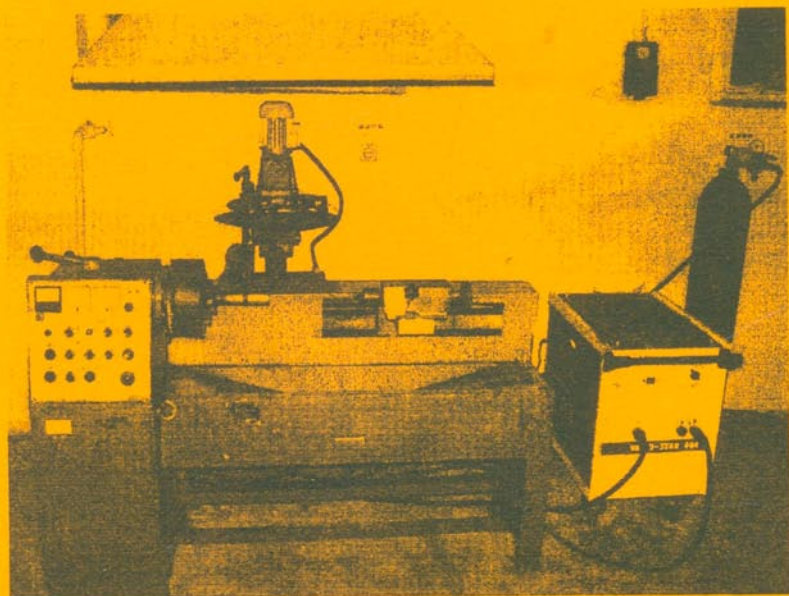


В. І. Савуляк, Ю. С. Марченко

РЕМОНТ І ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА АПАРАТІВ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В. І. Савуляк, Ю. С. Марченко

**РЕМОНТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ
МАШИН І АПАРАТІВ**
Лабораторний практикум

Вінниця
ВНТУ
2010

УДК 621(075)

ББК 34.6

С13

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 25.11.2008 р.)

Рецензенти:

В. Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

І. О. Сивак, доктор технічних наук, професор

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор

Савуляк, В. І.

С13 Ремонт та відновлення деталей машин і апаратів : лабораторний практикум / В. І. Савуляк, Ю. С. Марченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 75 с.

В посібнику висвітлені питання організації, зміст і необхідна інформаційна база для підготовки до виконання лабораторних робіт та курсового проекту з ремонту та відновлення деталей машин і апаратів.

Кожна лабораторна робота містить запитання для самоконтролю.

Рекомендується для студентів, магістрів, які навчаються за напрямом “Зварювання”

УДК 621(075)

ББК 34.6

ЗМІСТ

Передмова.....	4
Методичні рекомендації з організації і проведення лабораторних робіт.....	5
<i>Лабораторна робота № 1. Розроблення та реалізація технологічного процесу розбирання та складання вузла</i>	<i>7</i>
<i>Лабораторна робота № 2. Дослідження деталей на наявність прихованих дефектів.....</i>	<i>11</i>
<i>Лабораторна робота № 3. Діагностування колінчастого вала</i>	<i>17</i>
<i>Лабораторна робота № 4. Вивчення технологічних процесів ремонту колінчастих валів.....</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторна робота № 5. Відновлення деталей шляхом нанесення покриттів та зварювання.....</i>	<i>29</i>
<i>Лабораторна робота № 6. Електродугове зварювання тріщин на чавунних та алюмінієвих деталях.....</i>	<i>64</i>
<i>Лабораторна робота № 7. Усунення дефектів кузовів, кабін та рам шляхом зварювання в середовищі вуглекислого газу.....</i>	<i>65</i>
Глосарій.....	66
Література.....	68
Додаток А.....	70
Додаток Б.....	71

ПЕРЕДМОВА

Для забезпечення ефективної та безпечної роботи транспорту, сільськогосподарських машин та іншого обладнання першочергове значення набуває підвищення якості технічного обслуговування та ремонту, експлуатаційної надійності та довговічності. Сучасні умови роботи підприємств, які експлуатують машини, 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 машинобудування 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 лабораторний практикум призначений для закріплення і поглиблення теоретичних знань студентів з ремонту і відновлення деталей машин та апаратів, вироблення практичних навичок, необхідних інженеру в практичній роботі. З цією метою організовано цикл лабораторних занять для поглиблення і конкретизації уявлень про методи забезпечення якості машин, 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 лабораторному практикумі приділено використанню довідкових і нормативних матеріалів, потрібних для виконання робіт. Всі ці дані рекомендовані для використання за довідниками, які широко застосовуються на виробництві. Вони подані як у тексті лабораторного практикуму, 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, зберігається єдина структура: мета роботи, завдання для самостійної роботи та у лабораторії, оснащення робочого місця, особливості техніки безпеки, загальні відомості та вказівки щодо роботи, яку виконують, 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 мають оснащення для виконання технологічних операцій та необхідну документацію (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 з техніки безпеки, узгоджені з профспілкою і затверджені керівництвом вузу. Викладач проводить з студентами увідний 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,

