

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук

## **ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ АВТОМОБІЛІВ**

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як лабораторний практикум для студентів напряму підготовки 0902 – "Інженерна механіка" спеціальності 7.090258 – "Автомобілі та автомобільне господарство". Протокол №2 від 25 вересня 2003 р.

Вінниця ВНТУ 2004

УДК 621(075)

С 13

*Рецензенти*

**В.Ф. Анісімов**, доктор технічних наук, професор

**І.О. Сивак**, доктор технічних наук, професор

**В.В. Біліченко**, кандидат технічних наук, доцент

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України

**В. І. Савуляк, А. Ю. Осадчук**

С 13 Основи технології виробництва та ремонту автомобілів. Лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2004. –62с.

В практикумі висвітлені питання організації, зміст та необхідна інформаційна база для підготовки та виконання лабораторних робіт з основ технології виробництва та ремонту автомобілів.

УДК 621(075)

© В.І.Савуляк, А.Ю.Осадчук, 2004

## ЗМІСТ

Передмова.....	4
Методичні рекомендації з організації і проведення лабораторних робіт.....	4
<i>Лабораторна робота № 1. Розробка та реалізація технологічного процесу розбирання та складання вузла автомобіля.....</i>	6
<i>Лабораторна робота № 2. Визначення залежності розмірного зносу токарного різця від шляху різання.....</i>	10
<i>Лабораторна робота № 3. Визначення похибки закріплення заготовки в трикулачковому патроні токарного верстата.....</i>	16
<i>Лабораторна робота № 4. Дослідження деталей на наявність прихованих дефектів.....</i>	19
<i>Лабораторна робота № 5. Відновлення деталей шляхом нанесення покриттів та зварювання.....</i>	24
<i>Лабораторна робота № 6. Визначення припусків на механічну обробку та розмірів заготовки.....</i>	53
Література.....	62

## П Е Р Е Д М О В А

Для забезпечення ефективної та безпечної роботи багатомільйонного парку автомобілів першочергове значення набуває підвищення якості технічного обслуговування та ремонту, експлуатаційної надійності та довговічності. Сучасні умови роботи підприємств, які експлуатують автотранспорт, вимагають поглиблення різнопланової практичної підготовки інженерів. Потрібні фахівці, що вміють не тільки організовувати технічне обслуговування, але й ремонтне виробництво та забезпечувати прибуткове його функціонування.

Швидке впровадження в автомобілебудування нових матеріалів та технологій вимагає також відповідної підготовки інженерів, вдосконалення ремонтної бази, впровадження прогресивних технологічних процесів ремонту вузлів, агрегатів, машин та ефективних методів відновлення деталей.

Запропонований посібник призначений для закріплення і поглиблення теоретичних знань студентів з основ технології виробництва та ремонту автомобілів і вироблення практичних навичок, необхідних інженеру в практичній роботі. З цією метою організовано цикл лабораторних занять для поглиблення і конкретизації уявлень про методи забезпечення якості автомобілів, засоби і основи технології ремонту, розвиток навичок виконання ремонтних операцій, науково-дослідної роботи.

Тематика робіт відповідає програмі дисципліни з урахуванням поширення даного виду робіт у виробництві. Для оснащення лабораторних робіт використано обладнання і пристрої як промислового виробництва, так і виготовленого в умовах університету.

Документація, потрібна для виконання робіт і оформлення їх результатів, максимально наближена до нормативної виробничої і технологічної документації.

Значну увагу у посібнику приділено використанню довідкових і нормативних матеріалів, потрібних для виконання робіт. Всі ці дані рекомендовані для використання по довідниках, які широко застосовуються на виробництві. Вони представлені як у тексті посібника, так і в додатках.

Успішне виконання лабораторних робіт вимагає активного, творчого, самостійного навчання і раціональної організації роботи під час підготовки до лабораторної роботи і в ході її виконання.

### **Методичні рекомендації з організації і проведення лабораторних робіт**

**Загальні положення.** У лабораторних роботах, що рекомендуються, як правило, витримується єдина структура: мета роботи, завдання для самостійної роботи та у лабораторії, оснащення робочого місця, особливості техніки безпеки, загальні відомості та вказівки щодо роботи, яку викону-

ють, порядок її виконання, зміст звіту. У кожній роботі передбачено контрольні запитання, що використовуються студентами при самостійній підготовці та після її виконання.

Варіанти вихідних даних, що використовуються студентами при виконанні лабораторних робіт, видаються викладачем індивідуально.

На першому занятті студенти ознайомлюються з тематикою лабораторних робіт, організацією робочих місць і технічною документацією, графіком виконання робіт. З ними проводять інструктаж з техніки безпеки, про що роблять запис у журналі.

Лабораторні роботи виконуються на робочих місцях, які оснащені для виконання технологічних операцій та необхідною документацією (технічні умови на дефектування, комплектацію, відновлення, креслення деталей, довідкова література, нормативи для визначення режимів і нормативів часу, характеристики обладнання, пристроїв, інструментів тощо).

**Техніка безпеки і протипожежні заходи.** В лабораторії ремонту машин значна кількість обладнання, пристроїв, матеріалів є джерелами підвищеної небезпеки. Для запобігання нещасним випадкам при виконанні лабораторних робіт необхідно суворо дотримуватись правил техніки безпеки і протипожежної безпеки.

Робочі місця для виконання лабораторних робіт мають інструкції по техніці безпеки, узгоджені з профспілкою і затверджені керівництвом вузу. Викладач проводить з студентами вхідний інструктаж і інструктаж на робочому місці. Дозвіл на виконання робіт студенти одержують після засвоєння правил техніки безпеки, що засвідчується підписом студента в журналі.

Оснащення, яке використовують для виконання лабораторних робіт, повинне забезпечувати надійну установку і кріплення деталей і пристроїв. Деталі масою понад 20 кг переміщують за допомогою вантажопідйомних і транспортних засобів. Якщо в лабораторних роботах використовуються небезпечні матеріали або технологічні процеси супроводжуються шкідливими виділеннями, то вони повинні бути обладнані штучною вентиляцією, а студентів при потребі забезпечують спецодягом і особистими засобами захисту. Електродвигуни верстатів, розподільні щити, джерела живлення струмом надійно заземлюються. Не дозволяється проводити налагоджувальні роботи при ввімкненому електричному колі.

Роботу на установках виконують з участю інженера або лаборанта.

Лабораторії повинні бути укомплектовані протипожежними засобами згідно з нормативами, а також аптечкою для первинної допомоги.

**Етапи виконання лабораторних робіт.** Лабораторні роботи виконуються в три етапи: підготовка до роботи, виконання роботи в аудиторії, звітування про виконання роботи.

Перед початком роботи студент вивчає за посібником зміст роботи, ознайомлюється з формою звіту про роботу і готує належну документацію.

Для кожної роботи наведено послідовність її виконання із зазначенням вхідної документації.

Безпосередньо в аудиторії на початку занять викладач перевіряє наявність таблиць, карт, ескізів, схем, розрахунків, потрібних для виконання роботи, контролює підготовку студента до роботи за тестами.

На занятті студент повинен ретельно виконувати вимоги методичних вказівок посібника і організувати роботу так, щоб виконати весь її обсяг, оформити звіт і захистити його.

Зміст і форма звітів про виконання робіт максимально наближені до нормативної виробничо-технологічної документації. Порядок захисту звіту, перелік відомостей, які повинен знати студент, викладено в останньому пункті послідовності виконання роботи. Для полегшення підготовки до захисту і самоперевірки знань в кінці роботи наведено контрольні запитання.

Під час захисту студент повинен пояснити і обґрунтувати розрахунки, прийняті рішення, знати будову і головні параметри обладнання та інструменту, вміти вибирати та розраховувати технологічні режими процесів і оформляти технологічну документацію, знати, як налагодити обладнання і вміти виконувати необхідні операції, знати послідовність виконання роботи.

Після перевірки звіту, співбесіди із студентом і тестового контролю викладач оцінює якість виконання роботи в межах 10 балів у відповідності з модульно-рейтинговою системою.

### *Лабораторна робота № 1*

## **РОЗРОБКА ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА АВТОМОБІЛЯ**

**Мета роботи:** набути практичні навички розробки, оформлення та використання технологічних процесів складання – розбирання вузлів автомобілів в процесі їх виробництва та ремонту.

### **1.1. Загальні відомості**

При розробці технологічних процесів складання найчастіше доводиться вирішувати такі задачі:

встановлення послідовності з'єднання деталей і складальних одиниць виробу та розробка схем загального і вузлового складання виробу, розробка маршрутних технологічних процесів складання [7];

виявлення розмірних ланцюгів і вибір методів їх розрахунку та досягнення точності замикаючої ланки [2, 3].

Точність замикаючої ланки при складанні може бути досягнута методами повної, неповної чи групової взаємозамінності, припасування, регулювання із застосуванням компенсаторів.

Вибір методу досягнення точності замикаючої ланки залежить від величини її допуску і від числа складових ланок розмірного ланцюга, при цьому беруть до уваги також реальні виробничі можливості по забезпе-

ченню точності розмірів складових ланок і забезпеченню відповідного рівня організації складальних робіт.

Розглянемо на прикладі складальної одиниці, зображеної на рис. 1.1, порядок розробки технологічної схеми складання і маршрутний технологічний процес складання.

Технологічна схема складання - графічне зображення порядку комплектування (послідовності складання) виробу і складальних одиниць. На таких схемах кожен елемент виробу позначений прямокутником, у якому вказують найменування елемента, його номер (див. позиції на рис. 1.1) і їхня кількість (рис. 1.2). Розробка технологічної схеми складання починається з визначення базової деталі (чи складальної одиниці) і розподілу виробу на складальні одиниці і деталі. За базову приймають деталь з якої, послідовно приєднуючи інші деталі та складальні одиниці, отримують вузол. Від прямокутника з зображенням базового елемента до прямокутника, що зображує готовий виріб (чи складальну одиницю), проводиться горизонтальна лінія. Над нею розташовують у порядку послідовності складання прямокутники, що умовно позначають деталі, а нижче-прямокутники, що умовно зображують складальні одиниці. Для кожної складальної одиниці (першого, другого і більш високого порядків) можуть бути побудовані аналогічні схеми [12].

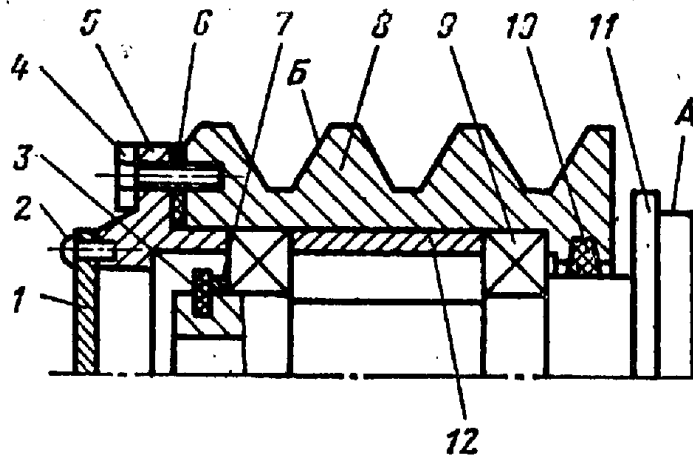


Рисунок 1.1 - Ескіз маточини: 1 - кришка; 2 - гвинт (4 шт.); 3 - кільце стопорне; 4 - гвинт (4 шт.); 5 - фланець; 6 - прокладка; 7 - кільце компенсаційне; 8 - шків; 9 - підшипник (2 шт.); 10 - кільце ущільнювальне; 11 - маточина; 12 - втулка

Технологічна схема складання є основою для проектування технологічного процесу складання. Після розробки схем складання встановлюють склад необхідних складальних регулювальних, приганяльних, підготовчих і складальних робіт і визначають зміст технологічних операцій і переходів, роблять нормування складальних робіт.

Маршрутний технологічний процес складання маточини представлений у табл. 1.1.

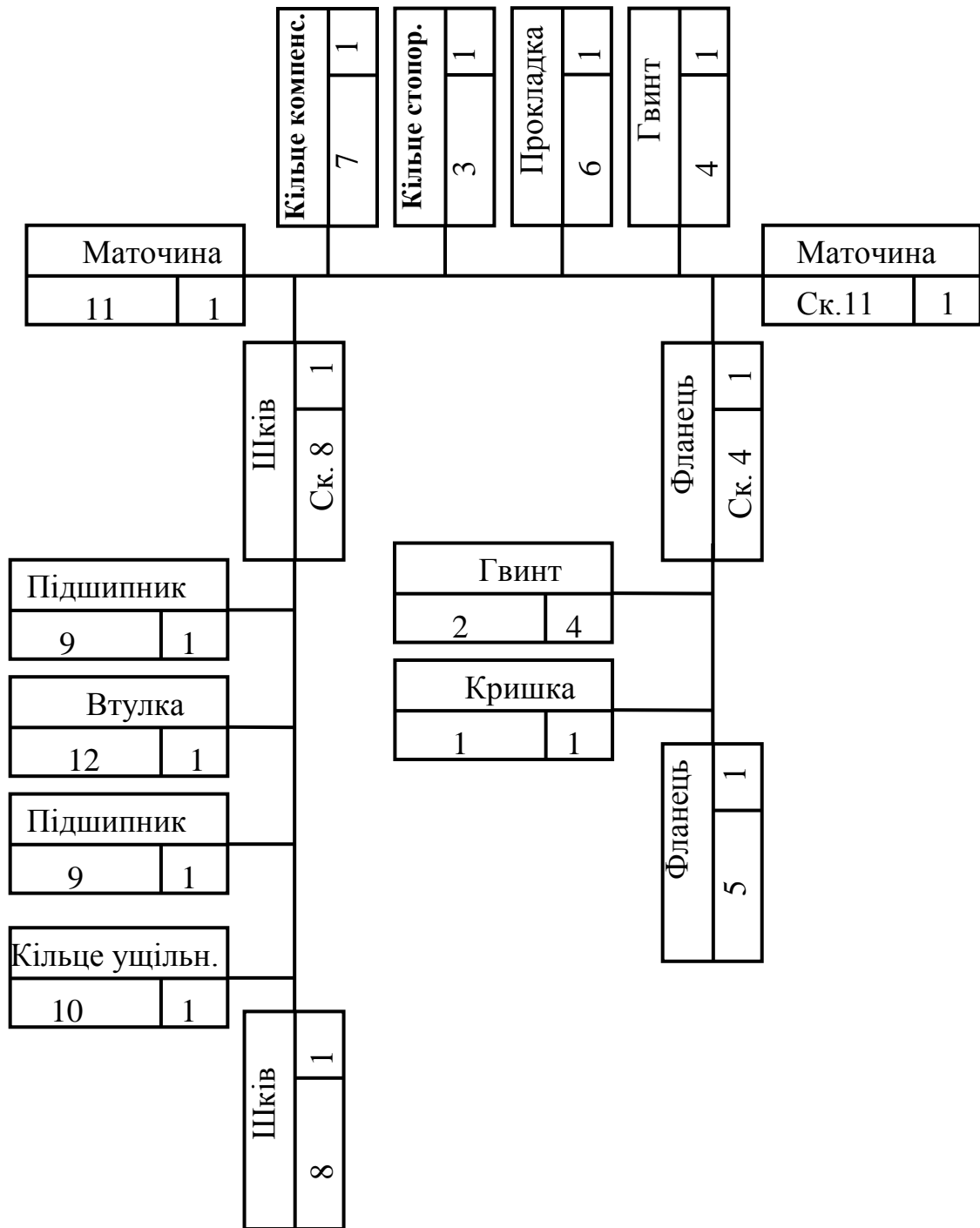


Рисунок 1.2 - Технологічна схема складання маточини

## 2.4. Порядок виконання роботи

1.4.1. Вивчити креслення заданого вузла.

1.4.2. Вибрати базову деталь.

1.4.3. Виділити складальні одиниці першого порядку, які безпосередньо входять у вузол.

1.4.4. Виділити складальні одиниці другого порядку, які безпосередньо входять у складальні одиниці першого порядку і так далі.



1.4.5. Розробити технологічну схему складання вузла.

1.4.6. Розробити маршрутний технологічний процес складання.

1.4.7. Оформити звіт.

Таблиця 1.1. - Маршрутний технологічний процес складання маточини

№ операції	Назва операції	Зміст операції (по переходах)
05	Складання шківа (ск. 8)	1. Закріпити шків (дет. 5) у пристосуванні. 2. Установити ущільнювальне кільце (дет. 10). 3. Змастити і встановити підшипник (дет. 9). 4. Протерти і встановити втулку (дет. 12). 5. Змастити і встановити підшипник (дет. 9).
10	Установка шківа, (ск. 8)	1. Закріпити маточину (дет. 11) у пристосуванні. 2. Установити шків (ск. 8) на маточину (дет. 11). 3. Протерти і встановити кільце компенсаційне (дет. 7). 4. Установити кільце стопорне (дет. 3). 5. Установити прокладку (дет. 6).
15	Складання фланця, (ск. 4)	1. Закріпити фланець (дет. 5) в пристосуванні. 2. Установити кришку (дет. 1). 3. Закріпити кришку (дет. 1) гвинтами (дет. 2).
20	Установка фланця, (ск. 4)	1. Установити фланець (ск. 5). 2. Закріпити фланець (ск. 5) гвинтами (дет. 4).
25	Контрольна	1. Перевірити легкість обертання шківа. 2. Перевірити биття поверхні А щодо поверхні Б.

### 1.5. Контрольні питання

1. Дайте означення складальної одиниці.
2. Який метод досягнення точності складання заданого вузла раціонально використати?
3. Чим відрізняється організація технологічних процесів складання в різних типах виробництва?
4. Які види з'єднань Ви знаєте? Области їх раціонального використання?
5. Назвіть інструменти для виконання складальних робіт.
6. Засоби механізації складальних робіт.
7. Як визначити достатність затягування різьбового з'єднання?
8. Як перевірити якість складання вузла?

*Лабораторна робота № 2*  
**ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ РОЗМІРНОГО ЗНОСУ  
ТОКАРНОГО РІЗЦЯ ВІД ШЛЯХУ РІЗАННЯ**

**Мета роботи:** вивчити розмірне зношування різця та методику визначення відносного зносу як важливого фактора, що впливає на точність обробки.

### **2.1 Загальні відомості**

На відміну від теорії різання, яка вивчає зношування з точки зору економічної стійкості інструменту, технологія машинобудування розглядає його з позицій точності механічної обробки, оскільки знос різального інструменту під час обробки на налагоджених верстатах за методом автоматичного отримання розмірів призводить до виникнення змінної систематичної похибки обробки (див. роботу № 9). Цей знос в технології машинобудування називається розмірним зносом різального інструменту. Він визначається відстанню віддалення вершини різця від обробленої поверхні в напрямку, нормального до осі деталі в перерізі I-I (рис. 2.1.), оскільки під час чистової обробки заготовок зношування різця відбувається по задній поверхні, що викликає віддалення вершини різця від центра обертання заготовки на величину радіального зносу і відповідне збільшення діаметра вала (або зменшення діаметра отвору).

Дослідженнями встановлено, що розмірний знос ріжучих інструментів має в часі перебіг, який відповідає рис. 2.2.

Відповідно до загальних закономірностей зношування при терті ковзання в початковий період роботи інструмента, що називається періодом припрацьовування, знос відбувається найбільш інтенсивно (рис. 2.2, ділянка I). Протягом цього часу має місце пристосування різального інструмента до умов різання, що супроводжується викришуванням окремих нерівностей поверхні та згладжуванням штрихів – слідів заточування різальних граней. В цей період шорсткість обробленої поверхні зазвичай зменшується. Початковий (припрацьовувальний) знос  $U_1$  та його тривалість  $L_1$  (тривалість припрацьовування) залежать від якості заточування інструмента та його доводки, матеріалу різальної частини і режимів різання. Досить часто тривалість початкового періоду, вказана як довжина шляху різання, знаходиться в межах 0,5 ... 2,0 км (перша цифра відноситься до якісно доведених поверхонь, друга – до заточених звичайним чином).

Другий період зношування (рис. 2.2, ділянка II), який характеризує нормальний знос інструмента, прямо пропорційний шляху різання. Інтенсивність цього періоду оцінюють за відносним (питомим) зносом (мкм/км):

$$U_0 = U_{II} / L_{II}, \quad (2.1)$$

де  $U_{II}$  - розмірний знос на ділянці нормального зношування, мкм;

$L_{II}$  - шлях різання, який відповідає нормальному зносу, км.

