ремонтують розвірчуванням під збільшений ремонтний розмір або встановленням додаткових (нових) деталей — втулок з подальшою обробкою двох отворів у лінію під номінальний розмір.

Спрацьовану або зірвану різьбу ремонтують нарізуванням різьби збільшеного ремонтного розміру, відновленням вкрутнів або заварюванням з подальшим нарізуванням різьби номінального розміру.

Тріщини картера заварюють.

Спрацювання шийок під втулки і кільця підшипників, спрацювання шліців, спрацювання або зривання різьби. Спрацьовані шийки ремонтують хромуванням, осталоюванням або наплавлюванням з подальшою обробкою під номінальний розмір.

Спрацьовані шліци ремонтують наплавлюванням з подальшою термічною і механічною обробкою під номінальний розмір.

Спрацьовану різьбу відновлюють загальноприйнятими методами. Шестірні піддають цементації або ціанують з подальшим загартуванням і відпуском до твердості 48...65 НРС_c.

У разі спрацювання зуб'їв по товщині і викришування їх робочих поверхонь шестірню ремонтують (якщо допускає конструкція) встановленням додаткової деталі — нового зубчастого вінця.

У випадку місцевого викришування поверхонь окремих зуб'їв їх ремонтують наплавлюванням твердим сплавом сормайт з подальшим зачищенням шліфувальним кругом до потрібної форми.

Облой і забоїни зачищають шліфувальним кругом.

Карданна передача. Трубу карданного вала виготовляють із сталей 15 чи 20 (НВ 80...100), а вилки — із сталей 35...40 (НВ 170...235).

Погнутий карданний вал випрямляють на стенді. В разі спрацювання зовнішніх шліців (МАЗ-500) вал ремонтують наплавлюванням з подальшою механічною обробкою або заміняють шліцьовий наконечник новим.

У разі спрацювання шліцьових канавок та виступів втулки проміжного карданного (ЗИЛ-130, ГАЗ-53А) вала її заміняють новою.

Спрацьовані вилки під стакани голчастих підшипників ремонтують наплавлюванням або осталуванням з подальшою механічною обробкою.

Пошкоджену різьбу в отворах вилки ремонтують заварюванням з подальшим нарізуванням різьби номінального розміру. Вилку карданного вала зі спрацьованим шліцьовим хвостовиком ремонтують з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Спрацьовані отвори під голчасті підшипники та різьбу в отворах під болти кріплення кришок ремонтують так само, як і у вилках карданного вала.

Хрестовини карданних шарнірів ЗИЛ-130 — сталь 20ХГИТР, ГАЗ-53А — сталь 20Х, МАЗ-500 — сталь 18ХГТ цементують на глибину 1,1...1,9 мм, загартовують і відпускають до 58...65 НРС_c. Спрацьовані шини ремонтують напилюванням з подальшою обробкою під номінальний розмір або пластичною деформацією (гарячою чи холодною), пошкоджену різьбу — заварюванням з подальшим нарізуванням різьби номінального розміру.

Картери ведучих мостів штамповані зварні зі сталі 20 для ЗИЛ-130; сталі 40 — для ГАЗ-53А; картер МАЗ-500 вилито зі сталі 40Л. Спрацьовані шийки під кільця підшипників ведучих мостів і під сальники ремонтують наплавлюванням з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Спрацьовану або пошкоджену різьбу під гайку кріплення підшипників маточини колеса ремонтують наплавлюванням з подальшим нарізуванням різьби номінального розміру.

Спрацьовану або пошкоджену різьбу в отворах ремонтують нарізуванням різьби збільшеного ремонтного розміру, встановленням вкрутнів або заварюванням і подальшим нарізуванням різьби номінального розміру. В разі спрацювання отворів у фланці під болти кріплення щита гальма отвори свердлять між наявними отворами.

Тріщини і обломи заварюють.

У різьби спрацювання шліців кожуха півосі (МАЗ-500) по товщині канавки між ними заварюють, наплавлену поверхню відточують і фрезерують шліци номінального розміру. Термообробка до 30... 43 HRC_e. Спрацьовані отвори під зовнішнє кільце роликів підшипників вала ведучої конічної шестірні ремонтують встановленням втулок з подальшою обробкою під номінальний розмір.

Спрацювання отвору під гнізда підшипників ведучої циліндричної шестірні ремонтують розточуванням під ремонтний розмір, наплавлюванням чи встановленням втулок з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Спрацювання отворів під підшипники диференціала ремонтують наплавлюванням з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір. Пошкодження різьби ремонтують нарізуванням різьби ремонтного розміру або заварюванням з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Маточини передніх і задніх коліс. Спрацьовані гнізда під кільця підшипників маточин передніх і задніх коліс ремонтують наплавлюванням або вставляють втулку з подальшою механічною обробкою під номінальний розмір.

Спрацьовані отвори під шпильки кріплення дисків коліс ремонтують відновленням втулок.

Пошкоджену різьбу ремонтують встановленням вкрутнів. Угнуті осі випрямляють. У разі спрацювання конусних отворів їх розсвердлюють до діаметра 22 мм, заплавляють, а потім з двох боків підрізають торці фланця і свердлять отвори діаметром 12,5 мм з подальшим зенкуванням до діаметра 20 мм.

Спрацьовані шліци відновлюють наплавлюванням поздовжніми швами. Фрезерують шліци на відстані 5350А з подальшим загартуванням СВЧ при температурі 1123...1173 К і охолодженням у маслі. Відпускають при температурі 848...873 К з подальшим охолодженням на повітрі.

У процесі розбирання праву і ліву чашки коробки диференціала не можна розкомплектовувати. Якщо на чашках є тріщини, їх треба бракувати.

Спрацьовану торцеву поверхню під шестірню півосі проточують, видержуючи розмір до площини прилягання обох чашок згідно з ТУ. Спрацьовану сферичну поверхню під сателіти розточують під ремонтний розмір на пристрої.

Спрацьовані отвори під шини хрестовини відновлюють свердлінням нових отворів, розміщених під кутом 45° до спрацьованих, з подальшим розвірчуванням їх під розмір робочого креслення.

У разі спрацювання отворів під стяжні болти свердлять нові отвори у проміжку між старими.

Спрацювання шийки під підшипник усувають хромуванням, остальною, вібровим наплавлюванням, роздаванням.

Вигин і скручування балки переднього моста усувають випрямленням на стенді в холодному стані. Спрацьовані площадки для кріплення ресор механічно обробляють до виведення слідів спрацювання.

Спрацьовані торцеві поверхні бобишок фрезерують до виведення слідів спрацювання. Спрацьовані отвори під шворинь ремонтують встановленням втулки з подальною механічною обробкою. Спрацьовані шийки під кільця підшипників хромують або остальною з подальною механічною обробкою. Пошкоджену різьбу наплавляють з подальшим нарізуванням різьби номінального розміру.

52.3. Особливості ремонту і відновлення гідравлічного обладнання

Ремонт шестеренних насосів. Дефекти корпусу насоса — тріщини та зломи, спрацювання колодязів.

При наявності тріщин та зломів корпус вибраковують. Спрацьований корпус відновлюють обтискуванням, встановленням перехідних гільз (вставок), нанесенням клейової суміші на основі епоксидної смоли.

Найефективніше відновлювати корпус обтискуванням. Перед обтискуванням його вміщують в електронагрівальну піч і видержують протягом 30 хв при температурі 773 К. Потім корпус обтискують на гідравлічному пресі П-474А (рис. 52.14) зусиллям 1000 кН по зовнішньому контуру при температурі 713...753 К за 10...12 с.

Залежно від спрацювання колодязів корпус обтискують під відповідний розмір. Обтиснутий корпус піддають термічній обробці — нагріванню і видержці в печі при температурі 793...808 К протягом 20 хв, а потім загартуванню у воді, яку нагріто до температури 323...348 К. Після загартування корпус відпускають при температурі 443...453 К протягом 4 год до твердості НВ 76...120. Потім розточують колодязі корпусів.

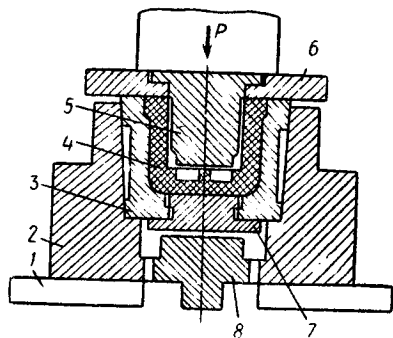


Рис. 52.14. Прес для обтискування корпусу насоса:

1 — станина; 2 — корпус прес-форми; 3 — блок матриць; 4 — корпус гідронасоса; 5 — внутрішній пуансон; 6 — верхня плита; 7 — шайба; 8 — виштовхувач

Корпус насоса можна відновлювати встановленням гільзи з сірого чавуну, алюмінієвих сплавів АЛ-5, АЛ-9. Гільзи виливають у металевій формі (кокілі), яку підігріто до температури 523...573 К. Вилиті гільзи вставляють у заздалегідь розточений корпус насоса, обмазаний всередині епоксидною сумішшю, і сушать у термошафі при температурі 383...393 К протягом 2,5...3 год.

У разі відновлення внутрішньої поверхні корпусу епоксидними сумішами її очищають, промивають бензином, знежирюють ацетоном і сушать. Суміш, яка складається з епоксидної смоли ЭД-6 (100 мас. ч.), дибутилфталату (10 мас. ч.), поліетиленполіаміну (7 мас. ч.) та алюмінієвого порошку (20 мас. ч.), наносять шпателем на стінки колодязів шаром завтовшки 1,5...2 мм. Далі корпус сушать протягом 30...40 хв при кімнатній температурі, а потім 2,5...3 год у сушильній шафі при температурі 373...393 К, після чого колодязі корпусу розточують під номінальний розмір.

Дефекти втулок — спрацювання торцевих поверхонь та поверхонь отворів, змінання стикових поверхонь лисок.

Спрацьовані торцеві поверхні втулок наплавляють бабітом і протягують під номінальний розмір. Крім того, втулки відновлюють сумішшю на основі епоксидної смоли або мідненням з подальшою механічною обробкою.

Втулку із значним спрацюванням торцевих поверхонь і отвори відновлюють обгискуванням у холодному стані, а також холодною роздачею з подальшим накатуванням поверхонь отворів та торців і заливанням їх бабітом. Після цього втулку піддають механічній обробці під номінальний або ремонтний розмір.

Зім'яті поверхні лисок наплавляють бронзою. Відновлені втулки сортують на розмірні групи через 5 мкм. Кожна пара втулок, що стикаються, має бути однієї розмірної групи.

Дефекти шестерень насосів — спрацювання цапф, торцевих поверхонь та головок зуб'їв по колу і забоїни на центрових отворах цапф шестерень.

Спрацювання зуб'їв шестерень по товщині незначні і практично не впливають на роботу гідронасоса. Спрацьовані у межах товщини шару термообробки шестірні відновлюють шліфуванням поверхонь.

Цапфи і поверхні головок зуб'їв шестерень по колу спрацьовуються рівномірно. Їх шліфують і піддають суперфінішуванню. Радіальне биття шестерень допускається не більш як 0,03 мм; биття торців шестерень відносно цапф — не більш як 0,01 мм.

Насос складають із скомплектованих деталей з урахуванням напряду обертання валика ведучої шестірні (праве чи ліве обертання). Загальна висота двох втулок і шестерень має відповідати глибині колодязя, для чого на ремонтному підприємстві розробляють таблиці комплектування певних груп шестерень з розмірними групами втулок.

Складений насос обкатують і випробовують на стендах КИ-4200 або КИ-4815М, використовуючи робочу рідину при температурі 323 ± 5 К. За об'ємом рідини та кількістю імпульсів (два імпульси відповідають одному оберту) визначають придатність насоса. Чим менше потрібно імпульсів для прокачування певної кількості масла, тим вищий об'ємний ККД насоса. Після ремонту об'ємний ККД насоса має бути не нижчий за 0,9.

Ремонт гідророзподільників. Дефекти гідророзподільників — тріщини, забоїни та подряпини корпусу, спрацювання отворів корпусу, золотників, перепускного та запобіжного клапанів, важеля керування золотником, верхньої та нижньої кришок.

Корпус з тріщинами бракують, якщо вони проходять через внутрішні канали. Забоїни і подряпини на площинах прилягання верхньої і нижньої кришок корпусів розподільників не допускаються. Їх усувають обробкою на плоскошліфувальному верстаті.

Спрацьовані отвори в корпусі під золотники, перепускний та запобіжний клапани відновлюють притиранням або алмазним хонінгуванням. Після відновлення отвори поділяють на розмірні групи з інтервалом 0,004 мм. Номер групи позначають на привалковій площині корпусу і отвору.

Спрацьовані золотники обробляють на шліфувальному верстаті до зняття слідів спрацювання, а потім відновлюють хромуванням або залізненням і шліфують.

Відремонтвані золотники добирають до отворів корпусу розподільника за розмірними групами так, щоб золотник входив в отвір на 2/3 довжини. При такому доборі змащені золотник і отвір притирають. Потім золотники за внутрішнім діаметром камери, а бустери за зовнішнім діаметром сортують на чотири розмірні групи.

У разі втрати пружиною бустера пружності золотники перепускного і запобіжного клапанів відновлюють торцевим зенкуванням до утворення в гнізді гострого краю. Клапан притирають до гнізда. Спрацьовану конусну ущільнювальну поверхню перепускного клапана обробляють різцем на токарному верстаті або шліфують на верстаті ШШК-3. В разі значного спрацювання хвостовик перепускного клапана відновлюють хромуванням або залізненням і подальшим шліфуванням у центрах верстата. Хвостовик клапана і притерту напрямну добирають за розмірними групами через 4...5 мкм.

Спрацьований отвір важеля керування золотником відновлюють свердлом діаметром 8,9 мм. Потім отвір розвірчують до діаметра 9 мм. Сферичну поверхню важеля керування в разі спрацювання покриття хромують.

Спрацьовану поверхню верхньої кришки під вісь розсвердлюють і розвірчують під ремонтний розмір 9 мм. Колодязі під золотники в нижній кришці обробляють на вертикально-фрезерному верстаті

пальцевою фрезою 38,5 мм. Відновлені кришки випробовують під тиском 1 МПа. Тріщини на кришках заварюють газовим зварюванням чи електрозварюванням в аргоні на установках «Удар-300». На тріщини можна накладати латки за допомогою клейової суміші на основі епоксидної смоли.

Перед складанням гідророзподільників золотники комплектують з корпусом. Для цього золотник і отвір корпусу мають бути одного номінального чи ремонтного розміру і однієї розмірної групи.

Клапани бустера регулюють у зборі з золотниками на стендах КИ-4200, КИ-4815М.

Складений розподільник випробовують і регулюють на цих самих стендах з гідронасосом відповідної об'ємної подачі. При цьому регулюють запобіжний клапан і перевіряють гідророзподільник на спрацювання автоматики, фіксацію золотників та герметичність.

Ремонт силових гідроциліндрів та шлангів високого тиску. *Дефекти гідроциліндрів* — спрацювання внутрішньої поверхні корпусу, отвори під шток у передній кришці, спрацювання отвору і злом вушка в задній кришці, спрацювання зовнішньої поверхні та отворів під палець штока, прогин штока, спрацювання поршня.

Спрацьовану внутрішню поверхню корпусу відновлюють розточуванням на вертикально-розточувальному верстаті під ремонтний розмір і хонінгуванням.

Спрацьований отвір під шток у передній кришці розточують і запресовують бронзову або чавунну втулку. Потім втулку остаточно розвірчують під розмір штока. Зазор у цьому спряженні 0,02...0,1 мм.

Спрацьовані отвори вушка в задній кришці обробляють зенкером, а потім розвірчують. Зломи вушок задніх кришок відновлюють зварюванням. Ущільнення замінюють новими.

Спрацьовану зовнішню поверхню штока відновлюють шліфуванням на безцентрово-шліфувальному верстаті 3134 і під номінальний або ремонтний розмір. Спрацьовані отвори вилок штока обробляють зенкером, а потім розвірчують. Вигнуті штоки випрямляють під пресом. Допускається прогин штока не більш як 0,15 мм. Силкові циліндри випробовують після складання на універсальному стенді КИ-4200 або КИ-4815М.

Після ремонту витікання масла має не перевищувати 0,5 см³ за 3 хв. Максимальний тиск масла, необхідний для переміщення поршня без навантаження циліндра, має не перевищувати 0,5 МПа. Час висування штока основного циліндра — не більш як 2,6 с, час повернення у вихідне положення до автоматичної зупинки — 1,0...2,5 с.

Дефекти шланга високого тиску — розриви в місцях під'єднання до муфт і по його довжині. В разі розриву шланга в місцях під'єднання до муфт пошкоджену частину обрізають дисковою пилкою або шліфувальним кругом. Потім відрізану муфту розрізають фрезою на

дві половини. Ніпель з гайкою вставляють всередину кінця шланга і затискають його двома половинками розрізаної муфти за допомогою хомутиків. Муфту обтискають спеціальним пристроєм.

В разі розриву середини шланга або кількох інших місць пошкоджену частину вирізають. Кінці шланга з'єднують перехідним ніпелем, зовнішній діаметр якого має дорівнювати внутрішньому діаметру шланга. Трубку з м'якої сталі надавають на з'єднуванні кінці і обтискають на токарному верстаті. За час випробування шлангів на верстаті під тиском 20 МПа протягом 5 хв масло не повинно просочуватись.

52.4. Особливості ремонту і відновлення пневмообладнання

Специфікою ремонту пневмоапаратури є необхідність забезпечення високих точності і якості виконання робіт. Як правило, пневмоапаратуру треба ремонтувати на спеціалізованому ремонтному підприємстві, яке використовує заводську технологію і виконує ремонт за потоковим знеособленим методом. Проте, оскільки таких підприємств ще мало, як тимчасовий вихід можна організувати відновлення пневмоапаратури на створених у складі ремонтних заводів спеціалізованих дільницях.

Нижче наведено деякі рекомендації щодо вибору інструментів, які застосовують під час ремонту деталей пневмоапаратури.

Розвірчування отворів виконують машинними розвертками, виготовленими із сталі 9ХС, загартованими до твердості 50...55 НRC_e і оснащеними пластинками ВК6. Крок розверток роблять нерівномірним з кутом підняття спіралі 7°. Остаточну доводку роблять приладами, які виготовлені з дрібнозернистого перлітного чавуну і мають твердість НВ 180...220. Попередню обробку сферичних поверхонь виконують фасонними різцями із сталі Р18.

Для підвищення якості роботи під час доводочних операцій слід застосовувати пасти ГОИ. Допускається також застосовувати різні абразивні доводочні пасти. Для виготовлення їх розігріті до температури 333...353 К жирові складові (стеарин, парафін) та олеїнову кислоту профільтровують крізь гігроскопічну вату. Потім, постійно перемішуючи, в них всипають потрібну кількість абразивного порошку, після чого додають гас. Приготовлені суміші дають охолонути, після чого нею можна користуватись.

Пневмопривод ремонтують або у процесі загального ремонту машини за тупиковим, постовим чи потоковим методом, або ж агрегатним методом. За будь-якого методу ремонтувати всі елементи пневмопривода треба на спеціалізованих дільницях з додержанням відповідних ТУ.

Готуючи машину з пневмоприводом до ремонту, складають відомість пневматичних пристроїв, що підлягають ремонту, із зазначенням

помічених несправностей, відпрацьованої кількості мотогодин (або пробіг у тис. км) і заводського номера. Цю відомість заздалегідь надсилають на ремонтне підприємство. У свою чергу, ремонтне підприємство, яке приймає в ремонт пневмоапаратуру, зобов'язане підготувати всю необхідну технічну документацію на ремонт основних пристроїв пневмопривода, розробити технологічні процеси на найскладніші ремонтні операції, виготовити необхідне технологічне оснащення, підготувати верстати, матеріали, необхідні запасні частини, навчити інженерно-технічний персонал і робітників передових методів ремонту.

Пневмоапаратуру, що надійшла на ремонт, миють, очищують і дефектують.

У ремонті деталей методом відновлення до номінального розміру в основному застосовують електролітичне хромування та осталювання з подальшою розмірною обробкою. Товщина електролітичних хромових покриттів приблизно 0,3...0,4 мм. Для ділянок деталей, що зазнають тертя, рекомендується пористе хромування. Осталювання може застосовуватись самостійно і як підшар під хромування за умови нарощування шару завтовшки до 0,7...0,8 мм.

Під час ремонту пневмообладнання широко застосовують зварювання і наплавлювання. Для підвищення якості зварювання відповідальних деталей рекомендується перед зварюванням їх підігрівати до температури 373...523 К з подальшим відпалюванням чи нормалізацією.

Під час ремонту підлягають заміні новими: деталі кріплення, ущільнення та прокладки з гуми і фторопласту, а також пружини з тріщинами, розшаруванням металу, полонками і ті, що втратили пружність і мають викривлення.

Випробування пружин на міцність та залишкову деформацію проводять на пристроях, в яких до встановленої між опорами пружини за допомогою гвинтового пристрою прикладають розрахункове навантаження, після чого визначають довжину пружини в стиснутому стані за допомогою лінійки. Для визначення залишкової деформації пружину стискають гвинтом до відказу, потім вимірюють її вільні розміри і залишкову деформацію. Для виготовлення нових пружин слід застосовувати сталі 50Г, 65Г, 60С2А, 60С4Н2А, 50ХФА, 4Х13, 12Х18Н10Т, Х17Н10Т.

Після закінчення ремонту пневмоапаратура проходить приймально-здавальні випробування, загальні вимоги до яких визначають стандарти, а конкретні — ТУ на виробі.

Пластинчасті клапани ремонтують притиранням до гнізд головок і циліндрів.

Поверхні штуцерів, що контактують з ущільненнями і шарикопідшипниками, ремонтують хромуванням або твердим осталюванням з подальшим шліфуванням під номінальний розмір.

Пневмоциліндри, фільтри, реверсери, золотникові розподільники, шланги та трубопроводи пневмосистем ремонтують за допомогою способів, які застосовуються для відновлення аналогічних деталей гідросистем. Діафрагми, манжети, коміри, ущільнення та гумові прокладки пневмосистем не ремонтують.

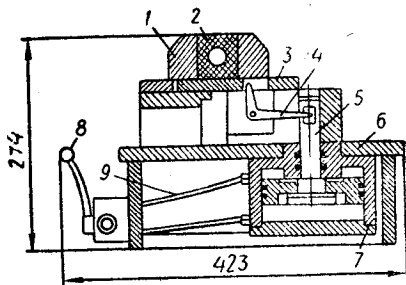


Рис. 52.15. Пристрій для обтискування металевих хомутів на гумових шлангах

Для механічного обтискування металевих хомутів на гумових шлангах, використовуваних у пневмосистемах, призначений спеціальний пристрій (рис. 52.15), який складається з корпусу 6, пневматичного циліндра 7, штока 5, важеля 4, позуна 3, опори 1, трубопроводів 9, ручного крана керування 8 та змінних матриць 2.

Шланг з надітим обтискуваним хомутом і наконечником установлюють в отвір між матрицями. Після повороту рукоятки крана керування під дією стиснутого до 0,6 МПа повітря пересувається поршень циліндра, від якого рух передається на рухому матрицю, яка здійснює кільцеве обтискування хомута з силою 2 кН. Хомути з діаметром 23 та 25 мм обтискують двічі, а з діаметром 29 та 34 мм — 3 рази.

Використовуючи змінні матриці, можна обтискувати хомути всіх розмірів шлангів, застосовуваних в дорожніх і будівельних машинах.

Пристрій кріплять до верстата і під'єднують до пневмосистеми.

52.5. Особливості ремонту електрообладнання

Дефекти акумуляторних батарей (АкБ). Акумуляторна батарея що надходить у ремонт, має бути очищена від бруду, після чого її оглядають, виявляючи зовнішні дефекти: тріщини вала і кришок, розтріскування і відшаровування мастики, окислення контактів, стан вивідних штирів та перемичок.

Залежно від характеру несправностей та обсягу робіт для їх усунення ремонт АкБ поділяють на поточний, середній, капітальний і відновлювальний.

Поточний ремонт — заміна мастики, приварювання міжелементних з'єднань, наварювання вивідних клем, заміна акумуляторів.

Середній ремонт — заміна моноблока та сепараторів.

Капітальний ремонт — заміна півблоків пластин однієї з полярностей.

Відновлювальний ремонт — заміна півблоків спільних полярностей.

Під час капітального і відновлювального ремонту можуть бути замінені моноблок, кришки та сепаратори.

Дефекти пластин. Жолоблення, пошкодження ґрат, тріщини, здуття або розшарування в активній масі, випадання активної маси (не більш як у п'яти комірках). Злегка пожолоблені пластини випрямляють у лещатах, відокремивши їх одну від одної і від лещат фанерними прокладками. Сепаратори, які не мають пошкоджень, використовують повторно.

Під час складання не рекомендується змішувати пластини, що були в експлуатації, з новими. Краще використати придатні пластини того самого розміру, які були в експлуатації і взяті з інших розібраних батарей.

Після заміни непридатних пластин однієї полярності їх зварюють у спеціальних шаблонах з сполучними мастиками. В разі потреби на пластини попередньо наварюють вушка у спеціальних металевих формах.

Складання батарей. Півблоки позитивних і негативних пластин складають разом із сепараторами. Сепаратори мають бути повернуті ребрами до позитивних пластин. Півблоки з сепараторами вставляють в акумуляторний бак, який треба попередньо перевірити на відсутність тріщин, очистити від обсипаної активної маси і старанно промити.

Додержують правильного чергування полярності. Над пластинами встановлюють запобіжні щитки. Місця стику кришок з баком ущільнюють азбестовим шнуром, установлюють кришки, після чого приварюють міжелементні перемички. Для заповнення висвердлених під час розбирання отворів наплавляють свинець з присадкою прутка. У зазори між кришками та стінками бака заливають мастику. Батарею заповнюють електролітом і ставлять на зарядження. Рекомендується провести контрольне розрядження батареї, що вийшла з ремонту, і в разі задовільних результатів пустити її в експлуатацію.