повинно забезпечувати надійне установалення і кріплення деталей та 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 витяжною 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 лабораторним практикумом зміст роботи, ознайомлюється з формою звіту про роботу і готує належну документацію. Для кожної роботи наведена 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 лабораторного практикуму і організовувати 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, викладені в останньому пункті послідовності виконання роботи. Для полегшення підготовки до захисту і самоперевірки знань в кінці роботи наведені 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

РОЗРОБЛЕННЯ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОЗБИРАННЯ ТА СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

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

1.1 Загальні відомості

При розробленні технологічних процесів складання найчастіше доводиться вирішувати такі задачі:

- встановлення послідовності з'єднання деталей і складальних одиниць виробу та розроблення схем загального і вузлового складання виробу, розроблення 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 із забезпечення точності розмірів складових ланок і забезпечення відповідного рівня організації складальних робіт. Розглянемо на прикладі складальної одиниці, зображеної на рис. 1.1, порядок розроблення 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 елементу, його номер (див. позиції на рис. 1.1) і їхня кількість (рис. 1.2). Розроблення 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 більше високого порядків) можуть бути побудовані аналогічні схеми [7].

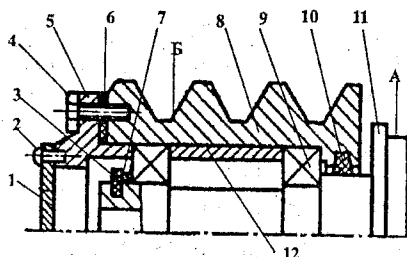


Рисунок 1.1 – Ескіз маточини: 1 – кришка; 2 – гвинт (4 шт.); 3 – кільце стопорне; 4 – гвинт (4 шт.); 5 – фланець; 6 – прокладка; 7 – кільце компенсаційне; 8 – шків; 9 – підшипник (2 шт.); 10 – кільце ущільнювальне; 11 – маточина; 12 – втулка

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

Маршрутний технологічний процес складання маточини поданий у табл. 1.1.

1.2. Порядок виконання роботи

1.2.1 Вивчити креслення заданого вузла.

1.2.2 Вибрати базову деталь.

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

- 1.2.4 Виділити складальні одиниці другого порядку, які безпосередньо входять у складальні одиниці першого порядку і т. д.
- 1.2.5 Розробити технологічну схему складання вузла.
- 1.2.6 Розробити маршрутний технологічний процес складання.
- 1.2.7 Оформити звіт.

Таблиця 1.1 – Маршрутний технологічний процес складання маточини

Номер операції	Назва операції	Зміст операції (за переходами)
05	Складання шківів (ск. 8)	1. Закріпити шків (дет. 5) у пристрої 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	Установлення шківів (ск. 8)	1. Закріпити маточину (дет. 11) у пристрої 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) у пристрої 2. Установити кришку (дет. 1) 3. Закріпити кришку (дет. 1) гвинтами (дет. 2)
20	Установлення фланця (ск. 4)	1. Установити фланець (ск. 5) 2. Закріпити фланець (ск. 5) гвинтами (дет. 4)
25	Контрольна	1. Перевірити легкість обертання шківів 2. Перевірити биття поверхні А відносно поверхні Б