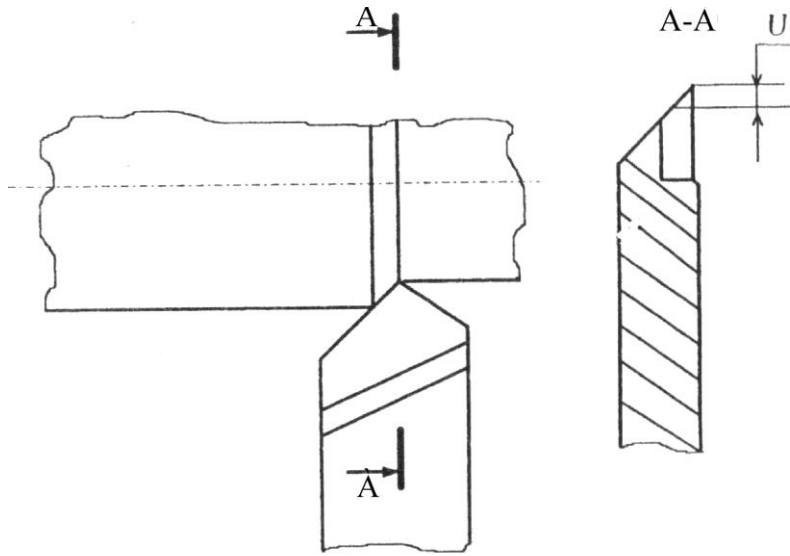


Рисунок 2.1 – Розмірний знос різців

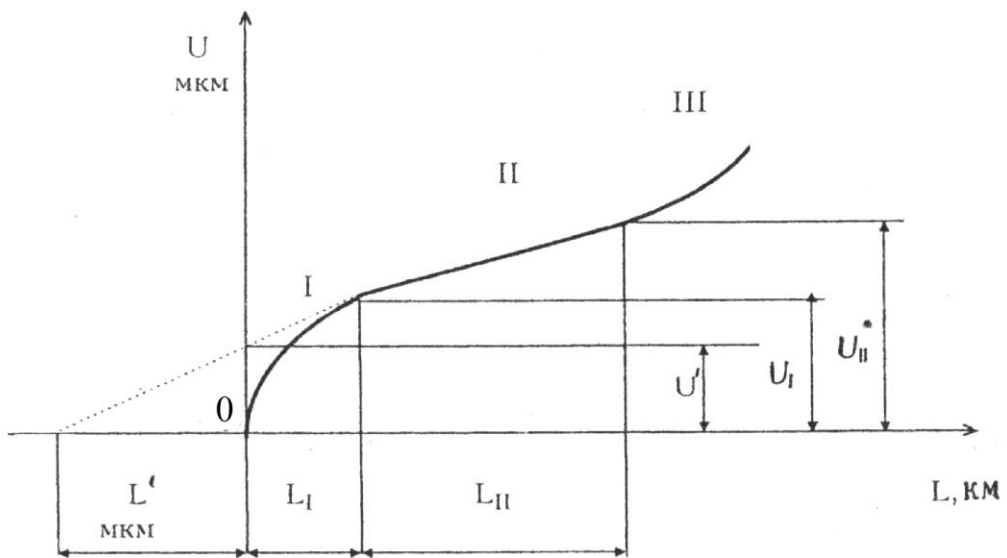


Рисунок 2.2 – Залежність розмірного зносу інструмента  $U$  від часу  $\tau$  (шляху  $L$ ) різання

Довжина  $L_{II}$  шляху різання за період нормального зносу при обробці сталі твердосплавними різцями Т15К6 може сягати 50 км.

Третій період зношування (ділянка III) відповідає найбільш інтенсивному, який називають ще катастрофічним, зносу, що супроводжується значним викришуванням та поломками інструменту, чого не слід допускати при нормальній його експлуатації.

## 2.2 Розрахункові співвідношення

Знос різального інструмента, який впливає на точність обробки, звичайно розраховують за формулою (мкм/км):

$$U=U_0 \cdot L, \quad (2.2)$$

де  $U$  - розмірний знос різального інструмента, мкм;

$L$  - довжина шляху різання, км.

При точінні довжина шляху складає

$$L=\pi dl/(10^6 \cdot s), \quad (2.3)$$

де  $d$  - діаметр оброблюваної заготовки, мм;

$l$  - довжина оброблюваної ділянки (довжина обробки), мм;

$s$  - подача, мм/об.

Розрахунки за формулою (2.2) можна застосувати лише в умовах нормального зношування інструменту (зона II). При визначенні зносу нового або щойно заточеного інструмента такий розрахунок дає занижений результат внаслідок того, що не враховується підвищення інтенсивності зносу в період припрацювання на шляху різання  $L$ , що збільшує сумарний знос на величину  $L'$ . Для врахування початкового зносу, не ускладнюючи розрахунків, прийнято розрахункову довжину шляху різання  $L$ , що її визначають за формулою (2.3), збільшувати на деяку додаткову величину  $L'$ . У цьому випадку вираз (2.2) набуде вигляду

$$U=U_0 \cdot (L+L'). \quad (2.4)$$

Для доведених інструментів додатковий шлях різання  $L'$  дорівнює 0,5 км, для заточених звичайним чином – 1,5 км, а в середньому – 1,0 км.

Розрахунок за формулою (2.4) при загальній довжині шляху різання, значно більшій від довжини різання в зоні початкового зносу ( $L \gg L'$ ), дає досить точні результати. Коли ж  $L \leq L'$ , то слід використовувати формулу

$$U=U_1 \cdot L/L'. \quad (2.5)$$

Для більш точного визначення розмірного зносу порівняно з розрахунком по (2.2) при значній довжині шляху різання  $L \gg L'$  необхідно додати початковий знос і знос за період нормальної роботи інструмента:

$$U=U_1+U_0 \cdot (L-L'). \quad (2.6)$$

Слід зауважити, що для розрахунків за допомогою виразу (2.6) необхідно мати дані про початковий знос  $U_1$  та довжину  $L'$  шляху різання, яка

відповідає цьому зносу. На практиці вказані величини у більшості випадків залишаються невідомими і використовуються середні результати, що позбавляє розрахунок за формулою (2.6) будь-яких переваг порівняно з більш простими рівняннями (2.2) та (2.4).

### 2.3 Способи визначення розмірного зносу

Існує багато прямих та непрямих методів вимірювання розмірного зносу інструментів. Найбільш точними є прямі методи, найпростішим серед яких буде метод вимірювання зменшення відстані від вершини різальної кромки інструмента до певної базової поверхні або точки на ньому, наприклад, на тілі різця.

Суть прямого методу вимірювання розмірного зносу різців зрозуміла з рис. 2.3.

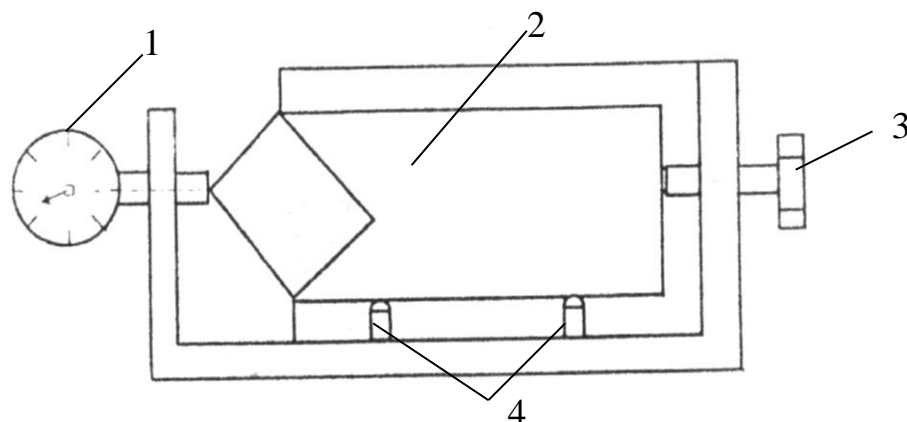


Рисунок 2.3 – Пристосування для вимірювання розмірного зносу різців: 1 – індикатор; 2 – різець; 3 – упорний гвинт; 4 – опори

Вимірювати знос у радіальному напрямку, а також слідкувати за зміною контуру різальної кромки, можна також оптичним проектором із 50-кратним збільшенням. При цьому різець встановлюють на вимірювальному столі проектора передньою гранню перпендикулярно до напрямку світлового пучка.

Вихідним контуром є початковий контур різця. Під час кожного наступного вимірювання контур різця необхідно суміщати з початковим. Радіальний (розмірний) знос у даному випадку - це відстань між різальною кромкою заточеного різця та його різальною кромкою після певного часу роботи. Якщо в процесі різання на різці буде утворюватись наріст, його необхідно знімати.

В даній роботі використовується метод непрямого вимірювання розмірного зносу. При цьому безпосередньо виміряють фаску зносу на задній грані з подальшим розрахунком відповідного радіального зносу.

Виведемо формулу для визначення розмірного зносу у цьому випадку, для чого розглянемо рис. 2.4, звідки  $a=U \cdot \operatorname{tg} \gamma$ ;  $U=b \cdot \operatorname{tg} \alpha$ ; і, відповідно

$$a = b \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (2.7)$$

З іншого боку, можна записати

$$b = a + h. \quad (2.8)$$

Підставляючи (2.8) в (2.7), отримуємо

$$a = (a + h_3) \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma; \quad (2.9)$$

або ж

$$a = h_3 \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma / (1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma). \quad (2.10)$$

Оскільки  $U = a / \operatorname{tg} \gamma$ , то кінцева формула для визначення радіального зносу набуде вигляду

$$U = h_3 \operatorname{tg} \alpha / (1 - \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \gamma). \quad (2.11)$$

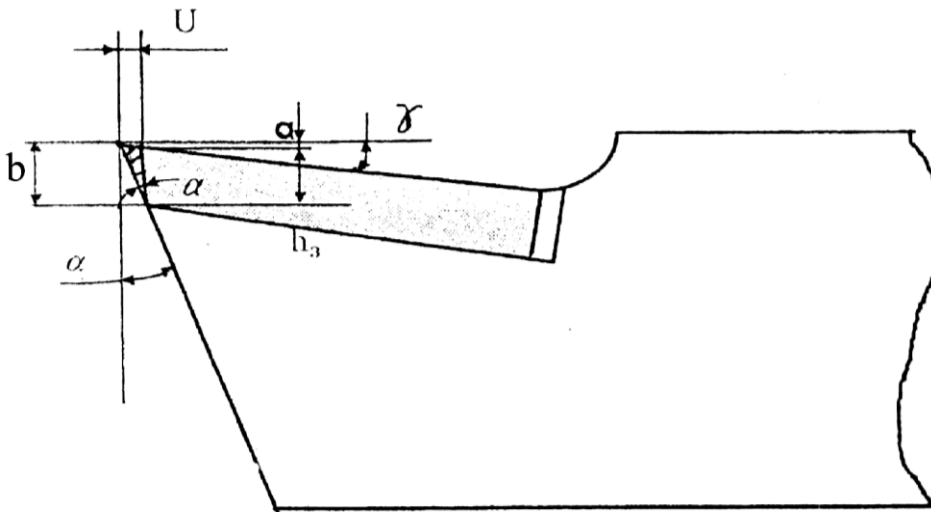


Рисунок 2.4 – Зв'язок між розмірним зносом  $U$  та фаскою зносу по задній грані  $h_3$

Для вимірювання зносу по задній грані можна використовувати різні прилади, в тому числі оптичні.

Цей метод позбавляє необхідності охолоджувати різець перед кожним вимірюванням, що необхідно для компенсації температурних деформацій у випадку застосування методів, подібних рис. 2.3, а також дозволяє обходитись без спеціальних пристосувань. Для вимірювання фаски зносу задньої поверхні можна використовувати відліковий мікроскоп типу МПБ-2 (з ціною поділки 0,05 мм), призначений для вимірювання відбитків при

визначенні твердості методом Брінеля.

## 2.4 Порядок виконання роботи

2.4.1. Встановити і закріпити на токарному верстаті заготовку.

2.4.2. Заміряти величину початкової фаски зносу на задній поверхні та записати її значення в таблицю 2.1.

2.4.3. Встановити та закріпити різець у різцетримачі верстата так, щоб його повздовжня вісь була перпендикулярною до лінії центрів.

2.4.4. Налагодити верстат на заданий режим різання.

2.4.5. Ввімкнути верстат і почати обробку. Через заданий час відвести різець від заготовки та вимкнути верстат.

2.4.6. Виміряти фаску зносу задньої грані і записати результат в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1- Результати вимірювань радіального зносу різця

Показники (параметри)	Результати вимірювань				
	$0$	$1$	$2$	...	$k$
$n_i, \text{хв}^{-1}$	-	$n_1$	$n_2$	...	$n_k$
$d_i, \text{хв}^{-1}$	-	$d_1$	$d_2$	...	$d_k$
$V_i, \text{м/хв}$	-	$V_1$	$V_2$	...	$V_k$
$t_i, \text{хв}$	-	$t_1$	$t_2$	...	$t_k$
$L_i, \text{км}$	-	$L_1$	$L_2$	...	$L_k$
$h_{zi}, \text{мкм}$	$h_{z0}$	$h_{z1}$	$h_{z2}$	...	$h_{zk}$
$U_i, \text{мкм}$	$U_0$	$U_1$	$U_2$	...	$U_k$

2.4.7. Повторити п.п. 2.4.5. та 2.4.6. для всіх заданих інтервалів часу.

2.4.8. Розрахувати швидкість різання за формулою, м/хв,

$$V_i = \pi d n_i / 10^3; \quad (2.12)$$

та шлях різання за формулою, км,

$$L_i = V_i t_i / 6 \cdot 10^7. \quad (2.13)$$

Результати записати в таблицю.

2.4.9. Розрахувати розмірний знос для всіх інтервалів часу за формулою (2.11) і записати результати.

2.4.10. Нанести точки з координатами ( $L_i$ ;  $U_i$ ) на графік і обробити результати експерименту методом найменших квадратів. Для розрахунків використовувати точки, що лежать у зоні нормального зношування. Апроксимуючу функцію шукати у вигляді  $U = A_0 + A_1 L$ .

2.4.11. Накреслити графік отриманої функції.

- 2.4.12. Визначити відносний знос  $U_0$  та величину  $U_1$ .
- 2.4.13. Зробити висновки з роботи.
- 2.4.14. Скласти і оформити звіт.

## 2.5. Контрольні питання

1. Розмірний знос різального інструмента.
2. На що впливає розмірний знос?
3. Для чого необхідно розрахувати розмірний знос інструмента?
4. Характер залежності розмірного зносу від шляху різання.
5. Основні періоди зносу інструмента.
6. Методи вимірювання зносу різців.
7. Характеристики розмірного зносу.

### *Лабораторна робота № 3*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ В ТРИКУЛАЧКОВОМУ ПАТРОНІ ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**

**Мета роботи:** освоєння методики визначення та сутність похибок закріплення в пристосуваннях.

Під час закріплення заготовки в пристосуванні у багатьох випадках відбувається її переміщення (витискування з пристосування), що призводить до появи зазорів між базою заготовки та відповідними установчими елементами пристосування, щодо яких здійснюється налагодження верстата. Кожна заготовка в партії при закріпленні має різне зміщення, що викликає розсіювання розміру, що контролюється, з полем розсіювання  $\Delta_z$ , яке визначається у більшості випадків експериментально.

Похибка закріплення залежить від конструкції та стану затискного пристрою і напрямку затискання. Найменша похибка закріплення, пов'язана з витискуванням заготовки із пристосування, досягається при направленні затискного зусилля перпендикулярно до вимірювальної бази. Проте й у цьому випадку похибка закріплення не дорівнює нулю у зв'язку з неточністю баз заготовок та наявністю контактних деформацій. Такі деформації в загальному вигляді описуються нелінійним законом типу  $y = cP^n$  і можуть досягати в окремих випадках значних величин. У цій формулі:  $c$  - коефіцієнт, що характеризує вид контакту, матеріал заготовки, шорсткість та стан поверхонь, що контактують (установочних баз);  $P$  - сила, яка діє на опору;  $n$  - показник степеня (менший за одиницю).

Контактні деформації поверхонь дотику супроводжуються зміщенням технологічної та вимірювальної баз заготовки відносно положення встановленого інструмента, викликаючи появу похибки закріплення.



### 3.1 Особливості закріплення заготовок у патроні

При закріпленні заготовки в трикулачковому патроні виникає осьова похибка - наслідок деякої непостійності радіального переміщення кулачків, а також пружної деформації в результаті випинання передньої стінки патрона.

Так, при повороті спірального диска 1 патрона (рис. 3.1) зусилля  $P$  намагається змістити кулачок 3 і закріпити заготовку 4.

З боку заготовки на кулачок діє сила реакції  $P'$ , таким чином, намагається повернути кулачок в напрямку стрілки.

Цьому повороту заважають напрямні 2 корпусу патрона, проте момент  $M$  є достатнім для того, щоб деформувати напрямні разом зі всією передньою стінкою корпусу патрона.

Звичайними прийомами закріпити деталь із забезпеченням однакових умов закріплення неможливо, тому похибка установки є випадковою величиною, яку визначають статистичною обробкою результатів, отриманих шляхом багаторазового закріплення заготовки у пристосуванні з наступним контролем поточного значення похибки.

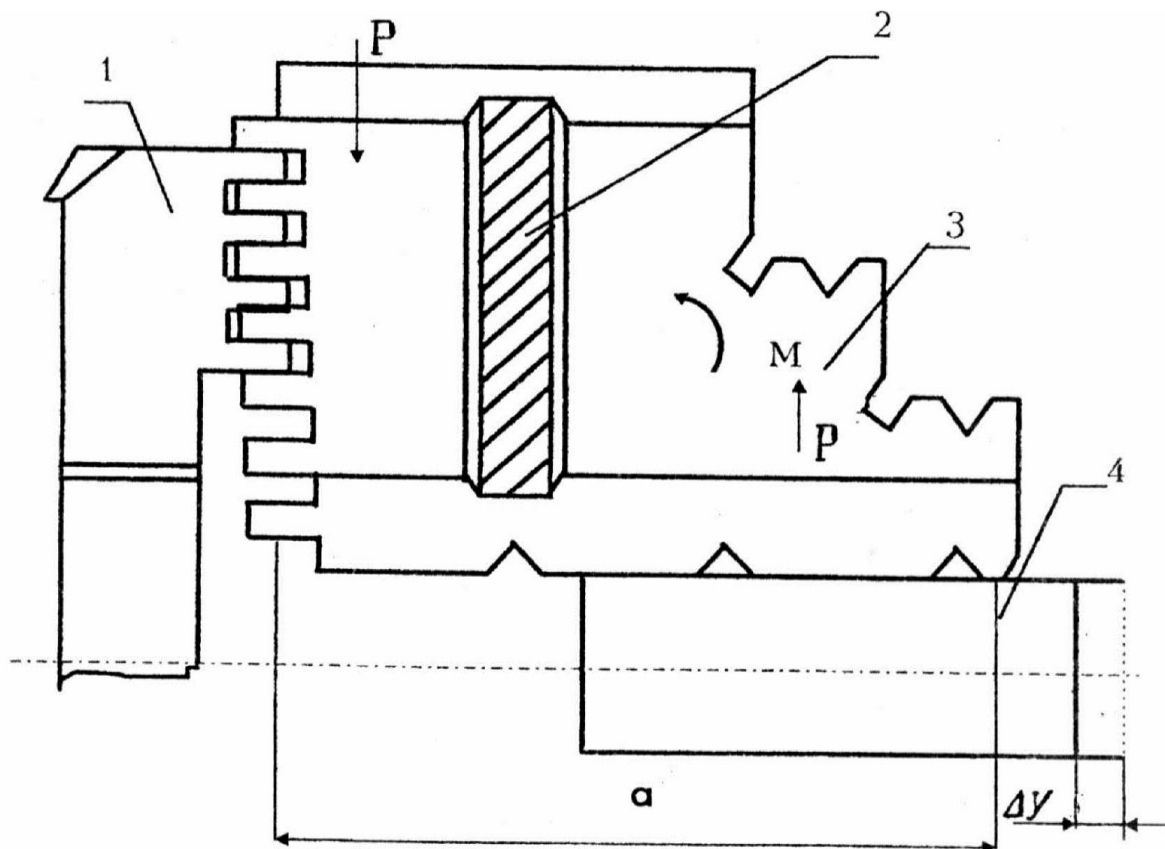


Рисунок 3.1 – Схема закріплення заготовки у токарному патроні

### 3.2. Порядок виконання роботи

3.2.1. Встановити оправку індикатора в різцетримачі токарного верстата.