Генератори і стартери. Розглянемо ремонт основних деталей генератора змінного трифазного струму. Дефекти статора з котушками в зборі: відпаювання і обривання проводів, пробій на масу, міжвиткове замикання; обривання і обгоряння ізоляції котушки.

Несправні котушки замінюють новими.

На стартері встановлено 18 котушок. Шість котушок, сполучених послідовно, утворюють обмотку однієї фази. Отже, на статорі три фазові обмотки.

Випрямлений блок ВБГ1 перевіряють напругою АкБ через контрольну лампу. Якщо перевірка виявила обривання чи коротке замикання в якомусь переході, несправний моноблок треба замінити. Під час припаювання нового моноблока треба стерегтися надмірного нагрівання напівпровідникових кристалів.

Перед заміною діода зворотної полярності посадочне місце розвірчують до діаметра $13,12^{+0,04}$ для запресування діода з ремонтним розміром на ручному пресі.

У разі виявлення обірваних кінців обмотки збудження у місцях паювання до контактних кілець порушене з'єднання знову запаяти.

Якщо місце обриву знаходиться всередині обмотки чи виявлено коротке замикання обмотки збудження на масу, ротор треба замінити.

У разі потреби контактні кільця проточують до виведення чорноти з подальшим поліруванням їх.

Шарикопідшипники генератора підлягають заміні при великому люфті або коли виявлено пошкодження гумових ущільнень, а також у разі підвищеного шуму.

Дефекти стартера: облой та забоїни на поверхнях прилягання до кришок, пошкодження прорізів під викрутку у полюсних гвинтів, пошкодження ізоляції вивідного контакту, обламування затискачів вивідного контакту, замикання котушок на корпус, задирки поверхнь полюсів і порушення в міжполюсній відстані, спрацювання щіток, відпаювання або обламування сполучних шин.

Облой та забоїни на поверхнях прилягання до кришок зачищають. У разі пошкодження прорізів у гвинтів гвинти замінюють. Обламані затискачі вивідного контакту замінюють новими. Пошкоджені котушки також замінюють. Задирки на поверхнях полюсів усувають слюсарною обробкою до видалення дефекту з обов'язковим підтягуванням полюсних гвинтів. Спрацьовані щітки замінюють. Відпаяні чи відламані сполучні шини зварюють упритул або спаюють припоєм ПОС-61 з подальшою ізоляцією з'єднання.

Ремонт якоря стартера СТ-130. Спрацювання і задирки на поверхні заліза якоря зачищають до зникнення дефекту. При діаметрі, меншому від допустимого, якір бракують.

Спрацювання колектора усувають проточуванням з подальшим шліфуванням.

Зігнутий вал випресовують з якоря і випрямляють. Спрацьовані шийки відновлюють хромуванням чи остальюванням з подальшим шліфуванням під номінальний розмір.

Якщо шліці спрацьовані більше від допустимих значень, якір бракують так само, як і в разі обривання секцій обмотки з задирками пазів. Відпаяні від колектора секції припаюють припоєм ПОС-40.

У разі замикання витків обмотки на корпус або між собою дефекти усувають заміною ізоляції, прокладаючи в пазах заліза ізоляційний матеріал: знизу — електротехнічний картон ЭВС 0,33...0,44, зверху — картон ЭВП 0,28...0,33. Потім обмотку просочують лаком ГФ-95.

Після ремонту окремих деталей стартер складають, регулюють і випробовують на стендах у режимах повного гальмування і холостого ходу. Ізоляція повинна мати електричну міцність (перевіряють напру-

гою 220 В через лампу 60 Вт). Міжвиткові замикання і замикання на масу не допускаються.

Генератори і стартери можна ремонтувати на спеціалізованих дільницях ремонтних заводів або на спеціалізованих заводах по ремонту електрообладнання.

Прилади запалювання. Переривник-розподільник, який надходить у ремонт, розбирають, усі деталі миють, дефектують і сортують.

Дефекти: тріщини, відколювання і пробивання кришки розподільника та ротора, пробивання конденсатора, спрацювання контактів, ослаблення або поламка пружини важільця переривника, пошкодження діафрагми вакуумного регулятора, спрацювання втулок корпусу або шийок валика.

Конденсатори, кришки та ротори з дефектами заміняють новими. Заміняють також усі деталі, що мають дефекти. Відновлюють спрацьовані шийки валика хромуванням або осталюванням з подальшим шліфуванням під номінальний розмір.

Індукційні котушки. Дефекти: обриви чи пробивання між витками, обривання і міжвиткове замикання у первинній обмотці, перегорання додаткового опору.

Міцність ізоляції первинного кола перевіряють змінним струмом напругою 550 В протягом 1 хв.

Перебої в іскроутворенні визначають на стенді на слух протягом 30 с.

На теплостійкість індукційну котушку випробовують, нагріваючи її в термостаті при температурі 393 К протягом 2 год.

Індукційні котушки з пошкодженими обмотками та ізоляцією вибравують.

Кришку, що має обломи та тріщини, заміняють. Перегорілий додатковий опір (варіатор) також заміняють новим.

52.6. Ремонт і відновлення автомобільних шин

Ремонт шин. Шини знімають з експлуатації в разі спрацювання рисунка протектора:

для вантажних автомобілів —	1,0 мм;
для легкових	— 1,6 мм;
для автобусів	— 2,0 мм.

Такі шини доцільно віддавати для відновлювального ремонту, який зводиться до знімання з покриття старого протектора і накладання нового.

Вартість відновлювального ремонту в кілька разів нижча за вартість нової покриття, а експлуатаційні якості її досить високі.

Основні дефекти шин: спрацювання протектора, пошкодження покривної гуми і каркаса (прорізи, проколи, пробої, задирки, розшару-

вання каркаса). За своїм характером дефекти поділяють на зовнішні, внутрішні і наскрізні. Вони можуть бути місцевими і кільцевими.

Для шин встановлено два види ремонтів — місцевий (усунення місцевих пошкоджень), відновлювальний (накладання нового протектора).

Покришки (шини) приймають у ремонт відповідно до ТУ. Їх старанно оглядають іззовні і зсередини, користуючись в останньому випадку різними пристроями. Записують дату виготовлення покриття і виявляють характер та розміри її пошкоджень. Внутрішні розшарування виявляють обстукуванням покриття молотком (глухий звук) або за допомогою ультразвукового дефектоскопа (покриття частково занурюють у ванну з розчином етилового спирту).

У місцевий ремонт приймають покриття, що мають не більш як одне наскрізне пошкодження розміром до 100 мм для легкових і 150 мм для вантажних автомобілів та автобусів. Допускаються пошкодження гуми і не більш як одне внутрішнє чи зовнішнє пошкодження каркаса на глибину до одного шару для легкових автомобілів і до двох шарів для вантажних та автобусів.

Залежно від ступеня спрацювання протектора і стану каркаса придатні для ремонту накладанням покриття поділяють на дві групи: покриття із спрацьованим рисунком протектора без наскрізних пошкоджень каркаса;

покриття з повністю спрацьованим протектором і наскрізними пошкодженнями каркаса.

Не приймають у ремонт покриття: з поламаним чи оголеним металевим осердям борта; ті, що довго піддавалися дії нафтопродуктів (просочені маслом, гасом, нафтою) чи інших речовин, які спричиняють набрякання гуми; з виразними ознаками старіння гуми (розтріскування у вигляді дрібної сітки чи глибоких тріщин), з кільцевим руйнуванням або зламами каркаса; з витягнутими бортами; з повним чи частковим спрацюванням корду брекера; з двома і більше наскрізними пошкодженнями каркаса; з наскрізними пошкодженнями на відстані менш як 5 см від п'ятки борта; ті, що були в експлуатації понад 5 років.

Технологічний процес ремонту покриття з місцевими пошкодженнями включає такі заходи: очищення й миття; підготовка пошкоджених ділянок; нанесення клею і сушіння; ліквідація пошкоджень; вулканізація; остаточна обробка; контроль.

Покриття миють теплою водою в мийній машині або у ванні волосяними жорсткими щітками та скребачками. Сушать при температурі 313 К протягом 2 год. З покриття видаляють сторонні тіла, застрягли в ній металеві предмети, уламки скла. Визначають спосіб ремонту і розмічають крейдою межі вирізування пошкоджених ділянок. Краї пошкодження зрізають у формі ступінчастої рамки, користуючись ножами і застосовуючи ручний борторозширювач і металеві вставки

для розширення бортів. Вологість каркаса покриття контролюють індикаторами. Якщо вологість покриття в місці ремонту перевищує 6 %, її сушать у камері гарячим повітрям протягом 24 год або інфрачервоним випромінюванням протягом 2...4 год.

Місця пошкодження шеретують дисковою дротяною щіткою або фігурними шарошками і очищають від пилу. Гумовий клей наносять двічі: перший раз концентрації 1 : 8, другий — 1 : 5 (одна масова частина клейової гуми, розчинена відповідно у 8 чи 5 мас. ч. бензину «калоша»). Після нанесення першого шару сушать протягом 20...30 хв при температурі 303...313 К, а після другого — 20...40 хв.

Заклеювання поверхонь — це процес накладання підготовчого ремонтного матеріалу на ремонтвані ділянки з подальшим прикочуванням роликом. Ліквідувати пошкодження починають з внутрішнього боку покриття, а закінчують із зовнішнього.

Для ліквідації місцевих пошкоджень застосовують шприц-машини, за допомогою яких у порожнину пошкоджуваних місць покриття витискують підігріту гумову масу. Цей спосіб підвищує продуктивність, зменшує втрату матеріалів, підвищує якість.

Вулканізацію здійснюють для створення міцного з'єднання ділянок покриття з ремонтними матеріалами і перетворення їх у монолітну міцну й еластичну гумову масу.

Для вулканізації покриттів з наскрізними і зовнішніми пошкодженнями застосовують мульди, з внутрішніми пошкодженнями — сектор.

Для двостороннього нагрівання вулканізованої ділянки покриття, а також для вулканізації внутрішніх ділянок застосовують пароповітряні або електроповітряні варильні машини та електроманжети. Температура (416 ± 2) К.

Тиск повітря в повітряних мішках у разі опресування під час вулканізації не нижчий як 0,5 МПа.

При односторонньому нагріванні час 50...150 хв, при двосторонньому — 50...100 хв.

Процес остаточної обробки полягає у зрізуванні зайвини гуми і зачищенні нерівностей наждачним кругом на гнучкому валу.

Відремонтвані шини мають відповідати технічним вимогам: на внутрішній поверхні не повинно бути здутин, слідів відшарування латок, недовулканізації, складок та потовщень; накладені на протектор або бокові ділянки гуми мають бути повністю вулканізовані і мати поверхню $Ra = 55...65$. Не допускається зміна форми бортів та зовнішніх габаритних розмірів покриття.

Відновлювальний ремонт покриттів полягає у знятті з покриття старого протектора і накладанні нового після усунення місцевих пошкоджень. Такий ремонт здійснюють накладанням бігової доріжки або накладанням повного протектора.

Технологічний процес: видалення старого протектора, шеретування зовнішньої поверхні, нанесення клею і сушіння, підготовка протекторної гуми, накладання протектора, вулканізація і контроль.

Після видалення старого протектора зовнішню поверхню шеретують. При цьому в покришку вкладають камеру і наповнюють її повітрям. Від пилу поверхню очищають пиლოსосом.

На шеретовану поверхню покришки наносять клей тестолаком-розпилювачем в установках або вручну пензлем.

Підготовка протекторної гуми полягає у відрізання її за розміром і створенні на кінцях косоного зрізу під кутом 20° . Протекторна профільована гума може бути здубльована з прошарувальною. На поверхню заготовки наносять гумовий клей концентрації 1 : 8. Якщо протекторну гуму не здубльовано з прошарувальною, то перед нанесенням гумового клею поверхню її шеретують. Потім протекторну гуму сушать у камері при температурі 303...313 К протягом 30...40 хв.

Накладання протекторної гуми з одночасним накочуванням роликом здійснюють на накочувальних верстатах. Попередньо накладають брекер (подушковий) після промазування його клеєм концентрації 1 : 8. У разі потреби брекер вирівнюють, заповнюючи всі заглибини в ньому прошарувальною гумою. Потім поверхню ремонтваної покришки промазують клеєм і накладають заготовку прошарувальною, а далі її профільованою протекторною гумою. Усі види гуми треба обов'язково накочувати роликом.

Протектор вулканізують у вулканізаторах різних типів, що являють собою рознімну по колу форму з вигравійованим рисунком протектора. Необхідної температури вулканізації (416 ± 2) К досягають нагріванням парою. Притискування покришки до протектора здійснюється за допомогою стиснутого повітря (1,2...1,5 МПа), яке накачують у камеру, закладену всередину покришки. Опресування можна здійснювати і водою. Час вулканізації в разі опресування водою 105...155 хв, повітрям — 90...140 хв, а в разі опресування паром він скорочується на 30 %.

Відремонтовані покришки випробовують на твердість, розрив, відносне видовження та стирання, для чого беруть 0,1 % від кожної партії.

На боковині відремонтованої камери має бути випечено: скорочена назва шиноремонтного заводу, номер контролера ВТК, дата випуску шини з ремонту.

52.7. Ремонт і відновлення кузовів, кабін, оперення та рам автомобілів

Розрахунок кузовів, кабін та оперення. Дефекти: деформації (вигин, скручування, вм'ятини, перекуси), тріщини, розриви та пробійни, корозійні руйнування, ослаблення заклепкових та болтових з'єднань, порушення антикорозійних покриттів. Ці дефекти виникають у ре-

зультаті вібрації кузова під час руху автомобіля, механічних пошкоджень, недостатньо міцного або жорсткого з'єднання окремих деталей термічної дії під час зварювання.

Основна причина руйнування кузовів автомобілів — корозія. Особливо швидко кородують і руйнуються деталі кузова, поверхні яких повернуті до дороги, внутрішні порожнини, місця рознімних і нерознімних з'єднань.

Дефекти кузова автомобіля: найбільшого спрацювання, механічних ушкоджень і корозійного руйнування металу зазнають панелі підлоги кузова по його периметру; коробчастий переріз та закриті об'єми; підлога кузова; передня його частина і задня панель, розташована за колесами, а також у місцях установавання педалей; арки задніх коліс; внутрішні передні та центральні стояки у місцях кріплення петель дверей; облицювальні центральні стояки; бокові поверхні багажника; бокові панелі кузова в місцях кріплення кришки багажника.

Незважаючи на різноманітність конструкцій кузовів та кабін під час ремонту їх трапляються часто повторювані види робіт. Основні з них такі: зварювання, випрямлення, вирівнювання поверхонь заповнювачами, клепаання, виготовлення і встановлення додаткових (нових) деталей та нанесення покриттів (гальванічних, лакофарбових).

Найефективніший спосіб відновлення несучих кузовів автомобіля — вузловий метод, коли ділянки кузова, що зазнали спрацювання, механічних ушкоджень чи корозії, вирізають і замінюють новими, заздалегідь виготовленими деталями і вузлами.

У ремонті кабін та кузовів найбільшого поширення набуло зварювання (25...30 % загальної трудомісткості капітального ремонту кузова). Застосовують такі види зварювання: газове, ручне, електродугове, контактне і напівавтоматичне в захисному середовищі вуглекислого газу. Застосовують і паяння твердими припоями ПМЦ-54, Л62 та ін.

Випрямлення включає в себе роботи по відновленню форми деталей, порушеної в результаті деформації від механічних пошкоджень (вигин, скручування, вм'ятини, перекося). Випрямлення виконують холодним і гарячим способами з попереднім місцевим або загальним нагріванням до температури 873...923 К (вишнево-червоного кольору).

Гаряче випрямлення застосовують у ремонті тонкостінних деталей каркаса кузова, якщо випрямлення холодним способом неможливе або потребує великих зусиль.

Вм'ятини на фасонних деталях вибивають на вису або на дерев'яній підкладці, а плоских — на металевій плиті за допомогою молотка-вибивача або киянки (дерев'яної, пластмасової чи гумової). Ударами по опуклій частині вибивають вм'ятину до надання панелі потрібної форми. Глибокі вм'ятини починають вибивати з середини, а випрямляючи положисті вм'ятини, ударяти молотком починають з краю, поступово переходячи до середини.

Рихтування може бути ручним і механізованим. Вручну рихтують

рихтувальним молотком, підставляючи під рихтовану поверхню підтримку, форма якої має відповідати профілю ремонтної поверхні деталі.

Перекуси і прогини усувають за допомогою розтягувальних і стягувальних пристроїв з механічним чи гідравлічним приводом і струбцинами.

Пристрої, устаткування, інструмент:

пневматичний різак з клапанним повіторозподільником і різцями із сталі Р9 або Р18 із швидкістю різання 5...6 м/хв;

газоварювальний апарат з наконечником № 1, зварювальний дріт Св-08 або Св-15 діаметром 1,5 мм. Зварювальний напівавтомат ПДПГ-500, дріт Св-0,8-ГСА або Св-0,8-Г2СА діаметром 1 мм;

машина МТПП-75 — для електричного контактного точкового зварювання деталей з тонколистової маловуглецевої сталі;

візковий конвейер для ремонту кабін, кузовів;

скоба для рихтування даху кабіни вантажного автомобіля (350...450 ударів за 1 хв при тиску в мережі 0,4 МПа);

набір інструментів для усунення вм'ятин;

притискач для жерстяницьких робіт;

шліфувальна машина з гнучним валом мод. ІЭ-8201А, кругом ПП 200 × 40 × 32 Э55-СТ-5-К;

електрозварювальний апарат ПС-30.

Ремонт обладнання та механізмів кузовів і кабін. *Калориферна система опалювання.* Основні частини — радіатор, вентилятор, повітроводи і прилади, які включають систему в дію і регулюють потік повітря. Технологія ремонту радіатора опалювача аналогічна технології ремонту радіаторів системи охолодження двигунів. Вентилятори, які потребують ремонту, передають у відділення ремонту електрообладнання.

Вм'ятини і тріщини на деталях усувають рихтуванням і зварюванням. Пошкоджені сполучні шланги замінюють новими.

Дверні механізми та їхній привод. Основні дефекти пневматичного дверного механізму — вм'ятини на поверхні циліндрів механізму керування, вигин стержнів, зрізування шліців важелів керування. Вм'ятини на циліндрах із сталених труб та бронзи вирівнюють протягуванням на гідравлічних пресах.

Погнуті ступені поршня випрямляють молотком та цупом на призмах, установлених на плиті. Важелі керування з пошкодженими шліцями, а також тяги та вилки з пошкодженою різьбою замінюють новими. Після складання механізм керування дверима випробовують на герметичність.

Дефекти замків та петель: погнутість, яку усувають випрямленням молотком на плиті; спрацювання і тріщини, які усувають зварюванням з подальшою механічною обробкою. Обламані деталі петель замінюють новими.

Замки розбирають, і всі деталі миють у ванні з гасом. Після ремонту деталей або заміни їх замки складають і регулюють.

Сидіння для пасажирів та водіїв. Дефекти каркасів: подряпини, відшарування хромового покриття і корозія, деформація, тріщини та обриви у згинах, погнутість або обриви ланок кріплення.

Декоративне покриття відновлюють нанесенням нового.

Порушені місця паяння очищають від старого припою та інших забруднень і знову припаюють припоєм ППЦ-54.

Пошкоджені деталі відпаюють газовим пальником і замінюють новими.

Нові деталі каркаса виготовляють з безшовної труби діаметром 25 мм, товщина стінки якої 1,5 мм. Ріжуть трубу дисковою пилкою, а для гнуття користуються спеціальним пристроєм.

Оббивки спинок та сидіння при капітальному ремонті, як правило, бракують. Дефекти дротяних рамок усувають випрямленням і зварюванням. Пружини сидіння, які зберегли форму і необхідну пружність, використовують повторно. Пошкоджені частини подушки з губчастої гуми вирізають і замість них гумовим клеєм приклеюють нові частини.

Подушки та спинки сидінь складають на спеціальних універсальних стендах, які гарантують рівномірний натяг оббивки.

Склопідйомники розбирають, миють, дефектують, непридатні деталі замінюють новими, складають і регулюють.

Заміна стекол. Усі стекла з тріщинами й дефектами, які утруднюють видимість, замінюють новими. Стекла для кузовів та кабін звичайно надходять на ремонтні заводи в готовому вигляді, а органічне скло у вигляді листів. Шибки з оргскла вирізають за шаблоном на круглопилковому або стрічкопилковому верстаті. Щоб надати оргсклу необхідної форми, його нагрівають в електропечі до температури 423... 473 К і кладуть у прес-форму.

Стекла «триплекс», що мають придатні ділянки, можна використати для вирізування з них віконних шибок. Неглибокі подряпини і ризки на поверхні стекол усувають поліруванням на верстатах.

Ремонт неметалевих деталей кузовів (дерев'яних та пластмасових). Несправності дерев'яних деталей — різні механічні пошкодження та вади деревини (поломки, відколювання, тріщини, спрацювання отворів під болти та ін.).

Ремонт дерев'яних деталей виконують нарощуванням їх по довжині і склеюванням або заміною непридатних деталей новими. Вологість пиломатеріалів має не перевищувати 18 %.

Пошкоджені деталі кузовів та кабін, для виготовлення яких застосовують пластичні маси, у процесі ремонту замінюють новими, оскільки технологія їх проста і економічна. Якщо ремонт деяких деталей економічно вигідний, для склеювання їх застосовують розчини поліамідів у мурашиній кислоті або мурашину кислоту. Деталі з пластмаси на основі термоактивних смол склеюють клеєм ВІАМБ-3.

Ремонт підйомного механізму платформи автомобіля-самоскида. Гідравлічний перекидний пристрій автомобіля-самоскида складається з коробки відбору потужності з масляним насосом і краном керування, гідравлічного підйомника, масляного бака та трубопроводів.

Коробку відбору потужності і масляний насос ремонтують аналогічно ремонту коробок передач та масляних насосів. Спрацьовані поверхні ланок гідропідйомника відновлюють хромуванням. Спрацьовані гумові ущільнювальні кільця замінюють новими. Спрацьовані цапфи корпусу підйомника відновлюють наплавлюванням з подальшою механічною обробкою. Спрацьовану і пошкоджену різьбу відновлюють наплавлюванням з нарізуванням різьби номінального розміру.

Трищини і пробіи масляного бака з листової сталі завтовшки 1,2 мм ремонтують зварюванням. Трубопроводи, що мають дефекти, замінюють новими.

Складання і фарбування кузовів, кабін та оперення. Кабіни та кузови складають у два етапи:

складання до фарбування передбачає встановлення всіх деталей, що підлягають пофарбуванню, разом з кузовом, а також деталей, які під час складання після пофарбування можуть пошкодити ЛФМ;

складання після пофарбування полягає в монтажі усіх відремонтованих деталей та вузлів.

До основних заходів, які вживають для зменшення шуму та вібрації в кузові, належать: нанесення на внутрішню поверхню кузова спеціальних мастик, ущільнення щілин, зазорів та нещільностей у з'єднаннях з використанням гумових ущільнень, прокладок, оббивки, звукобірних матеріалів та ін.

Фарбування кабін та кузовів являє собою комплекс заходів: ґрунтування, шпаклювання, шліфування, фарбування й сушіння, остаточна обробка фарбованої поверхні.

Виявляльне пофарбування призначене для виявлення дрібних рисок, подряпин тощо, які шпаклюють швидковисихаючою шпаклівкою АШ-50.

Відновлення рам. Рама вантажного автомобіля складається з лонжеронів, поперечин, кронштейнів, з'єднаних заклепками. Лонжерони виготовляють із сталі 25 або 30 з титаном, поперечини — із сталі 08 КП, а кронштейни з ковкого чавуну.

До рами кріплять агрегати і вузли автомобіля. Деталі рам автомобілів зазнають змінних навантажень на розтягування, стискування, скручування та згинання, які змінюються за величиною і частотою залежно від маси вантажу, його розміщення в кузові, профілю дороги, швидкості руху, якості водіння та інших факторів.

Під час руху по рівній дорозі навантаження на деталі рами не перевищують границі міцності σ_b , але зрідка виникають навантаження, більші від границі стійкості σ_{-1} , але менші від границі міцності. В разі удару аварійного характеру, потрапляння до ями, перевантаження,

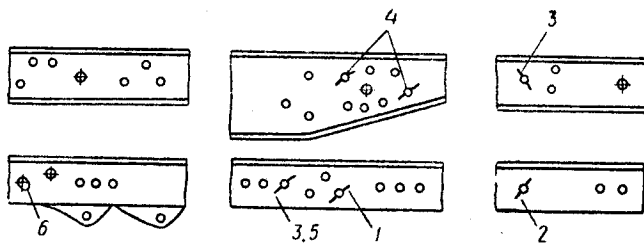


Рис. 52.16. Дефекти поздовжньої балки рами автомобілів:
1...5 — тріщини; 6 — вириви

перекидання автомобіля навантаження перевищує границю міцності, деталі рами деформуються і ламаються.

У рам дефектів аварійного характеру небагато. Здебільшого це втомленісні тріщини, ослаблення заклепкових з'єднань, спрацювання отворів контактуючих площин (рис. 52.16, 52.17).

Втомленісні тріщини утворюються від дії циклічних навантажень, що перевищують границю міцності. Після певної кількості циклів у деяких місцях, насамперед у концентраторах напружень (галтелях, кромках отворів тощо) виникають втомленісні мікротріщини, які поступово збільшуються і призводять до поломки деталі.

Спрацювання заклепок, отворів, площин прилягання, ослаблення заклепкових з'єднань бувають наслідком тертя під час переміщення однієї деталі рами відносно іншої.

Рами, що надходять у капітальний ремонт, мають різні дефекти, в тому числі тріщини, спрацювання отворів, заклепок, контактуючих площин, ослаблення заклепкових з'єднань, вириви отворів під кріплення буксирних гаків, погнутість поздовжніх балок і поперечин, пошкодження і спрацювання кронштейнів.

Частота, кількість і величина навантажень на деталі рами залежать від багатьох факторів і є випадковими величинами, тому рами мають різноманітні комбінації дефектів.