3.2.2. Встановити оброблювану заготовку в трикулачковий патрон і щільно притиснути до торцевої поверхні патрона.

3.2.3. В цьому положенні підвести супорт із закріпленим у державці різцетримача індикатором, вимірювальний наконечник якого повинен торкатися торця закріпленої заготовки по лінії центрів з натягом, після чого закріпити супорт та встановити стрілку індикатора на нуль.

3.2.4. Відкріпити заготовку, повернути її на довільний кут навколо осі, знову щільно притиснути базовий торець до поверхні патрона та закріпити. Показники індикатора записати тільки після закріплення деталі.

3.2.5. Повторити закріплення деталі багаторазово (50...70 разів) і записати результати. При цьому кожному з членів бригади застосувати один із вказаних далі способів установки та закріплення заготовки:

а) заготовку притискають до торця патрона і закріплюють;

б) заготовку притискають до торця патрона, після чого затискають попередньо з незначним зусиллям. Потім легким постукуванням дерев'яним молотком по торцю заготовки щільно притискають її до торця патрона та закріплюють остаточно.

3.2.6. Подати результати вимірювань за формою 1.

3.2.7. Розрахувати середню похибку закріплення та середньоквадратичне відхилення.

3.2.8. Визначити поле розсіювання похибки закріплення

$$\Delta_z = 6pS, \quad (3.1)$$

де  $S$  - емпіричне середньоквадратичне відхилення;

$p$  - коефіцієнт поправки (визначається за табл. 3.1).

3.2.9. Зробити висновки з результатів роботи бригади, в яких обґрунтувати вплив способів установки на похибку  $\Delta_z$  та визначити квалітет точності для заданого номінального розміру при різних способах установки.

3.2.10. Оформити звіт з роботи.

### 3.3 Контрольні питання

1. Складові похибки установки.
2. Фактори, що впливають на похибку закріплення.
3. Особливості закріплення заготовок в трикулачковому патроні.
4. Чому значення похибок установки при закріпленні способами а) та б) відрізняються між собою ?
5. Якого квалітету точності можна досягнути при установці деталі в досліджуваному патроні?
6. Чи можна зробити висновок про можливий квалітет точності без застосування статистичного аналізу? Чому?
7. Як впливає матеріал заготовки на похибку установки?
8. Чи впливає розмір деталі на можливий квалітет точності?

Форма 1

Обладнання:		Пристосування:			
Вимірювальні прилади:					
Спосіб установки:					
Схема установки:			Ескіз деталі:		
Результати вимірювань					
№ n/n	Значення параметра	№ n/n	Значення параметра	№ n/n	Значення параметра

*Лабораторна робота № 4*

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА НАЯВНІСТЬ ПРИХОВАНИХ ДЕФЕКТІВ**

**Мета:** вивчити основні методи дефектування деталей та вузлів автомобілів, та отримати практичні навички з дефектування.

**4.1 Теоретичні відомості**

Вузли і деталі дефектують з метою оцінки їхнього технічного стану і визначення можливості їхньої подальшої експлуатації чи необхідності відновлення.

У результаті дефектів спряжень і деталей складається відомість дефектів, що є основним документом для подальшого проведення ремонтних робіт, відновних операцій, виявлення потреби в запасних частинах, матеріалах, що визначають вартість ремонту машини.

Під час дефектування деталі розділяють на п'ять груп і маркують фарбуванням: придатні (зелений), придатні в поєднанні з новими чи відновленими до початкових розмірів деталями (жовтий), підлягають ремонту в майстерні чи на спеціалізованому підприємстві (білий), підлягають ремонту тільки на спеціалізованому підприємстві (синій) і непридатні - утиль (червоний).

Стан деталей, з'єднань і вузлів можна визначити шляхом зовнішнього огляду, перевіркою на дотик, перевіркою за допомогою вимірювального інструменту й ін.

**Оглядом** при розбиранні виявляють комплектність машини, зруйновані деталі (злами, тріщини, викришування поверхонь і т.д.).

**Перевіркою на дотик** визначають знос і змінання ниток різей на деталях шляхом попереднього затягування, легкість провертання елементів кочення роликкових і кулькових підшипників в обоймах, легкість переміщення шестерень по шліцьових валах, наявність раковин і шорсткості на зубах шестерень і елементах кочення підшипників від втоми.

**Перевіркою простукуванням** виявляють щільність посадки штифтів і шпильок у корпусах і кришках (щільно посажений штифт чи шпилька видають дзвінкий металевий звук); щільність посадки проміжних втулок, що при легкому натягу й при пресовій посадці повинні видавати дзвінкий металевий звук, і наявність тріщин, які не можна знайти оглядом (деталь, що має тріщину, видає деренчливий звук).

**Перевіркою за допомогою універсальних вимірювальних інструментів** визначають відхилення з'єднань від заданого зазору чи натягу, деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю і т.д.

Для цієї мети використовують штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, щупи, штангенрейсмуси, штангензубоміри, універсальні штативи з індикаторами, перевірні плити, лінійки і цілий ряд інших вимірювальних приладів: оптиметри, мініметри, інструментальні мікроскопи. Наприклад, знос зуба шестірни можна визначити штангензубоміром, вимірюючи його товщину на визначеній висоті; знос шийки вала визначають мікрометром, циліндрів — індикаторним нутроміром; неплосцинність головки циліндрів — лінійкою, щупом і т.д.

**Перевіркою за допомогою твердого граничного інструмента** виявляють величину зносу деталей з циліндричними робочими зовнішніми і внутрішніми поверхнями, а також деталей з фасонними поверхнями (зуби, шліци, канавки під поршневі кільця, шпонкові канавки, кульові поверхні й ін.).

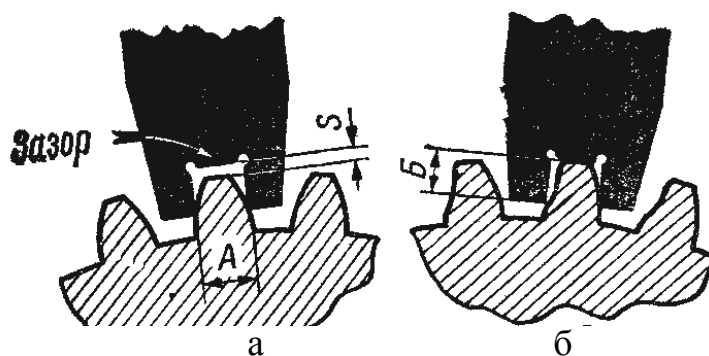


Рисунок 4.1 – Вимірювання зубів шестірни шаблоном: а – положення шаблона на незношеному зубі; б – положення шаблона на зношеному зубі

Тверді шаблони виготовляють за принципом односторонніх скоб. Наприклад, шестірні заміряють шаблоном (рис. 4.1), розмір  $A$  якого дорівнює припустимій базі ремонту товщини зуба, а розмір  $B$  номінальній висоті головки зуба. Шестірня вважається придатною до подальшої роботи, якщо між вершиною зуба і шаблоном залишається зазор  $S$ .

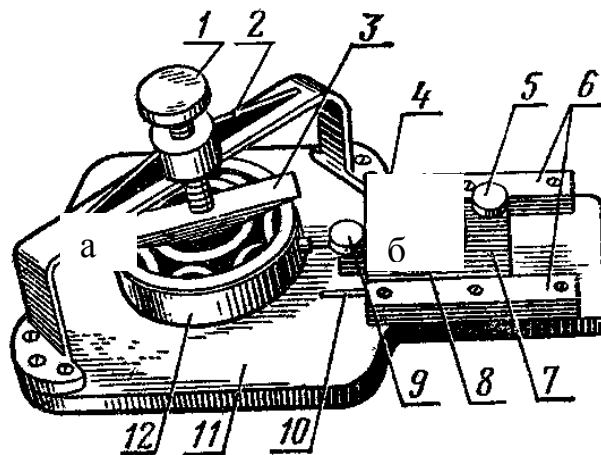


Рисунок 4.2 – Індикаторний прилад КИ-1223 для перевірки радіальних зазорів у підшипниках кочення: 1, 4 і 9 – гвинти; 2 – міст; 3 – конус; 5 – гвинтовий затискач; 6 – напрямні; 7 – каретка; 8 – індикатор годинникового типу; 10 – паз; 11 – плита; 12 – підшипник

Для вибракування деталей за внутрішнім діаметром шаблони (пробки) виготовляються також односторонніми (плоскими в перерізі), тому що зношений отвір є звичайно овалом, найбільший діаметр якого контролюється шаблоном.

Для вибракування деталей за зовнішнім діаметром застосовують граничні скоби (звичайно багаторозмірні — для зменшення кількості бракувального інструмента).

**Перевіркою за допомогою спеціальних приладів, пристосувань і устаткування** виявляють ряд несправностей у вузлах і деталях машин. Наприклад, тріщини в блоці і головці блоку, у вихлопних і всмоктувальних трубах, герметичність серцевини радіатора й інших деталей визначають шляхом гідравлічного чи пневматичного випробування на стендах. Пружність деталей (пружин, кілець) перевіряють на приладі КП-0507 з ваговим механізмом. Биття і погнутість шийок валів перевіряють у центрах чи при установці на призмах; вигин і перекіс осей шатунів – на спеціальному приладі і т.п. За допомогою універсального індикаторного приладу КИ-1223 перевіряють радіальний зазор у підшипниках кочення (рис. 4.2) і відповідно до технічних умов проводять їх дефектування.

Підшипник закріплюють на плиті 11 гвинтом 1 через конус 3. Зазор заміряють індикатором годинникового типу 8, який закріплюється разом з кареткою 7 у такому положенні, щоб ніжка індикатора фіксувала повну ве-

личину можливого переміщення від руки зовнішнього кільця підшипника 12.

На приладі перевіряють підшипники з розмірами  $D_{\text{вн}}=17-110$ ,  $D_{\text{зов}}=47-200$  і  $H=12-45$  мм.

**Магнітно-порошковий, капілярно-люмінесцентний і ультразвуковий методи визначення прихованих дефектів.**

Магнітно-порошковий метод дефектоскопії використовується для виявлення поверхневих і близько розташованих до поверхні тріщин, раковин і нещільностей металу у феромагнітних деталях машин. Магнітний потік, проходячи через деталь, у місцях з дефектами змінює свою величину і напрямок (рис.4.3). Ця зміна магнітного потоку відмічається нанесенням на випробну деталь (після її намагнічування в електромагнітному полі) магнітним порошком: він осідає по крайках тріщини. Феромагнітний порошок (звичайно прожарений окис заліза — крокус) застосовують у сухому вигляді чи у вигляді суспензії, тобто порошку, завислого в трансформаторній оліві чи гасі (1:30, 1:50).

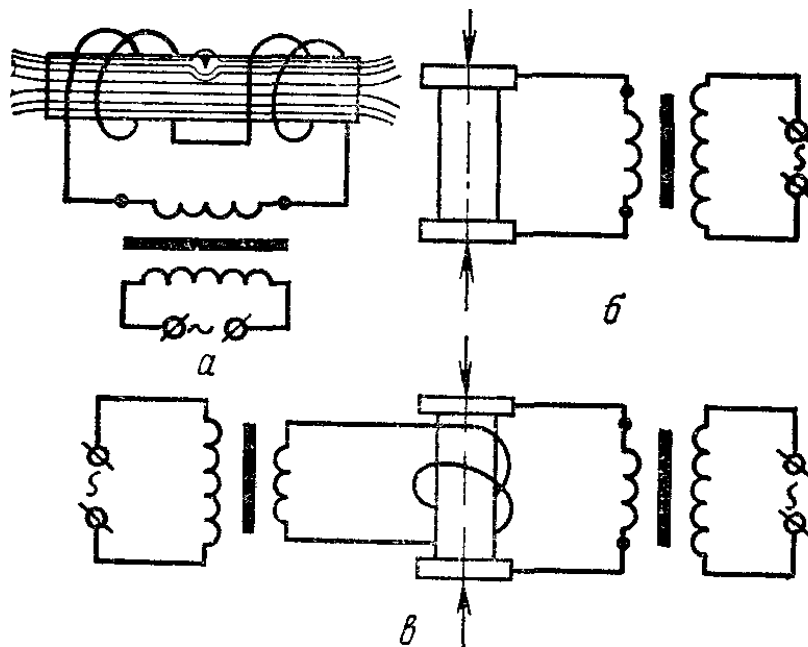


Рисунок 4.3 – Схеми намагнічування деталей змінним струмом: а – в подовжньому полі соленоїда; б – в циркулярному; в - у комбінованому

Для виявлення дефектів, розташованих перпендикулярно осі деталі, застосовують намагнічування в подовжньому полі соленоїда (рис. 4.3а); розташованих уздовж осі деталі — циркулярне намагнічування (рис. 4.3б); у різних напрямках — комбіноване намагнічування (рис. 4.3 в).

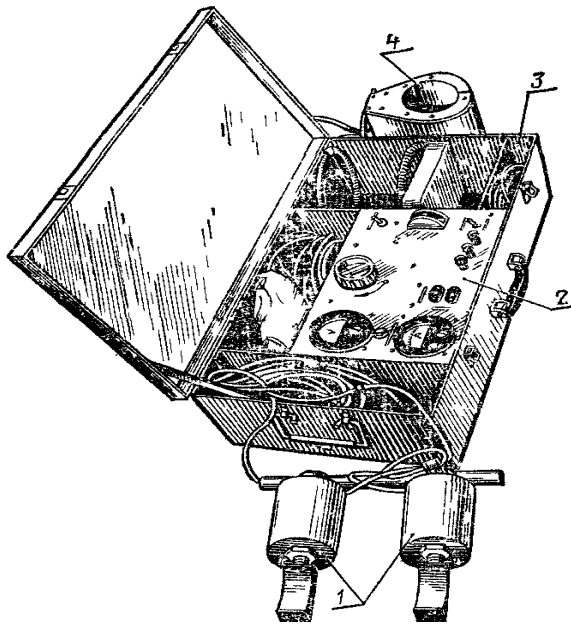


Рисунок 4.4 – Загальний вигляд магнітного дефектоскопа 77ПДМ-3М: 1 – електромагніти; 2 – панель із приладами; 3 – футляр; 4- соленоїд

Для намагнічування деталей застосовуються універсальні дефектоскопи: УМД-9000 ВІАМ, М-217ЗИЛ, ЦНВ-3, ЦНИИТМАШ, 77ПДМ-3М і ін.

Найбільш зручний переносний дефектоскоп 77ПДМ-3М (рис. 4.4).

Електроживлення дефектоскопа здійснюється від джерела постійного струму напругою 26 чи 52 В або змінного струму напругою 220 В. Намагнічування можна проводити в полі котушки соленоїда, пропусканням струму через деталь, чи укладаючи її на полюси електромагнітів 1.

За допомогою дефектоскопа типу МК (магнітний олівець) можна виявляти тріщини на невеликих ділянках поверхні деталі. При переміщенні магніту з притягнутим до нього порошком по контрольованій поверхні на невидимих тріщинах відкладається добре помітний валик з порошку.

Після магнітної перевірки деталей варто розмагнітити, для чого її поміщають усередину котушки соленоїда, а потім поступово виносять за межі дії магнітного поля чи зменшують струм у соленоїді від максимуму до нуля.

Капілярні методи засновані на явищі капілярного проникнення змочувальної рідини в поверхневі тріщини, пори і т.п. До цих методів відносяться, наприклад, люмінесцентний, який застосовуємо для виявлення поверхневих тріщин і пор у деталях, виконаних в основному з немагнітних матеріалів.

Люмінофори (мінеральні оливи чи кристалічні речовини у вигляді порошку —дефектоль, антрацен і ін.) наносять на поверхню деталей. Після деякої витримки (15—20 хв.) люмінофор проникає в тріщини, а з поверхні деталі його видаляють протиранням деревною тирсою і волосяними щітками. Очищену поверхню обдувають повітрям і наносять на неї речовину, що виявляє тріщини (вуглекислий магній, тальк чи силікагель). Піс-

ля цього деталі оглядають у затемненому приміщенні на установках ЛЮМ-1, ЛД-4 та інших у променях ультрафіолетового світла через ультрафіолетовий світлофільтр. Під дією ультрафіолетових променів люмінофори починають світитися, показуючи в такий спосіб місце розташування тріщин.

Для виявлення тріщин на феромагнітних сплавах, що мають темну поверхню, застосовується магніто-люмінесцентна дефектоскопія. Цей метод відрізняється від магнітного тем, що до суспензії додається - люмінофор.

Перевірку на наявність тріщин можна проводити і за допомогою гасу. Деталь змочують протягом 10—30 хв. гасом і витирають насухо. Потім на поверхню наносять тонкий шар крейди чи каоліну. Після висихання обмазки гас, виходячи з капілярної тріщини, змочить обмазку, показуючи розташування дефекту.

Ультразвукова дефектоскопія заснована на здатності ультразвукових коливань поширюватися в різних матеріалах на великі відстані у вигляді спрямованих пучків (променів) і відбиватися від поверхні дефектів чи послаблюватися ними. Вимірюючи час від моменту посилки імпульсів до моменту прийому їх після відбивання, можна визначити відстань до дефекту і його величину.

Для контролю якості деталей застосовують дефектоскопи УЗД-7Н, ДУК-13ІМ, ДСК-1 і ін.

### **Контрольні питання**

1. Для чого використовують дефектування деталей?
2. Які існують способи визначення стану деталей?
3. Яке обладнання використовують при дефектуванні?
4. Як визначити наявність тріщин та інших дефектів деталей?

### *Лабораторна робота № 5*

## **ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ТА ЗВАРЮВАННЯ**

**Мета:** вивчення технологічних процесів відновлення деталей шляхом нанесення покриттів та зварювання.

### **5.1 Загальні відомості**

Зварювання і наплавлення — найбільш розповсюджені способи відновлення зношених і ушкоджених деталей при ремонті машин.

Зварювання і наплавлення при відновленні сталевих деталей широко застосовується як для усунення руйнувань (тріщин, полумок і розривів), так і для нарощування зношених поверхонь.

При відновленні сталевих деталей здебільшого застосовують електрозварювання. Газове зварювання використовують в основному при зварю-



ванні сталевих деталей з малою товщиною стінок (кабіни й оперення тракторів і автомобілів, обшивки комбайнів, тонкостінні труби, нафтогара).

Для одержання доброякісного звареного з'єднання заданої якості чи наплавленого шару при відновленні деталей електрозварюванням першорядне значення мають правильний вибір електрода і дотримання технології зварювання. Вибір електрода залежить від характеру дефекту, що усувається, марки сталі, з якої виготовлена деталь, і вимог до наплавленого шару.

При заварюванні тріщин або поломок звичайно застосовують зварювальні електроди. За ДСТУ вони підрозділяються на ряд типів від Э-34 до Э-145. Основною характеристикою кожного типу є тимчасовий опір розриву зварного з'єднання. Воно вказується в найменуванні типу електрода. Наприклад, електроди типу Э-42 дають зварне з'єднання, що має тимчасовий опір розриву, рівний 420 Н/дм<sup>2</sup>. До кожного типу може відноситися кілька марок електродів. Наприклад, до типу Э-42 відносяться електроди марок ОЗЦ-1, ОММ-5; до типу Э-42А — електроди ЦМ-8, УОНИ-13/45П, ОЗС-3; до типу Э-46 — електроди ОЗС-4, АНО-3, АНО-4; до типу Э-50А-електрод У ВОНИ-13/55 і ін.

Перераховані типи електродів застосовуються для зварювання мало- і середньовуглецевих сталей. Стрижні всіх електродів виготовлені з дроту Св-08 діаметром від 1,6 до 12 мм. Типи і марки електродів відрізняються один від одного покриттям (обмазкою). Електроди з крейдовою обмазкою, що складається з 70—80% меленої крейди і 20—30% рідкого скла, відносяться до типу Э-34. Крейдова обмазка є тільки стабілізуючою, тобто сприятливою стійкому горінню дуги. Інші типи і марки електродів мають якісну обмазку. Ця обмазка, крім стабілізуючих, містить захисні, шлакоутворювальні і газоутворювальні, а іноді розкислювальні і легувальні елементи.

Умовне позначення типів складу покриття: руднокислі - Р, рутилові - Т, фтористо-кальцієві - Ф, органічні - О.