Капітальний ремонт рами здійснюють при неповному і повному її розбиранні. Неповне розбирання застосовують для рам з невеликою кількістю дефектів у вигляді тріщин, ослаблення заклепкових з'єднань та спрацювання отворів.

Капітальний ремонт з повним розбиранням рами виконують у такій послідовності: миття, розбирання рами на деталі, дефектування деталей і сортування на придатні, непридатні і такі, що потребують ремонту, відновлення деталей, складання і фарбування рами.

Знежирюють і очищають рами у лужних ваннах. Заклепки видаляють у два переходи: спочатку видаляють головку заклепки, а потім бородком вибивають тіло заклепки. У заклепок невеликого діаметра головки зрубують зубилом. Головки заклепок рам великовантажних автомобілів висвердлюють або випалюють газовим різанням.

Деформовані деталі випрямляють під пресом і за допомогою спеціальних пристроїв. Деталі з втомленісними тріщинами доцільно вибраковувати. При відсутності запасних частин такі деталі можна відновити за технологією, яку розроблено в Науково-дослідному інституті автомобільного транспорту (НДІАТ). За цією технологією ділянки з втомленісними тріщинами вирізають, а на їхнє місце встановлюють додаткову ремонтну деталь і приварюють її упритул, додержуючи певної послідовності накладання швів. Зварюють електродами УОНИ-13/45 або ОММ діаметром 5 мм при силі струму 180... 240 А, що забезпечує міцність шва,

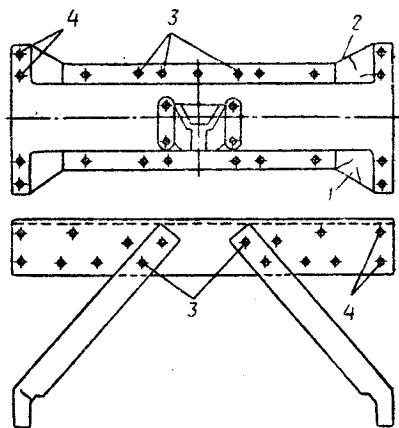


Рис. 52.17. Дефекти поперечин:
1 та 2 — тріщини; 3 та 4 — спрацювання отворів

яка не поступається перед міцністю основного металу. Після зварювання видаляють шлак і зачищають шов, який не повинен виступати над поверхнею деталі більш як на 2 мм. Великі підвищення на згині профілю треба обпалити і видалити концентратори напруження. Раковини, пори, подрізи і непровари не допускаються.

Після зварювання необхідно зміцнити шов і насамперед зону термічного впливу. Особливо старанно треба зміцнити зону термічного впливу, в якій після зварювання створюються розтягувальні напруження, що знижують міцність рами. Наклепування можна здійснювати пневматичним молотком з радіусом робочої сфери 4,5 мм.

Спрацьовані отвори відновлюють заварюванням з подальшим розсвердлюванням і зміцненням кромek роздаванням завареного отвору. Зміцнення необхідне, щоб запобігти виникненню втомленісних тріщин.

Для клепання доцільно користуватись не пневматичним, а гідравлічним інструментом. Це дає можливість зменшити шум, знизити трудомісткість і підвищити якість клепання.

Зусилля клепання

$$P_k = k_{\Phi} d^{1.75} \sigma_b^{0.75},$$

де k_{Φ} — коефіцієнт форми замикальної головки ($k_{\Phi} = 28,6$ для сферичних, 26,2 — для потайних і 15,2 — для плоских головок); d — діаметр стержня заклепки; σ_b — границя міцності матеріалу заклепки.

Застосовувати деталі з спрацьованими отворами не рекомендується, бо при цьому не можна гарантувати щільного заповнення отворів (рис. 52.18). В разі нещільного заповнення заклепкові з'єднання швидко розхитуються і відмовляють у роботі. З'єднання деталей з відновле-

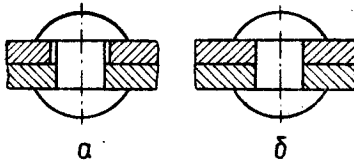
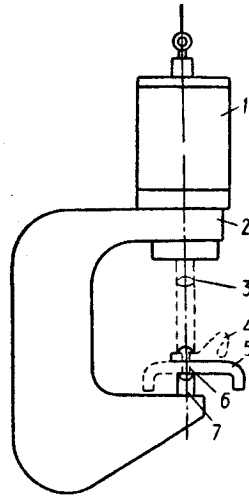


Рис. 52.18. Заклепкові з'єднання деталей:
а — із спрацьованими отворами; б — з відновленими отворами

Рис. 52.19. Переносна клепальна установка для клепання автомобільних рам:

1 — робочий циліндр; 2 — скоба; 3 — рухомий бойок; 4 — кронштейн ресори; 5 — поздовжня балка рами; 6 — заклепка; 7 — нерухомий бойок



ними отворами гарантує щільну посадку і високу довговічність заклепкового з'єднання.

Для клепання рам застосовують переносні і стаціонарні клепальні установки. Переносну клепальну установку (рис. 52.19) підвішують над робочим місцем до зрівноважувального блока і до троса із зрівноважувальним тягарем, перекинутим через блок. Щоб гарантувати безпеку на випадок обриву троса, на підвісці є запобіжник.

Робочий циліндр має поршень низького тиску, який забезпечує великий хід і швидке підведення до заклепки, і поршень високого тиску, що створює високий тиск для формування заклепки. Керування установкою здійснюється в напівавтоматичному циклі спеціальною гідравлічною і електричною системами.

На нерухомий блок встановлюють головку заклепки із скріпленими деталями і натискають на кнопку. Під напором рідини поршень циліндра низького тиску швидко переміщує рухомий блок до заклепки і застискає її. Опір заклепки приводить до підвищення тиску в гідравлічній системі, внаслідок чого при певній величині тиску спрацьовує золотник мультиплікатора, який включає поршень високого тиску. Цей поршень через блок формує головку заклепки. З підвищенням тиску до певної величини спрацьовує реле високого тиску, система приходить у вихідне положення, і цикл закінчується.

Технологічний процес капітального ремонту рами з неповним розбиранням складається з таких операцій: миття, дефектування, видалення дефектних деталей, встановлення нових, заварювання тріщин, випрямлення деформованих елементів, фарбування.

Для видалення дефектних деталей потрібно зрубати зубилом головки заклепок кріплення дефектної деталі, вибити бородком заклепки з

отворів, зняти дефектну деталь. Під час дефектації перевірити контролним молотком заклепки і в разі ослаблення якоїсь з них слід видалити її і встановити нову. Виявивши дефектні деталі, відремонтувати їх. Погнуті деталі треба випрямляти без нагрівання.

Тріщини рами заварюють спеціальним електродом і після заварювання зміцнюють шов та зону термічного впливу наклепуванням.

У разі потреби кронштейни з дефектами замінюють новими або ремонтують. Коли є тріщини, які проходять через отвір під заклепки, або тріщини, які проходять по місцю вигину чи через болт кріплення kabіни, такі деталі рами не ремонтують. У разі вироблення отворів під болти кріплення kabіни дозволяється приварювати ремонтні шайби.

Ресорні кронштейни замінюють на ремонтні чи на нові в разі великого вироблення отворів під ресорний палець або при наявності тріщини, яка проходить через отвори. У місцях, недоступних для гідравлічного інструменту, можна використати пневматичний молоток, попередньо нагріваючи заклепку до світло-червоного жару. Головки заклепок мають бути правильної форми без перекосів, напливів та тріщин. Заклепкові з'єднання мають забезпечувати щільне прилягання деталей.

52.8. Ремонт і відновлення робочих органів машин

У робочих органах землерийних машин різальну частину роблять у вигляді суцільної різальної кромки, зуба, ікла чи різця. Під час взаємодії з ґрунтом різальна частина і робочі поверхні робочих органів зазнають інтенсивного абразивного спрацювання, що спричиняється великою твердістю частинок кварцу, який входить до складу ґрунтів. У зв'язку з цим до робочих органів землерийних машин ставлять такі основні вимоги: високі міцність і надійність; необхідна стійкість проти спрацювання різальної частини та робочих поверхонь, які взаємодіють з ґрунтом; простота виготовлення, демонтажу, монтажу і ремонту.

Типові дефекти деталей робочих органів — спрацювання і згинання ножів відвалів, спрацювання зуб'їв різальної півкруглої кромки, вушок, днища, запірною пристрою та передніх стінок ковшів екскаваторів, розривів швів бокових і передніх стінок бульдозерів, відрив опори штовхального бруса відвала.

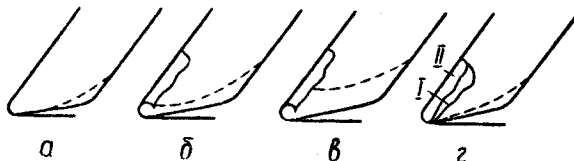


Рис. 52.20. Спрацювання ріжучої кромки ножів землерийних машин залежно від її наплавлення

Ніж землерийних машин спрацьовується по передній різальній кромці (штрихова лінія на рис. 52.20, а). Спрацювання має вигляд подряпин і виривів різної глибини та орієнтації. Якщо передню площину ножа наплавлено твердим сплавом, то характер спрацювання змінюється (штрихова лінія на рис. 52.20, б) і строк служби збільшується. Коли ж основний метал ножа характеризується малою стійкістю проти спрацювання, то спрацьовується ніж по його задній площині (рис. 52.20, в), наплавлена частина виступає назовні, де внаслідок підвищеної твердості і ламкості може зруйнуватись. Цього не буває у ножів, наплавлених у два шари різної твердості (рис. 52.20, г). Шар II стійкіший проти спрацювання порівняно з шаром I, а стійкість проти спрацювання шару I вища, ніж у основного металу ножа. У цьому випадку деталь спрацьовується рівномірніше. Одночасно відбувається самозаточування ножа (різальна кромка залишається заточеною), в результаті чого підвищуються його продуктивність і стійкість проти спрацювання.

Зуб'я екскаваторів спрацьовуються так само, як і ножі землерийних машин. Передні стінки ковшів найбільше спрацьовуються в міжзуб'яних просторах і по боках.

Порушені зварні шви металоконструкцій робочих органів підсилюють, приварюючи накладки та косинці.

Деталі робочих органів відновлюють і зміцнюють наплавленням твердими сплавами, для чого користуються прутками та стержнями без обмазки (сормайт № 1 та 2, ВКЗ, ВК2), стержнями із стабілізуючою обмазкою ЦС-1, ЦС-2, стержньовими електродами з легуючою обмазкою Т-590, Т-620, Т-540, ЦИ, ЦН, порошкоподібними твердими сплавами сталініт, вокар, КБХ, ВИСХОМ-9, трубчастими електродами, порошковими дротом та стрічкою.

У зварних з'єднаннях шов має бути чистим, без бризок і пропусків, наплавлений метал шва — щільним і добре провареним, без ніздрюватостей, напливів та перепалювання.

Ножі бульдозерів та автогрейдерів наплавляють з двох протилежних сторін (рис. 52.21, а). Позначивши фарбою на ножі всі дефекти, які треба усунути, його укладають на пристрій для випрямлення, підводять під прес і випрямляють. Після випрямлення ножі завдовжки 2,5...3,5 м мають бути без погнутостей та вм'ятин. Неплощинність поверхні має не перевищувати 3 мм на 1 м довжини ножа.

Щоб уникнути жолоблення довгих ножів, їх притискують струбцинами до стола наплавлувальної установки (рис. 52.21, б). При нагріванні метал ножа розширюється, тому треба передбачити, щоб кінці його могли ковзати під струбциною.

Наплавлювати перший валик починають на відстані $\frac{3}{5}$ довжини ножа від торця (рис. 52.21, в), другий валик на протилежному боці наплавляють на всю довжину ножа, а третій на решті довжини ножа.

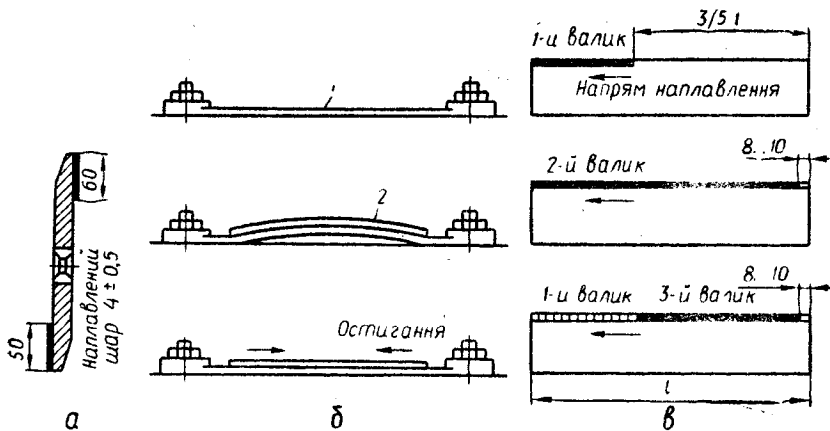


Рис. 52.21. Наплавлювання ножів бульдозерів та автогрейдерів:
1 — стіл; 2 — наплавка

Наплавлювання сормайтот здійснюють дуговим зварюванням. Твердість поверхні, напавленої електродом ЦС-1, становить 48...54 HRC_e без термічної обробки, а напавленої електродом ЦС-2 — 39...45 HRC_e, але може бути загартована до 56...60 HRC_e.

Сталініт — порошкоподібний сплав, який наносять на деталь шаром 3...4 мм і розплавляють вугільним або сталевим електродом на постійному струмі при прямій полярності. Як флюс застосовують технічну бору.

Різальні кромки ножів наплавляють також по шару порошкоподібного матеріалу під флюсом.

Напівавтоматичне і ручне наплавлювання твердих сплавів ведуть стрічковим порошковим електродом. За один прохід можна мати шар завширшки до 100 мм і завтовшки 3...12 мм.

Під час наплавлювання ножів СВЧ на наплавлювану поверхню наносять шихту. Деталь разом з шихтою нагрівають в індукторі високочастотної нагрівальної установки. Основні компоненти шихти — порошок сормайтот, борний ангідрид і технічна бора або поліпшений сталініт і 5 % карбіду бору. Цим способом наплавляють крайні ножі відвалів бульдозерів і зуб'я киркувальників. Стійкість напавлених ножів проти спрацювання в 2...2,5 раза вища, ніж ножів, виготовлених із сталі 65Г.

Зуб'я ковпачів екскаваторів спрацьовуються на кілька десятків міліметрів, а тому повністю відновлювати їх наплавлюванням недоцільно. Наплавляють нові зуб'я або зуб'я, у яких спрацьований початковий шар наплавлювання. Наплавлювані зуб'я укладають в кондуктори, які забезпечують горизонтальність наплавлюваних поверхонь.

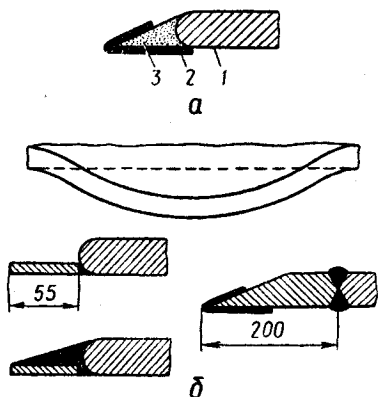


Рис. 52.22. Відновлення півкруглої ріжучої кромки екскаваторних ковшів:
1 — основний метал ковша; 2 — нарощений шар; 3 — твердий сплав

Якщо під час роботи зуб'я спрацьовуються повільно і до того ж спостерігається явище самосточування, то наплавляють тільки верхню грань зуба, а в разі швидшого спрацювання, коли радіус затуплення зростає, здійснюють корончасте наплавлювання. Технологія наплавлювання зуб'ів подібна до технології наплавлювання ножів відвалів. Найперспективнішим є наплавлювання порошковою стрічкою. Строк служби наплавлених у такий спосіб зуб'ів ковша екскаватора у 2...3 рази перевищує строк служби зуб'ів, виготовлених із сталі 110Г13Л.

Півкруглі ріжучі кромки ковшів екскаваторів наплавляють з двох

сторін за один-два проходи від середини кромки до країв. Одношарове наплавлення завтовшки 2...2,5 мм наносять на всю ширину кромки, а двошарове завтовшки 4...5 мм — на середню частину нескошеної поверхні по ширині, що дорівнює половині загальної ширини козирка.

У разі незначного спрацювання козирка ріжучу кромку спочатку нарощують електродами К-2, ОЗН-300 та Э-500А до утворення загостреної кромки, а потім наплавляють твердими сплавами (рис. 52.22, а). В разі дуже великого спрацювання козирка окремі місця зрізають автогеном, після чого приварюють заздалегідь заготовлену і напавлену стійким проти спрацювання сплавом надставку (рис. 52.22, б).

Якість ремонту контролюють візуально, а також за допомогою вимірювальної лінійки, шаблона, шаблона-кутоміра.

На передні стінки ковшів екскаваторів наплавляють ділянки між зуб'ями і бокові заокруглення. В окремих випадках у разі роботи в особливо важких умовах наплавляють і інші елементи передніх стінок. Наплавлення може бути суцільним (в умовах інтенсивного абразивного спрацювання) і сітчастим (у разі слабого абразивного спрацювання). Сітчасте наплавлення зменшує витрату електродів в 1,5 раза, довговічність ковшів порівняно із суцільним наплавленням знижується мало, оскільки ґрунт, залипаючи між напавленими валиками, ізолює поверхню основного металу від тертя.

Спрацьовані вушка зрізають ацетиленовим пальником і замінюють новими. Іноді зрізані вушка заварюють, зачищають і просвердлюють отвори. Вушка підганяють, вставляють в отвори двох вушок контрольний палець і приварюють їх до ковша.

Днища ковшів ремонтують, замінюючи лист днища.

52.9. Ремонт металоконструкцій, капотів та крил дорожніх машин

Ремонт металоконструкцій дорожніх машин. Металоконструкції машин виготовляють з профільного (швелерів, кутників) та листового матеріалу.

До суцільнометалевих конструкцій належать, наприклад, рами тракторів та інших машин, стріли та рукоятки екскаваторів, до гратчастих — стріли та ферми кранів, до листових — кабіни, крила, цистерни, барабани бетонозмішувачів.

Суцільнометалеві конструкції роблять в основному зварними і рідше клепаними. Основні несправності сталених конструкцій — тріщини у швах, клепаніх — втомленісні тріщини в зоні кріплення кронштейнів, ослаблення з'єднання, обрив заклепок, спрацювання отворів під заклепки. Як у зварних, так і в клепаніх конструкціях можливі тріщини в поздовжніх балках, поперечних брусах і розкосах, спрацювання отворів під спряжувані деталі (осі, пальці, вали), жолоблення, вигини і скручування.

У гратчастих металоконструкціях, складених з окремих елементів за допомогою зварних або заклепкових з'єднань, під дією навантажень виникають тріщини, деформації.

Листові металоконструкції зазнають природного абразивного спрацювання.

Під час дефектації візуально контролюють металоконструкції і простукують зварні шви та заклепкові з'єднання молотком для виявлення тріщин та ослаблених заклепок. Дефектні з'єднання дають дренчливий звук, а справні — такий, що не відрізняється від звуку основного металу. Спрацювання отворів під заклепки після видалення непридатних заклепок виявляють штангенциркулем та калібрами. Погнутість, перекося і скручування елементів металоконструкцій встановлюють за допомогою контрольних лінійок, висків та рівнів, а також на стендах.

Технологічний процес ремонту суцільнометалевих конструкцій розглянуто нижче на прикладі відновлення рам. Процес включає в себе знежирювання, відновлення, складання, фарбування і контроль.

Знежирювання й очищення рам виконують у лужних ваннах.

Зварні рами не розбирають. Клепані рами дозволяється ремонтувати без повного розбирання в разі ослаблення не більш як однієї заклепки у кожному спряженні (кронштейни та поперечні бруси з подовжніми балками), а також у разі місцевих невеликих вигинів полиць і спрацювання проволочних поверхонь. У решті випадків для ремонту їх повністю розбирають.

Заклепки видаляють у два прийоми: спочатку видаляють головку, а потім бородком вибивають тіло заклепки. У заклепок невеликого ді-

метра головки зрубують зубилом, а великого діаметра — висвердлюють або випалюють газовим різанням.

Деформовані деталі випрямляють під пресом без нагрівання. У місцях, де шток преса впирається в балку, щоб запобігти зніманню полиць, вставляють оправку з клиновими розпірками.

Тріщини в основному металі або у зварних швах заварюють або застосовують метод заміни частини деталі.

У першому випадку кінці тріщин, щоб уникнути їх поширення, за-свердлюють свердлом діаметром 6...8 мм, відступивши від кінців тріщин на 5...10 мм у напрямі поширення їх, розробляють кромки з одного чи обох боків під кутом 60°, залишають прилеглі місця і заварюють одно- чи двостороннім швом.

Ділянки з втомленісними тріщинами можна видалити, а на їхнє місце встановити додаткову ремонтну деталь, вирізану з вибракваної рами, і приварити її упритул. Після зварювання видалити шлак і зачистити шов.

Під час обстукування молотком звук від удару по шву має не відрізнятись від звуку основного металу.

Зварний шов і поверхню по обидва боки від нього на відстані 3...4 мм зміцнюють наклепуванням за допомогою пневматичного молотка.

Підсилювальні накладки можна ставити з перекриванням тріщини на 150...2000 мм і приварювати поздовжніми швами. Поперечні шви накладати не рекомендується, бо може поламатися рама.

Спрацьовані поверхні переднього бруса тракторів під передню опору двигуна при спрацьованні 0,5...3 мм шліфують або обпилюють. При спрацьованні понад 3 мм площадку наварюють електродом Э-42 діаметром 5 мм і обробляють до нормальної висоти.

Спрацьовані отвори під заклепками заварюють, розсвердлюють і зміцнюють кромки, для чого заварений отвір роздають під номінальний розмір або розсвердлюють, роззенковують і розвірчують під ремонтний розмір.

Раму складають спочатку за допомогою технологічних болтів, звертаючи особливу увагу на щільність прилягання поверхонь швелерів та кронштейнів. Потім обробляють одним з описаних вище способів по черзі кожний отвір, знімаючи лише по одному технологічному болту. Після обробки отвору в нього вставляють технологічний болт і закручують гайку.

Клепати раму починають після обробки всіх отворів. Послідовно виймають по одному технологічному болту, вставляють заклепку і розклепують її.

Під час клепаання нижніх полиць поздовжніх балок з похилом 1 : 10 рекомендується цикування (поглиблення) похилої поверхні під розмір головки заклепки або встановлення косих шайб, які компенсують по-

хил. Після kleпання незбіг між поздовжніми балками і боковими кронштейнами в місцях їхнього прилягання до поперечних брусів має не перевищувати 0,3 мм.

Щоб досягти необхідної точності, поздовжні балки рам складають з поперечними брусами на підставках, використовуючи кондуктори, а перекіс перевіряють контрольними лініями. Їх виготовляють з труби з насадженими на ній призмами або вимірювальними штифтами, один з яких нерухомий, а другий рухомий — стопориться гвинтом для фіксації замірювання. Лінійку встановлюють по діагоналі між крайніми отворами у верхніх полицях швелерів. Ці відстані мають бути однакові. Якщо буде перекіс, то його усувають, наприклад, ударом кувалди по торцях поздовжніх балок. Усі гайки на технологічних болтах затягують до відказу. Поверхні поздовжніх балок і бокових кронштейнів мають прилягати до поверхонь поперечних брусів.

Поставлені заклепки обстукують, оглядають і перевіряють розміри головок шаблонами.

Контроль здійснюють після всіх технологічних операцій.

Гратчасті конструкції ремонтують так само, як і суцільнометалеві.

Ремонт листових конструкцій: кабін, капотів та крил дорожніх машин. До дефектів кабін капотів та крил належать обломи каркасів сидінь, руйнування обшивки всередині kabіни, корозійні руйнування в петлях, у місцях контакту віконних рам з лутками, перегорання ізоляції проводів і корозійне руйнування плафона та щітка приладів; розробка замкових пристроїв та петель, випадання окремих деталей; провисання і нещільне прилягання дверей kabіни; руйнування нижніх частин дверних стулок; вм'ятини на облицюванні, дверях, даху; розтріскування пофарбованих поверхонь; вм'ятини з гострими загинаннями і розривами на панелях, даху, облицюванні, крилах, капотах; тріщини.

Розбираючи очищену машину, насамперед знімають капот, kabіну, деталі облицювання, радіатор та баки. Зняті складальні одиниці і деталі укладають на підставку-нагромаджувач і оглядають. Повністю кородійовані деталі вибраковують.

Ремонт металоконструкцій кабін та оперення. Розбирають kabіну частково і повністю залежно від її технічного стану. Частково розбирають її в разі пошкодження окремих частин, а повністю — при поганому технічному стані більшості складальних одиниць або після аварії.

Найтрудомісткіша операція під час розбирання — відкручування іржавих болтів, гайок та шурупів, видалення заклепок, роз'єднання панелей, зварених точковим зварюванням. Щоб прискорити роботи, кріпильні деталі нагрівають полум'ям газового пальника, просвердлюють місця зварювання або розділяють зварні листи гострим тонким зубилом. Kabіни зручно розбирати на поворотному стенді (рис. 52.23).

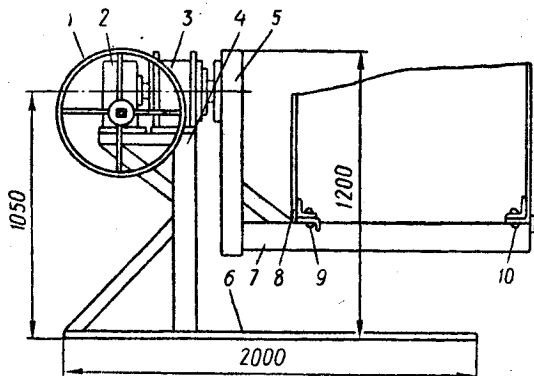


Рис. 52.23. Поворотний стена для розбирання і складання кабіни:

1 — штурвал; 2 — черв'ячний редуктор; 3 — корпус з підшипниками; 4 — опорний столяр; 5 — вертикальний столяр поворотної частини; 6 — опорна плита; 7 — нижня поворотна плита; 8 — кабіна; 9 та 10 — болти кріплення кабіни

Під час ремонту кабін, оперення та капота доводиться не тільки відновлювати деталі, а й виготовляти нові. Для різання листового матеріалу використовують важільні, роликові ножиці, для різання труб і профільних деталей — дискові пилки, профільні ножиці, трубовідрізнi верстати; для інших операцій — кромковигинальні і багатоваликові верстати, зигмашини, вигинальні преси, апарати для нагрівання заклепок, а також правильні плити і стенди.

Насос та силовий циліндр застосовують у різних комбінаціях з інструментами залежно від характеру і форми пошкодженого місця. Наприклад, комплект пристроїв, складений з упора, подовжувачів, силового циліндра і витискувача, править за розпірний столяр (домкрат).

Під час ремонту поверхонь з вм'ятинами, тріщинами, розривами або пробіями спочатку випрямляють і заварюють місце розриву металу, а потім зачищають зварні шви і виконують решту ремонтних операцій.

Під час випрямлення вм'ятини і, притискаючи її до панелі рукою, ударами вибивного молотка випрямляють вм'ятину до рівня нерухомої частини панелі. Нерівності, що залишилися, підрівнюють киянкою.

Крила та інші деталі оперення зручно випрямляти на столі ОПР-2993 для бляхарських робіт.

При товщині металу менш як 2 мм вм'ятини випрямляють із застосуванням газополуменового нагрівання. Деталі завтовшки 2...3 мм нагрівають у зоні плавлення до температури 923...973 К, а завтовшки 4...5 мм — до температури 1123...1173 К.

Листи завтовшки 2...4 мм випрямляють киянками масою 0,5...0,8 кг зі сферичною поверхнею боку. Для випрямлення важкодоступних місць — кабіни або деталей оперення — вирізають технологічний отвір і вм'ятину випрямляють лопатоподібними ложками або заповнюють пластмасою до вирівнювання з справними ділянками.

Механізоване рихтування виконують пневматичним вибивним молотом М002.

У тонколистових виробках іноді виникають дефекти, що не піддаються усуненню (обриви, корозійні руйнування, сильне змінання і розриви). У таких випадках ставлять латки або ремонтні деталі. Пошкоджене місце вирізають механічним способом або за допомогою газового пальника.

У ремонтному виробництві широко використовують пневматичний різець з клапанним повітродозподільником, який забезпечує добру якість кромок панелей у місцях вирізування і високу продуктивність праці. Різці виготовляють з швидкоріжучої сталі Р9 та Р18 або підшипникової сталі ШХ-15.

Латки або ремонтні деталі виготовляють за шаблоном або за зразком справної деталі штампуванням, а також вручну. Ремонтну деталь спочатку притискають до ремонтваної ділянки, прикріплюють по периметру точковим швом, підрівнюють місце з'єднання молотком і приварюють безперервним швом.

Для механізації цієї операції доцільно використати напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі. Деталі зварюють постійним струмом зворотної полярності силою 45 А при напрузі 17...21 В.

Тріщини, розриви і пробойні усувають зварюванням з накладанням або без накладання латок залежно від пошкодження поверхні.

При газополуменевому напилюванні для усунення вм'ятин, опуклостей, нерівностей і корозійних раковин на поверхнях кабін і деталей оперення використовують порошкову пластмасу ПФН-12 та ТПФ-37.

Процес ремонту тонколистових виробів газополуменевим напилюванням складається з підготовки пошкоджених ділянок, напилювання порошкових пластмас і зачищення відремонтованих поверхонь.

У деяких випадках очищену від старої фарби та іржі поверхню обробляють електрошліфувальною машиною ІЕ-8201 або пневматичною шліфувальною машиною ІП-2002, щоб збільшити зчеплення пластмаси з металом.

Перед напилюванням поверхню пластмаси знежирюють ацетоном або уайт-спіритом, видержуючи протягом 8...10 хв при температурі 293 К, а потім прогрівують полум'ям розпилювального пальника до температури 433...453 К.

На нагріту поверхню деталі після запалювання пальника подають порошок, який під дією теплоти попередньо прогрітого металу і полум'я пальника розплавляється і закріплюється на деталі. Правильно прогріте під час напилювання покриття після накочування має гладеньку поверхню чорного кольору з металічним блиском.

Окремі дефекти покриття (пори, дрібні раковини і сліди шліфування) видаляють нагрітим металевим шпателем. Газополуменеве напилювання порошкових пластмас здійснюють на установці УПН-63 (рис. 52.24).

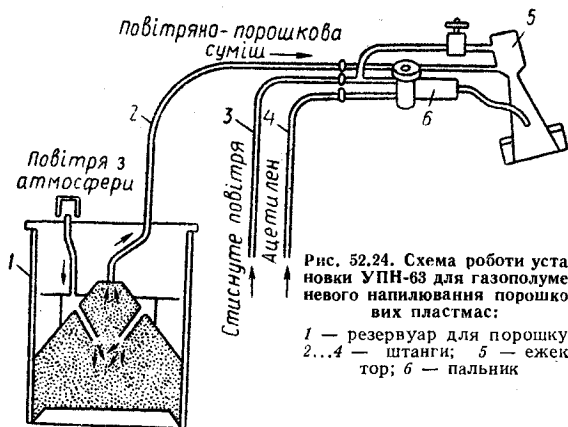


Рис. 52.24. Схема роботи установки УПН-63 для газополум'яного наповнення порошкових пластмас:

1 — резервуар для порошку;
2...4 — штанги; 5 — ежектор;
6 — пальник

Поверхні вирівнюють також за допомогою епоксидних мастик, які добре тверднуть при кімнатній температурі. Поверхні дверей, крил, капотів вирівнюють аналогічним способом.

Складання кабіни. Деталі кабіни (передня, задня і бокові стінки, дах, плафон, праві і ліві двері, склоочисник) старанно очищають, знежирюють, приводять у порядок. Ущільнювачі і стекла мають добре триматися в пазах, а рухомі стекла вільно, без заїдання, переміщатись по напрямних.

Гумові ущільнювачі стекол (розпірний шнур) ставлять за допомогою ланцета. Після встановлення деталей кабіни на місце їх міцно закріплюють. Двері кабіни мають вільно відкриватись і щільно закриватись, а замки (засочки) — надійно тримати двері в закритому положенні. Склоочисник має працювати при невеликому зусиллі руки і очищати скло на всій робочій поверхні. Після складання кабіну і відремонтовані деталі оперення фарбують.

52.10. Агрегатний метод ремонту

Агрегатний метод ремонту — форма організації ремонту дорожньо-будівельних машин, при якій його виконують на місцях експлуатації, замінюючи несправну складальну одиницю і відновлюючи роботоздатність. При цьому лише демонтують несправну складальну одиницю, встановлюють відремонтований агрегат, виконують регулювальні роботи і випробовують машину. Такий метод ремонту значно скорочує час простою в ремонті, оскільки автомобіль чи дорожньо-будівельна машина в цьому випадку не працює тільки протягом часу, який потрібен для заміни несправного і регулювання встановленого відремонтованого агрегату, що значно підвищує коефіцієнт технічного використання парку машин.

Основна перевага агрегатного методу — скорочення часу на ремонт оборотних агрегатів, який виконують на спеціалізованих підприємствах, що підвищує його надійність і якість. При цьому виді ремонту граничне спрацювання машини наростає повільніше, бо періодично замінюються агрегати та складові частини машини. Впровадження цього методу усуває також сезонність у ремонті, знижує потребу у витрачанні запасних частин внаслідок концентрації їх на ремонтних підприємствах, завантаження яких здійснюється рівномірно, відповідно до надходження агрегатів у ремонт.

Впровадження агрегатного методу ремонту створює умови для спеціалізації робітників і ремонтних підприємств на ремонті певної номенклатури агрегатів. Це підвищує продуктивність праці, знижує собівартість ремонту, дає можливість організувати ремонт на основі концентрації і спеціалізації підприємств по ремонту як оборотних машин у зборі, так і їхніх агрегатів.

Різновид агрегатного методу — *доставочно-обмінний метод капітального ремонту*. Суть його полягає в тому, що повнокомплектні машини, які потребують капітального ремонту, замінюють на справні — відремонтовані за рахунок обмінного фонду на ремонтних підприємствах.

Ефективність агрегатного методу ремонту значною мірою визначається наявністю парку однотипних машин. Тому застосовувати цей метод найдоцільніше в умовах спеціалізованих підприємств, де сконцентровано значну кількість машин. Ефективність агрегатного ремонту можна підвищити за рахунок ряду організаційно-механічних заходів, основними з яких є:

- утворення обмінного фонду агрегатів або ремонтних комплектів у розрахункових кількостях;

- організація складів агрегатів та обмінних пунктів для заміни несправних агрегатів на справні;

- розробка технічної документації та норм на демонтажні-монтажні роботи;

- забезпечення дільниць слюсарно-монтажним інструментом та підйомно-транспортними засобами;

- спеціалізація базових підприємств на ремонті певної номенклатури агрегатів чи комплектів.

Найважливіша умова для впровадження агрегатного методу ремонту — створення оборотного фонду агрегатів та їхніх складових частин. Оборотний фонд створюється за рахунок відновлення демонтованих агрегатів, які потребують ремонту, одержання нових агрегатів від заводів, складання агрегатів з покупних складових частин або виготовлення їх на місцях. Організація агрегатного ремонту залежить від наявності парку одноіменних машин, уніфікації їхніх агрегатів, а також від наявності стаціонарної бази для ремонту їх.

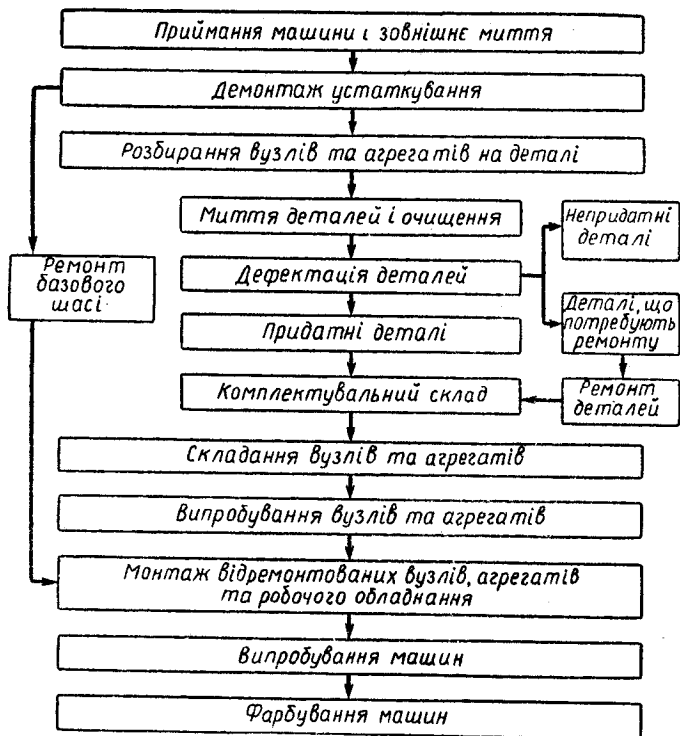


Рис. 52.25. Схема технологічного процесу ремонту агрегатним методом

Для забезпечення високої якості ремонту і виконання його в короткі строки здійснюється попередня конструкторська, технологічна і організаційна підготовка ремонтного виробництва.

Конструкторська підготовка — забезпечення виробництва технічною документацією: робочими кресленнями, технічними умовами та вимогами на ремонт машини і її складальних одиниць.

Технологічна підготовка — розбирання технологічних карт та схем складання-розбирання машини на агрегати та деталі, технологічних карт відновлення старих і виготовлення нових деталей, розробка креслень на пристрої та стенди для ремонту агрегатів машини, розгляд вимог на капітально відремонтовану машину, методи її обкатки і випробувань та ін.

Організаційна підготовка — складання списків оборотних агрегатів, виявлення запасних частин, що лімітують надійність, а також матеріально-технічна забезпеченість ремонтного виробництва, доставка, зберігання і консервація ремонтного фонду.

Схему технологічного процесу ремонту машин агрегатним методом наведено на рис. 52.25.

Контрольні запитання

1. Які характерні види несправностей блока і головки циліндрів?
2. Які найпоширеніші дефекти гільз, клапанів, шатунів, колінчастих валів?
3. У чому полягає відновлення колінчастих валів наплавлюванням?
4. Які найчисленніші дефекти деталей системи охолодження?
5. Як відновлюють спрацьований корпус насоса?
6. У чому полягають дефекти гідророзподільників, гідроциліндрів та шлангів високого тиску?
7. Яка специфіка ремонту пневмообладнання?
8. Які основні дефекти шин?
9. З якими дефектами покришки не приймають у ремонт?
10. Які причини руйнувань і які дефекти кузовів автомобілів?
11. Яких заходів уживають для зменшення шуму і вібрації в кузові?
12. Які деталі типові для робочих органів машини?
13. Що таке агрегатний метод ремонту?

Глава 53

ТИПІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

53.1. Типізація технологічних процесів ремонту

Особливість ремонтного виробництва — широка номенклатура об'єктів ремонту. Число деталей, вузлів та агрегатів обчислюється тисячами. Друга особливість полягає в несталості обсягу і різному характері ремонтних робіт навіть для кожного з партії номінально ідентичних об'єктів ремонту. Велика кількість різноманітних технологічних процесів, які застосовуються під час ремонту, створює певні труднощі в проектуванні їх. Це пов'язано з розв'язанням комплексу складних завдань. Вибір оптимального варіанта технологічного процесу багато в чому визначається кваліфікацією технолога.

До факторів, які дають змогу подолати під час проектування несприятливий вплив зазначених обставин, належать наявність постійних робіт (розбирання, дефектація, складання, випробування), можливість виділити спільні ознаки різних об'єктів ремонту (геометричні, за методом відновлення). Ефективного вирішення у проектуванні досягають за рахунок типізації технологічних процесів ремонту. Розрізняють технологічні типові процеси за об'єктами ремонту і за методом обробки.

Ідея типізації за об'єктами ремонту (групові методи) полягає у проектуванні загального технологічного процесу для певної класифікаційної групи, яка об'єднує об'єкти ремонту, що мають конструктивну подібність і потребують застосування спільних технологічних методів. Стосовно до цих об'єктів розробляють груповий технологічний процес. Визначаються типові компоновки устаткування й оснащення, передові

прийоми роботи і засоби автоматизації. Індивідуальні відмінності об'єктів ремонту однієї класифікаційної групи враховуються так, що з групової технології виконуються тільки ті операції, які потрібні для даного об'єкта ремонту. Інакше кажучи, технологічний процес кожного об'єкта ремонту класифікаційної групи входить у груповий технологічний процес.

Типовий технологічний процес проектують у такій послідовності:

1. Вивчення схеми технологічного процесу ремонту і конструктивно-технологічного виконання об'єктів ремонту, умов їхньої роботи, процесів спрацювання, методів ремонту.

2. Класифікація об'єктів ремонту за класами і групами. Об'єкти розподіляються за класами відповідно до їхньої конструктивно-технологічної спільності. Об'єктами типізації можуть бути вузли, агрегати та окремі деталі (наприклад, насоси, диски, вали). У групу об'єднуються ті представники класу, які, крім конструктивно-технологічної подібності, характеризуються спільністю необхідного для ремонту устаткування, оснащення і спеціального інструменту. Для групи розробляють типовий технологічний процес (групова технологія).

3. Проектування (вибір) комплексного об'єкта ремонту, тобто умовного (реального) об'єкта, що містить у своїй конструкції всі основні елементи, характерні для виробів даної групи, і є її конструктивно-технологічним представником. Розроблена для комплексного виробу типова технологія забезпечує ремонт будь-якого представника цієї групи. Після розробки комплексного об'єкта ремонту складають маршрутну технологію ремонту об'єктів групи. Вона містить технологічну послідовність типових операцій і їхню відповідність об'єктам, які входять до групи, а також перелік групових пристроїв та устаткування.

4. Узагальнення і використання прогресивних елементів індивідуальних технологічних процесів, передового досвіду промислових підприємств, науково-технічних досягнень, які стосуються процесів відновлення таких об'єктів, з метою вдосконалення розроблюваного групового технологічного процесу комплексного об'єкта ремонту і коригування складу застосовуваних видів устаткування й оснащення.

5. Розробка групового технологічного процесу ремонту включає в себе вибір технологічних баз; вибір структури операцій; встановлення раціональної послідовності переходів у кожній операції; вибір устаткування, що гарантує оптимальну продуктивність і високу якість ремонту; складання переліків групових та індивідуальних пристроїв, переліків спеціалізованого і універсального інструменту; вибір засобів механізації та автоматизації.

6. Коригування та апробація групового технологічного процесу.

Типізація технологічних процесів ремонту має істотні переваги. При дрібносерійному характері відновлювальних робіт можна застосовувати технологічні методи великосерійного виробництва, а також

доцільно використовувати продуктивне устаткування, спеціалізоване оснащення. Полегшується нормування й управління технологічним процесом, створюється можливість його висококваліфікованої розробки.

В основі групової технології лежить класифікація ремонту за групами, об'єднаними спільністю технологічних завдань і за конструктивною подібністю. Досить характерні випадки, коли об'єкти ремонту потребують розв'язання спільних технологічних завдань і не мають необхідної для групової технології конструктивної подібності. У цих випадках застосовують технологічні процеси, типізовані за методом обробки. Можливість такої типізації обґрунтована тим, що технологічні дії позначаються на локальних елементах об'єктів ремонту (ділянки поверхні).

Ці елементи мають конструктивну спільність. Наприклад, між підшипником кочення і валом конструктивної подібності немає. Спільною технологічною метою може стати відновлення посадочних поверхонь цих деталей. Такі поверхні мають конструктивну подібність. Відновлення здійснюється хромуванням, що являє собою типовий технологічний процес. Типовими (за методом обробки) є технологічні процеси знімання і нанесення покриттів різних видів, клепаання, зварювання, паяння, склеювання, слюсарні обробки локальних поверхневих пошкоджень, заміни шпильок, футерок тощо.

53.2. Основи проектування технологічних процесів ремонту

Мета проектування технологічного процесу ремонту (рис. 53.1) — розробка ефективних технологічних методів і засобів відновлення технологічних характеристик об'єктів ремонту і оптимальної послідовності застосування їх.

Реалізація правильно спроектованого технологічного процесу ремонту має забезпечити: відновлення ресурсів машин з мінімальною тривалістю ремонту і максимальною рентабельністю виробництва; економічно доцільне і продуктивне використання устаткування, оснащення, виробничих площ; висока якість ремонту, що гарантує надійність машин, нагромадження, систематизацію та обробку інформації про технічний стан техніки, необхідні для вдосконалення їхньої конструкції.

Цього можна досягти на основі аналізу фактичної надійності машин, прогресивних методів ремонту і форм організації праці, механізації й автоматизації технологічних процесів.

Основні засоби ремонту — дефектація, відновлення, заміна і доробка конструктивних елементів (КЕ) та вузлів. За допомогою дефектації визначають технічний стан КЕ і зміст ремонтних робіт, виявляють слабкі місця конструкції і визначають необхідність доробок.

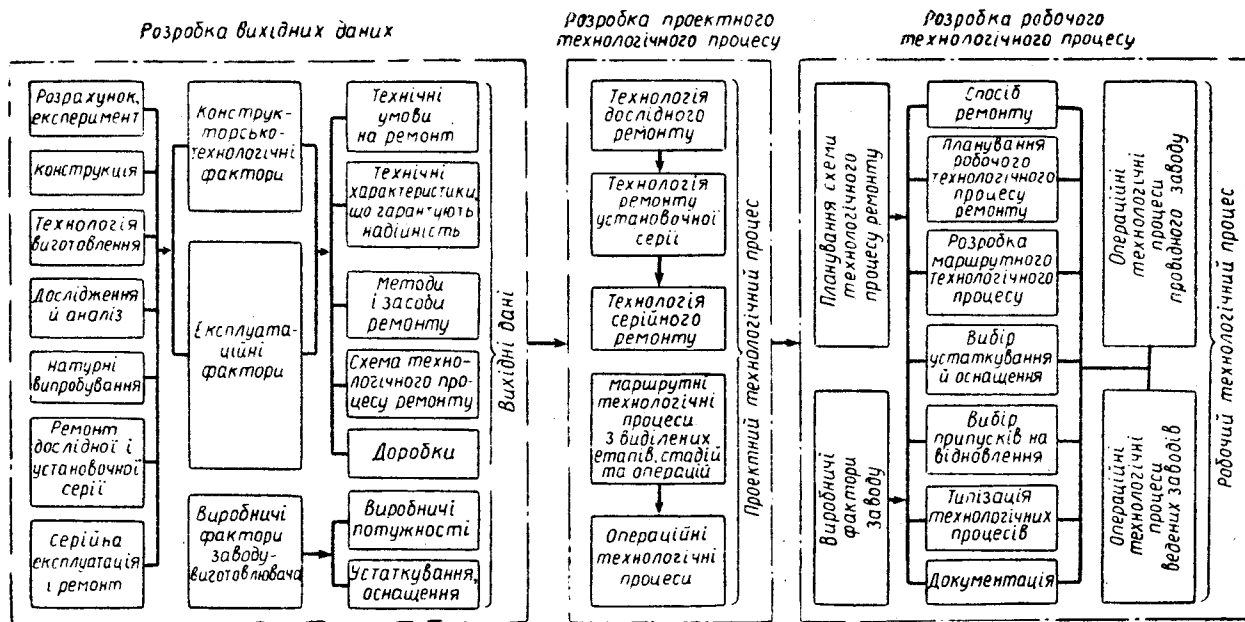


Рис. 53.1. Елементи групової технології на прикладі ущільнювальних кілець

Доробки відбивають недосконалість застосовуваних під час проектування і виготовлення машин методів забезпечення міцності і прогнозування ресурсів і на сучасному етапі розвитку автобудування неминучі. Важко аналітично врахувати всі комбінації факторів, що спричиняють експлуатаційне спрацювання (час, температура, напруження, малоциклова і вібраційна втомленість, зміна режимів роботи, тепломіни тощо). Тому використовувані розрахункові моделі будують на основі різних допущень і спрощень. Разом з тим обсяг експериментальних та випробувальних робіт у зв'язку з трудомісткістю, тривалістю і обмеженістю числа об'єктів випробувань не дає можливості до початку масової експлуатації внести необхідні корективи в конструкцію. Доробки під час ремонту часто є ефективним засобом запобігти несправностям і відказам.

До *відновлення* КЕ вдаються в тих випадках, коли технічні характеристики їх не відповідають заданим межам, але їх можна відновити технологічними методами. Границі технічних характеристик, в яких можливе відновлення, визначають з урахуванням технологічних можливостей методів відновлення. Впровадження нових, досконаліших методів відновлення може розширити раніш встановлені межі.

Заміна і зв'язані з нею добір і припасування здійснюються у випадку вибракування КЕ. Нові КЕ не повинні порушувати робочі параметри вузла. Їх добирають відповідно до технічних вимог (ТВ) на робочі параметри вузла: за продуктивністю, зрівноваженістю, посадкою, центруванням, наробітком. Робочі параметри вузла, складеного з відновлених, дороблених і заміненних деталей, можуть не відповідати ТВ. Часто у процесі заміни КЕ вдаються до механічної обробки.

Об'єкти ремонту. У кожному технологічному процесі об'єктом ремонту є частина (КЕ, вузол, агрегат, система) або сама машина в цілому. За об'єкт ремонту правлять машини (процеси приймання в ремонт, розбирання і демонтажу, остаточного складання і випробування). У свою чергу, ці об'єкти поділяються на свої складові з відповідними технологічними процесами ремонту. На будь-якому ступені технологічного розчленування об'єкт ремонту характеризується однією назвою, типорозміром, випробуванням. Назву об'єкта ремонту виносять у заголовок технологічного процесу.

Склад і послідовність технологічних процесів ремонту конструктивно-технологічного членування машин утворюють технологічну схему ремонту.

Технологічний процес ремонту складається з підготовчої, основної (відновлювальної) і заключної стадій. Вони, в свою чергу, поділяються на етапи. Етап характеризується комплексом аналогічних (споріднених) за призначенням процесів, які виконуються на одній або кількох виробничих дільницях. До підготовчої стадії входять такі етапи, як приймання в ремонт, розбирання, промивання й очищення, дефектація. Основна стадія складається з етапів, пов'язаних з відновленням, дороб-

кою, заміною КЕ та вузлів. Етапи заключної стадії — вузлове й агрегатне складання, загальне складання, фарбування й остаточна обробка, випробування, здавання замовникові.

Етапи поділяються на фази, які передбачають застосування певних технологічних методів і устаткування, відповідну спеціалізацію робітників. Фаза виконується на одній виробничій дільниці. Наприклад, етап «відновлення КЕ та вузлів» може включати в себе фази «відновлення КЕ зварюванням», «відновлення КЕ гальванопокрыттями» і т. д.

Операція як частина етапу (фази) характеризується єдністю робочого місця (устаткування), робітника (виконавця) і об'єкта праці.

Операції поділяються на установлення, позиції та переходи.

Зміст робіт по проектуванню технологічного процесу ремонту становлять розробки:

технологічної схеми ремонту машин, що забезпечує виявлення й усунення дефектів, заміну частин і доробку їх;

ТУ на ремонт, які враховують нормовані і фактичні показники надійності, види і характеристики виниклих дефектів;

перелік об'єктів ремонту, етапів та фаз технологічного процесу; прогресивних маршрутних та операційних технологічних процесів;

потреби у видах і кількості устаткування, оснащення інструменту, матеріалів, запасних частин відповідно до програми ремонту;

ефективних організаційних форм технологічних процесів і праці;

документації, яка створює однаковість і повне надання інформації про зміст технологічного процесу, що забезпечує безперервне нагромадження достовірних і повних даних про технічний стан машин.

Проектування технологічного процесу ремонту здійснюється в такій послідовності: підготовка до проектування (розробка вихідних даних), розробка проектного і робочого технологічного процесів.