Повне умовне позначення електрода за ДСТУ містить послідовно: марку і тип електрода, його діаметр, вид складу покриття і номер ДСТУ. Наприклад, електрод ЦМ-7, що відноситься до типу Э-42, діаметром 5 мм і має покриття рутилового типу, буде мати позначення ЦМ-7-Э-42-5, 0-Р-ГОСТ 9467—60.

Зварювання маловуглецевих (зі вмістом вуглецю до 0,20%), а також низьколегованих сталей, наприклад, марок 15Х, 20ХНА, 20Х, 30Х, 18ХГТ і ін. не зустрічає труднощів.

Вуглецеві і леговані сталі із середнім і високим вмістом вуглецю зварюються гірше і мають схильність до утворення пор і тріщин. Тому при зварюванні і наплавленні середньо-, високовуглецевих і легованих сталей потрібний попередній підігрів деталей приблизно до таких температур.

Вміст вуглецю, %	0,20—0,30	0,30—0,45	0,45—0,80
Температура підігріву, градусів	100—150	150—250	250—400

Після зварювання таких сталей відмінні результати дає також наступний відпуск при температурі 600—650°С або при 400° протягом 2 годин.

Рекомендується перед зварюванням підігрівати масивні деталі для одержання глибокого провару і попередження великого відводу тепла від місця зварювання в глиб деталі.

При відновленні зношених деталей електродуговим наплавленням вибір електродів залежить від марки сталі деталі, що наплавляється, необхідної твердості покриття і зносостійкості наплавленого шару.

Наплавлення зношених поверхонь деталей, виготовлених з маловуглецевої сталі і що не піддаються термічній чи хіміко-термічній обробці, можна проводити зварювальними електродами.

При наплавленні деталей зі середньовуглецевих і легованих сталей (наприклад, сталей марок 30, 35, 45, 30X, 35X, 40X), загартованих, а також з маловуглецевої сталі, але з цементованою поверхнею повинні застосовуватися спеціальні наплавні електроди чи тверді сплави.

ДСТУ установлює ряд типів наплавних електродів, що розрізняються за хімічним складом наплавленого шару. Позначення типу електрода розшифровується в такий спосіб: букви «ЭН» означають «електрод для наплавлення», потім вказуються основні хімічні елементи, що входять до складу наплавленого шару, і їхній середній вміст у відсотках. Позначення хімічних елементів загальноприйняте: У — вуглець, С — кремній, Г — марганець, Н — нікель, Х — хром, Т — титан, Р — бор, Ф — ванадій і т.д. Спочатку вказується вміст вуглецю, при цьому, якщо в позначенні типу електрода є буква У, той вміст вуглецю даний у десятих частках відсотка, а якщо він відсутній — у сотих частках. Останні цифри вказують твердість шару (HRC).

Наприклад, позначення типу електрода ЭН-14М2Х-30 означає: електрод для наплавлення, у наплавленому шарі міститься 0,14% вуглецю, 2% марганцю, 1% хрому, твердість шару —30 HRC.

Вказівки на твердість наплавленого шару (НВ) містяться іноді й у позначеннях марки електрода, наприклад, електрод ОЗН-300, Т-590 і ін.

Типам електродів відповідають визначені марки електродів. Повна умовна позначка електрода для наплавлення містить його марку, тип, діаметр і ДСТ. Наприклад, електрод марки ОЗН-300 діаметром 5 мм буде мати позначення: ОЗН-300-ЭН-15ГЗ-25, 5,0 ДСТ 10051-62 і ДСТ 9466-60.

Стрижні наплавних електродів виготовляються як з вуглецевого, так і з легованого зварювального дроту. Легувальні елементи вводять у наплав-

лений шар як з покриття і матеріалу стрижня, так і тільки з матеріалу покриття.

Найбільш широке застосування для наплавлення автотракторних деталей знайшли електроди марок ОЗН-300 і В-340 п/б (тип ЭН-15ГЗ-25), ОЗН-400 (тип ЭН-20Г4-40); для наплавлення деталей з високомарганцевої сталі Г13 — електроди ОМГ-Н (тип ЭН-70ХН-25); для наплавлення швидко зношуваних деталей, що працюють в умовах абразивного зношування,— електроди марок Т-90, ЦС-1, ЦС-2 і інші.

В останні роки для одержання наплавлених шарів високої твердості застосовують порошкові електроди – трубчасті стрижні діаметром 2–8 мм із маловуглецевої сталі з наповнювачем. У якості наповнювача використовують тверді сплави, найчастіше сормайт, феросплави, карбід вольфраму. На електрод наноситься захисне покриття (обмазка).

Випускаються трубчасті наплавочні електроди ЭПН-1, ЭТН-2, ЭТН-3, ЭТН-4.

При газовому зварюванні для заварювання тріщин, розривів, приварювання накладок на сталеві деталі і зварювання металоконструкцій застосовують зварювальний дріт Св-08, Св-08А.

Останнім часом усе ширше для газового зварювання застосовують зварювальні дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, наприклад, дроти Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, а також леговані зварювальні дроти, наприклад Св-18ХГСА, Св-18ХМА, Св-10ХГ2С і ін.

Часто використовують наплавні дроти Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-10ГЗ і ін., що дають зварювальне з'єднання чи наплавлений шар з високими механічними властивостями.

Як при електродуговому, так і при газовому наплавленні тверді і зносостійкі шари на сталевих деталях можна одержати шляхом наплавлення на них твердих сплавів, що можуть бути литими, у вигляді стрижнів і порошкоподібні (зерноподібні).

До литого відносяться, наприклад, сормайт № 1, № 2 і стеліти В2К і ВЗК, що мають високу твердість і зносостійкість за рахунок великого вмісту вуглецю, хрому, нікелю, марганцю і т.д. Ці сплави можуть наплавлятися газовим полум'ям, а також можуть бути стрижнями електродів (наприклад, електроди ЦС-1 і ЦС-2).

До порошкоподібних твердих сплавів відносяться наступні: сталініт, що містить 37,7% ферохрому, 10,8% феромарганцю, 47,1% чавунного порошку, 4,4% нафтового коксу; боридна суміш (50% борида хрому і 50% залізного порошку); наплавна суміш КБХ (60% ферохрому, 33% залізного порошку, 5% борида хрому, 2% карбіду хрому) і ін. Ці сплави наносяться на поверхню деталі, розплавляються і сплавляються з нею за допомогою газового полум'я чи електричної дуги.

При наплавленні твердих сплавів як електрозварюванням, так і газовим зварюванням застосовують буру чи суміш — 50% бури і 50% борної кислоти.

Діаметр електрода при зварюванні вибирають у залежності від товщини металу, що зварюється, (табл. 5.1).

При зварюванні вертикальних швів застосовують електроди діаметром не більшим 5—6 мм, а при стельовому зварюванні — не більшим 4 мм. Величина струму встановлюється в залежності від діаметра електрода. Для зварювання сталі в нижньому положенні необхідну величину струму можна визначити за даними таблиці 5 чи з виразу  $I=(40-50)d_{ел}$ , де  $d_{ел}$  — діаметр електрода, мм.

При зварюванні вертикальних і стельових швів величина зварювального струму приймається на 10—20% меншою, ніж при зварюванні в нижньому положенні.

Поверхня металу в лінії зварювання чи поверхня під наплавлення повинна бути зачищена до металевого блиску. При зварюванні тріщини кінці її повинні бути насвердлені свердлом діаметром 3—4 мм.

При товщині стінки деталі, що зварюється, чи листів (смуг) до 4 мм і зварюванні в стик чи заварюванні тріщини оброблення кромки не проводять. При товщині стінок від 4 до 8 мм крайки обробляють, або проводять зварювання без обробки, але з обох боків.

При зварюванні тонколистової сталі (товщиною до 3 мм) рекомендується застосовувати електроди МТ, ОМА-2 і малопотужні джерела живлення зі зниженою робочою напругою — зварювальні трансформатори СТАН-0, ТС-120, ТСП-1, перетворювачі ПСО-120.

Діаметр електрода і величину струму при наплавленні беруть меншими ніж при зварюванні. Наплавлення варто вести короткою дугою з перекриттям сусідніх валиків на 30—50%, причому електрод повинен бути нахилений під кутом 15—20° до вертикалі по напрямку руху. Наплавлення рекомендується проводити, поєднуючи переміщення електрода в напрямку наплавлення з поперечним коливанням його таким чином, щоб ширина валика дорівнювала приблизно 2,5 діаметрам електрода. Товщина наплавленого шару виходить рівною приблизно  $0,7d_{ел}$ .

**ТАБЛИЦЯ 5.1**

Товщина металу, що зварюється, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Товщина металу, що зварюється, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А
0,5—1,0	1,6	20—30	4,0—6,0	4,0	140-150
1,0	2,0	20—30	6,0—8,0	4,0—5,0	160-200
1,5	2,0	30—50	8,0—12,0	5,0	210-230
2,0	2,0—3,0	40—70	12,0—16,0	5,0—6,0	230-270
3,0	3,0	70—120	16,0—20,0	5,0—6,0	240-280
3,0—4,0	3,0	90—120	Більше 20	6,0	260-300

Полярність постійного струму приймають у залежності від марки електрода. Зварювання масивних деталей ведуть або на змінному струмі, або на постійному прямої полярності, вибираючи відповідну марку електрода, тому що на «плюсі» температура на 500—600°C вище, ніж на «мінусі». Зварювання тонкостінних деталей і наплавлення ведуть на струмі зворотної полярності. При газовому зварюванні діаметр прутка чи дроту вибирають зі співвідношення:

$$d = \frac{b}{2} + 1 \text{ мм},$$

де  $b$  — товщина основного металу, мм.

Зварювальні пальники підбирають з розрахунку витрати ацетилену 100—120 л/год на 1 мм товщини металу.

Зварювання отворів електродом можлива при глибині отвору  $L < 1,5d$  ( $d$ —діаметр отвору). Порядок і послідовність зварювання отворів показані на рисунку 5.1а. Якщо глибина отвору більша 1,5 $d$ , але не більша 3 $d$ , то його можна зварювати з двох сторін, попередньо вклавши в середину сталеву шайбу (рис. 5.1б). Якщо ж  $L$  більша 3 $d$ , необхідно розсвердлити отвір перед зварюванням.

При зварюванні чи напавленні внаслідок нерівномірного нагрівання різних ділянок деталі в ній виникають внутрішні напруження, що можуть привести до деформації (жолоблення) деталі чи навіть до утворення тріщин. Уникнути тріщин і зменшити чи уникнути жолоблення можна різними способами. Найкращі результати в цьому відношенні дає попередній підігрів деталі перед зварюванням чи напавленням з наступним повільним охолодженням. Температура нагрівання залежить від виду термообробки деталі при її виготовленні, але не повинна перевищувати 700°C.

При напавленні циліндричних поверхонь процес впливає вести чи по гвинтовій лінії, чи уздовж осі деталі, накладаючи валики в порядку, показаному на рисунку 5.2. При зварюванні тріщин, зварюванні смуг (листів) рекомендується вести зварювання короткими ділянками довжиною 40—50 мм, врозкид, починаючи з країв, потім у середині і т.д., бажано з перервами для охолодження. Перед зварюванням чи напавленням можна задати деталі попередню деформацію у бік, зворотній тому, де варто очікувати жолоблення. У цьому випадку при зварюванні (напавленні) деталь розпрямиться.

При напавленні термічно оброблених деталей їх варто поміщати у ванну з водою так, щоб поверхня, яка напавляється, виступала над рідиною.

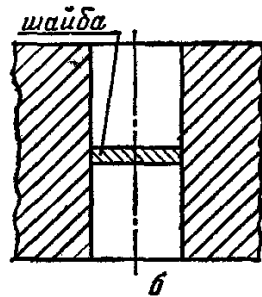
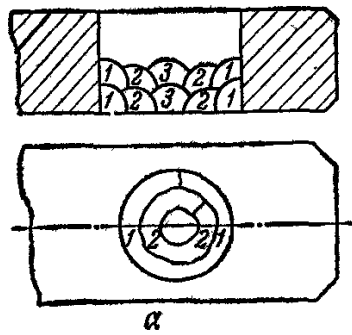


Рисунок 5.1 – Зварювання отворів: а – порядок зварювання отворів; б – зварювання глибоких отворів з постановкою шайби

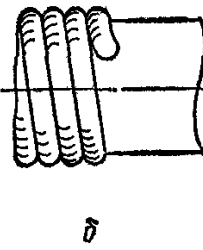
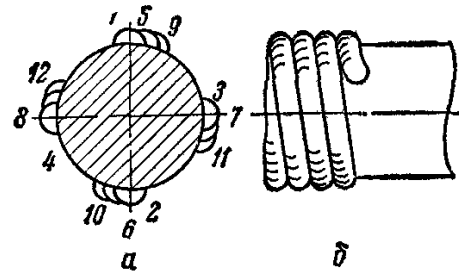


Рисунок 5.2 – Наплавлення циліндричних деталей: а – порядок накладення валиків уздовж деталі; б – наплавлення по спіральній лінії

## 5.2 Устаткування для зварювання і наплавлення

Як джерела живлення електроенергією при веденні електрозварювальних і наплавочних робіт застосовують зварювальні трансформатори, перетворювачі і випрямлячі. Найбільше поширення одержали зварювальні трансформатори типу ТС і ТСК (ТС-120, ТС-300, ТС-500, ТСК-300, ТСК-500. Число позначає номінальний зварювальний струм).

Зварювальний перетворювач являє собою агрегат, що складається зі зварювального генератора постійного струму і двигуна приводу генератора. Найбільше поширення мають перетворювачі ПСО-120, ПСО-300, ПСО-500, ПСО-800.

Випрямлячі, власне кажучи, також є перетворювачами, де в агрегат об'єднані трифазний понижувальний трансформатор і блок випрямлячів (селенових, кремнієвих чи германієвих). Трансформатор і випрямлячі змонтовані в загальній металевій шафі, де також установлені: вентилятор для охолодження випрямлячів, пускорегульовальна апаратура, вольтметр і амперметр.

Для ручного електрозварювання (наплавлення) застосовують випрямлячі ВСС-120-4, ВСС-300-3 (селенові), У КС-120, У КС-300, У КС-500 (кремнієві).

Устаткування для газового зварювання залежить від роду застосовуваного горючого газу. Ацетилен одержують в ацетиленових генераторах з карбїду кальцію шляхом дії на нього води чи в балонах. Пропан-бутанова суміш і природний газ надходять на підприємства в балонах. Кисень для суміші з горючими газами доставляється також у балонах ємністю 40 л.

Пальники для газового зварювання мають змінні наконечники для зварювання металу різної товщини (пальник малої потужності ГС-2 має наконечники № 0 ... 3, середньої потужності ГС-3 наконечники № 4 ... 7 і

великої потужності ГС-4 наконечники № 8 і 9). У залежності від витрати ацетилену наконечники поділяються на 9 номерів.

№ наконечника	0	1	2	3	4	5
Витрата горючого газу, л/год	20-65	50-125	120-240	230-400	400-700	660-1100

№ наконечника	6	7	8	9
Витрата горючого газу, л/год	1050-1750	1700-2800	2800-4500	4500-7000

Для ведення зварювання пропан-бутановою сумішшю чи природним газом з киснем застосовуються інжекторні пропан-бутано-кисневі пальники (ГЗМ-1-62 і ГЗУ-1-62) без підігрівників і більш потужні пальники з підігрівниками і підігрівальними камерами (ГЗМ-2-62 у ГЗУ-2-62).

### 5.3 Ремонт чавунних деталей

Зварювання і наплавлення чавунних деталей пов'язані зі значними труднощами — чавун має обмежену зварюваність. При швидкому охолодженні шва відбувається вибіл чавуну, що надає йому високу твердість і крихкість. Крім того, через нерівномірне нагрівання, охолодження деталі і різні коефіцієнти усадки матеріалів деталі і шва виникають значні внутрішні напруження, що є причиною утворення нових тріщин у процесі зварювання і після нього. Внаслідок вигорання вуглецю і кремнію утвориться велика кількість газів і різних жужільних з'єднань, що не встигають вийти з розплавленого металу: шов виходить пористим і забрудненим неметалічними включеннями.

Підготовка чавунних деталей до зварювання починається з виявлення дефектних ділянок і границь тріщин. Кінці тріщин насвердлюють свердлом діаметром 4—5 мм, поверхню металу навколо тріщини зачищають до блиску. Після оброблення тріщини можна приступати до зварювання (наплавлення).

**Гаряче зварювання.** Найкраща якість звареного з'єднання чи наплавленого шару на чавунних деталях виходить при гарячому газовому зварюванні (із загальним нагріванням деталі). При цьому способі деталей нагрівають у печі до температури 650—700°C і в гарячому стані роблять заварювання тріщини чи наплавлення. Рекомендується двостадійне нагрівання. Наприклад, для блоків, головок циліндрів і інших великих деталей за наступною схемою: нагрівання до 400°C за 1 годину і від 400 до 650°C за 30 хвилин.

У процесі зварювання деталей не повинна охолоджуватися нижче 500°C. Для цього її після нагрівання поміщають у термос, що має подвійні

стілки з листової сталі з азбестовим наповненням. У термосі зроблені люки для зварювання типових для даної деталі дефектів. Після зварювання деталі піддають відпалу при температурі 600—650° і охолоджують разом з піччю чи в спеціальних термосах протягом 1,5—2 години.

Зварювання звичайно проводять газовим пальником, установлюючи полум'я з надлишком горючого газу. Матеріал для присадки - чавунні прутки типу А, зношені поршневі кільця із сірого чавуну.

Як флюс може застосовуватися технічна бура (бажано прожарена) чи суміш — 50% бури і 50% двовуглекислого натрію. Для зварювання чавуна чавунними прутками промисловість випускає флюси марок ФСЧ-1 і ФСЧ-2.

При зварюванні тріщин у нагрітих деталях електрозварюванням застосовуються електроди, що представляють собою чавунні прутки з обмазкою, значну частку якої (40—50%) складає графіт.

Зварювання чавуну при загальному нагріванні дозволяє одержати міцний і щільний шов. Таким способом можна відновлювати блоки, головки циліндрів і т.п. Недоліки цього способу такі: складність необхідного устаткування, значне жолоблення деталі, мала продуктивність і висока вартість відновлення деталей.

**Холодне зварювання.** При цьому способі деталь не підігрівається, тому повинні застосовуватися такі прийоми, а також електроди і матеріали для присадки, які б знижували до мінімуму можливість відбілювання чавуну, загартування зварювального шва і появи внутрішніх напружень у деталі.

При холодному газовому зварюванні чавун у місці зварювання розплавають пальником повільно, щоб графіт встиг розчинитися. У той же час не можна перегрівати метал. Тому вибирають пальник з меншою витратою ацетилену (80—90 л/год на 1 мм товщини зварюваного металу), ніж при зварюванні сталі; відстань між деталлю і конусом полум'я встановлюють у межах 20-30 мм.

Холодне електрозварювання чавуну ведуть на постійному струмі при зворотній полярності (для зменшення нагрівання), застосовуючи електроди малого діаметра (3—4 мм). Величину струму встановлюють знижену (25—30)А.

Холодне газове й електричне зварювання чавуну варто вести короткими швами довжиною до 40—50 мм, врозкид, із проміжним охолодженням до 50—60°. Холодне зварювання чавуну можна вести наступними матеріалами для присадки та електродами: чавунними прутками чи електродами; сталевими електродами (електрозварювання); комбінованими і пучковими електродами; монелевими прутками чи електродами; латунню чи спеціальними припоями (зварювання-пайка газовим полум'ям).

Зварювання чавунними прутками чи електродами звичайно застосовується при зварюванні таких ділянок, де є можливість вільного розширення і скорочення деталі при нагріванні й охолодженні (наприклад, приварку



відламаной частини фланця, лап кронштейнів і т.п.). При цьому використовуються прутки марок Б, НЧ-1, НЧ-2, а для зносостійкого наплавлення — прутки марок БЧ і ХС. Можна застосовувати також зношені поршневі кільця. Флюси залишаються ті ж, що і при гарячому зварюванні.

Електрозварювання проводять чавунними прутками, покритими обмазкою, що дає можливість одержувати наплавлений шар з чавуну. Для цього до складу обмазки вводять компоненти, що містять вуглець і графітоутворювальні компоненти, здатні здійснити графітизацію металу шва в умовах короткочасного існування зварювальної ванни. Часто застосовують обмазки такого складу: графіт (40%), феросиліцій (40—45%), алюмінієвий порошок (10%), вуглекислий барій (5—10%); графіт і крейда по 50%. Промисловість випускає електроди з чавунними стрижнями й обмазками ОМЧ-1, МСТ, ЦНИИВТ і ін.