Вихідні дані виробляються в результаті аналізу конструкторсько-технологічних, експлуатаційних і виробничих факторів. Розробка вихідних даних провадиться одночасно з випробуванням, доведенням і дослідною експлуатацією машин.

Вихідні дані коригуються в міру нагромадження досвіду серійної експлуатації і ремонту.

Аналіз конструкторсько-технологічних факторів включає вивчення конструкції і технології виготовлення машин, умов роботи їхніх частин. З'ясовуються характер процесів спрацювання, потенціальні дефекти, необхідні технічні характеристики, вивчаються результати випробувань, дослідних робіт, проводиться аналіз ремонтопридатності і технологічності, визначаються й уточнюються ресурси. Зрештою виробляються такі дані: ТУ на ремонт; характер, вид, розміщення потенціальних дефектів; технічні характеристики, які гарантують роботоздатність і досліджуються під час дефектації; способи ремонту; технологічні методи відновлення і контролю; потрібні доробки.

Аналіз експлуатаційних факторів будується на вивченні реальних процесів спрацювання. Використовується нагромаджувальний досвід ремонту й експлуатації. За фактичними характеристиками процесів спрацювання уточнюються дані аналізу конструкторсько-технологічних факторів. Установлюється потреба у відновленні, доробках, заміні. Уточнюються норми запасних частин.

Аналіз виробничих факторів спрямований на врахування виробничих можливостей підприємства, яке виконує ремонт: доступного парку верстатного устаткування, оснащення, кооперування з іншими підприємствами, наявних виробничих площ, рівня технічної культури.

Цей аналіз дає можливість добути такі вихідні дані: перелік технологічних методів, доступних підприємству, та їхні технологічні можливості; виробничі потужності.

Проектний технологічний процес розробляє підприємство-виготовлявач, орієнтуючи його на свої виробничі і технологічні можливості. Технологічні питання, пов'язані з розробкою проектного і робочого технологічних процесів, у принципі не різняться між собою. У проектному технологічному процесі послідовно розробляються такі технологічні процеси:

дослідного ремонту однієї чи невеликої кількості машин;

ремонту партії (установочної ремонтної серії), виконані і скориговані дослідним ремонтом;

встановленого серійного ремонту, вивірені й уточнені за результатами ремонту установочної серії.

Робочий технологічний процес ґрунтується на проектному технологічному процесі з урахуванням виробничих можливостей заводу. Він включає маршрутні і операційні технологічні процеси, які розробляє відділ головного технолога.

У проектуванні робочого технологічного процесу основне місце належить: вибору способу ремонту; плануванню технологічного процесу; вибору устаткування й оснащення; розрахунку припусків і вибору баз під час відновлення; розробці технологічної документації.

Особливості проектування технологічних процесів відновлення деталей. Загальні принципи і положення проектування технологічних процесів відновлення спрацьованих деталей аналогічні до розглянутих раніше.

Вихідні дані для розробки технологічних процесів відновлення деталей: робоче креслення деталі, виконане відповідно до вимог стандартів на ремонтну документацію; перелік дефектів деталі; основні відомості про умови роботи деталі у ремонтваному вузлі і види спрацювання; довідкові матеріали про технологічні методи, за допомогою яких можливе усунення дефектів; технологічна документація на відновлення даної деталі (при модернізації існуючого технологічного процесу на даному підприємстві); відомості про досвід відновлення деталей даної назви на передових підприємствах (під час розгляду нового

технологічного процесу); технологічний процес виготовлення і робоче креслення нової деталі (для технологічного наслідування між виготовленням і ремонтом деталі); програма випуску деталей; різні довідкові матеріали (каталоги технологічного устаткування, пристроїв, інструменту, довідники з режимів обробки, технічного нормування операцій тощо).

Особливості технічного нормування ремонтних операцій. Технічну норму часу виконання операції визначають за формулою

$$t_{\text{н}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{д}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n},$$

де $t_{\text{оп}}$ — оперативний час (сума основного і допоміжного), хв; $t_{\text{д}}$ — додатковий час, хв; $t_{\text{п.з}}$ — підготовчо-заклучний час на партію деталей, хв; n — кількість деталей в партії.

Основний і допоміжний час у відновленні деталей витрачається на аналогічні дії як і під час виготовлення. Додатковий час — це час, затрачуваний на організаційно-технічне обслуговування робочого місця, відпочинок і фізичні потреби.

Наведемо приклади визначення основного часу для окремих ремонтних операцій.

Газове зварювання. Основний час визначають за формулою

$$t_{\text{o}} = \frac{G}{\alpha_{\text{н}}} A'' = \frac{Fl\gamma A''}{\alpha_{\text{н}}},$$

де G — маса наплавлюваного металу, г; F — площа поперечного перерізу шва, см²; γ — густина присадного дроту, г/см³; $\alpha_{\text{н}}$ — коефіцієнт наплавлювання, г/хв; A'' — коефіцієнт, що залежить від довжини шва; l — довжина шва, см.

Допоміжний і підготовчо-заклучний час вибирають за нормативними таблицями. Додатковий час у разі зварювання без підігріву становить 8 % від оперативного.

Ручне електродугове наплавлювання. Основний час

$$t_{\text{o}} = \frac{60G}{I\alpha_{\text{н}}} A'' = \frac{60Fl\gamma}{I\alpha_{\text{н}}} A'',$$

де I — сила струму, А; $\alpha_{\text{н}}$ — коефіцієнт наплавлювання, г/(А · год).

Допоміжний і додатковий час вибирають за нормативними таблицями, а підготовчо-заклучний час становить: для простої роботи — 10 хв, середньої — 17, складної — 24 хв.

Механізовані методи зварювання і наплавлювання. Основний час

$$t_{\text{o}} = \frac{L'i}{nS},$$

де L' — поздовжнє переміщення наплавлювальної головки, м; $L' = l + (3...4)$ мм, де l — довжина шва; S — подача головки, мм/об; n — частота обертання деталі, хв⁻¹; i — кількість проходів.

Додатковий час становить 8 % оперативного.
Електролітичне нарощування. Основний час

$$t_0 = \frac{10^3 z \rho}{\epsilon_F D_{\kappa} \beta} 60,$$

де z — товщина покриття, мм; ρ — густина осаду, г/см³; ϵ_F — електрохімічний еквівалент, г/(А · год); D_{κ} — катодна густина струму, А/дм²; β — вихід металу по струму, %.

При одночасному навішуванні у ванну n деталей обчислену величину t_0 треба поділити на n .

Слюсарні, слюсарно-складальні та інші види робіт нормуються за таблицями, складеними на основі хронометражу операцій на передових підприємствах.

Рекомендована послідовність під час проектування технологічних процесів відновлення деталей:

1. Аналіз технологічного процесу виготовлення нової деталі.
2. Аналіз умов роботи деталі у спраженні, видів і процесів її спрацювання.
3. Аналіз дефектів деталі і вибір можливих технологічних методів відновлення, вибір технологічних баз для обробки.
4. Розробка попереднього маршруту відновлення, розчленування його на технологічні операції.
5. Вибір технологічного устаткування, пристроїв, робочого інструменту, засобів контролю та вимірів.
6. Обґрунтування загальних і операційних припусків та допусків на обробку.
7. Установлення режимів та норм часу для виконання операцій.
8. Техніко-економічне обґрунтування раціонального варіанта технологічного процесу відновлення деталі.
9. Розробка технологічної документації на відновлення деталі.

Обґрунтування раціонального варіанта технологічного процесу відновлення деталей. Проектуючи технологічні процеси, необхідно враховувати, що ті самі технічні характеристики (твердість, стійкість проти спрацювання, якість поверхні тощо) можна мати за допомогою різних методів відновлення. Тому важливе питання — техніко-економічне обґрунтування раціонального варіанта технологічного процесу відновлення деталі. Оцінювати розроблені варіанти можна порівнянням технологічної собівартості відновлення.

Проте точнішим є відносний критерій економічної доцільності ремонту, що визначається відношенням собівартості відновлення до строку служби деталі. При порівнянні слід додержуватись співвідношення

$$\frac{B_n}{T_n} \geq \frac{B_6}{T_6} \geq \frac{B_i}{T_i},$$

де B_n — вартість нової деталі; B_6 — вартість відновлення за базовим

(існуючим) варіантом; B_i — вартість відновлення за розроблюваним i -м варіантом; T_n , T_6 та T_i — відповідні строки служби двигунів.

Економічний ефект від впровадження нової технології визначають за формулою

$$E = [(B_6 + E_n K_6) - (B_i + E_n K_i)] N_B = [(B_6 - B_i) - E_n (K_i - K_6)] N_B,$$

де E_n — нормативний показник ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,15$; K_i — капіталовкладення у виробництво за розроблюваним варіантом; K_6 — те саме, за базовим варіантом; N_B — річна програма випуску відновлюваних деталей.

Строк окупності від впровадження нової технології (без урахування експлуатаційних видатків споживача) визначають за формулою

$$\tau_{ок} = \frac{\Delta K}{(B_6 - B_i) N_B},$$

де ΔK — додаткові капіталовкладення, необхідні для розробки і впровадження нового технологічного варіанта відновлення деталі.

53.3. Способи ремонту. Маршрутна технологія відновлення деталей

Розрізняють незнеособлений, знеособлений і мішаний способи ремонту. При незнеособленому ремонті об'єкт ремонту після технологічного циклу повертається на ту саму машину, з якої він надійшов у ремонт. Знеособлений ремонт не передбачає встановлення об'єкта ремонту на «свою» машину. Повністю знеособити об'єкти ремонту не можна. Цьому заважають обмеження взаємозамінних частин, необхідність диференційованого обліку їхнього наробітку. Мішаному ремонту належить проміжне місце: складання виконують частково з «власних», а частково з «чужих» об'єктів ремонту.

Знеособлений спосіб найефективніший. Він створює передумови для потокової організації праці, автоматизації і механізації технологічного процесу. Недоліком його є те, що припрацьовані за час експлуатації конструкції роз'єднуються, а це погіршує подальше припрацювання їх. Незнеособлений спосіб позбавлений цього недоліку, але призводить до скорочення фронту робіт, низької продуктивності праці і найтривалішого виробничого циклу. При цьому потрібна висококваліфікована ручна праця, взаємна підгонка об'єктів ремонту. Мішаний спосіб, при якому не знеособлюються найвідповідальніші деталі, набув найбільшого поширення.

Вибір способу ремонту залежить від технічних умов на ремонт. Істотно впливає на це ступінь взаємозамінності. При обмеженій взаємозамінності можливість знеособлювання менша. Так стоїть справа з елементами, які під час виготовлення підганяли «по місцю», — зализами, обтічниками. Має значення розмір серії об'єктів ремонту: при малих серіях знеособлення недоцільне. Можливість знеособлення обме-

жує вимоги на характеристики об'єкта ремонту, зокрема залишкову незрівноваженість, масу. Як правило, не знеособлюють базових частин конструкції — агрегатів та відсіків, картерів двигунів та редукторів. Великий вплив має наробіток. Високонавантажені відповідальні частини з малими запасами довговічності мають чітко облічуваний наробіток. Їх не знеособлюють.

Деталі будівельних і дорожніх машин, які надходять у ремонт, як правило, мають кілька дефектів.

Проектування технологічних процесів здійснюється за дефектною і за маршрутною технологіями.

При *дефектній технології* на кожний з дефектів деталі розробляється самостійний технологічний процес відновлення і технологічна карта. Оскільки на відновлення надходить партія деталей з різними дефектами, то для усунення всіх дефектів кожної конкретної деталі необхідно застосувати кілька технологічних процесів (і, отже, розробити кілька карт). У разі відновлення слід установити раціональну послідовність усунення дефектів: спочатку мають реалізуватись технологічні процеси, які значною мірою впливають на стан поверхні (наплавлювання, термообробка), потім ті, які усувають сліди попередньої обробки і надають деталі необхідної геометричної форми, розмірів, шорсткості та інших параметрів, що відповідають технічним умовам (шліфування, полірування тощо). Проте організаційно в умовах подефектної технології відновлення деталей спланувати і врахувати це важко. Недолік цієї технології також у тому, що на відновлення деталі розробляють громіздку первинну документацію, тому подефектна технологія відновлення збереглася тільки на дільницях з одиночним типом виробництва.

Маршрутна технологія характеризується розробкою комплексного технологічного процесу відновлення кількох дефектів. При цьому всі дефекти деталі поділяються на кілька груп (технологічних маршрутів). Комбінація дефектів кожного маршруту має характеризуватися спільністю застосовуваних для відновлення технологічних методів, а також економічною доцільністю. Так, в один технологічний маршрут бажано включати дефекти, що усуваються наплавлюванням, у другий — гальванічним нарощуванням і т. д. Виконання слюсарних і механічних операцій можна передбачити в усіх маршрутах. Комбінацію дефектів у маршрутах встановлюють на основі дослідно-статистичних даних аналізу організації відновлення деталей на ремонтних підприємствах.

Кожному маршруту присвоюють номер і розробляють єдину маршрутно-технологічну карту відновлення деталі. Слід зауважити, що кількість маршрутів має бути мінімальна, щоб не утруднити організації ремонтного процесу.

Маршрутна технологія дає можливість підвищити продуктивність праці, чіткіше спланувати організацію відновлення деталей і знизити собівартість продукції.

Контрольні запитання

1. В чому полягає ідея типізації за об'єктами ремонту?
2. З чого складається технологічний процес ремонту?
3. Від чого залежить вибір способу ремонту?

Глава 54

ОБРОБКА ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИМИ ТА ЕЛЕКТРОХІМІЧНИМИ МЕТОДАМИ. ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

54.1. Загальні відомості

У сучасному машинобудуванні, а отже, і в ремонтному виробництві застосовують жароміцні, нержавіючі метали та сплави. Відновлення і зміцнення виготовлених з них деталей звичайними способами механічної обробки дуже утруднене, а часом і неможливе. Для обробки деталей, виготовлених з цих матеріалів, успішно використовують електрофізичні та електрохімічні (ЕФЕХ) процеси, які ґрунтуються на використанні ефектів фізико-хімічних та енергетичних дій на тверде тіло.

Умовну класифікацію основних сучасних способів ЕФЕХ обробки, використовуваних для відновлення форми, маси та розмірів, а також для зміцнення деталей, наведено на рис. 54.1.

Залежно від фізичних, хімічних та інших енергетичних дій, які використовуються для відновлення розмірів та маси спрацьованих деталей, способи обробки матеріалів можна поділити на такі основні групи.

Електроерозійні методи обробки струмопровідних матеріалів (металів та сплавів), які ґрунтуються на використанні перетвореної в тепло енергії електричних розрядів, збуджуваних між інструментом і заготовкою. Розрізняють чотири основних різновиди електроерозійної обробки: електроіскрову, електроімпульсну, електроконтактну і анодно-механічну.

Електрохімічна обробка металів та сплавів ґрунтується на перетворенні електричної енергії хімічних зв'язків, при цьому метал заготовки перетворюється на хімічні сполуки (анодне розчинення), які легко видалити із зони обробки.

Ультразвукову обробку, що ґрунтується на імпульсній ударній механічній дії на матеріал з частотою понад 16 кГц, застосовують, маючи справу з твердими і ламкими матеріалами.

Променеві способи обробки ґрунтуються на зніманні матеріалу заготовки під дією на неї концентрованих променів з високою густиною енергії, яка в зоні обробки перетворюється в тепло. До них належать обробки сфокусованими світловими, електронними або іонними променями.

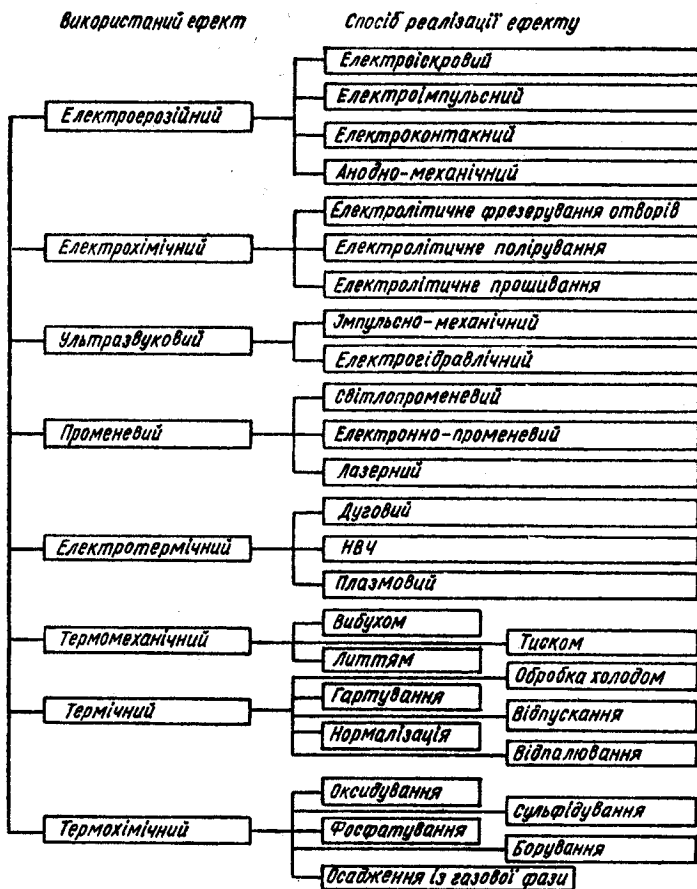


Рис. 54.1. Класифікація сучасних способів обробки, використовуваних для відновлення форми, маси, розмірів і зміцнення деталей

Електротермічні методи ґрунтуються на нарощуванні маси та об'єму матеріалу деталі під дією на неї сконцентрованих високотемпературних джерел тепла (електрична та плазмозна дуга, СВЧ тощо).

Термомеханічні методи ґрунтуються на зміні маси та об'єму деталей за умови поєднання теплової і механічної дії зовнішнього середовища. До них належать способи, які використовують енергію вибуху, механічну, теплову та інші види енергії.

Термічні методи ґрунтуються на зміні структур металу із зміною швидкості охолодження. Вони сприяють підвищенню міцності і експлуатаційної надійності деталей.

Термохімічні методи ґрунтуються на формуванні плівки оксидів, сульфідів, фосфатів та інших сполук, які зумовлюють підвищення стійкості проти спрацювання та антикорозійної стійкості.

Способи обробки і використання ЕФЕХ процесів універсальні і безперервні. Вони дають можливість одночасно формувати всі оброблювані поверхні з використанням сучасних автоматів, напівавтоматів та роботизованих комплексів.

Переваги ЕФЕХ процесів, застосовуваних під час обробки:

можливість обробки різних матеріалів з найвищими фізико-механічними властивостями;

можливість обробляти поверхню, яку не можна обробити іншими способами (порожнини складної форми, отвори з криволінійною віссю, отвори невеликого діаметра);

можливість копіювання форми інструмента відразу по всій оброблюваній поверхні заготовки при простому поступальному переміщенні інструмента;

відсутні силові впливи на заготовку;

можливість автоматизувати процес.

У практиці часто застосовують комбіновані способи обробки, що дає значно більший ефект, ніж застосування кожного з перелічених способів зокрема.

54.2. Електроерозійна обробка

Загальні відомості. Електроерозійна обробка металів ґрунтується на дії електричних розрядів (імпульсів) на окремі ділянки оброблюваної поверхні. Безпосередньо в зоні обробки енергія розрядів між анодом (інструментом) і катодом (заготовкою) перетворюється в теплову енергію. У зоні електричних розрядів температура досягає кількох тисяч градусів, що спричиняє оплавлення і навіть випаровування окремих ділянок оброблюваної поверхні, тобто до так званої ерозії металу. Оскільки електричні розряди виникають у послідовності, що визначається мінімальними відстанями між взаємодіючими поверхнями електродів, на електроді-заготовці відбивається форма електрода-інструмента. Це дає можливість ефективно обробляти вироби складної форми.

Електроіскровий спосіб, розроблений в 1943 р. відомими вченими Б. Р. Лазаренком та М. І. Лазаренком, ґрунтується на явищі руйнування металу в колі постійного струму під дією іскрового розряду. Під час зближення металевих електродів у момент, коли буде досягнуто пробійного зазора, від катода до анода пролітають спочатку окремі електрони, завдяки чому утворюється канал провідності, і в результаті виникає короткочасний потужний іскровий розряд, під час якого температура в каналі провідності досягає 6000...11000 °С. При цьому відбувається концентроване виділення енергії, що веде до миттєвого

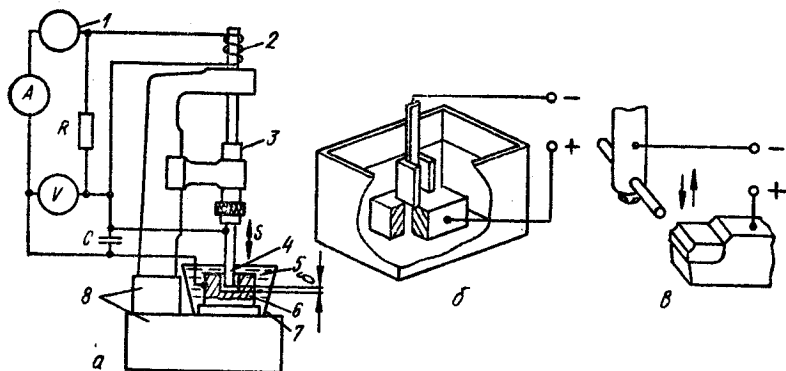


Рис. 54.2. Електроіскрова обробка:

a — схема верстата для прошивання отворів у важкооброблюваних матеріалах; *б* та *в* — принципальні схеми прошивання фасонної штаби і утворення стружколамальної канавки на твердосплавному різці

розплавлення, випаровування, вибухів'та викидання частинок анода, які прямують до катода. Процес відбувається в рідинному діелектричному середовищі (масло, гас), в якому відірвані від анода частинки охолоджуються й осідають. Оскільки обробка провадиться без контактування заготовки та інструмента, створюється можливість обробляти струмопровідний метал будь-якої твердості інструментом з м'якого металу (латуні, алюмінію).

Електроіскрова обробка набула найбільшого поширення для прошивання отворів будь-якої форми у важкооброблюваних матеріалах, включаючи тверді сплави. На рис. 54.2, *a* наведено схему верстата для прошивання отворів. На основі 8 встановлено ванну 5 з діелектричною рідиною, в якій міститься встановлена на пристрої 7 оброблювана заготовка 6. Від затискача генератора імпульсів 1 постійний струм іде до катода 4 (інструмента, закріпленого в упорі 3), через зазор δ — до анода 6 (заготовки) і повертається до іншого затискача генератора 1. Опір *R* призначений для регулювання сили струму і напруги кола, які контролюються амперметром *A* та вольтметром *V*. Для утворення імпульсних розрядів великої сили в електричне коло паралельно заготовці 6 і електроду — інструменту 4 під'єднано конденсаторну батарею *C*.

Якщо інструмент (електрод) наблизиться до заготовки на величину пробивного зазора δ , виникає електричний розряд, на який витрачається вся енергія, нагромаджена в батареї конденсаторів *C*. Після розрядження конденсаторів, щоб їх зарядити, струм треба перервати, тобто інструменту треба надати коливних переміщень (подача *s*). Це здійснюють за допомогою різних пристроїв, наприклад соленоїдного регулятора 2, який гарантує замикання і розмикання електричного кола і автоматичне поступове опускання інструмента, форма якого має відпо-

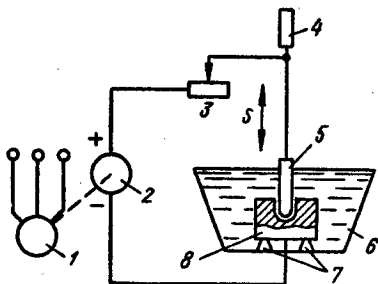


Рис. 54.3. Схема установки для електроімпульсної обробки

швидким спрацюванням інструмента внаслідок високої температури під час розряду. На рис. 54.2, б наведено принципіальні схеми прошивання фасонної штаби і утворення стружколамельної канавки на твердосплавному різці.

Електроімпульсний спосіб обробки, принципіальну схему якого показано на рис. 54.3, полягає у послідовному збудженні розрядів між інструментом 5 та заготовкою 8, яка на спеціальному пристрої 7 розміщена у ванні 6 з діелектричною рідиною. Від приводного електродвигуна 1 тиск передається генератору імпульсів 2, який дає імпульси тільки одного напрямку (уніполярні). Між електродом 5 (інструментом) і заготовкою виникають електричні розряди. Коливального руху інструменту в напрямку подачі 3 надає регулятор подачі 4. Для регулювання сили струму в коло включено опір 3. Під час попередньої обробки використовують машинні генератори, які дають імпульси великої тривалості і енергії, а під час чистової — лампові або транзисторні генератори, що дають імпульси малої енергії, але високої частоти. На відміну від електроіскрової обробки, при електроімпульсній заготовка є катодом, а інструмент — анодом. Температура в робочій зоні (до 4000...5000 °С) значно нижча, ніж у разі електроіскрової обробки, тому і інструмент спрацьовується менше. Електроди-інструменти виготовляють з міді, алюмінію та його сплавів, чавуну, але найкращі — вуглеграфітові електроди. Низькочастотна електроімпульсна обробка з живленням від машинних генераторів дає грубу поверхню з шорсткістю до Rz 40, а високочастотна (з частотою 7...25 кГц) — Rz 20...1,25.

Електроімпульсний спосіб застосовують переважно під час трикоординатної обробки штампів, прес-форм, турбінних лопаток, рівчаків у валках періодичного прокату та ін.

Анодно-механічна обробка, запропонована в 1943 р. В. М. Гусевим, ґрунтується на одночасній дії електромеханічного та електроіскрового процесів, що відбуваються у середовищі електроліту, яким є водний розчин рідкого скла. В результаті пропускання крізь ванну постійного струму на поверхні заготовки (анода) утворюються плівки з продуктів

відати формі обробленої поверхні заготовки. Точність і шорсткість обробленої поверхні залежать від електричного режиму обробки. При чорновому режимі досягають Rz20, а при чистовому — 1,6...0,63.