Зварювання електродами з маловуглецевої сталі одержало широке поширення. Для одержання гарної якості зварювального шва і відсутності тріщиноутворення застосовують спеціальні способи зварювання, наприклад, зварювання накладенням відпалених валиків. При цьому способі звичайно використовують електроди з дроту Св-08 із крейдовою обмазкою чи електроди марки УОНИ-13/55. Послідовність накладення валиків така: перший валик, що накладається на чавун, внаслідок перемішування електродного матеріалу з основним являє собою сталь зі вмістом вуглецю 0,6—0,8%. Накладення на перші валики других валиків для відпалювання, відпалює шари, що лежать нижче, і приводить до одержання м'якого шва.

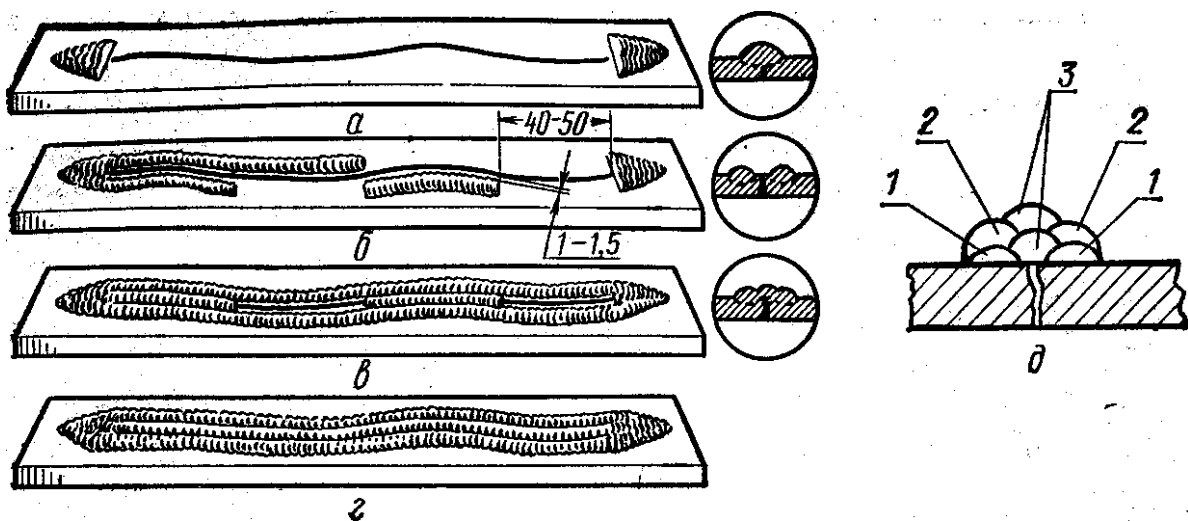


Рисунок 5.3 – Заварка тріщин у тонкостінних деталях способом валиків для відпалювання: а — обварювання кінців тріщини валиками для відпалювання; б — наплавлення подвійних підготовчих валиків врозкид; в — початок зварювання підготовчих валиків сполучним; г — остаточне зварювання тріщин; д — спосіб зварювання з нанесенням спеціальних валиків для відпалювання: 1 — підготовчий валик; 2 — для відпалювання; 3 — сполучний

Під час зварювання тріщини в тонкостінній чавунній деталі спочатку обварюють кінці тріщин (рис. 5.3а). Потім врозкид на ділянках довжиною 40—50 мм із проміжним охолодженням уздовж тріщини наплавляють підготовчі валики (рис. 5.3б), після чого наносять сполучні валики, що одночасно слугують і для відпалювання (рис. 5.3б, г). Можна спочатку нанести на підготовчі валики для відпалювання, а потім уже сполучні (рис. 5.3д). Після нанесення кожного валика рекомендується його проковування.

При зварюванні товстостінних чавунних деталей шов перед зварюванням обробляють так, щоб ширина оброблення у верхній частині в 2—3 рази перевищувала товщину деталі, що зварюється. На рисунку 5.4 показана схема обварювання крайок і заповнення оброблення. У цьому випадку дуже важливо, щоб валик для відпалювання накладався на підготовчий, а не на чавун деталі.

Спосіб зварювання з нанесенням валиків для відпалювання застосовують при відновленні блоків, картерів, корпусів задніх мостів і т.д. Цей спосіб дозволяє одержати шов, що піддається механічній обробці при порівняно високій міцності і щільності.

Для зварювання чавуну випускаються спеціальні сталеві електроди ЦЧ-4 і залізонікелеві ЦЧ-3А. Цими електродами можна проводити зварювання одним швом (без валиків для відпалювання) зворотно ступінчастим способом.

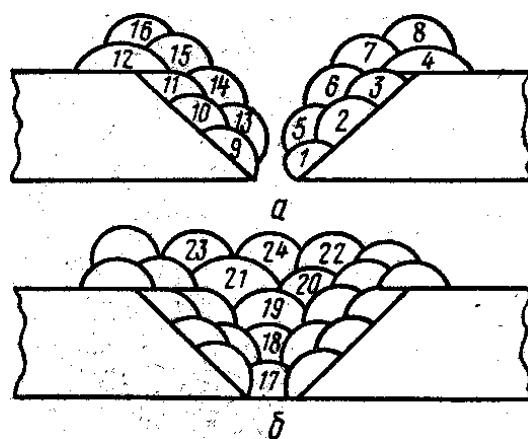


Рисунок 5.4 – Порядок накладення валиків при зварюванні тріщин у товстостінних чавунних деталях: а — обварювання крайок (валики 1—4 і 9—12) і накладення валиків для відпалювання(5—8 і 13—16); б— накладення сполучних валиків(17—24)

Для забезпечення щільності шва часто на нього наносять клейову суміш, наприклад епоксидну.

**Зварювання з установкою ущільнювальних штифтів і скоб сталевими електродами** застосовуються для одержання великої міцності (80—100% міцності основного металу), наприклад, приварювання лап до корпусу заднього моста, приварювання відламаних вушок до переднього бруса рами і т.д. У залежності від товщини деталі після її підготовки встановлю-

ють штифти чи скоби (рис. 5.5а). Обварювання їх проводять у два шари: перший шар — підготовчий, другий — для відпалювання. Подальше й остаточне зварювання проводять способом валиків для відпалювання (рис. 5.5б).

**Зварювання комбінованими і пучковими електродами.** Для одержання щільного з'єднання при зварюванні чавуну використовують також комбіновані мідно-залізні електроди, що містять 80—90% міді і 10—20% заліза. Такі електроди випускаються під марками 034-1 (мідний стрижень з обмазкою УОНИ-13/55, у яку доданий залізний порошок), АНЧ-1 (дріт з нержавіючої сталі з мідною оболонкою і захисним покриттям) і т.п. Комбіновані електроди можна виготовляти самостійно, надягаючи на сталевий стрижень мідну трубку, обмотуючи мідний стрижень смужкою листового заліза і т.д. Після виготовлення на електрод наносять стабілізуюче (крейдове) чи захисне покриття (обмазку типу УОНИ-13). Зварювання рекомендується проводити на постійному струмі зворотної полярності. Оброблення крайок тріщини виконують під кутом 80—90°. Після нанесення кожного валика рекомендується його прокувати.

Міцність шва, отриманого при зварюванні комбінованим електродом, менше, ніж при зварюванні сталевими чи чавунними електродами. Тому цей вид зварювання застосовують для відновлення герметичності щільності в таких деталях, де не висуваються високі вимоги до міцності. Використання дефіцитного матеріалу — міді, і виділення при зварюванні отруйних випаровувань є недоліками даного способу.

Замість комбінованих електродів можна використовувати пучок електродів, що складається зі сталевого електрода УОНИ-13/55, одного мідного й одного латунного дроту.

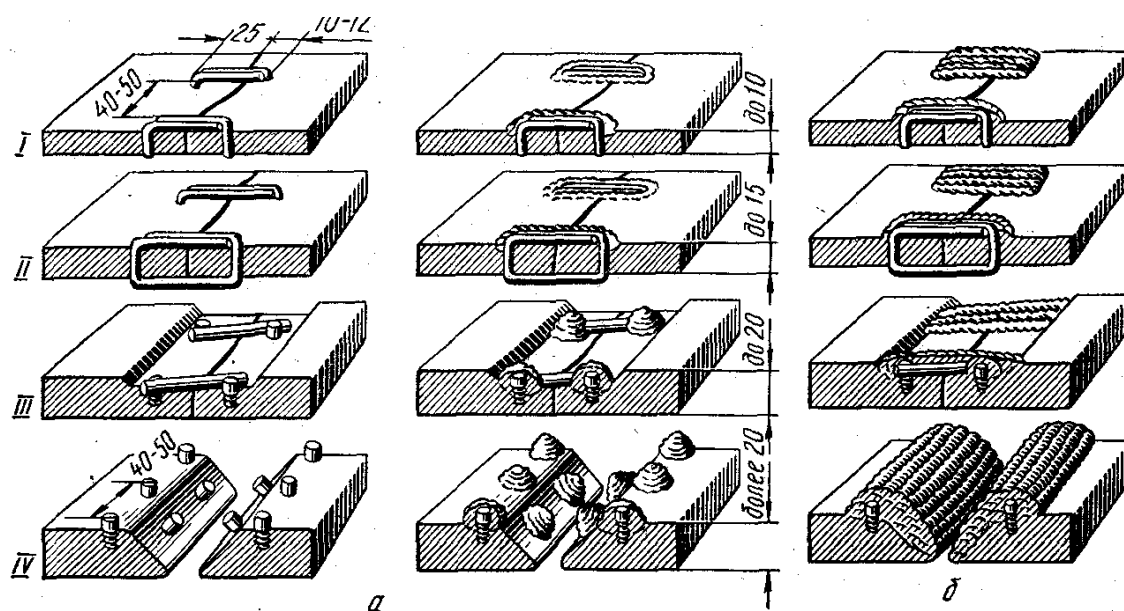


Рисунок 5.5 – Зварювання чавунних деталей з постановкою штифтів і скоб: а — підготовка і початок обварювання; б — подальше й остаточне

зварювання; *I, II* — зварювання з встановленням скоб; *III, IV* — зварювання з встановленням різьбових штифтів

**Зварювання-пайка латунню чи спеціальними припоями** проводиться газовим полум'ям. При товщині деталей до 25 мм роблять скіс крайок під кутом 80-90°, при більшій товщині варто проводити східчасту обробку. Бажано, щоб поверхня крайок була шорсткуватою, для чого її насікають зубилом. З поверхневого шару крайок графіт рекомендується випалити, застосовуючи газове полум'я з надлишком кисню.

У якості матеріалу для присадки при пайці застосовують латунь. Крайки тріщини нагрівають до температури плавлення латуні (880—900°C), досипають флюсом, лудять припоєм, а потім наплавляють шов. Під час пайки не можна допускати розплавлення чавуна. При пайці чавуну латунню одержують щільний шов, але міцність з'єднання невелика (не більш 50—60% міцності основного металу). Область застосування цього способу зварювання та ж, що і при використанні комбінованих електродів.

В даний час для зварювання-пайки чавуну випускаються спеціальні припої (дроту ЛОК-59-1-03 і ЛОМНА-49-05-10-4-04, Л-62 і ін.) і флюси (ФПСН-1 і ФПСН-2).

**Зварювання чавуну монель-металом** (мідно-нікелевий сплав: мідь 30%, нікель 65, марганець 1,5—2 і залізо 3—3,5%) дає гарні результати. Зварювання можна вести як газовим полум'ям, так і електричною дугою. При електрозварюванні застосовуються електроди, що складаються з монелевого стрижня з обмазкою УОНИ-13/55 (електроди МНЧ-1). Електрозварювання ведуть на постійному струмі при зворотній полярності короткими ділянками, врозкид, із проміжним охолодженням і проковуванням кожного валика. Монель-метал задовільно сплавляється з чавуном, відбілювання чавуну не відбувається. Щільність звареного з'єднання цілком задовільна, а міцність шва трохи знижена. Недолік — порівняно висока вартість і дефіцитність монель-металу.

Ковкий чавун погано піддається газовому зварюванню. Тому електродугове зварювання ковкого чавуну звичайно ведуть мідно-залізними електродами чи електродом ЦЧ-4 на постійному струмі зворотної полярності.

#### **5.4 Зварювання деталей з алюмінію і його сплавів**

Зварювання утруднене тому, що алюміній погано сплавляється з металом для присадки через утворення тугоплавкої окисної плівки  $Al_2O_3$ , що плавиться при температурі 2050°C у той час, як температура плавлення алюмінію 658°C, а кипіння — 1800°C.

Для сплавлення алюмінію з металом для присадки необхідно зруйнувати і зняти окисну плівку, що досягається введенням у зварювальну ванну флюсів. Плівка може бути вилучена і механічним шляхом.

У якості металу для присадки застосовують алюміній з добавкою 5—6% кремнію чи металу, який однорідний із тим, що зварюється. Деталь, що

підлягає зварюванню, очищають від бруду й мастил, а місце зварювання зачищають сталеву щіткою до металевого блиску. Потім деталь підігрівають до 250—300°C (щоб уникнути жолоблення) і на крайки тріщин насилають шар флюсу (при газовому зварюванні). Матеріал для присадки також рекомендується підігріти. При електродуговому зварюванні флюс у вигляді обмазки товщиною 0,5—1,0 мм наносять на електродні прутки. До складу флюсів можуть входити в різних співвідношеннях такі матеріали: хлористі – натрій, калій, літій, барій; фтористі – калій, кальцій; кріоліт і ін. Перед нанесенням обмазки на електроди її складові частини змішуються з водою, у якій розведені крохмаль чи декстрин.

Для зварювання чистого алюмінію випускаються електроди під маркою ОЗА-1, а для зварювання сплавів алюмінію - ОЗА-2. Електрозварювання алюмінію варто проводити на постійному струмі зворотної полярності, короткою дугою без перерви. Силу струму вибирають у залежності від діаметра електрода (для діаметрів 4, 5 і 6 мм, відповідно 110—140, 140—170 і 180—240А).

Після зварювання деталі з алюмінію і його сплавів варто повільно охолоджувати в термосі. Щоб уникнути роз'їдання металу шва залишками флюсу і шлаку шов ретельно промивають гарячою чи підкисленою водою і зачищають сталевими щітками.

На ремонтних підприємствах застосовують також газове зварювання алюмінію без флюсу. Окисну плівку руйнують і видаляють сталевими шкребками в процесі підігріву і розплавлення металу деталі. Щоб уникнути проплавлення («провалювання») металу при заварюванні тріщин у пустотілих деталях їх набивають піском. Отвори, через які може висипатися пісок, замазують глиною. Для відновлення головок блоку застосовують гаряче зварювання (нагрівши до 300—400°C) пропан-бутано-кисневим полум'ям із присадкою АЛ2, АЛ4, АЛ9. Перед заварюванням отворів під свічки головку циліндрів установлюють на підставку з пробками, а всередину отворів кладуть шматочки матеріалу для присадки. Великі пробоїни спочатку заливають розплавленим алюмінієм, після чого обварюють по лінії сплавлення. Потім деталі повільно охолоджують, видаляють з них пісок і глину, промивають у гарячій воді і, якщо необхідно, обробляють, випробують на герметичність.

Електрозварювання алюмінію і його сплавів можна проводити без флюсів, запобігаючи утворенню окисної плівки. Для цього зварювання ведуть у середовищі захисного газу — аргону (аргоно-дугове зварювання). Присадку (алюмінієві прутки) вводять у дугу, що горить між деталлю і вольфрамовим електродом, що не плавиться. Зварювання можна вести як на постійному, так і на змінному струмі.

### **5.5 Механізовані способи зварювання і наплавлення**

Механізоване зварювання (наплавлення) може бути автоматичне і напівавтоматичне. У першому випадку механізована як подача електродного

матеріалу у вигляді дроту чи стрічки в зону зварювання (наплавлення), так і відносне переміщення електрода і деталі. В другому випадку механізована тільки подача електрода, тобто електродний дріт по шлангу подається до тримача, який зварник переміщає вздовж деталі.

### 5.5.1 Автоматичне зварювання і наплавлення під шаром флюсу. ?

Схема установки для наплавлення під шаром флюсу зображена на рис. 5.6. Електрична дуга горить між кінцем електродного дроту 1 і деталлю 6. Дріт подається в зону наплавлення за допомогою механізму подачі 3. З бункера 9 у зону горіння дуги надходить флюс, де частина його плавиться, утворюючи еластичну оболонку, що захищає розплавлений метал від взаємодії з киснем і азотом повітря. Невикористаний флюс повертається в бункер. Під тиском газів, що виділяються при зварюванні, ця оболонка відтискується, утворюючи газовий міхур, у якому і горить дуга. Після переміщення дуги розплавлений флюс твердне, перетворюючись в жувільну кірку, що потім відокремлюється при легких ударах. Шлак може бути повторно використаний у суміші зі свіжим флюсом.

Шар флюсу в сипучому стані покриває зону горіння дуги і створює тиск на розплавлений метал, завдяки чому відбувається гарне формування шару наплавленого металу.

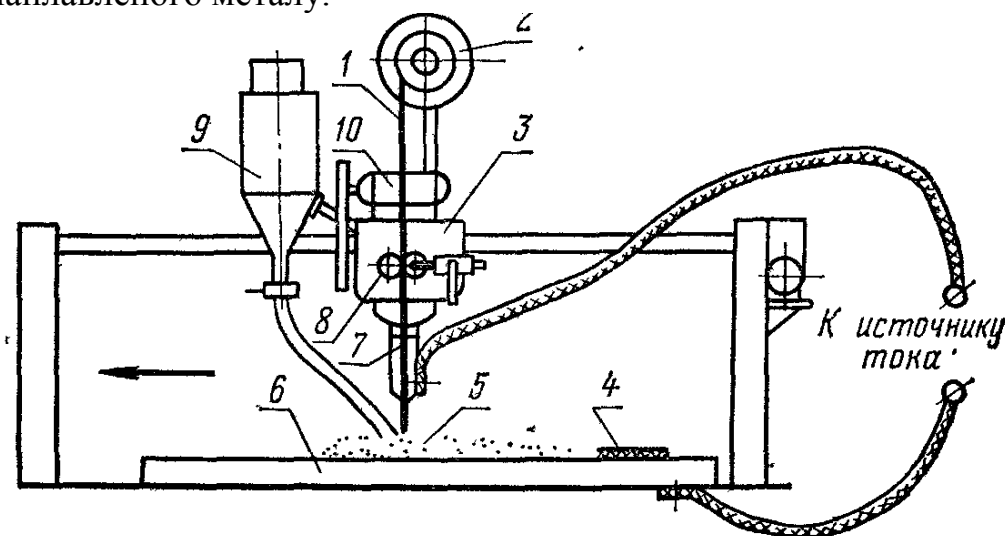


Рисунок 5.6 – Схема автоматичного зварювання (наплавлення) під шаром флюсу: 1 — електродний дріт, 2 — касета з дротом, 3 — механізм подачі, 4 – жувільна кірка, 5 – шар флюсу, 6 – деталь, 7 – наконечник, 8 – ролики для протягування механізму подачі, 9 – бункер із флюсом, 10 – електродвигун

Устаткування для автоматичного наплавлення включає зварювальну головку, джерело живлення, токарний чи спеціальний верстат і апаратну шухляду.

Найбільше поширення одержали наступні автомати (головки): А-580М, типу АБС, АДС-1000-3, А-874Н і ін. Для напівавтоматичного зва-

рювання застосовують шлангові напівавтомати ПШ-5, ПШ-54, ПДШМ-500. Як джерела живлення використовують зварювальні перетворювачі ПСО-500, ПСУ-500, зварювальні трансформатори типу ТСД-500 і ТСД-1000, зварювальні випрямлячі ВСС-400, ВКСМ-500, У КСМ-1000 і ін. Наплавлення на постійному струмі ведуться на зворотній полярності. Наплавлення під флюсом проводиться при напрузі 26—36 В, щільність струму значно більша, ніж при ручному зварюванні, — до 50—100 А/мм<sup>2</sup> перетину електрода. Швидкість наплавлення, тобто швидкість переміщення електрода щодо деталі чи навпаки, буває звичайно в межах 12—45 м/год, а швидкість подачі дроту — 80—120 м/год (до 300 м/год). Товщина наплавленого шару регулюється зміною діаметра і швидкості подачі електрода кроку наплавлення. Звичайно крок наплавлення приймається рівним 3—12 мм, кожен валик повинний перекривати попередній на 1/2—1/3 його ширини.

Виліт електрода з мундштука встановлюють у межах 10—25 мм, крім того, для одержання гарної якості шва він повинний бути зміщений від зеніту убік, протилежний напрямку обертання деталі на 5—20 мм (у залежності від діаметра деталі, сили струму і т.п.).

Як електродний матеріал при наплавленні під флюсом можуть застосовуватися: зварювальні (наплавочні) дроти діаметром від 1,6 до 3,0 мм — вуглецеві і леговані (див. вище), порошкові дроти (наприклад, ПП-3Х2В8, ПП-4Х2ВФ і ін.) і порошкові стрічки, заповнені феросплавами, твердими сплавами й іншими компонентами.

Флюси, застосовувані при зварюванні і наплавленні, підрозділяються за способом приготування на два основних види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси одержують сплавленням компонентів. У своєму складі вони мають в основному стабілізуючі, шлако- і газоутворювальні елементи, але не містять легувальних елементів і, отже, не можуть додати високу твердість наплавленому шару. Найбільше поширення одержали флюси марок АН-348А, ОСЦ-45 і АН-60, які застосовують для зварювання і наплавлення вуглецевими і низьколегованими дротами чи стрічками як суцільними, так і порошковими. До складу цих флюсів входять: окис кремнію (SiO<sub>2</sub>), окис алюмінію (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), окис марганцю (MnO), окис магнію (MgO), окис заліза (FeO), фтористий кальцій (CaF<sub>2</sub>) і інші компоненти.

Керамічні флюси містять, крім компонентів, подібних до компонентів плавлених флюсів, легувальні добавки (звичайно у вигляді феросплавів — ферохром, феромарганець і ін.) для одержання наплавленого шару з потрібними властивостями. Наплавлення ведуть низьковуглецевими дротами без термообробки наплавленого шару.

Усі компоненти керамічного флюсу подрібнюють, ретельно перемішують і замішують на рідкому склі. Отриману пасту гранулюють у зерна, які потім просушують у прожарюють.

В даний час широко використовуються керамічні флюси АНК-18 і АНК-19, до складу яких входять хром і марганець. За відсутності потрібних керамічних флюсів можна виготовити власними силами флюс-суміш,

наприклад додаючи в плавлений флюс АН-348А чавунну стружку, або сріблястий графіт (4—6%), чи феросплави (наприклад, ферохром 2%).

Наплавлений шар потрібного хімічного складу і з заданими властивостями (твердість, зносостійкість) можна також одержати, застосовуючи електродний дріт (стрічку) відповідної марки (хім. склад), з наступною термообробкою наплавленого шару чи ведучи наплавлення порошковим дротом (стрічкою) з необхідним наповненням. В останньому випадку термообробка наплавленого шару може не проводитися.

Як спосіб відновлення деталей зварюванням і наплавленням під шаром флюсу мають ряд достоїнств: висока продуктивність і стабільність процесу; гарна якість наплавленого шару (однорідність, щільність, рівномірність); гарне сплавлення шару з основним металом; можливість одержання шарів значної товщини до 6—8 мм і більш); великі можливості одержання наплавленого шару з заданим хімічним складом і властивостями.

Разом з тим наплавлення під шаром флюсу має і ряд недоліків: швидке і глибоке нагрівання веде до зміни фізико-механічних властивостей і до деформації деталей, особливо деталей малого перерізу; необхідність і труднощі (особливо при напавленні) відокремлення жувільної кірки; труднощі втримання флюсу і ванни розплавленого металу на поверхні деталей малого діаметра меншого 50—60 мм), неможливість одержання шару малої товщини (менш 1,5—2,0 мм).

У зв'язку зі сказаним наплавлення під шаром флюсу застосовують головним чином для відновлення деталей великих габаритів і перерізів, що мають значний знос (деталі ходової частини тракторів, осі і вали великого діаметра і т.д.).

**5.5.2 Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів.** Схеми процесу електричного зварювання чи наплавлення в середовищі захисного газу показані на рис. 5.7. У зону горіння дуги під невеликим тиском подається газ, що витісняє повітря з цієї зони і захищає розплавлений метал від впливу кисню й азоту повітря.

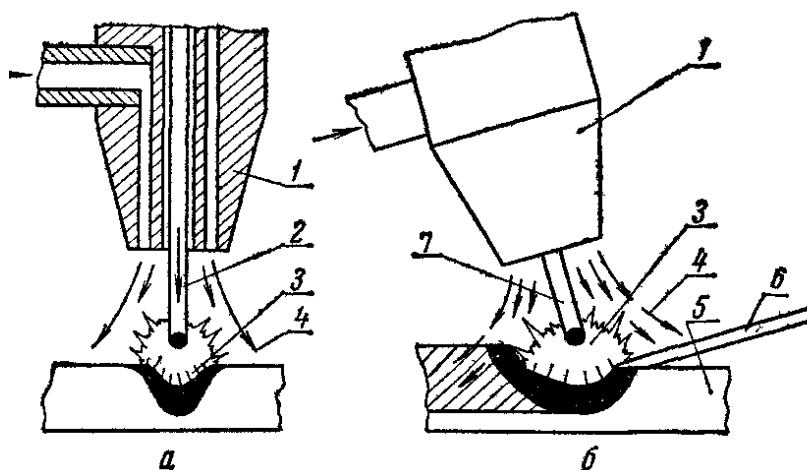


Рисунок 5.7 – Схема способів зварювання (наплавлення) в середовищі захисних газів



Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів можна вести як плавким (рис. 5.7а) так і неплавким (рис. 5.7б) електродом. В останньому випадку дуга горить між деталлю й електродом (звичайно вольфрамовим), а матеріал для присадки вводиться в зону дуги окремо. Неплавкі електроди широко застосовуються при зварюванні деталей з алюмінію і його сплавів.

Як захисні гази застосовують аргон, гелій (для зварювання всіх металів), азот (для зварювання міді і її сплавів), вуглекислий газ, водяна пара (для зварювання сталі і чавуну), а також суміші газів.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Схема установки показана на рис. 5.8. Установка має газову апаратуру, механізм подачі дроту і джерело живлення струмом.

Газова апаратура встановлюється на балоні з газом 1 і складається з таких основних пристроїв. Електричного підігрівника газу 8, газового редуктора 4, осушувача 2 і ін.

Робочий тиск газу 0,05—0,2 МПа, витрата газу при наплавленні 10—16 л/хв.

Для живлення установки постійним струмом застосовують джерела струму з твердою характеристикою, перетворювачі ПСГ-500, ПСУ-500, селенові випрямлячі ВСС-300 і ін. Робоча напруга при зварюванні тонколистових конструкцій і наплавленню зношених деталей невеликого діаметра знаходиться в межах 17—22 В при діаметрі дроту 0,5—1,2 мм, і в межах 28—32 В при діаметрі дроту 2,0—2,5 мм. Щільність струму 150—200 А на 1 мм<sup>2</sup> перерізу електрода.

Зі збільшенням перерізу деталі застосовують більший діаметр електродного дроту і більший виліт електрода з пальника (від 10 до 30 мм). Зсув електрода від zenіту при наплавленні циліндричних деталей 3—8 мм.

Швидкість наплавлення до 80—100 м/год, швидкість подачі дроту залежить від його діаметра, наприклад для дроту діаметром 0,8—1,0 мм швидкість подачі буде 160—200 м/год.

Для зварювання і наплавлення в середовищі вуглекислого газу застосовуються напівавтоматичні й автоматичні установки, наприклад А-547Р, А-537, АДПГ-500 і ін. Для цієї мети можуть бути пристосовані й автомати, призначені для зварювання під шаром флюсу. При наплавленні (зварюванні) використовують дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, що є розкислювачами, наприклад дроту Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, Св-18ХГС і ін.

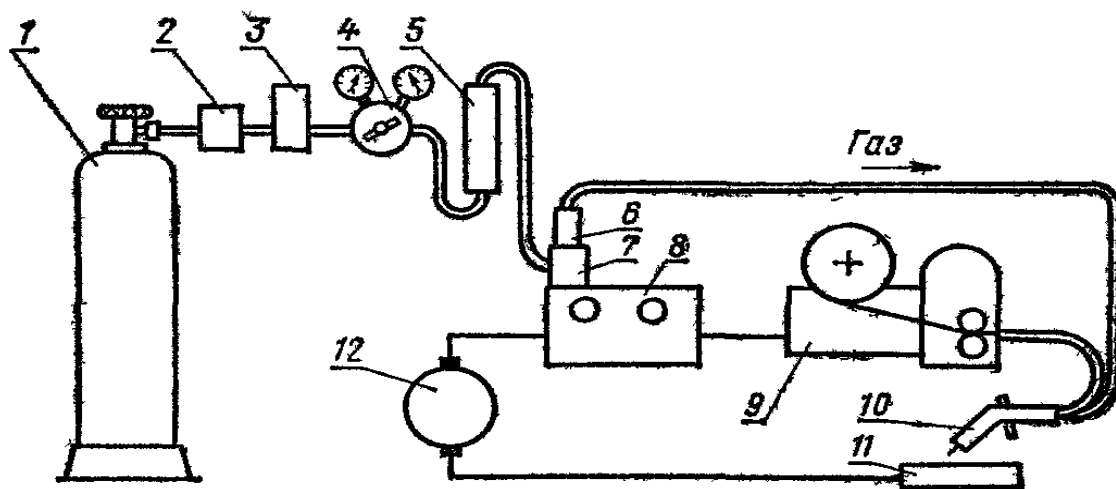


Рисунок 5.8 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання або наплавлення в середовищі вуглекислого газу: 1— балон з вуглекислою, 2 — осушувач, 3 — підігрівник, 4 — редуктор, 5 – витратомір, 6, — регулятор тиску газу, 7 — електромагнітний клапан, 8 — апаратна шухляда, 9 — механізм подачі дроту, 10 — пальник, 11 – відновлювана деталь, 12 – джерело струму

**5.5.3 Наплавлення сталевих і чавунних деталей у захисному середовищі водяної пари.** Водяний пар одержують у пароутворювачах (рис.5.9). Нижній бак 1 і верхній бак 3 з'єднуються між собою двома трубами 2. Вода заливається до верхнього краю труб 2. Робоча кількість води 20 л. Пластина 7 і бічна стінка бака, до яких підводиться електричний струм, утворюють електрокип'ятильник, за допомогою якого одержують пару. Пара подається через паропровід 4 з вентилем. Робочий тиск (близько 0,005 МПа) підтримується автоматично, тому що при збільшенні тиску вода починає витіснятися з нижнього бака у верхній. При зниженні рівня води в нижньому баці зменшується робоча поверхня пластин кип'ятильника і, отже, зменшується кількість і тиск одержуваної пари. При цьому вода знову переходить у нижній бак і т.д. Про тиск судять по довжині видимого струменя пари, що повинна бути при напавленні рівною 80—200 мм. Пару бажано перед подачею в пальник підігріти до температури 150°C, пропускаючи її через підігрівник з електричним нагрівальним елементом (спіраллю). Наплавлення ведеться при напрузі 24—28 В. Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів має ряд переваг: висока продуктивність, що не поступається зварюванню чи напавленню під шаром флюсу; наплавлення можна вести в будь-якому просторовому положенні; відсутність жужільної кірки спрощує ведення процесу; наплавлення ведеться при малому нагріванні деталі, тому можна робити зварювання і наплавлення тонкостінних і з малими перерізами деталей; можна одержувати напавлені шари невеликої товщини.

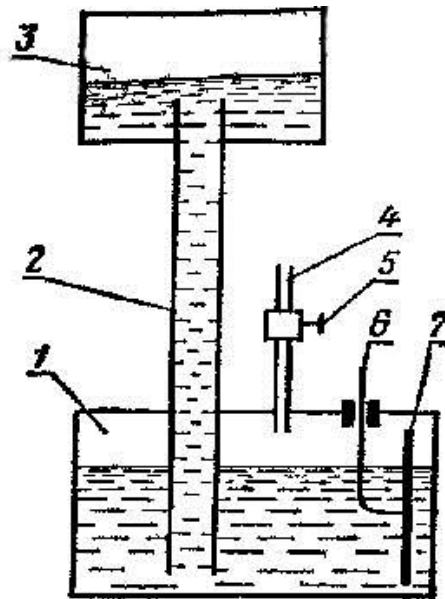


Рисунок 5.9 – Схема дії установки безперервного пароутворення

До недоліків цього виду зварювання і наплавлення варто віднести обмежену можливість одержання твердих і зносостійких наплавлених шарів.

**5.5.4 Вібродугове наплавлення.** Цей процес відрізняється від розглянутих вище способів механізованого зварювання і наплавлення тим, що при цьому способі наплавлення кінець електрода робить коливальні рухи в площині, перпендикулярній до поверхні, що наплавляється, а також і тим, що наплавлений шар охолоджується. Схема установки для вібродугового наплавлення показана на рис. 5.10.

Наплавна головка встановлюється на супорт токарного верстата і переміщається з ним уздовж деталі, а деталь для наплавлення встановлюється в центрах верстата і обертається.

Головка для вібродугового наплавлення, крім звичайного механізму подачі дроту, має вібратор 7, що надає коливальний рух хоботку мундштука 3. У такому вібраторі встановлений електромагніт, через обмотки якого пропускається змінний струм, унаслідок чого пластина (якір), зв'язана з хоботком (наконечником) головки, то притягується до електромагніта, то відходить від нього (цьому сприяють пружини 8), і в такий спосіб наконечник з електродним дротом одержує коливальний рух. Частота коливань дорівнює частоті зміни напрямку струму (100 разів у секунду) а розмах складає 1,5—2,5 мм. Випускаються наплавні головки з механічним вібратором (ОКС-12-62М, ОКС-65-69), де коливальний рух наконечника головки створюється кулачковим чи ексцентриковим приводом.

Установка для вібродугового наплавлення має резервуар для охолоджувальної рідини (звичайно 3—5%-ний розчин кальцінованої соди у воді) і насос для її подачі. Невелика кількість рідини (до 0,3 л/хв) подається безпосередньо в зону горіння дуги, одночасно охолоджуючи мундштук наконечника, інша частина рідини (2—2,5 л/хв) направляється на наплавлений шар на деякій віддалі від зони горіння. В електричний ланцюг пос-

лідовно з джерелом живлення, деталлю й електродом включаться дросель 11, (котушка індуктивності), що представляє собою залізний сердечник з обмоткою. Напавлення ведеться звичайно на постійному струмі зворотної полярності при напрузі 16—24 В (найчастіше 18—22 В). Завдяки створюваному вібратором коливальному русі кінець електрода то наближається до деталі і торкається її, то відходить від неї. При торканні настає період короткого замикання, при цьому напруга в ланцюзі падає майже до нуля, а струм значно зростає. Кінець електрода розігрівається. При відході електрода від деталі величина струму знижується, що змінює магнітне поле і створює в ланцюзі електрорушійну силу самоіндукції, завдяки чому напруга між електродом і деталлю підвищується до 28—30 В і виникає дуговий розряд — настає період дугового розряду. Під час розряду на деталі створюється зварювальна ванна, електрод плавиться, і краплі розплавленого металу переносяться на деталь. При подальшому відході електрода від

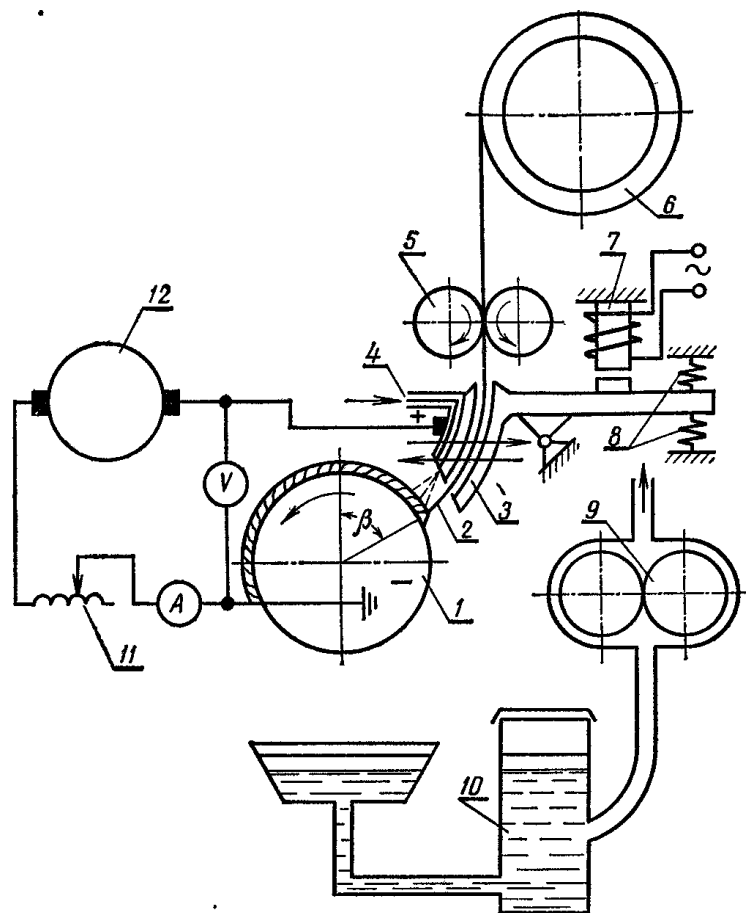


Рисунок 5.10 – Схема установки для автоматичного вібродугового напавлення: 1 – деталь для напавлення; 2 – електрод; 3 – вібруючий мундштук, 4 – канал для подачі охолодної рідини; 5 – ролик механізму подачі; 6 – касета для дроту, 7 – вібратор; 8 – пружини; 9 – насос; 10 – фільтр-відстійник; 11 – дросель; 12 – генератор

деталі дуга може перерватися і наступить період холостого ходу, що буде тривати до наступного короткого замикання. При певному поєднанні величин напруги, індуктивності й інших складових процесу дуга може не перериватися до наступного короткого замикання, і холостого ходу не буде.

Наплавлений валик інтенсивно охолоджується за рахунок тепловідводу в деталь і охолодну рідину й загартовується. Наступний валик наплавленого металу, частково розплавляючи попередній, створює зону відпалу. Це приводить до того, що наплавлений шар виходить неоднорідним за структурою і твердістю.

Інтенсивне охолодження приводить до виникнення напруженого стану самого шару і розвитку тріщин у наплавленому металі. Усе це знижує втомну міцність деталей. Однак якість наплавленого шару залежить від режиму наплавлення і матеріалу електродного дроту.

Крок наплавлення залежить від діаметра застосовуваного електродного дроту і приймається рівним:  $S=(1,0—1,5) d_{\text{ел}}$  мм/об.

Діаметр електродного дроту може бути від 1,2 до 3,0 мм, але найбільш часто вживають дріт діаметром 1,6—2,2 мм.

Швидкість подачі електродного дроту береться в межах від 0,75 до 3,5 м/хв, найчастіше 1,5—2,5 м/хв.

Індуктивність для ланцюга вібродугової установки, що працює на постійному струмі, звичайно складає 300—400 мкГ, що приблизно відповідає 8—12 виткам дроселя типу РСТЭ-24 чи РСТЭ-32 при зазорі між залізом 0—3 мм.

Як електродний матеріал при вібродуговому наплавленні застосовують зварювальні і наплавні дроти, вуглецеві і леговані. Можна використовувати також сталеву стрічку.

Як захисне середовище можуть також застосовуватися захисні гази (у тому числі водяна пара) і флюси.

Як джерело живлення застосовуються зварювальні перетворювачі (ПСГ-500, ПСУ-500), випрямлячі, а також низьковольтні генератори типу АНД-500/1000.

На ремонтних підприємствах сільського господарства найбільше поширення одержали головки для вібродугового наплавлення ОКС-1252 і ОКС-6569 з механічним вібратором. Останнім часом починають широко використовувати вібродугові головки ГВНД-72 для двоелектродного наплавлення.

Двоелектродне наплавлення на 60—80% продуктивніше одноелектродного і дозволяє одержати наплавлений шар більш високої якості.

Відновлення зношених деталей вібродуговим наплавленням має ряд переваг перед іншими способами відновлення. Низька напруга, при якій йде процес, і його переривчастий характер дозволяють вести наплавлення при малій глибині прогріву деталі, практично без її деформації. Цьому ж сприяє інтенсивне охолодження. Поєднуючи процес наплавлення і загар-

тування шару, можна одержувати шари малої товщини — від 0,5 до 2,5 мм. Усе це робить даний спосіб наплавлення особливо зручним при відновленні деталей малого діаметра.