Електроіскровий метод обробки використовують у виготовленні штампів, прес-форм, копилів, твердосплавних фільтрів, для виймання поламаного інструмента, а також у деяких інших випадках. Застосування його обмежується малою продуктивністю і досить

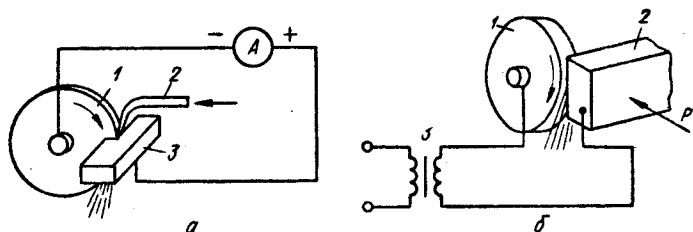


Рис. 54.4. Схема анодно-механічного відрізування заготовки (а) і електроконтактної обробки (б)

розчинення металу, які механічно видаляються інструментом (катодом). Оскільки вершини шорсткостей на оброблюваній поверхні анода відокремлені від катода невеликим проміжком, через нього проходить короткочасний дуговий розряд. При цьому мікроскопічна ділянка поверхні деталі оплавляється і розплавлені частинки також видаляються рухомим анодом, тобто відбуваються електроерозійні процеси. Заготовки або інструменту надають руху подачі. При м'якому режимі, коли густина струму менша за 15 А/см^2 , обробка здійснюється в основному за рахунок електрохімічного розчинення і механічного видалення плівки. У такий спосіб здійснюють так зване анодно-механічне шліфування і досягають шорсткості поверхні $Rz 0,32 \dots 0,04$. При більш жорсткому режимі метал із зони видаляється за рахунок електроенергії і шорсткість обробленої поверхні відповідає $Rz 160 \dots 20$.

Цей метод ефективно використовують для відрізування заготовки з важкооброблюваних високоміцних сплавів. На рис. 54.4, а показано схему анодно-механічного відрізування. Інструмент 1 (катод) — тонкий диск з м'якої сталі, який обертається з великою швидкістю, стикається з заготовкою 3 (анодом). У зону контакту трубою 2 надходить рідке скло. Диск і заготовку під'єднують до генератора постійного струму. Процес ведуть на жорстких електричних режимах, тому поряд з анодним розчиненням і механічною дією істотну роль відіграють електро-термічні процеси.

Електроконтактна обробка ґрунтується на електромеханічному руйнуванні металу під дією електродугових розрядів швидкоперемішуваним інструментом. Знімання металу з заготовки 2 (рис. 54.4, б) здійснюється у повітряному середовищі за допомогою обертового диска 1 (електрода), який править за робочий інструмент. Диск і заготовку сполучено з джерелом живлення — знижувальним трансформатором 3. Під час обертання диска, до якого заготовка притискується під тиском $(2 \dots 5) \cdot 10^4 \text{ Па}$, відбувається періодичний розрив контактів, виникають електродугові розряди, під дією яких метал заготовки руйнується. Дотикання під невеликим тиском двох металевих електродів (інструмента і заготовки) спричиняє утворення в місці контакту підвищеного перехідного опору.

Електричний струм, що проходить крізь місце контакту, внаслідок виділення джоулевого тепла нагріває, розм'якшує і плавить метал заготовки, полегшуючи його видалення. Щоб уникнути сильного розігрівання і плавлення інструмента-електрода, його обертають із швидкістю, що перевищує 30 м/с, при якій тривалість стикання контактуючої ділянки диска з заготовкою мізерно мала. Обертювий диск викидає частинки розжареного металу у вигляді снопа іскор. Оскільки до інструмента і заготовки можна підвести струм великої потужності, інтенсивність процесу досить велика і в ряді випадків може перевищити за продуктивністю звичайну обробку різанням. Разом з тим він не забезпечує високої точності і шорсткість поверхні не перевищує $Rz\ 80\dots 20$. Крім того, при великому зніманні металу в поверхневому шарі відбуваються значні фазові зміни, можуть виникнути тріщини та інші вади. Тому електроконтактну обробку використовують головним чином для виконання грубих і невідповідальних операцій (наприклад, зачищення виливків та штамповок з важкооброблюваних сплавів).

54.3. Електрохімічна обробка

Загальні відомості. Якщо між електродами 1 та 2 (рис. 54.5, а), які містяться у ванні 3 з розчином електроліту, тече постійний електричний струм, то відбуваються певні фізико-хімічні процеси. На одному з них — явищі анодного розчинення — ґрунтується електрохімічна обробка металів. Анодне розчинення полягає в тому, що під час проходження постійного струму через електроліт електрод, сполучений з позитивним полюсом джерела струму (анод), розчиняється. При цьому метал анода (заготовки) на поверхні переходить в іонний стан і виноситься електролітом з робочої зони. Електрохімічний процес іноді комбінують з механічною обробкою, наприклад шліфуванням.

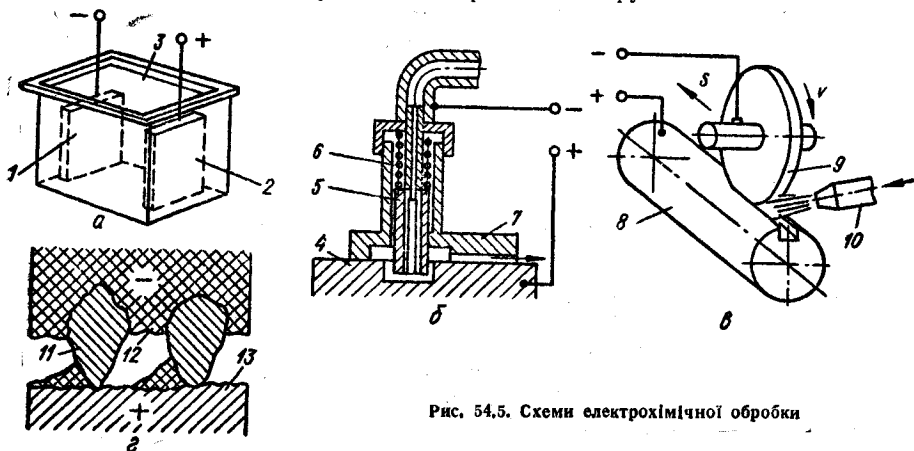


Рис. 54.5. Схеми електрохімічної обробки

Електролітичне полірування. Цей метод набув великого поширення у тонкій обробці. На поверхні деталі, встановленої в електролітичній ванні на аноді, під час проходження струму утворюється захисна плівка, яка захищає западини мікронерівностей від його дії. Ця плівка не перешкоджає розчиненню мікрорівностей, внаслідок того, що на них діє густіший потік електронів і поверхня деталі згладжується. Шорсткість обробленої поверхні залежить від старанності попередньої обробки. Звичайно у виробничих умовах досягають $R_a = 0,63 \dots 0,08$, але під час обробки попередньо шліфованих поверхонь можна досягти шорсткості $R_a = 0,04 \dots 0,01$. Електролітичне полірування успішно використовують для остаточної обробки деталей складної конфігурації деталей (лопатки турбін, клапани для подавання пального, різальні та вимірjuвальні інструменти тощо). Крім зменшення шорсткості поверхні, ця обробка добре позначається на корозійній стійкості, втомленісній міцності границі витривалості металу. Це пояснюється тим, що під час обробки в поверхневому шарі не тільки не порушується вихідна структура, як це буває у більшості інших методів обробки, а й видаляється шар, ослаблений під час попередньої обробки.

Інші способи електрохімічної обробки. У практиці використовують і ряд інших методів електрохімічної обробки металів. На рис. 54,5, б показано електрохімічне прошивання отвору. До заготовки 4 (анода) подають електроліт трубкою 5 (катодом). Зазор між торцем трубки і оброблюваною поверхнею, що включає міжелектродний контакт, створюється тиском електроліту, який витікає. Під час проходження через електроліт електричного струму відбувається анодне розчинення металу заготовки в робочій зоні і продукти розчинення виносяться текучим електролітом крізь отвір у ванночці 7. У процесі обробки трубка 5 під дією пружини 6 здійснює рух подачі, зберігаючи незмінним міжелектродний зазор. Процес може відбуватися так, що рух подачі і збереження необхідного зазора здійснює верстат, на якому ведуть обробку.

Одним з видів електрохімічної обробки є електрохімічне «фрезерування» деталей з важкооброблюваних матеріалів. На рис. 54,5 г показано фрезерування паза на валу 13 (аноді) за допомогою металевого диска 11 (катода). Трубною 12 надходить струмінь електроліту. Під час проходження колом електричного струму відбувається анодне розчинення металу оброблюваної деталі, а продукти розчинення видаляються обертовим диском, яким здійснюється і рух подачі.

Різновидом електрохімічного методу обробки є електроабразивне шліфування, яке ведуть електроабразивним кругом, що складається з абразивних зерен 10 (рис. 54,5, в) та електропровідного наповнювача 9. Круг під'єднують до негативного полюса джерел струму, а оброблювану заготовку 8 — до негативного. У робочу зону струминою подають електроліт. Плівка, що утворюється внаслідок анодного розчинення, знімається абразивними зернами круга, який здійснює обертовий і осцилюючий рух. Порівняно із звичайним шліфуванням цей процес

забезпечує вищу продуктивність, шорсткість поверхні $Ra\ 0,16...0,04$ менше спрацювання шліфувального круга і не тягне за собою появи мікротріщин у поверхневому шарі, оскільки в зоні обробки температура підвищується мало.

54.4. Ультразвукова обробка

Ультразвуковим називають спосіб обробки, при якому оброблювана зона перебуває під дією пружних механічних коливань з частотами понад 16...20 кГц (ультразвукових). При цьому на заготовку діють удари змучені у рідині (воді, маслі) зерен абразиву, які дістають великі швидкості від вібратора, який коливається з ультразвуковою частотою. Рідина під тиском ультразвукових коливань в результаті кавітації руйнує матеріал, на який вона потрапляє. Це руйнування інтенсифікується дією абразиву, що міститься в рідині, зерна якого проникають у зазор між торцем інструмента й деталлю і відокремлюють мікроскопічні частинки від матеріалу заготовки. Утворювані за допомогою ультразвукового генератора електричні коливання магнітострикційним вібратором перетворюються в механічні. Магнітострикційний ефект полягає у властивості феромагнітних матеріалів змінювати розмір із зміною магнітного поля, що діє на них.

На рис. 54.6 показано схему ультразвукового верстата. З ультразвукового генератора, що живиться від мережі змінного струму звичайної частоти, струм ультразвукової частоти подається в обмотку магнітострикційного вібратора 4, в якому електромагнітні коливання перетворюються в механічні. За допомогою концентратора 3, один кінець якого сполучено з вібратором, а другий — з інструментом, виниклі коливання підсилюються, і амплітуда їх може досягати 0,1...0,12 мм. З бака 8 насосами 7 у зону обробки подається рідина з абразивним порошком. Повзун 5, зрівноважений контртягарем, переміщується по напрямних станини 6 і притискує інструмент 2 до заготовки 1. Ця сила має бути невелика, щоб коливання інструмента не затухли. Оскільки подача інструмента здійснюється в напрямі коливання його торця, цим методом можна обробляти порожнини будь-якого профілю. Залежно від твердості і міцності оброблюваного матеріалу може бути використаний різний абразив — електрокорунд, карборунд, карбід бору, алмаз.

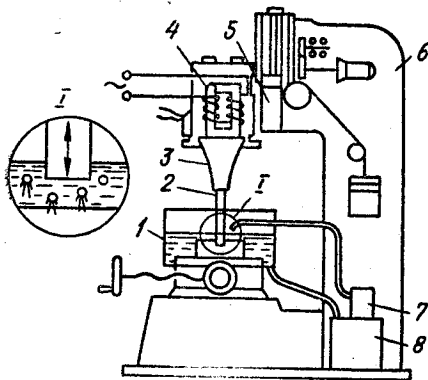


Рис. 54.6. Схема ультразвукового верстата

Ультразвуковою обробкою дося-

гають шорсткості $Ra = 0,63...0,16$ без порушення властивостей поверхневого шару.

Позитивним у методі є те, що з його допомогою можна обробляти не тільки металеві матеріали (провідники), а й діелектрики. Його використовують для обробки важкооброблюваних сплавів та виробів із скла, кварцу, германію, кремнію, феритів, мінералокераміки, рубінів, алмазів тощо.

54.5. Променева обробка

Електронно-променева обробка ґрунтується на тому, що електрони, випромінювані катодом у глибокому вакуумі внаслідок термоелектронної емісії, прискорюються в потужному електричному полі і фіксуються у вузький пучок, спрямований на оброблювану заготовку (анод). При цьому кінетична енергія перетворюється в теплову. Ефективність дії електронного пучка підвищується фокусуванням його на дуже малих площах (до 10^{-7} см²), завдяки чому утворюється електронний промінь. Потрапивши на оброблювану поверхню, такий промінь умить нагріває її до температури близько 6000 °С, внаслідок чого навіть найтугоплавкіший метал тут не тільки плавиться, а й випаровується. Електронно-променеву обробку ведуть на установці з електронною гарматою 6 (рис. 54.7, а), яка забезпечує фокусування електронного пучка. Найважливішими її елементами є генератор 11 високої напруги, генератор 10 напруги розжарювання та напруги збудження, імпульсний генератор 8, імпульсний трансформатор 9 і вольфрамовий електрод 7. Принцип роботи електронної гармати полягає в тому, що створюваний емісією розігрітого катода 7 потік електронів перетворюється у вузький пучок, завдяки великій різниці потенціалів між катодом та анодом прискорюється до сотень кілометрів за секунду і фокусується у вузькому конусі, вершина якого знаходиться на заготовці 13. Для цього використовують регульовані спеціальною контрольною

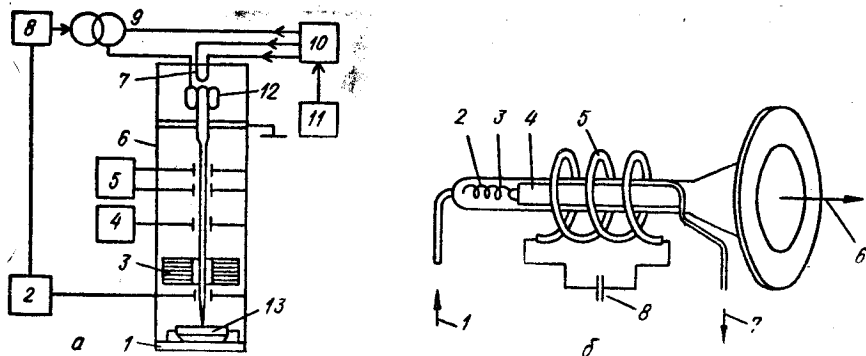


Рис. 54.7. Принципіальні схеми установок для променевої обробки

ною системою відхильні пристрої та лінзи, які керують розміром і траєкторією електронного променя. До контрольної системи входять електростатична система 12, електромагнітні котушки 5, за допомогою яких здійснюється магнітна юстировка, коректор зображення 4, магнітні лінзи 3, контрольний контур 2 та ін. Заготовку 13 устанавлюють на столі 1, за допомогою якого її можна переміщати і надавати потрібного положення. За допомогою керуючих електромагнітних котушок та контрольного контуру 2 (профілююче керування) електронний промінь може відхилитись по поверхні заготовки 13. У такий спосіб можна забезпечити обробку заготовки необхідного профілю і запрограмувати її в керуючому пристрої.

Електронно-променевим способом роблять отвори, пази і т. п. малих розмірів (починаючи від 0,005 мм) у важкооброблюваних сплавах.

Обробка світловим променем. Цей спосіб обробки базується на працях М. Г. Басова та О. М. Прохорова. Суть його в тому, що потужний світловий промінь, проходячи через спеціальний оптичний пристрій, фокусується на оброблюваній поверхні заготовки на площі діаметром до 0,01 мм. Тому в зоні його дії виникають температури порядку кількох тисяч градусів і високі тиски. Концентрація енергії може бути порядку 10^5 кВт/см², а тому метал тут умиє плавиться і випаровується. Як джерело енергії використовують генератори світла або лазери, найчастіше кристалічні рубінові (рис. 54.7, б). За основу лазера править стержень 4 із синтетичного рубіну, вміщений усередину заповненої ксеноном спіральної лампи 5 (лампи підкачування). Лампа живиться від батареї 8 конденсаторів і під час розряджання періодично спалахує. Стержень вміщено в скляну трубку 3, якою безперервно прокачують охолодне середовище від входу 1 до виходу 7. Фіксується стержень пружиною 2.

Рубіновий стержень — це кристал Al_2O_3 з домішкою окису хрому Cr_2O_3 . Плоскі паралельні торці його старанно відполіровані. Один з них покритий шаром срібла, а другий також посрібнений, але напівпрозорий. Під час інтенсивного спалаху лампи 5 рубін освітлюється, і атоми хрому, вбираючи світловий квант, переходять з нормального у збуджений стан так званого оптичного підкачування. У момент, коли більше половини атомів хрому переходить у збуджений стан, рівновага стає нестійкою, у кристалі звільняється нагромаджена енергія, атоми із збудженого повертаються в нормальний стан і кристал випромінює фотони. Потужний потік їх проривається крізь напівпрозорий передній торець, утворюючи потужні випромінювання у вигляді пучка 6 сліпучого яскраво-червоного світла. За допомогою спеціальної оптичної лінзи (на рисунку не показано) цей пучок світла фокусується на площі діаметром до 0,01 мм.

За допомогою лазерів можна обробляти отвори малого діаметра, пази і т. п. у заготовках з різних матеріалів незалежно від їхніх фізико-механічних властивостей (тверді сплави, алмази). Світлопроменева

Таблиця 54.1

Ефект	Рекомендовані способи зміцнення	Позитивний ефект застосування способу зміцнення
Зміна твердості і пластичності поверхневого шару Зміна шорсткості поверхні	Лазерний, плазмовий, електроімпульсний, ультразвуковий, електроіскровий, електроконтактний	Досягнення заданого рівня експлуатаційної надійності спряжень тертьових деталей
Зміна структури металу	Шліфування, електрополірування, суперфінішування, хонінгування, накатування, розкатування	Поліпшення умов припрацювання і підвищення довговічності спряжень тертьових деталей
Зміна структури металу	Загартування (світле, звичайне, ненаскрізне, ізотермічне, з відпуском, з прохолодженням, з безперервним охолодженням, ступінчасте та ін.); відпуск (високий); відпалювання; нормалізація; загартування (кріогенне) обробкою холодом, охолодження з нормальною температурою, термоциклювання	Підвищення міцності та експлуатаційної надійності деталей, які працюють в умовах знакозмінних навантажень
Створення плівки на поверхні	Оксидування, сульфидування, фосфатування, нанесення зміцнювального мастила, осадження з газової фази; хромування, нікелювання, електрофорез, борування, борохромування, хромофосфатування, нікельфосфатування; термічне напилювання (електродугове, детонаційне, лазерне, плазмове); осадження осадів з пари (електроіскрове легування, термічне випаровування тугоплавких сполук, конденсація з іонним бомбардуванням, електронно-променеве випаровування, електрохімічне випаровування)	Підвищення експлуатаційної надійності тертьових деталей; збільшення антикорозійної стійкості деталей в агресивних середовищах; підвищення стійкості проти спрацювання деталей, а також вимірювального та різального інструменту
Зміна хімічного складу поверхневого шару	Дифузійне насичення (нітрооксидування, нітроцементация, карбонітрація, азотування, хромоазотування, хромосиліціювання, хромоалітування, борохромування, борування, ціанування, сульфоціанування, дифузійне хромування, дифузійне нікелювання, циркосиліціювання, бороциркування, легування малопогужим пучком іонів)	Підвищення стійкості проти спрацювання і антикорозійної стійкості деталей
Зміна енергетичного запасу поверхневого шару	Обробка в магнітному полі (електроферромагнітна обробка, обробка в імпульсному магнітному полі)	Підвищення стійкості деталей проти спрацювання

обробка має ряд переваг порівняно з електронно-променевою і тому більш перспективна.

54.6. Зміцнення металів

Поняття зміцнення матеріалу визначає його підвищену здатність чинити опір спрацюванню, руйнуванню або залишковій деформації.

Зміцнення можна поділити на поверхневе та об'ємне. Об'ємне зміцнення виконують по всьому перерізу металу, а поверхневе — лише зміною властивостей поверхневого шару.

Ступінь зміцнення металів можна оцінювати відносним підвищенням значення заданого параметра опірності або заготовки зруйнуванню чи залишковій деформації порівняно з вихідним в результаті зміцнювальної обробки.

Товщина поверхнево зміцненого шару визначається найкоротшою відстанню від поверхні матеріалу до умовної поверхні, точки якої відповідають заданому значенню параметра опірності матеріалу руйнуванню.

Зміцнення може здійснюватись одним або кількома способами. Якщо обробка провадиться кількома способами одночасно, її можна назвати суміщеною зміцнювальною обробкою. Наприклад: хіміко-термічна обробка, деформаційно-термічна обробка і т. д.

Розрізняють також комбіновану зміцнювальну обробку. Такою, наприклад, є термічна зміцнювальна обробка з подальшим поверхнево-пластичним деформуванням.

Таблиця 54.2

Параметр	Значення
Статичне зусилля притискування інструмента, кН	400...500
Резонансна частота коливань інструмента, кГц	18...24
Амплітуда коливань інструмента, мкм	20...25
Швидкість обертання деталі, м/с	0,9...1,0
Поздовжня подача інструмента, мм/об	0,125

Усі основні види зміцнювальної обробки можна умовно поділити на дві групи: із зміною поверхневого шару (його хімічного складу, структури та шорсткості), а також зміною структури металу по всьому об'єму виробу. Об'ємну обробку можна виконувати при додатних і від'ємних температурах. В останньому випадку йдеться про так звану криогенну обробку.

Зміцнювальну обробку можна виконувати в різних середовищах: в рідині, у вакуумі, в нейтральній і контрольованій атмосферах, у пасті і т. д.

Класифікацію основних способів зміцнювальної обробки залежно від характеру та методів зміцнення наведено в табл. 54.1.

Ультразвукове зміцнення полягає в тому, що спеціальний інструмент (гладилка), який вібрує з частотою ультразвуку і певною амплітудою зміщення, здійснює ударну дію на зміцнювану поверхню і піддає її пластичному деформуванню (табл. 54.2).

За джерело електричної енергії ультразвукової частини правлять лампові генератори 1 (рис. 54.8) типу УЗМ-1,5; УЗГ5-1,6 або УМГ-4. Електрична енергія ультразвукової частоти перетворюється в енергію механічних коливань тієї самої частоти акустичною головкою, яка складається з трьох частин: вібратора 2 типу ПМС-1,5, конічного концентратора 3 та твердосплавної пластини 4 (Т15К6).

Спеціальний припуск під цю обробку не потрібен, оскільки розміри деталі змінюються не більш як на 0,02 мм.

Ультразвукове зміцнення підвищує мікротвердість в 1,5...2 рази і забезпечує рівномірний її розподіл по глибині зміцненого шару 0,3...0,4 мм, підвищує чистоту поверхні і створює залишкові напруження стискування, забезпечує більшу порівняно з поліруванням площу контакту поверхонь і вигіднішу форму нерівностей.

Електромеханічну зміцнювальну обробку (ЕМО) застосовують для поліпшення якості поверхневого шару і підвищення його стійкості проти спрацювання. Завдання полягає в тому, щоб зробити поверхневий шар однорідним щодо структури і рівномірним щодо твердості. Після зміцнення на спеціальній установці (рис. 54.9) утворюється поверхневий шар завглибшки 0,09...0,10 мм, мікротвердість зміцнених зразків різко підвищується, а на глибині 0,03 мм збільшується в 2 рази. Твердість зміцненого шару після ЕМО підвищується в 1,5...2,5 рази.

Механічний спосіб зміцнення полягає в тому, що під дією елемента (кульки, ролика) під час взаємного відносного переміщення інструмента і деталі нерівності оброблюваної поверхні пластично деформуються, в результаті чого шорсткість зменшується і одночасно зміцнюється поверхневий шар.

Глибина та інтенсивність зміцнення металу залежать від параметрів режиму обкатки і властивості зміцнюваного матеріалу.

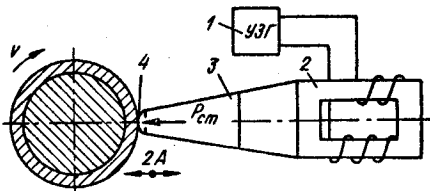


Рис. 54.8. Принципіальна схема ультразвукової зміцнювально-вигладжувальної обробки

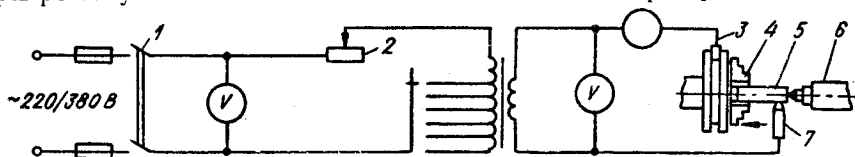


Рис. 54.9. Принципіальна схема установки для електромеханічної обробки:

1 — рубильник; 2 — реостат; 3 — провід вторинної обмотки; 4 — патрон верстата; 5 — деталь; 6 — задня бабка; 7 — обробний інструмент

До числа технологічних процесів зміцнювальної обробки деталей холодним пластичним деформуванням належить вигладжування алмазним і твердосплавним інструментом.

Алмазне вигладжування полягає в пластичному деформуванні поверхневих шарів деталі інструментом, робоча частина якого — кристал природного алмазу масою 0,4...0,8 карата, обмежений поверхнею сфери або циліндра радіусом 1...3 мм.

Зовнішні циліндричні поверхні вигладжують алмазним наконечником, встановленим у пружинній оправці, яку кріплять у різцетримачі супорта токарного верстата. Режими вигладжування змінюють у порівняно невеликих межах: подачу — 0,02...0,06 мм/об, швидкість вигладжування — 40...100 м/хв, зусилля притискування алмазного наконечника — 120...300 Н, число проходів — 1.

Остаточна обробка деталей алмазним вигладжуванням порівняно з шліфуванням дає можливість поліпшити шорсткість поверхні, підвищити мікротвердість на 25...35 %, стійкість проти спрацювання — на 35...65 % і втомленісну міцність — на 30...60 %.

Застосування алмазного вигладжування ефективне і для чистової обробки деталей, відновлених різними металопокриттями. Так, при алмазному вигладжуванні хромового покриття (замість полірування) на оптимальному режимі (радіус сфери алмазного наконечника — 1,2 мм, зусилля притискування алмаза — 140 кН, подача — 0,03...0,5 мм/об) вдається підвищити клас шорсткості поверхні, збільшити поверхневу твердість покриття на 12...15 %, знизити його пористість, підвищити стійкість проти спрацювання на 35 %, а контактну витривалість — в 1,5 раза.

Вигладжування твердосплавними гладилками застосовують під час обробки пластичним деформуванням зовнішніх циліндричних поверхонь та отворів.

Під час вигладжування металопокриттів пластична деформація починається, якщо $\sigma = \sigma_{0,2}$ де $\sigma_{0,2}$ — умовна границя текучості покриття.

Для гладилки найкраще використовувати інструментальний титанокобальтовий матеріал Т30К4, Т15К6 чи вольфрамокобальтовий ВК-2, ВК-3М.

Підвищення стійкості деталей проти спрацювання спостерігається в результаті застосування для зміцнення ультразвукової зміцнювально-вигладжувальної обробки їх.

Хіміко-термічні методи зміцнення деталей полягають у зміні хімічного складу в поверхневих шарах під впливом зовнішнього середовища і температури. Основні види обробки — цементація, ціанування, азотування, алітування, хромування, силіціювання, борування, сульфидування, нітроцементація.

Цементація — це процес насичення поверхневого шару сталі вуглецем для підвищення механічних властивостей і стійкості проти спрацювання. Для насичення вуглецем сталі деталі досить нагріти до

1173...1223 К і прогріти їх протягом тривалого часу при цій температурі в атмосфері газів, які розкладаються з виділенням атомарного вуглецю.

У твердому карбюризаторі цементують деталі, упаковані найчастіше в суміші активованого деревного (дубового, березового) вугілля в зернах діаметром 3,5...10 мм. Щоб прискорити цементацію, до суміші додають 10...40 % вуглецевого барію і вуглекислого натрію. Температура цементації — 1173...1223 К. Глибина науглецьованого шару залежить від тривалості процесу. При такій цементації протягом 4...24 год можна досягти глибини науглецьованого шару 0,4...2,5 мм.

Рідинну цементацію проводять у суміші розплавлених солей — вуглекислого натрію (75...85 %), кухонної солі (10...15 %) та карбїду кремнію (5...10 %). Температуру у ванні підтримують у межах 1123...1173 К. Оброблювані деталі у сталених корзинах або ковшах занурюють у ванну і видержують там протягом 0,5...3 год. Залежно від тривалості цементації можна досягти глибини дифузії 0,2...0,5 мм при твердості HRC_e 56...68. Термічна обробка сталі після цементації звичайно полягає в подвійному загартуванні і відпуску. Перше загартування ведуть при температурі 1173 К, друге — при 1023 К. Після загартування деталі відпускають при температурі 423...473 К і на цьому термічну обробку закінчують.

Ціанування — насичення поверхневого шару сталі вуглецем і азотом для підвищення механічних властивостей та стійкості проти спрацювання. В результаті ціанування поверхневий шар сталених виробів одночасно містить і вуглець (0,4...0,8 %) і азот (0,5...0,8 %). Твердість такого шару після загартування дуже висока — HRC_e 50...62. Сам процес полягає у нагріванні сталених деталей до 1023...1123 К і тривалому прогріванні їх при цій температурі у середовищах, що містять активні вуглець і азот. При рідинному ціануванні застосовують ціаністий натрій або ціаністий калій, двовуглекислу соду і кухонну сіль. При газовому ціануванні як відповідне середовище використовують суміш науглецьовувального газу (70...80 %) та аміаку (30...20 %).

Залежно від температури та складу рідини ванн розрізняють низькотемпературне (827...873 К), середньотемпературне (1073...1133 К) і високотемпературне (1173...1233 К) ціанування. Найбільшої глибини (0,5...2,0 мм) дифузії вуглецю та азоту досягають при високотемпературному ціануванні (1...10 год). Залежно від тривалості процесу τ глибина шару h , насиченого вуглецем та азотом, в результаті ціанування може досягти таких значень:

τ , год	1...2	1,5...3	2...4	3...5	4...6,5	5...8	6...9	7...10
h , мм	0,4...0,7	0,6...0,9	0,8...1,2	1,0...1,1	1,2...1,6	1,4...1,8	1,5...1,9	1,6...2,0

Азотування — насичення поверхневого шару сталі азотом для підвищення його твердості і стійкості проти спрацювання. Воно полягає в нагріванні деталей до 773...923 К і тривалому (3...90 год) прогріванні

їх при цій температурі в атмосфері аміаку. Насичений азотом шар досягає глибини 0,01...0,8 мм.

Азотуванню піддають деталі, попередньо термічно оброблені, тобто загартовані і відпущені, причому температура відпуску має бути трохи вищою від температури азотування. Азотовані деталі набувають високої твердості, яка зберігається при нагріванні до температури 873...923 К, високої стійкості проти спрацювання, а також опірності корозії.

Алітування — насичення поверхневого шару сталльної деталі алюмінієм для підвищення окислостійкості сталі до 1073...1173 К. Розрізняють тверде алітування (тривалість 3...12 год для утворення шару 0,2...0,5 мм), рідинне (тривалість 45...90 хв, щоб мати шар 0,4...0,45 мм) і газове (2...3 год для шару 0,4...0,45 мм).

Для твердого алітування використовують порошки фероалюмінію. Іноді до суміші додають 50...60 % глинозему, шамоту, кварцового піску. Для рідинного алітування застосовують розплавлений алюміній, що містить 6...8 % заліза. Газове алітування проводять у парі $AlCl_3$ в суміші з іншими газами. Процес алітування відбувається при температурі 1223...1273 К (рідинне алітування — при 1023...1073 К).

Хромування — поверхневе насичення деталей хромом для підвищення корозійної стійкості, окислостійкості, а в разі хромування високовуглецевих сталей — твердості і стійкості проти спрацювання.

Для твердого хромування застосовують порошки, що містять 40...60 % ферохрому, до якого додають магнезит, шамот або каолін (для газового хромування — пару $CrCl$ та $CrCl_2$, а для рідкого — $BaCl_2$, $CaCl_2$ чи $MgCl_2$, до якого додають 15...30 % $CrCl_2$ або ферохром).

Щоб мати шар 0,05...0,15 мм, хромування ведуть у твердих порошках при температурі 1373 К протягом 6...12 год. Газове хромування триває 3...5 год, щоб мати шар 0,05...0,1 мм. Рідинне хромування триває 10...15 хв для утворення шару 0,01...0,03 мм. Процес хромування відбувається при температурі 1223...1423 К.

Хромування застосовують, щоб підвищити стійкість проти спрацювання, твердість та корозійну стійкість інструментів, елементів штамів, прес-форм, матриць, пуансонів та багатьох інших деталей.

Електролітичне хромування здійснюють в електроліті різного складу за відповідними режимами.

Товщина покриття становить 80...100 мкм для вимірювальних інструментів, 40...100 мкм для матриць та пуансонів, 2...20 мкм для різних калібрів.

Силіціювання — поверхневе насичення сталі кремнієм для підвищення антикорозійних властивостей, окислостійкості та стійкості проти спрацювання. Для силіціювання у твердих порошках застосовують феросиліцій, карбід кремнію або їхні суміші з добавкою 2...5 % NH_4Cl . Для газового силіціювання використовують ту саму суміш, але крізь неї пропускають хлор для утворення $SiCl_4$. Силіціювання у твердих по-

рошках триває 2...24 год для утворення шару 0,02...0,8 мм (1423 К). Газове силіціювання триває 2...5 год для утворення шару 0,3...0,9 мм (1253 К).

Борування — поверхнєве насичення бором для підвищення твердості, стійкості проти спрацювання і корозійної стійкості. Розрізняють два види борування: під час електролізу розплавленої бури (деталь править за катод, густина струму — 0,1...0,2 А/см²) і рідинне (78 % BaCl₂ + 22 % NaCl, до яких додають 10 % карбїду бору або 20 % феробору; 60 % бури + 40 % карбїду бору). Борування під час електролізу триває 1...6 год, рідинне борування — 1...3 год для утворення шару 0,15...0,25 мм. Процес борування відбувається при температурі 1173...1375 К.

Сульфїдування (сірконасичення) — насичення поверхні сталєних та чавунних деталей сіркою та азотом, щоб зменшити сили тертя в разі роботи без змащування, запобїгти утворенню задирів та заїдань, а також підвищити стійкість проти стирання. Процес відбувається в розплавлених солях. Склад нейтральної частини ванни: 45 % KCl = 55 % Na₂SO₄, склад активної частини: 2 % NaCNS + 6 % Na₂SO₄; 80 % K₄Fe(CH)₈ + 20 % NaOH + 10 % Na₂SO₃. Тривалість сірконасичення при температурі 833...853 К — 0,5...3 год для утворення шару 0,05...0,3 мм.

Нїтроцементація — насичення поверхневого шару азотом і вуглецем. Суть способу полягає в тому, що газову суміш (8...10 % пропану, 85...88 % повітря і 3...5 % амїаку) подають у робочу реторту печі, заповнену дрібнодисперсними частинками каталїзатора (порошку активного окису алюмінію з частинками діаметром 0,2...0,8 мм, просоченого азотнокислим нїкелем) з швидкістю 0,2...0,5 м/с для псевдозрїдження частинок каталїзатора. Температуру в печі підтримують у межах 1143...1153 К. Амїак, що міститься в суміші, запобігає виділенню сажі в робочому просторі і насичує дифузійний шар азотом (0,05...0,1 %). Концентрацію вуглецю на поверхні дифузійного шару регулюють у межах 0,9...1 %, змінюючи вміст пропану в суміші. У просторі над киплячим шаром до псевдозрїдженого газу додають контрольовану порцію свїжого амїаку. Відновлювані деталі занурюють у киплячий шар, виймають і видержують, після чого загартовують, попередньо в разі потреби охолодивши їх.

Нїтроцементація дає можливість утворити глибокі дифузійні шари з оптимальним поверхневим вмістом у них вуглецю та азоту при короткочасній видержці деталей у печі.

Нїкелювання — технологїчний процес, загалом подібний до хромування й остальювання. Для твердого нїкелювання при високих густинах струму можна користуватись електролітом такого складу, г/л: сірчано-кислий нїкель — 167...238; сірчано-кислий магній — 10...20; мурашина кислота — 60...80. Густина струму при нїкелюванні — 100...135 А/дм², температура електроліту — 293...373 К.

Добавляння до складу електроліту сполук фосфору сприяє утворенню в структурі покриттів фосфітів нікелю, що підвищує їхню твердість. Хімічне нікелювання ґрунтується на здатності солей фосфорноватистої кислоти відновлювати солі нікелю. Цей процес дає можливість наносити стійкі проти спрацювання і захисні покриття рівномірної товщини на деталі будь-якої конфігурації, виготовлені як з металів, так і з неметалів.

У результаті хіміко-термічного поверхневого зміцнення деталі утворюється дифузійний шар. Зміна структури і властивостей цього шару зумовлюється зміною його хімічного складу. Під дифузійним шаром

Таблиця 54.3

Марка сталі	Температура, К		
	нормалізації	загартування	відпал
08	1193...1223	—	1193
Ст1, Ст2, Ст3 сталі 10 та 15	1143...1158	—	1173
Ст4, сталі 20 та 25	1103...1128	1253	1253
Ст5, сталі 30 та 35	1073...1093		1113...1133
Ст7, сталі 50, 55, 60 та 65, У7	1043...1058	1053	1053
Ст6, сталі 40 та 45	1053...1073	1073...1093	1073...1093
У8, У9	1103...1128	1033	1033
У10	1173...1203	1033	1033
У12	1193...1223	1033	1033

лежить матеріал деталі, який зазнав дії активного зовнішнього середовища (так звана серцевина).

Зону дифузійного шару з однаковими дифузійними ознаками називають структурною зоною дифузійного шару.

Термічну обробку можна вести при додатних і від'ємних температурах. Основні способи термообробки при додатних температурах: відпал, нормалізація, загартування та відпуск. Температура операцій залежить від марки сталі (табл. 54.3).

Відпал — вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до певної температури, а потім повільно охолоджують, щоб позбутися внутрішніх напружень, знизити твердість і збільшити в'язкість металу. Температура нагрівання сталі для відпалу залежить від вмісту в ній вуглецю.

Швидкість охолодження середньовуглецевих сталей під час відпалу становить 200...300 град/год. Спеціальні сталі охолоджують ще повільніше.

Нормалізація — вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до червоного жару з подальшим охолодженням на повітрі для зняття внутрішніх напружень і утворення дрібнозернистої структури. Її широко застосовують замість відпалу для мало- та середньовуглецевих

сталей. Для нормалізації сталь нагрівають на 20...25° вище, ніж для відпалу.

Загартування — вид термічної обробки, при якій деталь нагрівають до певної температури, а потім швидко охолоджують у воді, маслі або якійсь іншій речовині. Гартувальні властивості рідини (твердість за Брінеллем) такі (твердість сталі до гартування НВ 202): кипляча вода — до НВ 215; розплавлений свинець при 593 К — НВ 251; нафта — НВ 250; мильна вода — НВ 600; вода при температурі 293 К, насичена сіллю, — НВ 625; вода при температурі 293 К, насичена содою, — НВ 650.

Поверхнєве загартування з нагрівом СВЧ ґрунтується на використанні явищ індукції і поверхнєвого ефекту.

Залежність глибини проникнення струму від його частоти і температури нагріву вуглецевої сталі наведено в табл. 54.4.

Чавунні і сталеві деталі для підвищення міцності і стійкості проти спрацювання загартовують з подальшим відпуском.

Відпуск — термічна обробка, при якій загартовану деталь нагрівають до температури 373...973 К, а потім охолоджують, щоб зняти напруження і зменшити ламкість, яких метал набув у процесі загартування.

Кріогенну обробку (глибоке охолодження) застосовують, щоб зменшити в структурі загартованої сталі кількості м'якого залишкового аустеніту, який знижує твердість і міцність. Цей вид обробки доцільно застосовувати для контрольно-вимірювальних інструментів, прес-форм, штампів, напрямних та інших деталей, виготовлених з високовуглецевих, високолегованих та швидкоріжучих сталей для підвищення їхніх міцнісних властивостей.

З табл. 54.5 видно, що із збільшенням у сталі вмісту вуглецю та легуючих елементів підвищується температура загартування і знижується температура початку M_n і кінця M_k мартенситного перетворення.

Перетворення залишкового аустеніту в мартенсит відбувається в певному інтервалі температури, що залежить від типу сталі. Так, для вуглецевої сталі температура початку і кінця мартенситного перетворення становить відповідно від 350 до 200 °С при вмісті вуглецю до 0,3 мг% і від 180 до 140 °С, коли вміст вуглецю становить 0,3...1,17 мг%.

Із зменшенням швидкості охолодження в інтервалі температур мартенситного перетворення кількість залишкового аустеніту збільшується.

Таблиця 54.4

Частота струму f , Гц	Глибина проникнення в сталь h , мм	
	холодну	нагріту до 1073 К
10	0,002	0,065
10	0,02	0,65
10	0,07	2,1
10	0,2	6,5
2...10	0,5	14,5
0,5...10	2,4	91,4

Режим термообробки сталі із застосуванням кріотемператур добирають з урахуванням типу сталі (рис. 54.10).

Основними операціями під час кріогенної обробки є: очищення й сушіння, безпосередня кріогенна обробка, контроль розмірів термооброблюваних деталей, доведення розмірів шліфуванням і т. д.

Лазерне зміцнення ґрунтується на використанні поверхневого розігріву лазерним пучком до температур, які перевищують температуру фазових перетворень, і подальшого охолодження.

Таблиця 54.5

Марка сталі	Мартенситні точки, °С		Кількість аустеніту, %		Приріст твердості після обробки, HRC _e
	M_{Π}	M_{κ}	до обробки	після обробки	
У7	300...250	-50	3...5	1,0	0,5
У8	250...225	-55	4...8	1...6	1,0
У9	225...210	-55	5...12	3...10	1...1,5
У10	210...175	-60	6...18	4...12	1,5...3
У12	175...160	-70	10...20	5...14	3...4
9ХС	210...185	-60	6...17	4...17	1,5...2,5
Х	180...145	-90	9...28	4...17	3...6
ХВГ	155...120	-110	13...45	2...17	5...10

Лазерне зміцнення має ряд істотних переваг порівняно з іншими методами термічної та хіміко-термічної обробки: локальність, відсутність деформацій (відсутня подальша механічна обробка), можливість зміцнення важкодоступних місць. У ремонтному виробництві його застосовують як найефективніший метод підвищення ресурсу роботоздатності складальних одиниць і агрегатів автомобілів та тракторів. Наприклад,

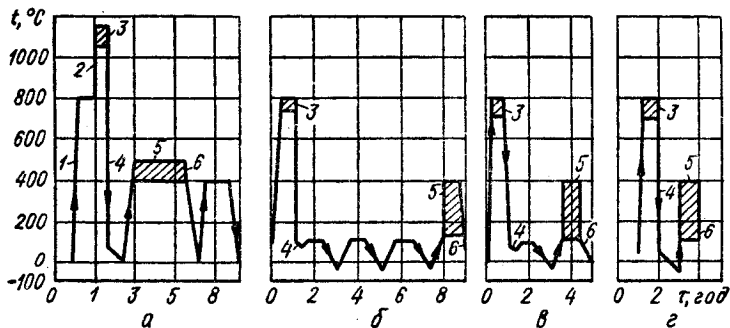


Рис. 54.10. Графіки режимів термообробки сталей із застосуванням кріотемператур:

а — швидкокорізальних; б — шарикопідшипникових; в — легколегованих цементованих; г — інструментальних; 1 — попереднє нагрівання; 2 — загартування в маслі; 3 — інтервал температури загартування; 4 — обробка при кріотемпературах; 5 — інтервал температури відпуску; 6 — охолодження

доцільно використати лазери для зміцнення отвору напрямної втулки клапана, сідла клапана, кулачків розподільного вала, канавок поршневих кілець, корпусу картера рульового керування. Для лазерного зміцнення коробок диференціала заднього моста автомобілів використовують газовий лазер (на вуглекислому газі) безперервної дії потужністю до 1 кВт, який працює на багатогодовому режимі. Довжина хвилі регенерованого світла — 10,6 мкм (невидиме інфрачервоне).

В результаті зміцнення деталей з легованих сталей у структурі може утворитись залишковий аустеніт.

Мікроструктура чавуну в зоні дії лазерного випромінювання являє собою подрібнений деформований ферит. Крім того, під час охолодження розплаву, що утворився в місцях контакту ферит — графіт, виникають ділянки аустенітно-феритної суміші.

Оптимального режиму обробки досягають, коли густина потужності лазерного випромінювання становить $(7...8,5) \cdot 10^3$ Вт/см².

Плазмове зміцнення (іонно-плазмове обробка) полягає в загартуванні з використанням плазмового нагрівання або в утворенні зміцнювального покриття іонно-плазмовим способом.

Зміцнювальне покриття можна утворити методом осадження з газової фази при термічному випаровуванні або ж способом катодно-іонного бомбардування при наявності реакційних газів, в основному азоту чи вуглеводню.

Покриття, утворені іонно-плазмовим методом, складаються з нітридних або карбідних сполук тугоплавких металів (в основному карбиду титану або ж нітриду титану). Покриття з оксиду алюмінію, нанесене на шар карбідних сполук, підвищує стійкість проти спрацювання всієї деталі.

Електроерозійне зміцнення, так само як і електроерозійна обробка, ґрунтується на використанні теплової дії електроімпульсів, що подаються у проміжний простір між електродом, який править за інструмент, і оброблюваною деталлю. В результаті змінюються структура і якість поверхневого шару.

Основні різновиди зміцнювальної електроерозійної обробки такі: електроімпульсна, електроіскрова та електроконтактна.

Електроімпульсне зміцнювання ґрунтується на застосуванні імпульсів електричних розрядів, які виробляє спеціальний генератор. При цьому анодом є інструмент, а катодом оброблювана заготовка. Зміцнювальний шар або ж покриття на поверхні деталі утворюються у повітряному середовищі.

Електроконтактне зміцнення передбачає контактне приварювання до поверхні деталі матеріалів у вигляді стрічки з використанням електроконтактного нагрівання.

Електроіскрове зміцнення полягає в тому, що під час іскрового розряду між електродом (анодом) і виробом (катодом) може відбуватись легування поверхневого шару. Дисоційований азот і вуглець повітря

вступають у хімічну реакцію з легуючим матеріалом і матеріалом деталі. На поверхні деталі утворюється стійкий проти спрацювання шар металу, який має в своєму складі зміцнювальні сполуки карбідів, нітрідів та карбонітрідів.

Зміцнення пластичним деформуванням провадиться без використання тепла за рахунок механічної обробки. До числа технологічних процесів обробки деталей холодним пластичним деформуванням належить механічний спосіб зміцнення, який включає описані вище методи вигладжування алмазним інструментом та тврдосплавними гладилками.

Зміцнювати деталі пластичним деформуванням можна з допомогою дробоструминної обробки, вибуху, вібрації, а також електромеханічної обробки.

Дробоструминну обробку виконують струминою сталюого або чавунного дробу в спеціальних дробометальних апаратах (камерах). Зміцнення відбувається в результаті наклепування, тобто зміни структури і властивостей металу на його поверхні. При цьому його втомленісна твердість підвищується.

Обробка вибухом — зміцнення ударною хвилею, що виникає в результаті вибуху контактного заряду вибухівки або швидкісного співудару. Цей спосіб застосовують для збільшення стійкості проти спрацювання зуб'їв ковшів екскаваторів, щік та молотків дробарок, осердь залізничних хрестовин.

Обробка вібрацією (вібраційно-зміцнювальна обробка), або карбування, виконується роликами, кульками або деформуючими бойками. Суть процесу полягає в тому, що зміцнення відбувається в результаті багатократного співударяння робочих частинок з деталлю. Застосовується для підвищення стійкості проти спрацювання і втомленісної міцності.

Електромеханічне зміцнення — це поєднання термічного і силового впливу на поверхневий шар зміцнюваної деталі. Суть процесу полягає в тому, що під час обробки через місце контакту інструмента і деталі пропускають струм великої сили і низької напруги, внаслідок чого гребінці мікронерівностей сильно нагріваються і під тиском інструмента деформуються і згладжуються. Поверхневий шар зміцнюється. Інструментом може бути або нерухомо закріплена пластина, що має тороїдальну робочу поверхню або ролик, вісь обертання якого лежить в одній площині з віссю обертання оброблюваної заготовки. Щоб запобігти виникненню хвилястості на оброблюваній поверхні, застосовують деформуючий ролик, який дає краплеподібний відбиток.

Зміцнення поверхні осталоуванням застосовують, щоб зменшити стирання деяких деталей. Процес зміцнення осталоуванням (залізненням) полягає в електrolітичному покритті поверхні деталі залізом.

У зміцненні осталоеної поверхні, так само як і чавунної, перевага залишається за обертовим роликовим інструментом із сплаву Т15К6

діаметром 40 мм і радіусом профілю 7 мм: Режими електромеханічного зміцнення деталей, відновлених осталоюванням: $I = 650 \dots 850$ А; $v = 12 \dots 20$ м/хв; $P = 600 \dots 700$ Н; $s = 0,195 \dots 0,390$ мм/об; $n = 1$ або 2 проходи. Щоб мати більший ефект, глибина зміцнення має бути більша за товщину покриття. В ряді випадків осталоювання знижує втомленісну міцність до 50 %, в результаті ж ЕМО вона підвищується до 60 %, що для сталі 45 перевищує її вихідне значення на 14 %.

Стійкість проти спрацювання зміцнених зразків, які працюють з мастилом, підвищується в 1,4...1,6 раза порівняно з осталеними зразками, обробленими шліфуванням, а в разі тертя без мастила стійкість проти спрацювання підвищується в 1,5...1,8 раза.

Заїдання тертьової пари після зміцнення настає при питомому навантаженні 128 МПа, а незміцненої — при навантаженні 57 МПа. Це має особливе значення для підшипникових вузлів, які працюють при високих швидкостях і тисках, коли збільшується імовірність захоплення тертьових поверхонь. Міцність зчеплення покриття з основним металом у результаті ЕМО підвищується на 15...40 %. Більше значення збільшення міцності буде при глибшому зміцненні.

Контрольні запитання

1. На які групи поділяють способи обробки матеріалів?
2. Що таке ультразвукова обробка?
3. В чому полягає алмазне вигладжування?
4. Що таке нікелювання?
5. На чому ґрунтується лазерне зміцнення?

Вибір раціонального методу відновлення деталей

Вибираючи найраціональніший технологічний процес відновлення деталей, слід ураховувати ряд вихідних даних: розміри, форму і точність виготовлення деталі, її матеріал, термічну обробку, умови роботи, вид і характер дефекту, виробничі можливості ремонтного підприємства та ін.

Вибір технологічного процесу відновлення деталей істотно залежить від виду дефекту і причини його виникнення. Наприклад, наявність забоїни спричинює необхідність її «розганяння», тобто зняття концентрації напружень згладжуванням різких переходів. Розганяння можна зробити обробкою забоїни різанням. Іншим прикладом може бути зашпаровка тріщини в сталій деталі. Тут, як правило, потрібно використовувати зварювання.

Розробляючи технологію відновлення деталей, важливо знати, локальний дефект чи ні, тобто охоплює він лише відносно невеликий об'єм металу деталі чи має загальний характер.