Однак поява внутрішніх напружень у наплавленому шарі і можливість утворення мікротріщин приводять до зниження втомної міцності деталі, що обмежує область застосування вібродугового наплавлення для деталей, що працюють в умовах важких, знакозмінних і ударних навантажень.

Для підвищення якості наплавленого шару застосовують статичне чи динамічне зміцнення його в гарячому стані.

**5.5.5 Електрошлакове зварювання і наплавлення.** Схема електрошлакового наплавлення показана на рисунку 5.11. На наплавлювану деталь 6 встановлюють охолоджувану форму-кокіль (повзун) 2. Зазор між деталлю і кокілем визначає товщину наплавлюваного шару. На початку процесу кокіль знаходиться внизу на спеціальній підкладці 7 (металевій чи графітовій). У кільцевий зазор насипають флюс і починають подачу електродів у вигляді дроту, стрічки і т.п. Спочатку між електродами і підкладкою збуджується електрична дуга, що розплавляє електроди і шлак, поки не утвориться розплавлена жужільна ванна глибиною 30—40 мм. При відносно малих обсягах початкової зварювальної ванни доцільно першу порцію рідкого металу одержувати в тиглі. Надалі дуга гасне і флюс підтримується в розплавленому стані теплом, що виділяється при проходженні струму через нього. При цьому флюс нагрівається до температури більше 2000°C, що й обумовлює плавлення поверхневого шару деталі і металу електродів. В міру заповнення форми-кокілю розплавленим металом повзун переміщається вгору по деталі. У результаті тепловідводу в деталь і мідну форму розплавлений метал охолоджується і твердне.

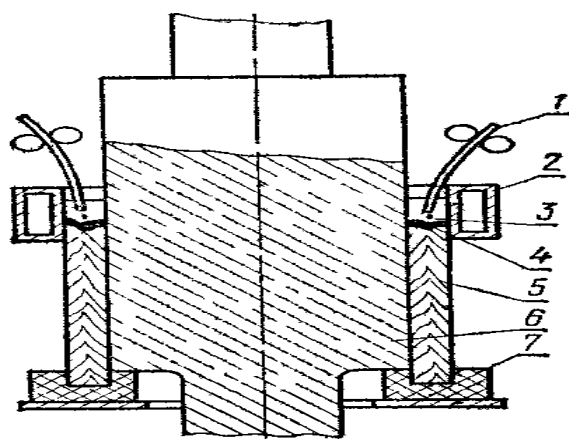


Рисунок 5.11 – Схема електрошлакового наплавлення циліндричної поверхні: 1 — електрод; 2 — мідний охолоджуваний повзун; 3 — ванна розплавленого шлаку; 4 — металічна ванна; 5 — наплавлений метал; 6 — деталь, що наплавається; 7 — графітова підкладка

Електрошлакове наплавлення є високопродуктивним процесом. Наплавлений шар виходить рівний, хорошої якості і будь-якого бажаного хімічного складу. До недоліків способу варто віднести складність його виконання і дороге устаткування. Цей спосіб застосовується тільки на спеціалізованих підприємствах в основному для наплавлення шарів великої товщини на великогабаритні деталі (опорні котки тракторів і ін.).

**5.5.6 Плазмове наплавлення і різання металів.** Плазмою називають високотемпературний сильно іонізований газ, тобто газ, що містить велику кількість заряджених часток. Плазма створюється пропусканням газу через дуговий розряд у вузькому каналі, діаметр якого дорівнює приблизно діаметру стовпа дуги. Проходячи через струмінь дугового розряду, газ сильно іонізується, утворює плазмовий струмінь з високою концентрацією енергії.

Плазмовий струмінь одержують у пристрої, що називають плазмовим пальником. Схема плазмового пальника і різні схеми утворення плазми показані на рисунку 5.12. У плазмовому пальнику до негативного полюса джерела постійного струму підключається вольфрамовий електрод, що не плавиться, 7 (катод), а до позитивного - кільцевий, охолоджуваний водою порожнистий електрод (сопло) 3, що виготовляється звичайно з міді чи її сплавів, або деталь. Струмінь плазмоутворювального газу 6 пропускається через кільцевий зазор між електродами.

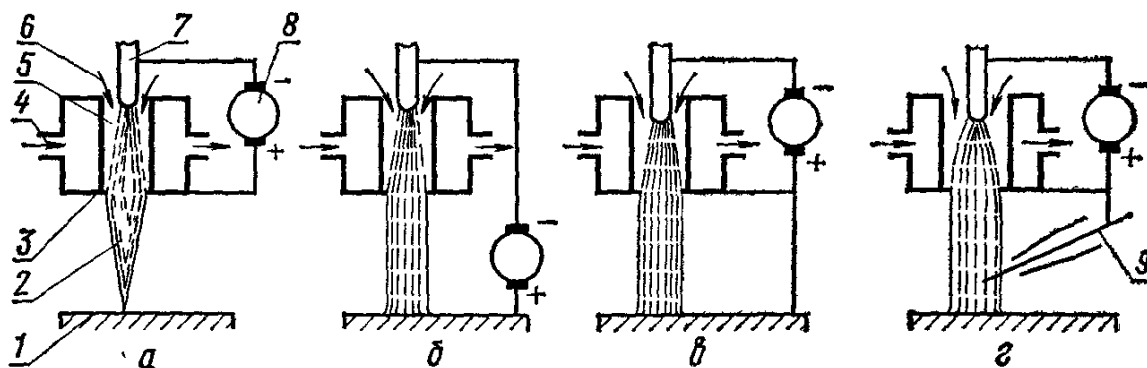


Рисунок 5.12 – Можливі схеми ведення плазмового наплавлення і різання металу:

а – дуга горить між електродами; б - дуга горить між неплавким електродом і деталлю; в - дуга горить між електродами і між неплавким електродом і деталлю; г – наплавлення з струмонесучим присадним дротом: 1 – деталь; 2 – плазмовий струмінь; 3 – сопло (електрод); 4 – охолоджувальна рідина; 5 – канал; 6 – газ для утворення плазми; 7 – неплавкий електрод; 8 – джерело струму; 9 – присадний електродний дріт

На схемі, зображеній на рис. 5.12а, дуга горить між електродами. Газ для утворення плазми, що проходить через дугу, виходить у формі факела плазми. При з'єднанні з джерелом струму за схемою, показаною на рисунку 5.12б, дуга горить між електродом і деталлю і газовий потік (плазмовий

струмінь) поєднується з дуговим розрядом. При здійсненні процесу за схемою, показаною на рисунку 5.12в, г, горять дві дуги — між електродами і між вольфрамовим електродом (катодом) і деталлю чи електродом, що плавиться. Температура плазмового струменя дуже висока — до 15 000—18 000 °С і вища.

У якості газу для утворення плазми застосовують аргон, гелій, азот, водень і інші, найчастіше аргон.

У якості матеріалів для присадки при плазмовому наплавленні застосовують дрід, прутки і металеві порошки. Порошки для присадки можуть вдуватися в дугу, подаватися окремо або заздалегідь наноситися на поверхню, на якій виконується наплавлення. Зразковий режим наплавлення: сила струму 120—200 А, напруга холостого ходу 120—160 В, робоча напруга 40—60В, витрата газу для утворення плазми 1,5— 2,5 л/хв, відстань від пальника до деталі 10—20 мм. Схеми, показані на рис. 5.12а, б і в, застосовують також при різанні металів, прошиванні отворів і т.п.

Переваги процесу: гарне зчеплення наплавленого шару з основним металом, малі припуски на наступну обробку, гарна якість наплавленого шару.

До недоліків варто віднести відносно високу вартість устаткування, витрати газу для утворення плазми, низьку продуктивність і великий термічний вплив на деталь.

**Відновлення деталей заливанням рідким металом** здійснюється в спеціальних формах. Зношену деталь ретельно очищають від бруду, оливи, іржі, покривають шаром спеціального флюсу (1—2 мм) і сушать. Після цього деталь нагрівають струмами високої частоти (ТВЧ) і поміщають у металеву форму (кокіль), також нагріту до температури 200—250° С. Через ливник форми заливають розплавлений чавун чи сталь. Розплавлений метал заповнює проміжок між стінкою форми і поверхнею зношеної деталі, розм'якшує поверхню деталі, проникає (дифундує) у неї й у такий спосіб з'єднується з нею. Цей спосіб значно продуктивніший автоматичного наплавлення, має більш низьку вартість, дозволяє відновлювати деталі з великим і нерівномірним зносом. Наплавлена поверхня виходить рівною і з мінімальним припуском на механічну обробку чи зовсім не вимагає її. Недолік цього способу — необхідність використання складного устаткування (ливарного, заливальних установок, спеціальних форм і т.д.), тому спосіб відновлення заливанням металом застосовують на спеціалізованих підприємствах з великою програмою, що мають ливарні цехи чи установки. Цим способом відновлюють масивні деталі, в основному деталі ходової частини тракторів (котки, ланки гусениць і ін.).

**5.5.7. Електроконтактне наплавлення.** Останнім часом для наплавлення застосовують електроконтактні процеси, при яких метал для присадки розплавляється тільки частково в місці зіткнення (контакту) з поверхнею деталі. Принципова схема електроконтактного наплавлення приведена на рисунку 5.13. Струм великої сили (від 400 до 1200 А і більше) від зва-



зв'язувального трансформатора 5 подається на деталь і на дріт для присадки (стрічку) 2 через притискний ролик. Завдяки наявності спеціального пристрою для переривання, струм подається короткочасними імпульсами, що викликають розігрів дроту для присадки (стрічки) і деталі в місці контакту, розплавлення їх найтонших поверхневих шарів і зварювання. Цьому сприяє також і ролик 1, що, притискаючи дріт (стрічку) до деталі, пластично деформує її і формує валик.

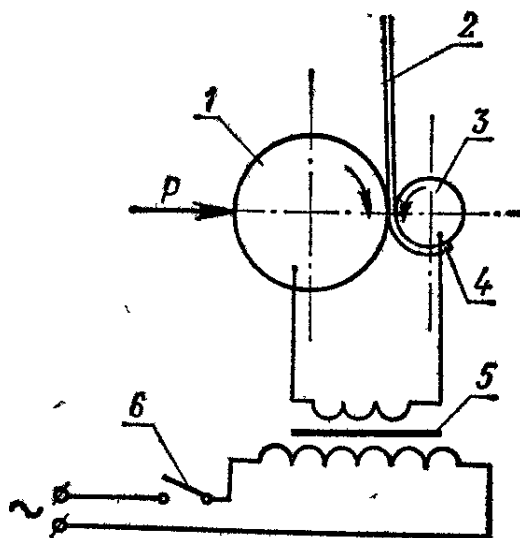


Рисунок 5.13 – Схема електроконтактного наплавлення: P – притискне зусилля; 1 – притискний ролик; 2 – дріт чи стрічка для присадки; 3 – деталь для наплавлення; 4 – наплавлений шар; 5 – трансформатор; 6 – переривач

Деталь обертається з такою коловою швидкістю, при якій зварювальні точки від кожного імпульсу перекривають одна одну. Оскільки притискний ролик переміщується уздовж деталі, то дріт для присадки (стрічка) приварюється послідовно до всієї нарощуваної поверхні деталі.

Продуктивність при електроконтактному напавленні дуже висока -  $100 \div 1150 \text{ см}^2/\text{хв}$ . Товщина нарощуваного шару до 1,5 мм. Зварювання проходить при незначній глибині проплавлення і теплового впливу на деталь (не більш 0,3 мм) — у цьому полягає основна перевага даного способу.

До недоліків варто віднести обмеженість товщини напавленого шару і складність установки. Даний спосіб застосовується на спеціалізованих підприємствах.

**5.5.8 Електроконтактне напикання металевих порошків.** Схема процесу показана на рисунку 5.14. Напруга від понижувального трансформатора 6 подається на деталь, що обертається в центрах чи патроні верстака, і на притискний ролик. У зазор між роликом і деталлю подається металевий порошок, наприклад залізні порошки ПЖ-3, ПЖ-5. Відразу після початку подачі порошку ролик 2 за допомогою пневмоциліндра 1 притиска-

ється до деталі з зусиллям 0,75—1,2 кН на сантиметр ширини ролика. Порошок, що безупинно подається до місця контакту ролика з деталлю, прокочується між ними. Після притискання ролика до деталі через нього, шар порошку і деталь проходить струм. Процес протікає при напрузі струму 0,7—1,2 В, але величина струму велика, — 2500—3500 А на сантиметр ширини ролика.

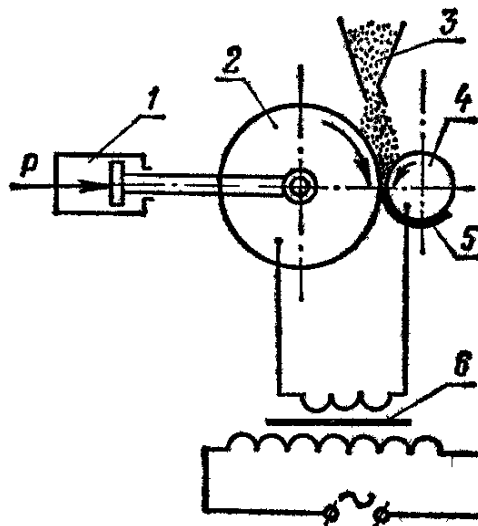


Рисунок 5.14 – Схема процесу електроконтактного напикання металевих порошків: P — притискне зусилля; 1 – пневмоциліндр; 2 – притискний ролик; 3 – металевий порошок; 4 – відновлювана деталь; 5 – напечений шар; 6 – трансформатор

Під дією струму металевий порошок і поверхневий шар деталі нагріваються до температури 1000—1300°C. Розпечені частки порошку спікаються між собою і, проникають в розпечений поверхневий шар деталі, спікаються з нею. При досить великій потужності джерела струму (трансформатора) ширина шару може доходити до 30—35 мм, що дозволяє в ряді випадків проводити напикання на всю ширину деталі. Товщина шару за один прохід залежить від діаметрів притискного ролика і деталі, і коливається в межах від 0,3 до 1,5 мм. Напикання може проводитися в кілька шарів із проміжним зачищенням кожного шару. Швидкість напикання 0,17—0,25 м/хв.

Напечений шар має невисоку твердість, але може піддаватися загартовуванню (при відповідному хімічному складі порошку). Однак навіть незагартований шар має високу зносостійкість внаслідок його досить високої мікро пористості (до 30%) і, отже, високої здатності до утримання мастила.

Перевагами процесу є: висока продуктивність, мале нагрівання деталі і, отже, мала глибина теплового впливу, висока зносостійкість напеченого шару.

Недоліки — обмежена товщина шару, що напікається, складність механізації і дозування подачі металевих порошків.

**5.5.8 Зварювання тертям.** Одна з деталей, що зварюються, закріплюється в патроні верстата і приводиться в обертання, а друга деталь установлена нерухомо, але притискається до першої з визначеним зусиллям. Під дією сил тертя відбувається розігрів деталей, що зварюються, у місці їхнього контакту. Коли температура деталей досягне 1100—1300°С, миттєво припиняють обертання і проводять осадження однієї з деталей додатковим осьовим зусиллям. При цьому відбувається зварювання деталей, частина металу видавлюється з зони зварювання й утворює валик навколо місця зварювання.

Питомий тиск при нагріванні коливається в межах 10—80 МПа у залежності від матеріалу деталі, а тиск при осаді приблизно у два рази більший. Швидкість обертання деталі вибирається в залежності від її діаметра і матеріалу.

Зварювання тертям може здійснюватися на токарних верстатах, але промисловість випускає спеціальні машини-напівавтомати для цього виду зварювання (МСТ-23, МСТ-35 і ін.) і спеціальні автомати (МСТА-2, МСТА-31 і ін.).

Зварювання тертям застосовується для зварювання валиків, трубчастих деталей, наприклад, приварювання хвостовика до свердла, мітчиків тощо.

Переваги зварювання тертям — хороша якість звареного з'єднання, мале споживання потужності, простота механізації й автоматизації процесу й ін. Недолік — обмеженість форми і розмірів деталей, що зварюються.

### Контрольні питання

1. Яке обладнання використовують на підприємствах для ручного електродугового і киснево-ацетиленового зварювання і наплавлення?
2. Як вибирають електроди, матеріали для присадки і режим для зварювання або наплавлення металевих деталей?
3. Як зварювати і наплавляти деталі, щоб деформації і зміни термообробки були найменшими?
4. Які особливості зварювання чавунних деталей?
5. Технологія гарячого зварювання чавунних деталей і область її застосування?
6. Загальні правила ведення холодного зварювання чавуну, застосовувані електроди, матеріали і флюси для присадки.
7. Як ведеться холодне електрозварювання чавуну сталевими електродами способом відпалюючих валиків?
8. Як зварюють алюмінієві деталі?
9. Сутність і схема електрозварювання під шаром флюсу. Матеріал електродного дроту, флюси і режим наплавлення.

10. Схема і сутність процесу автоматичного вібродугового наплавлення.
11. Переваги і недоліки автоматичного вібродугового наплавлення, область його застосування.
12. Сутність і схеми процесів зварювання в середовищі захисних газів.
13. Зварювання в середовищі вуглекислого газу і пари. Схеми установок.
14. У чому сутність електроконтактного наплавлення, як здійснюється електроконтактне наплавлення металевих порошків?
15. У чому сутність плазмового наплавлення? Схеми процесу.
16. Як відбувається зварювання тертям?

#### *Лабораторна робота № 5.1*

### **ЗАВАРЮВАННЯ ТРІЩИН НА ЧАВУННИХ ДЕТАЛЯХ**

**Зміст роботи.** Вивчення технології заварки тріщин на чавунних деталях.

1. Ознайомитися з видами електродів і прутків для присадки, які застосовуються при зварюванні чавуну (сталевий, чавунний, біметалічний, пучковий, монелевий, латунний).

2. Вивчити поетапно технологію заварювання тріщин на товстостінних деталях (зразках) сталевим електродом способом відпалювальних валиків: деталь (зразок) з обробкою тріщини; деталь з накладеним першим шаром; деталь з накладеним другим шаром; деталь з цілком завареною тріщиною.

3. Вивчити технологію заварювання тріщин на тонкостінній деталі (зразку) сталевим електродом способом відпалювальних валиків: деталь (зразок) із завареними кінцями тріщини і частково нанесеними підготовчими валиками; деталь з повністю нанесеними підготовчими валиками; деталь з повністю завареною тріщиною.

4. Вивчити технологію заварювання тріщин сталевим електродом з постановкою підсилювальних скоб: деталь (зразок) із привареними скобами; деталь із встановленими підсилювальними скобами; деталь з цілком завареною тріщиною.

**Звіт про роботу.** Зарисувати схеми оброблення та іншої підготовки тріщини і поетапної заварки для всіх зазначених способів заварювання.

#### *Лабораторна робота № 5.2*

### **ЗАВАРЮВАННЯ ТРІЩИН НА АЛЮМІНІЄВИХ ДЕТАЛЯХ**

**Зміст роботи.** Вивчити технологію газового заварювання тріщини без флюсу на деталі чи зразку з алюмінієвого сплаву.

1. Підігріти деталь до необхідної температури.
2. Зняти окисну плівку з ділянки заварювання.
3. Заварити тріщину.

4. Охолодити деталь.
5. Проконтролювати якість заварювання.

**Звіт про роботу.** Описати процес заварювання тріщини, режими, матеріал для присадки тощо.

### *Лабораторна робота № 5.3*

## **УСУНЕННЯ ДЕФЕКТІВ КУЗОВІВ ТА КАБІН ШЛЯХОМ ЗАВАРЮВАННЯ У СЕРЕДОВИЩІ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ**

**Зміст роботи.** Вивчення технології видалення дефектних ділянок кузовів легкових автомобілів та їх заварювання з використанням вуглекислотного напівавтомата.

1. Вивчити задану деталь кузова автомобіля, виявити явні та приховані дефекти.
2. Призначити методи усунення виявлених дефектів.
3. Видалити виявлені дефекти (вирізати).
4. Підготувати за необхідними розмірами латку з шматка листової сталі відповідної товщини та підігнати її по місцю.
5. Заварити латку та інші дрібніші дефекти.
6. Зачистити шви та повторно заварити виявлені дефекти зварювання.