Характерним прикладом є тріщини. Тріщина може з'явитися як наслідок одичного статичного навантаження чи втомленості, що нагромадилася. Якщо тріщина з'явилася внаслідок статичного (крихкого) руйнування металу, то дефект охоплює локальний об'єм металу, тобто ділянку появи тріщини. У даному випадку відновлення можна виконувати зварюванням, підсилюючи пошкоджене місце (накладення посиленого шва, накладки, поверхневий наклеп і т. ін.).

Якщо тріщина з'явилася внаслідок втомленості, то дефект (нагромадження втомленості) охопив, очевидно, великі ділянки металу, і тоді зашпаровка тріщин не приведе до відновлення міцності.

Треба ретельно вивчити умови утворення тріщини. Зокрема, дуже важливо з'ясувати причину її появи; якщо існує гострий концентратор напружень, то можна припустити, що втомленість в основному нагромаджується в близьких до нього ділянках металу. Тоді усуненням концентрації напружень і зашпаровкою тріщини можна відновити міцність конструкції. Якщо гострого концентратора немає, то, очевидно, втомленість нагромаджується на великих ділянках металу. Відновити деталь у цьому випадку можна, лише якщо видалити що ділянку цілком.

Вибираючи оптимальний спосіб відновлення деталей, керуються трьома критеріями: застосовності, довговічності і техніко-економічним.

Критерій застосовності є технологічним критерієм і визначає принципову можливість застосування різних способів відновлення конкретних деталей. При цьому мають бути враховані: умови роботи деталі у вузлі (не можна відновлювати вібро-дуговим наплавленням деталі механізмів керування і деталі, які приймають під час роботи великі питомі й динамічні навантаження; наприклад, колінчасті вали дизельних двигунів, цапфи керованих коліс тощо); величина спрацювання (наприклад, якщо допускають умови експлуатації деталі, то спрацювання 0,1...0,2 мм можна усунути хромуюванням, 1,5...4,0 мм — наплавленням під шаром флюсу і т. ін.); конструктивні особливості; габарити деталі (наприклад, великогабаритні деталі відновлюють руч-

ним електродуговим наплавленням, середні—під шаром флюсу, дрібні (діаметр менше ніж 50 мм)—вібродуговим). Твердість матеріалу, геометричні розміри, допуски їх, точність форми, шорсткість поверхні мають відповідати технічним вимогам на відновлення деталі. Критерій застосовності визначається як функція

$$K_3 = \varphi \left(M_d; \Phi_d; D_d; C_d; H_d; \sum_{i=1}^m T_i \right),$$

де M_d — матеріал деталі; Φ_d — форма поверхні деталі, що відновлюється; D_d — діаметр поверхні деталі, що відновлюється; C_d — спрацювання деталі; H_d — величина й характер навантаження, яке сприймає деталь; $\sum_{i=1}^m T_i$ — сума технологічних особливостей способу, які визначають галузь його раціонального застосування.

За даним критерієм вибирають конкурентні способи для подальшої оцінки їх за допомогою інших критеріїв.

Критерій довговічності визначає робоздатність деталі, що відновлюється. Він виражається через коефіцієнт довговічності, під яким розуміють відношення довговічності відновленої деталі до довговічності нової деталі даного найменування.

Цей коефіцієнт визначається як функція

$$K_d = f_1 (k_c; k_b; k_{3ч}),$$

де k_c — коефіцієнт стійкості проти спрацювання; k_b — коефіцієнт витривалості; $k_{3ч}$ — коефіцієнт зчеплюваності.

Числові значення коефіцієнтів стійкості проти спрацювання і витривалості можуть визначитися на основі стендових та експлуатаційних порівняльних випробувань нових деталей і відновлених деталей чи відповідних їм зразків на спеціальних приладах або стандартних машинах (машинах тертя, машинах для випробування на втомленість).

Значення коефіцієнта зчеплюваності можна визначити за такою залежністю:

$$k_{3ч} = i_d / i_e,$$

де i_d — дослідне для даної деталі значення міцності зчеплення нарощеного шару з основним металом, МПа; i_e — еталонні значення зчеплення, МПа.

Як еталонні можна взяти такі значення міцності зчеплення: для зовнішніх сталевих поверхонь, які сприймають значні ударні чи знакозмінні навантаження, — 500 МПа; для зовнішніх чи внутрішніх сталевих поверхонь, які не сприймають значних ударних чи знакозмінних навантажень під час роботи спряження в умовах значного змащування, — 40 МПа.

Дослідне значення міцності зчеплення нарощеного шару з основним металом визначають методом відриву штифта (переважно конічної форми) від покриття.

Виходячи із специфіки розглянутого параметра, треба мати на увазі, що значення коефіцієнта зчеплюваності не можуть бути вищими від одиниці; навпаки, числові значення коефіцієнтів k_c й k_b можуть бути більшими за одиницю через те, що застосовують спеціальні покриття та операції для зміцнення, можна забезпечити вищі значення стійкості проти спрацювання поверхонь та витривалості на втомленість відновлених деталей, ніж нових.

Коефіцієнт довговічності тільки у загальному випадку є функцією трьох аргументів; стосовно до конкретних деталей він може бути функцією тільки двох або одного з них. Наприклад, для деталей, які не мають в процесі експлуатації зруйнувань від втомленості, немає потреби обчислювати значення коефіцієнта витривалості k_b ; немає також змісту поняття коефіцієнта зчеплюваності $k_{3ч}$ відносно способів, не пов'язаних з нарощуванням металу (механічна обробка, пластичне деформування та ін.); у деяких випадках міцність зчеплення нарощеного шару з основним металом настіль-

ки надійна (наприклад, при механізованому наплавленні під флюсом), що можна априорно брати значення $k_{3ч}$ таким, що дорівнює одиниці.

У більшості випадків параметри, що характеризують стійкість проти спрацювання і зчеплюваність нарощеного шару та витривалість на втомленість відновленої деталі, не мають явного зв'язку один з одним. Разом з цим треба враховувати, що вичерпання ресурсу за яким-небудь параметром, який характеризується одним із розглянутих коефіцієнтів довговічності, дорівнює значенню того з коефіцієнтів (аргументів), котрий має мінімальну величину; при цьому, якщо коефіцієнт зчеплюваності $k_{3ч} = 1$, а інші коефіцієнти мають ще більше значення, то $k_{3ч}$ до уваги брати не треба.

Орієнтовні значення коефіцієнтів довговічності за різних способів відновлення деталей наведено в табл. 1.

Через те що ресурс відновленої деталі повинен забезпечувати нормативний пробіг агрегату, в конструкцію якого входить ця деталь (не менш як 80 % норми для нових автомобілей та агрегатів), числові значення коефіцієнта довговічності деталі не мають бути нижчими ніж 0,8.

Техніко-економічний критерій є функцією двох аргументів:

$$k_{т.е} = f_2(k_{пр}; e),$$

де $k_{пр}$ — коефіцієнт продуктивності способу; e — показник економічності способу.

Економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу відновлення деталі визначають за формулою

$$e = [C_{п(0)}^B - C_{п(i)}^B - E_n(k_i - k_0)] N_B,$$

де $C_{п(0)}^B$ — повна собівартість відновлення за базовим варіантом технологічного процесу; $C_{п(i)}^B$ — повна собівартість відновлення за i -м (впроваджуваним) технологічним процесом; E_n — нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($E_n = 0,15$); k_i, k_0 — капіталовкладення відповідно за впровадженим та базовим технологічними процесами (затрати на обладнання, інструмент, його проектування, виготовлення, монтаж на місці тощо); N_B — програма відновлення деталей.

Термін окупності від впровадження нової технології

$$\tau_{ок} = \frac{\Delta k}{(C_{п(0)}^B - C_{п(i)}^B) N_B},$$

де $\Delta k = k_i - k_0$ — додаткові капіталовкладення.

Додаток 2

Класифікація видів технологічних процесів відновлення

Технологічним процесом відновлення деталі називається частина виробничого процесу, яка містить цілеспрямовані дії для послідовної якісної зміни стану відновлюваної деталі. Є три види технологічних процесів: одиничний, типовий і груповий.

Одиничний технологічний процес розробляється для відновлення виробів одного найменування та типорозміру незалежно від типу виробництва.

Типовий технологічний процес характеризується єдністю змісту і послідовністю більшості технологічних операцій і переходів для відновлюваних деталей, які мають загальні конструктивні й технологічні ознаки.

Груповий технологічний процес призначений для спільного відновлення групи виробів з різними конструктивними, але загальними технологічними ознаками в конкретних умовах виробництва. Основою розробки групових технологічних процесів є розбивка відновлюваних деталей на класи. За пропозицією М. А. Масино запро-

Номер класу	Клас деталей	Найменування деталей
I	Корпусні деталі	Блок циліндрів, картер зчеплення, картер коробки передач, картер ведучого моста, картер головної передачі, головка блока циліндрів, кришка розподільних шестерень, блок компресора, картер рульового механізму, корпус масляного насоса, корпус водяного насоса, верхня кришка коробки передач, корпус насоса гідропідсилювача руля, корпус масляного фільтра, кронштейн педалей, кронштейн ресори, кронштейн передньої підвіски, корпус вентилятора, кришка масляного насоса
II	Круглі стержні	Колінчастий вал, розподільний вал, шкворень, поворотний кулак, гальмівний вал, карданний вал, вилка карданного вала, вал рульової сошки, ведений вал коробки передач, вісь блока шестерень заднього ходу, поршневий палець, хрестовина кардана, хрестовина диференціала, піввісь, кожух півосі, клапан двигуна, вал насоса гідропідсилювача рульового управління
III	Порожнисті циліндри	Гільза циліндра, маточина колеса, чашка диференціала, картер підшипників ведучої шестірні головної передачі, кришка підшипника ведучого вала коробки передач, фланці валів, коробки передач і заднього моста, гальмівний циліндр, маточина веденого диска зчеплення, муфта підшипника вимикання зчеплення
IV	Диски	Маховик, гальмівний барабан, натискний диск зчеплення, ведений диск колеса
V	Некруглі стержні	Шатун, балка передньої осі, лонжерон, поперечка рами, вилка вимикання зчеплення, гальмівна колодка, педалі вимикання зчеплення й гальма, впускний і випускний трубопроводи, коромисло клапана, вилка перемикавання передач, важіль перемикавання передач, важіль натискного диска зачеплення

зв'язано п'ять класів деталей, що відновлюються: корпусні деталі, круглі стержні, порожнисті циліндри, диски та некруглі стержні.

Корпусні деталі виготовляють в основному з чавуну або алюмінієвих сплавів (блоки, картери, головки, кришки, корпуси, кронштейни). Найпоширеніші дефекти цих деталей: спрацювання внутрішніх поверхонь під вкладиші, гільзи і підшипники кочення; відхилення правильності взаємного положення посадочних поверхонь; тріщини і відколи; пошкодження нарізки.

Деталі класу «круглі стержні» характеризуються циліндричною формою, при цьому довжина їх значно перевищує діаметр. Матеріалом для цих деталей найчастіше є вуглецеві або високоякісні леговані сталі, а також високоміцний чавун. Робочі поверхні часто піддають термічній або хіміко-термічній обробці. До цього класу деталей належать колінчасті та розподільні вали; гладкі, ступінчасті й шліцьові вали; вали з фасонними поверхнями; порожнисті вали; хрестовини. Найпоширеніші дефекти цих деталей: спрацювання робочих поверхонь, деформація, пошкодження різьби, шпонкових канавок та ін.

Конструкція деталей класу «порожністі циліндри» — це кілька концентрично розміщених порожнистих циліндрів. Матеріалом для виготовлення цих деталей є модифікований ковкий, спеціальний чавун або вуглецеві сталі. До деталей цього класу належать гільзи циліндрів, чашки диференціалу, маточини коліс, фланці, муфти тощо. Основним дефектом є спрацювання внутрішніх циліндричних робочих поверхонь.

Диски характеризуються короткими циліндричними поверхнями при значному діаметрі. Виготовляють диски з модифікованого чавуну або листової сталі. До цього класу деталей належать різноманітні диски, маховики, гальмівні барабани. Характерні дефекти — спрацювання торцевих або внутрішніх циліндричних поверхонь, деформація.

До деталей класу «некруглі стержні» належать прямі й криві стержні, поперечний переріз яких не має круглої форми, довжина більш як у 2 рази перевищує розміри поперечного перерізу. Перелік деталей цього класу і матеріал, з якого вони виготовлені, дуже різноманітні. Характерними дефектами є деформації, тріщини, обломи, спрацювання робочих поверхонь та ін.

Перелік автомобільних деталей різних класів наведено в табл. 2.

Залежно від ступеня деталізації технологічні процеси поділяються на маршрутний, операційний, маршрутно-операційний.

Маршрутний технологічний процес здійснюють за документацією, в якій дається тільки зміст операції без зазначення переходів і режимів обробки.

Операційний технологічний процес виконують за документацією, в якій зміст операцій викладається із зазначенням переходів і режимів обробки.

Маршрутно-операційний технологічний процес виконують за документацією, в якій зміст окремих операцій викладається без зазначення переходів і режимів обробки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Авдеев М. В., Волозик Е. Л., Ульман И. С.* Технология ремонта машин и оборудования.— М. : Агропромиздат, 1986.— 247 с.
2. *Балабанов А. М., Канарчук В. Е.* Справочник технологии мелкосерийных и ремонтных производств.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1983.— 256 с.
3. *Берлянд А. С., Евдокимов В. И., Соловьев О. И.* Технический контроль на авторемонтном предприятии.— М. : Транспорт, 1979.— 156 с.
4. *Булей И. А., Иващенко Н. И., Мельников В. Д.* Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1981.— 416 с.
5. *Воловик Е. Л.* Справочник по восстановлению деталей.— М. : Колос, 1981.— 351 с.
6. *Воробьев В. С.* Технология машиностроения и ремонт машин.— М. : Высш. шк., 1981.— 344 с.
7. *Денкер П. П.* Технология окраски изделия в машиностроении.— М. : Высш. шк., 1984.— 287 с.
8. *Дюмин И. Е., Каквуевский В. А., Силкин А. С.* Современные методы организации и технологии ремонта автомобилей.— К. : Техника, 1974.— 519 с.
9. *Иващенко Н. И.* Технология ремонта автомобилей.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1977.— 360 с.
10. *Козлов Ю. С.* Очистка автомобилей при ремонте.— М. : Транспорт, 1981.— 151 с.
11. *Колесник П. А., Шейнин В. А.* Техническое обслуживание и ремонт автомобилей.— М. : Транспорт, 1985.— 325 с.
12. *Колясинский З. С., Сархощьян Г. Н., Лисковец А. М.* Механизация и автоматизация авторемонтного производства.— М. : Транспорт, 1982.— 160 с.
13. *Корсаков В. С.* Автоматизация производственных процессов.— М. : Высш. шк., 1978.— 29 с.
14. *Корсаков В. С.* Основы конструирования приспособлений.— М. : Машиностроение, 1983.— 278 с.
15. *Костецкий Б. И.* Трение, смазка и износ в машинах.— К. : Техника, 1970.— 395 с.
16. *Крагельский П. В.* Трение и износ.— М. : Машиностроение, 1968.— 375 с.
17. *Лавринович М. Ф., Шустерняк М. М.* Повышение износостойкости деталей автомобилей.— Минск : Беларусь, 1985.— 142 с.
18. *Лудченко А. А., Сова И. П.* Техническое обслуживание и ремонт автомобилей.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1983.— 384 с.
19. *Масино М. А., Алексеев В. Н., Мотовилин Г. В.* Автомобильные материалы.— М. : Транспорт, 1979.— 169 с.
20. *Масино М. А.* Организация восстановления автомобильных деталей.— М. : Транспорт, 1981.— 176 с.

21. *Маслов Н. Н.* Эффективность и качество ремонта автомобилей.— М. : Транспорт, 1981.— 304 с.
22. *Михлин В. М.* Управление надежностью сельскохозяйственной техники.— М. : Колос, 1984.— 218 с.
23. *Проников А. С.* Надежность машин.— М. : Машиностроение, 1978.— 592 с.
24. *Робертсон А.* Управление качеством.— М. : Прогресс, 1974.— 253 с.
25. *Руденко П. А.* Проектирование технологических процессов в машиностроении.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1985.— 255 с.
26. *Суслов В. П., Суслов В. В.* Управление качеством ремонта сельскохозяйственных машин.— Минск : Ураджай, 1981.— 187 с.
27. *Суханов Б. Н., Борзых И. О., Бедарев Ю. Ф.* Техническое обслуживание и ремонт автомобилей.— М. : Транспорт, 1985.— 224 с.
28. *Чабаный В. Я., Власенко Н. В., Тимченко В. Н.* Технология производства и ремонт дорожно-строительных машин.— К. : Вища шк. Головное изд-во, 1985.— 263 с.
29. *Шадричев А. В.* Основы технологии автостроения и ремонт автомобилей.— Л. : Машиностроение, 1976.— 500 с.
30. *Шелобский Б. В., Ткаченко В. Г.* Техническая эксплуатация дорожных машин. Справочник инженера-механика.— М. : Транспорт, 1986.— 296 с.
31. *Шумик С. В.* Основы технической эксплуатации автомобилей.— Минск : Вышэйш. шк., 1981.— 286 с.

Передмова	3
Розділ V. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ МАШИН	5
<i>Глава 38. Зміна технічного стану машин в процесі експлуатації</i>	5
38.1. Предмет «Технологія ремонту машин»	5
38.2. Причини зміни технічного стану	6
38.3. Спрацювання матеріалів	10
38.4. Класифікація видів спрацювання і пошкоджуваності під час тертя	20
38.5. Вплив мікро- та макроструктури матеріалу деталей на їхні фізико-механічні та експлуатаційні властивості	29
38.6. Шкідливі процеси, що спричиняють несправності машин	45
<i>Глава 39. Технологічна підготовка ремонтного виробництва</i>	52
39.1. Види виробів	52
39.2. Виробничий і технологічний процеси	54
39.3. Типи виробництва та їхні особливості	57
<i>Глава 40. Основи технології капітального ремонту автотранспортної техніки</i>	61
40.1. Система ремонту машин	61
40.2. Технологічний процес капітального ремонту	64
40.3. Класифікація ремонтних підприємств	68
40.4. Організація робочих місць	72
40.5. Технічний контроль на ремонтному підприємстві	73
<i>Глава 41. Проектування технологічних процесів</i>	81
41.1. Класифікація технологічних процесів обробки деталей	81
41.2. Вихідні дані для проектування технологічних процесів	82
41.3. Етапи і завдання розробки технологічних процесів	83
41.4. Особливості проектування технологічних процесів обробки на верстатах з програмним керуванням. Основи проектування технологічних процесів обробки із застосуванням ЕОМ	93
41.5. Технічне нормування операцій	96
41.6. Технологічна документація	98
<i>Глава 42. Проектування механічної обробки</i>	101
42.1. Аналіз технологічності конструкції деталі	101

42.2.	Вибір устаткування, інструменту та засобів контролю	102
42.3.	Припуски механічної обробки	119
42.4.	Режими різання	123
42.5.	Нормування механічної обробки	130
42.6.	Основи проектування технологічного оснащення	134
42.6.1.	Призначення технологічного оснащення і його класифікація	134
42.6.2.	Елементи пристроїв	137
42.6.3.	Верстатні пристрої	147
42.6.4.	Складальні пристрої	154
42.6.5.	Контрольні пристрої	159
42.6.6.	Автоматизація проектування пристроїв	160
42.7.	Робототехніка в ремонтному виробництві	166
42.7.1.	Сучасний стан питання	166
42.7.2.	Основні поняття і завдання робототехніки	169
42.7.3.	Основні означення	173
42.7.4.	Принципи побудови переналагоджуваних робототехнічних систем	176
42.7.5.	Структура роботизованого виробництва	180
42.7.6.	Ієрархія взаємодії людини з роботом	183
Глава 43.	Проектування технологічних процесів складання	187
43.1.	Поняття про складання і точність складальних робіт	187
43.2.	Характеристики складальних операцій	194
43.3.	Технологічні методи складання	196
43.4.	Нормування складальних операцій	199
43.5.	Проектування складальних операцій	200
43.6.	Удосконалення методів формування складальних з'єднань	201
Розділ VI.	ТЕХНОЛОГІЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ	216
Глава 44.	Приймання автомобілів та дорожньої техніки в ремонт і випуск їх з ремонту	216
44.1.	Порядок приймання і випуску машин	216
44.2.	Вхідний контроль ремонтного фонду	219
44.3.	Технічна діагностика під час ремонту	224
44.4.	Ремонтпридатність	225
Глава 45.	Технологія розбірно-очисних процесів	232
45.1.	Організація розбірно-мийних робіт	232
45.2.	Технологічний процес розбирання	235
45.3.	Механізація розбірних і мийно-очисних процесів	238
45.4.	Охорона праці	263
Глава 46.	Технологія дефектації	265
46.1.	Дефектація і сортування деталей	265
46.2.	Характерні дефекти деталей	267
46.3.	Технічні умови на дефектацію деталей	269
46.4.	Контроль розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь деталей	269
46.5.	Методи виявлення дефектів (способи дефектоскопії)	280
46.6.	Сортування деталей за групами придатності і маршрутами відновлення	299

Глава 47. Комплектування, складання і випробування машин	304
47.1. Комплектування машин	304
47.2. Особливості складання типових спряжень	307
47.3. Складання агрегатів	315
47.4. Припрацювання і випробування агрегатів	318
47.5. Загальне складання, обкатка і випробування машини	324
47.6. Фарбування машин	326
47.7. Шляхи зниження трудомісткості і підвищення ефективності складальних процесів	337
Розділ VII. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ І СПРЯЖЕНЬ	341
Глава 48. Технологічні принципи відновлення	341
48.1. Структура технологічних маршрутів відновлення	341
48.2. Механічна обробка відновлюваних деталей	357
48.2.1. Базування деталей	357
48.2.2. Обробка наплавлених поверхонь	366
48.3. Обробка деталей з газотермічним покриттям	369
48.4. Обробка деталей з гальванічним покриттям	371
48.5. Обробка синтетичних матеріалів	373
48.6. Перспективні способи механічної обробки відновлюваних деталей	377
Глава 49. Основні технологічні процеси відновлення деталей	380
49.1. Класифікація способів відновлення деталей	380
49.2. Відновлення деталей слюсарно-механічною обробкою	384
49.3. Відновлення деталей тиском	396
49.4. Відновлення деталей металізацією і термодифузійним насиченням	409
49.4.1. Суть металізації	409
49.4.2. Відновлення деталей металізацією	413
49.4.3. Відновлення втулок термодифузійним способом	415
Глава 50. Ремонт і відновлення деталей автомобілів зварюванням, наплавлюванням, напилюванням і паянням	417
50.1. Класифікація методів зварювання, які застосовуються на ремонтних заводах	418
50.2. Фізико-металургійні і технологічні основи зварювання плавленням	424
50.3. Зварювальні та наплавні матеріали	427
50.4. Відновлення деталей дуговим зварюванням і наплавлюванням	436
50.5. Газотермічне нанесення покриттів	453
50.6. Паяння	457
50.7. Зварювання і напилювання пластмас	460
50.8. Основні дефекти і контроль якості зварних та паяних з'єднань, наплавленого і напиленого металу	461
50.9. Наукова організація праці і техніко-економічні показники	463
50.10. Техніка безпеки і охорона праці під час зварювальних робіт	464
Глава 51. Технологія відновлення захисних та стійких проти спрацювання покриттів	466
51.1. Відновлення електродіалітичним нарощуванням	466
51.2. Відновлення деталей полімерними матеріалами	477

51.3.	Нанесення синтетичних матеріалів для компенсації спрацювання деталей	484
51.4.	Відновлення герметичності деталей	488
51.5.	Відновлення та ремонт лакофарбових покриттів	494
51.6.	Охорона праці і техніка безпеки	501
Глава 52.	Технологічні особливості капітального ремонту вузлів та агрегатів машин	504
52.1.	Особливості відновлення деталей двигуна	504
52.2.	Ремонт деталей трансмісії	518
52.3.	Особливості ремонту і відновлення гідравлічного обладнання	521
52.4.	Особливості ремонту і відновлення пневмообладнання	525
52.5.	Особливості ремонту електрообладнання	527
52.6.	Ремонт і відновлення автомобільних шин	530
52.7.	Ремонт і відновлення кузовів, кабін, оперення та рам автомобілів	533
52.8.	Ремонт і відновлення робочих органів машин	541
52.9.	Ремонт металоконструкцій, капотів та крил дорожніх машин	545
52.10.	Агрегатний метод ремонту	550
Глава 53.	Типізація технологічних процесів відновлення деталей	553
53.1.	Типізація технологічних процесів ремонту	553
53.2.	Основи проектування технологічних процесів ремонту	555
53.3.	Способи ремонту. Маршрутна технологія відновлення деталей	562
Глава 54.	Обробка відновлених деталей електрофізичними та електрохімічними методами. Зміцнення деталей	564
54.1.	Загальні відомості	564
54.2.	Електроерозійна обробка	566
54.3.	Електрохімічна обробка	570
54.4.	Ультразвукова обробка	572
54.5.	Променева обробка	573
54.6.	Зміцнення металів	576
Додатки		588
Список використаної літератури		594

Навчальне видання

КАНАРЧУК Вадим Євгенович
ЛУДЧЕНКО Олександр Артемович
ЧИГРИНЕЦЬ Анатолій Дмитрович

**ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО
ОБСЛУГОВУВАННЯ
І РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**

У ТРЬОХ КНИГАХ

Книга 3

**РЕМОНТ
АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Оправа художника *В. Г. Самсонова*
Художній редактор *І. Г. Хороший*
Технічний редактор *О. В. Козлітіна*
Коректор *Л. М. Байбородіна*

Здано до набору 16.11.94. Підписано до друку 09.06.95.
Формат 60×84^{1/2}. Папір друк. № 2. Гарнітура літерату-
ртурна. Високий друк. Умовн.-друк. 34,87. Умовн. фар-
бовідб. 35,10. Обл.-вид. арк. 40,95. Вид. № 9785.
Замовлення № 5—57.

Видавництво «Вища школа», 252054, Київ-54,
вул. Гоголівська, 7.

Головне підприємство республіканського виробни-
чого об'єднання «Поліграфкнига», 252057, Київ-57,
вул. Довженка, 3.