### *Лабораторна робота № 6*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПРИПУСКІВ НА МЕХАНІЧНУ ОБРОБКУ ТА РОЗМІРІВ ЗАГОТОВКИ**

**Мета:** набути практичні навички визначення припусків механічної обробки аналітично, за таблицями та емпірично.

### **6.1. Загальні відомості**

Припуск — шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні деталі, її розмірів та положення відносно інших поверхонь. Припуск на обробку поверхонь деталей може бути призначений за довідковими таблицями або на основі розрахунково-аналітичного методу. Розрахунковою величиною припуску є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на виконуваному переході похибок обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході або операції і компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході. Мінімальний припуск при обробці зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання (двосторонній припуск)

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot [(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}]; \quad (6.1)$$

при обробці поверхонь обертання в центрах

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i); \quad (6.2)$$

при послідовній обробці протилежних поверхонь (однобічний припуск)

$$Z_{i \min} = (Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i ; \quad (6.3)$$

при одночасній обробці протилежних поверхонь (двосторонній припуск)

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot [(Rz + h)_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i ] ; \quad (6.4)$$

де  $Rz_{i-1}$  — висота нерівностей профілю на попередньому переході;  $h_{i-1}$  — глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (зневуглецьований або вибілений чи наклепаний шар);  $\Delta_{\Sigma i-1}$  — сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співосності) на попередньому переході;  $\varepsilon_i$  — похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Відхилення  $\Delta_{\Sigma}$  необхідно враховувати в заготовці (під перший технологічний перехід); після чорнової і напівчистої обробки лезовим інструментом (під наступний технологічний перехід), після термічної обробки. У зв'язку з закономірним зменшенням величини  $\Delta_{\Sigma}$ ; при обробці поверхні за кілька переходів на стадіях чистої й оздоблювальної обробки нею нехтують. На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготовки по всіх технологічних переходах. Проміжні розрахункові розміри встановлюють у порядку, зворотному ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто від розміру готової деталі до розміру заготовки, шляхом послідовного додавання (для зовнішніх поверхонь) до вихідного розміру готової деталі проміжних припусків або шляхом послідовного вирахування (для внутрішніх поверхонь) від вихідного розміру готової деталі проміжних припусків. Найменші (найбільші) граничні розміри по всіх технологічних переходах визначають шляхом округлення у бік збільшення (зменшення) розрахункових розмірів. Округлення роблять до того знака десяткового дробу, з яким задано допуск на розмір для кожного переходу. Найбільші (найменші) граничні розміри визначають шляхом додавання (вирахування) допуску до округленого найменшого (найбільшого) граничного розміру.

Граничні значення припусків  $Z_{\max}$  визначають як різницю найбільших (найменших) граничних розмірів і  $Z_{\min}$  як різницю найменших (найбільших) граничних розмірів попереднього і виконуваного (виконуваного і попереднього) переходів.

Загальні припуски  $Z_{0 \max}$  і  $Z_{0 \min}$  визначають як суму проміжних припусків на обробку:

$$Z_{0 \max} = \sum Z_{i \max} ; \quad (6.5)$$

$$Z_{0 \min} = \sum Z_{i \min} ; \quad (6.6)$$

Правильність розрахунків визначають за рівняннями

$$Z_{i \max} - Z_{i \min} = T_{i-1} - T_i ; \quad (6.7)$$

$$2Z_{i \max} - 2Z_{i \min} = T_{Di-1} - T_{Di} ; \quad (6.8)$$

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = T_3 - T_{\partial}; \quad (6.9)$$

$$2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = T_{D_3} - T_{D_{\partial}}; \quad (6.10)$$

де  $T_{i-1}, T_{D_{i-1}}$  — допуски розмірів на попередньому переході;  $T_i, T_{D_i}$  — допуски розмірів на виконуваному переході;  $T_3, T_{D_3}$  — допуски на заготовку;  $T_{\partial}, T_{D_{\partial}}$  — допуски на деталь.

При необхідності знаходять номінальні розміри. Для зовнішніх поверхонь номінальний розмір заготовки дорівнює найбільшому розмірові, тобто

$$a = a_{\max}; \quad (6.11)$$

на кресленнях вказують

$$a_{\max(-T)}; \quad (6.12)$$

для внутрішніх поверхонь номінальний розмір заготовки дорівнює найменшому розмірові, тобто

$$a = a_{\min}; \quad (6.13)$$

на кресленнях вказують

$$a_{\max}^{(+T)}. \quad (6.14)$$

Якщо допуск розташований симетрично відносно номінального розміру, то

$$a_{\max(-\frac{T}{2})} = a_{\min}^{(+\frac{T}{2})}. \quad (6.15)$$

У рівняннях (6.11) – (6.15)  $a, a_{\max}, a_{\min}$  — відповідно номінальний, найбільший, найменший граничні розміри заготовки.

Припуски, а також граничні проміжні і вихідні розміри заготовки зручно визначати, заповнюючи спеціальну таблицю (табл. 6.1).

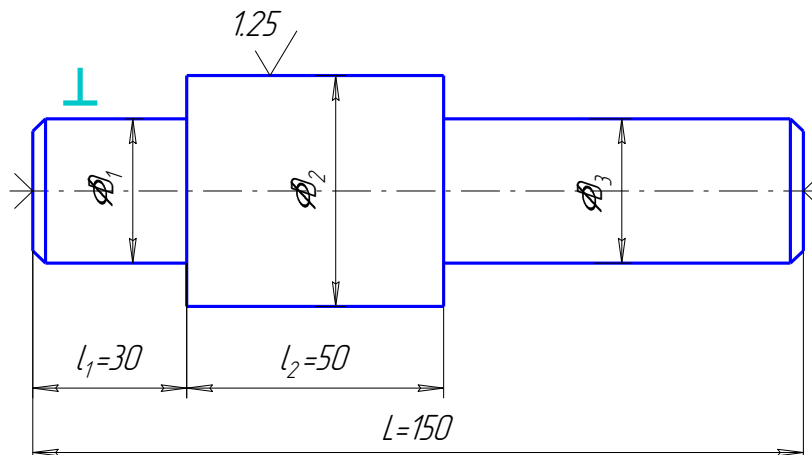


Рисунок 6.1 – Ескіз східчастого вала

**Приклад.** Трисхідчастий вал (сталь 45) виготовляють зі штампованої заготовки II класу точності (рис. 6.1). Маса заготовки 2 кг. Токарній операції передувала операція фрезерно-центрувальна, у результаті якої були фрезеровані торці і висвердлені центрові отвори. Базування заготовки на фрезерно-центрувальній операції здійснювалося на поверхні  $D_1$  і  $D_3$  ( $D_1 = D_3 = 25$  мм). Шийка вала з діаметром  $D_2$  має діаметр  $55h6_{(-0,02)}$ . Розрахувати проміжні припуски для обробки шийки  $D_2$  аналітичним методом. Розрахувати проміжні розміри для виконання кожного переходу.

**Розв'язання.** Відповідно з заданими умовами встановлюємо маршрут обробки циліндричної поверхні  $D_2$  [1, С. 8—9, табл. 4]:

чорнове обточування;  
чистове обточування;  
попереднє шліфування;  
остаточне шліфування.

Уся зазначена обробка виконується з установкою заготовки в центрах.

Заносимо маршрут обробки в графу 1 (див. табл. 6.1). Дані для заповнення граф 2, 3 для штампованої заготовки узяті з [2, С. 186, табл. 12], для механічної обробки – з [1, С. 188, табл. 25]. Дані графи 8 для заготовки узяті з [3, С. 245, табл. 47], а дані для обробки різанням – з [1, С. 8, табл. 4].

Розрахунок відхилень розташування поверхонь:

Величину відхилень для штампованої заготовки при обробці в центрах визначають по [1, С. 187, табл. 18]

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma K}^2 + \Delta_y^2} = \sqrt{24^2 + 500^2} = 501 \text{ мкм},$$

де  $\Delta_{\Sigma K}$  – загальне відхилення осі від прямолінійності;

$$\Delta_{\Sigma K} = 2 \cdot \Delta_K \cdot l_K = 2 \cdot 0,15 \cdot 80 = 24 \text{ мкм},$$

тут  $l_K$  – розмір від перерізу, для якого визначається кривизна до торця заготовки рівний ( $l = l_1 + l_2$ ) для розглянутого випадку  $l_1 + l_2 = 80$  мм;  $\Delta_K$  – питома кривизна, мкм на 1 мм довжини (у маршруті передбачене виправлення заготовки на пресі, після якої  $\Delta_K = 0,15$  мкм/мм) [1, С. 186, табл. 16]; середній діаметр, який необхідно знати для вибору величини  $\Delta_K$ , визначається як

$$D_{cp} = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{L} = \frac{25 \cdot 30 + 55 \cdot 50 + 25 \cdot 70}{150} = 35 \text{ мкм};$$

$\Delta_y$  – зсув осі заготовки в результаті похибки центрування;

$$\Delta_y = 0,25 \sqrt{T^2 + 1} = 0,25 \sqrt{1,8^2 + 1} = 0,5 \text{ мм},$$

де  $T = 1,8$  – допуск на діаметральний розмір бази заготовки, використаної при центруванні, мм [3, С.245, табл. 47].



Таблиця 6.1 – Результати розрахунку припусків на обробку до граничних розмірів на технологічних переходах

Маршрут обробки поверхні діаметром $D_2$ ,	Елементи припуску, мкм				Розрахункові величини		Допуск на виконувани розміри, мкм	Прийняті (округлені) розміри заготовки по переходах, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$h$	$\Delta_\Sigma$	$\varepsilon$	припуску $Z_i$ , мкм	мінімального діаметра, мм		найбільші	найменші	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штампування	160	200	500	—	—	57,122	2000	59,0	57,0	—	—
Точіння:											
чорнове	50	50	30	0	1721	55,402	400	55,80	55,40	3,2	1,6
чистове	25	25	1,2	0	260	55,142	120	55,27	55,15	0,53	0,25
Шліфування:											
попереднє	10	20	0	0	102	55,040	60	55,10	55,04	0,17	0,11
остаточне	—	—	—	—	60	54,980	20	55,00	54,98	0,1	0,06



*Чорнове обточування.* Величину залишкових просторових відхилень  $\Delta_r$  визначають з рівняння

$$\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,06 \cdot 500 = 30 \text{ мкм},$$

де  $K_y = 0,06$  — коефіцієнт уточнення [1, С. 190, табл. 29].

*Чистове обточування.* Величина залишкових просторових відхилень  $\Delta_r = K_y \cdot \Delta_\Sigma = 0,04 \cdot 30 = 1,2 \text{ мкм}$ , тут  $K_y = 0,04$  [1, С. 190, табл. 29]. Розрахункові величини відхилень розташування поверхонь заносимо в графу 4 табл. 6.1.

Розрахунок мінімальних припусків на діаметральні розміри для кожного переходу роблять за рівнянням (6.2):

$$\text{чорнове обточування } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (160+200+501) = 1721 \text{ мкм};$$

$$\text{чистове обточування } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (50+50-130) = 260 \text{ мкм};$$

$$\text{обдирне шліфування } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (25+25+1,2) = 102 \text{ мкм};$$

$$\text{остаточне шліфування } 2 \cdot Z_{i\min} = 2 \cdot (10+20) = 60 \text{ мкм}.$$

Розрахункові значення припусків заносимо в графу 6 табл. 6.1.

Розрахунок найменших розрахункових розмірів на технологічних переходах робимо, складаючи значення найменших граничних розмірів, що відповідають попередньому технологічному переходові, з величиною припуску на виконуваний перехід:

$$54,98+0,06=55,04 \text{ мм};$$

$$55,134+0,102=55,142 \text{ мм};$$

$$55,142+0,26=55,402 \text{ мм};$$

$$55,402+1,72=57,122 \text{ мм}.$$

Найменші розрахункові розміри заносимо в графу 7 табл. 6.1 Найменші граничні розміри (округлені) заносимо в графу 10 табл. 6.1.

Потім визначаємо найбільші граничні розміри на переходах:

$$54,980+0,020=55 \text{ мм};$$

$$55,040+0,060=55,1 \text{ мм};$$

$$55,150+0,120=55,27 \text{ мм};$$

$$55,400+0,400=55,8 \text{ мм};$$

$$57+2=59 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків вносимо в графу 9 табл. 6.1.

Розрахунок фактичних максимальних і мінімальних припусків на переходах робимо, віднімаючи відповідно значення найбільших і найменших граничних розмірів, що відповідають виконуваному і попередньому технологічному переходам:

Максимальні припуски:

$$55,1 - 55 = 0,1 \text{ мм};$$

$$55,27 - 55,1 = 0,17 \text{ мм};$$

$$55,8 - 55,27 = 0,53 \text{ мм};$$

$$59 - 55,80 = 3,2 \text{ мм},$$

Мінімальні припуски:

$$55,04 - 54,98 = 0,06 \text{ мм};$$

$$55,15 - 55,04 = 0,11 \text{ мм};$$

$$55,4 - 55,15 = 0,25 \text{ мм};$$

$$57 - 55,4 = 1,6 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків заносимо в графу 11 і 12 табл. 6.1.

Розрахунок загальних припусків робимо за рівняннями:

найбільшого припуску  $Z_{0 \max} = \Sigma Z_{\max} = 0,1 + 0,17 + 0,53 + 3,2 = 4 \text{ мм};$

найменшого припуску  $Z_{0 \min} = \Sigma Z_{\min} = 0,06 + 0,11 + 0,25 + 1,6 = 2,02 \text{ мм}.$

Перевірку правильності розрахунків проводимо за рівняннями (6.9):

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = 4 - 2,02 = T_3 - T_0 = 2,0 - 0,02 = 1,98 \text{ мм}.$$

**Завдання 1.** Чотирьохсхідчастий вал виготовляють із штампованої заготовки II класу точності. Умови виконання операції і маршрут обробки елементарних поверхонь для варіантів 1—10 такі ж, як у задачі 1 (див. табл. 6.2, графа 1). Для варіантів 11—20 маршрут обробки поверхні той же, що і для варіантів 1—10, але перед попереднім шліфуванням передбачається термообробка заготовки в печах. Питому кривизну, що виникає після термообробки, див. [1]. Розрахувати припуски і проміжні розміри на переходах. Дані до задачі приведені в табл. 6.2.

**Завдання 2.** Чотирьохсхідчастий вал (див. рис.6.2 та табл. 6.2) виготовляють зі сталеві штампованої на молотах заготовки II класу точності (нормального). Параметр шорсткості шийки вала діаметром  $D$  приймемо  $R_a=2,5 \text{ мкм}.$  Умови виконання операцій див. у задачі 2. Визначити припуски на заготовку за таблицями [3, С. 249, табл. 49] і розрахунково-аналітичним методом. Розрахувати економію матеріалу за рахунок застосування розрахунково-аналітичного методу визначення припусків при річному обсязі випуску деталей 20 тис. шт.

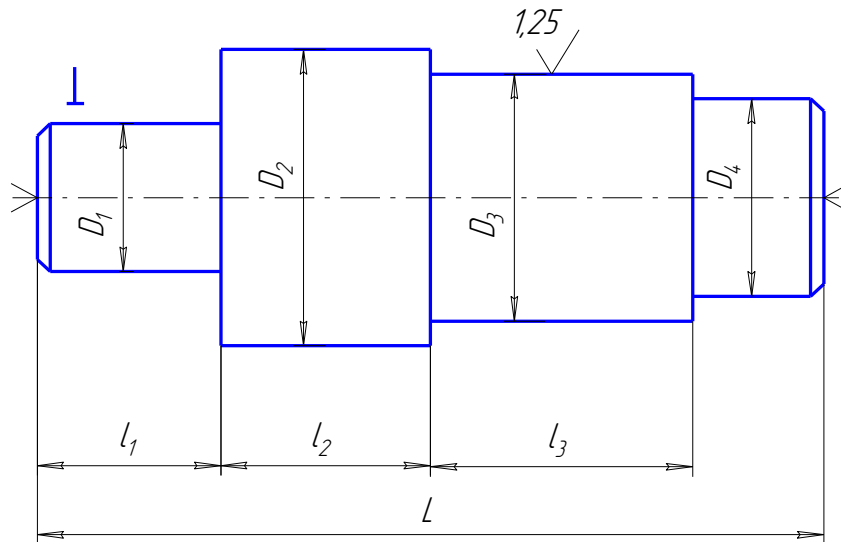


Рисунок 6.2 – Ескіз вала до завдань 1 та 2

Таблиця-6.2. Розмірна характеристика чотирьохсхідчастого вала

Варіанти	Діаметр шийок, мм			Довжина $L$ , мм	Довжина ступенів, мм			Маса заготовки $G_3$ , кг
	$D_1, D_4$	$D_2$	$D_3$		$l_1$	$l_2$	$l_3$	
1; 11	30	50	$40n6_{(-0,05)}$	220	45	55	85	2,0
2; 12	45	65	$55g6_{(-0,010, -0,029)}$	260	55	65	95	4,7
3; 13	20	40	$30h6_{(-0,013)}$	180	40	50	60	1,0
4; 14	50	75	$60f7_{(-0,030, -0,050)}$	350	70	120	80	8,2
5; 15	25	45	$35k6_{(+0,018, +0,002)}$	200	40	50	70	1,5
6; 16	60	80	$70m6_{(+0,030, +0,011)}$	300	80	120	50	9,1
7; 17	40	60	$50d6_{(-0,080, -0,119)}$	280	50	70	90	4,1
8; 18	70	90	$80u6_{(+0,132, +0,102)}$	350	75	125	90	13,8
9; 19	35	55	$45j6_{(+0,011, -0,005)}$	240	50	60	90	2,9
10; 20	55	75	$65s6_{(+0,072, +0,053)}$	300	65	85	85	7,5

### Контрольні питання

1. Що називають припуском, напуском?
2. Елементи припуску та їх сутність?
3. Як визначити значення елементів припуску: товщину дефектного шару, висоту мікронерівностей поверхні, просторові відхилення заготовки, похибки установки?
4. Чим пояснюється необхідність призначення чорнових і чистових переходів обробки поверхні на одній операції?
5. Навіщо призначають декілька операцій обробки однієї поверхні?
  5. Що називають копіюванням похибок, уточненням?

### Зміст роботи

1. Для вказаної поверхні заданої заготовки призначити методи та послідовність обробки.
2. Визначити значення припусків механічної обробки.
3. Визначити проміжні розміри та розміри заготовки.
4. Обробити заготовку, визначити достатність розрахованих припусків.
5. Оформити звіт.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. Т. 1. –М.: Машиностроение, 1985. –656с.
2. Солонин И. С., Солонин С. И. Расчет сборочных и технологических размерных цепей. –М.: Машиностроение, 1980. –110 с.
3. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К., Калинин М. А. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога. –М.: Машиностроение, 1976. –288 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2. –М.: Машиностроение, 1986. –496 с.
5. Горбачев А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. –Минск: Вышэйшая школа, 1983. –256 с.
6. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений. –М.: Машиностроение, 1983. –277 с.
7. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов. –Л.: Машиностроение, 1985. –496 с.
8. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. –М.: Изд-во НИИ труда, 1984. –460 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места на работы, выполняемые на металлорежущих станках (Массовое производство). –М.: Экономика. 1988. –366 с.
10. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки. –М.; Машиностроение, 1974. –416с.
11. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Ч. 2. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбонакатные и отрезные станки. –М.; Машиностроение, 1974. –200 с.
12. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования на металлорежущих станках. Ч. 3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. –М.: НИИ труда, 1978. –360 с.
13. Режимы резания металлов/Под ред. Ю. В. Барановского. –М.: Машиностроение, 1972. –407 с.
14. Станочные приспособления. Справочник/Под ред. Б. Н. Вардашкина и др. Т. 1. –М.: Машиностроение, 1984. –592 с.

*Навчальне видання*

Валерій Іванович Савуляк

Андрій Юрійович Осадчук

**ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ТА РЕМОНТУ  
АВТОМОБІЛІВ**

Лабораторний практикум

Оригінал-макет підготовлено Савуляком В.І.

Редактор С.А. Малішевська

Навчально-методичний відділ ВНТУ

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК №746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку

Формат 29,7 × 42<sup>1/4</sup>

Друк різнографічний

Тир. 100 прим.

Зам.№

Гарнітура Times New Roman

Папір офсетний

Ум. друк. арк.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі

Вінницького національного технічного університету

Свідоцтво Держкомінформу України

серія ДК №746 від 25.12.2001

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