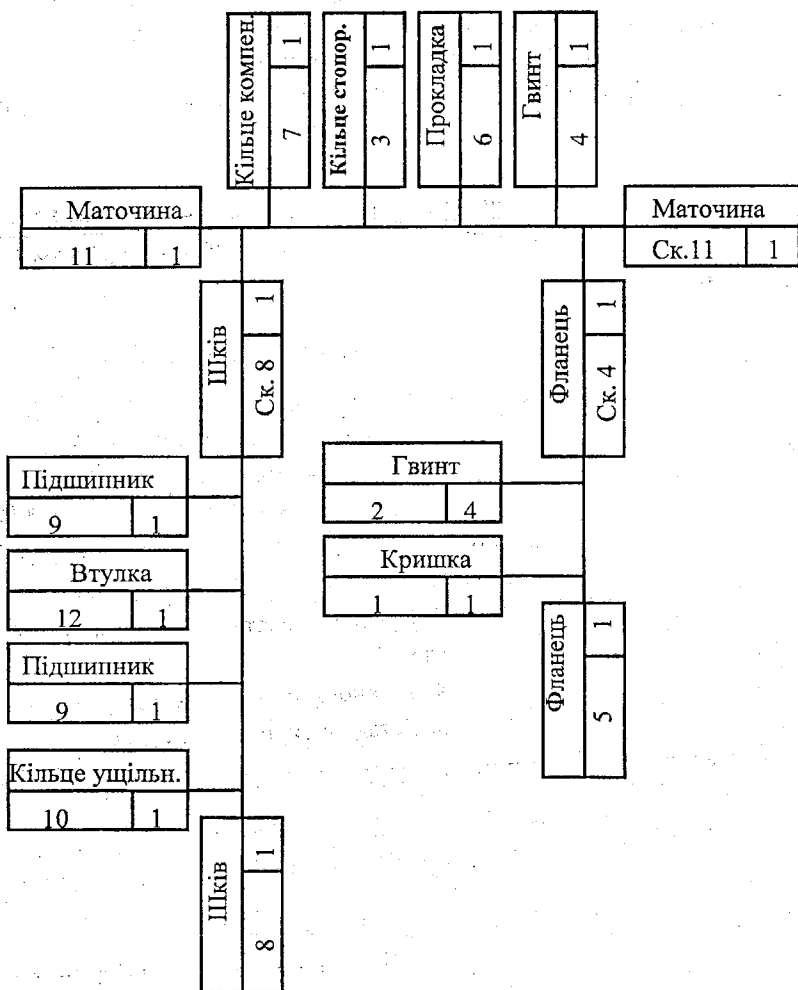


Рисунок 1.2 – Технологічна схема складання маточини

1.3 Контрольні запитання

1. Дайте означення складальній одиниці.
2. Критерії вибору методу досягнення точності складання заданого вузла.
3. Організація техпроцесів складання в різних типах виробництва.

4. Які види з'єднань Ви знаєте? Області 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

Дослідження деталей на наявність прихованих дефектів

Мета: вивчити основні методи діагностування стану деталей і вузлів машин та отримати практичні навички.

2.1 Загальні відомості

Вузли і деталі дефектують з метою оцінювання 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 поділяють 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 і т. 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 роликів і кулькових підшипників в обоймах, легкість переміщення шестерень по шліцевих валах, наявність втомних раковин і шорсткості на зубах шестерень і елементах кочення підшипників.

Перевіркою простуканням виявляють щільність посадки штифтів і шпильок у корпусах і кришках (штифт чи шпилька, що щільно сидять, видають дзвінкий металічний звук); щільність посадки проміжних втулок, що при легкому натягу й при пресовій посадці повинні видавати дзвінкий металічний 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.

Для цієї мети використовують штангенциркулі, мікрометри, індикаторні нутроміри, щупи, штангенрейсмуси, штангензубоміри, універсальні штативи з індикаторами, перевірочні плити, лінійки і цілий ряд інших вимірювальних приладів: оптиметри, мінометри, інструментальні мікроскопи. Наприклад, знос зуба шестірні можна визначити штангензубоміром, вимірюючи його товщину на визначеній встановлювальній висоті; знос шийки вала визначають мікрометром, циліндрів — індикаторним нутроміром; відхилення від площинності 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.).

Тверді шаблони виготовляють за принципом однограничних скоб. Наприклад, шестерні вимірюють шаблоном (рис. 2.1), 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*.

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

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

Перевіркою за допомогою спеціальних приладів, пристроїв і устаткування виявляють ряд несправностей у вузлах і деталях машин. Наприклад, тріщини в блоці і головці блока, у вихлопних і всмоктувальних

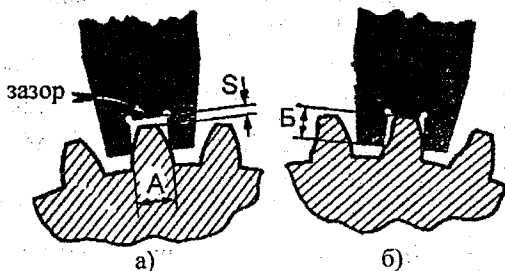


Рисунок 2.1 – Вимірювання зубів шестірни шаблоном:

а – положення шаблона на незношеному зубі; б – положення шаблона на зношеному зубі

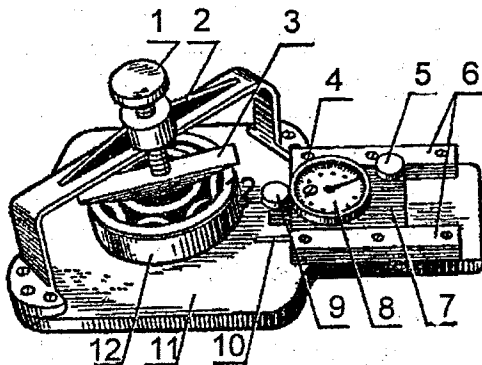


Рисунок 2.2 – Індикаторний прилад для перевірки радіальних зазорів у підшипниках кочення: 1, 4 і 9 – гвинти; 2 – міст; 3 – конус; 5 – гвинтовий затискач; 6 – напрямні; 7 – каретка; 8 – індикатор годинникового типу; 10 – паз; 11 – плита; 12 – підшипник

трубах, герметичність серцевини радіатора й інших деталей визначають шляхом гідравлічного або пневматичного випробування на стендах. Пружність деталей (пружин, кілець) перевіряють за допомогою приладу КП-0507 з ваговим механізмом. Биття і погнутість шийок валів перевіряють у центрах або при установленні на призмах; вигин і перекіс осей шатунів визначають на спеціальному приладі. За допомогою

універсального індикаторного приладу КИ-1223 перевіряють радіальний зазор у підшипниках кочення (рис. 2.2) і відповідно до технічних умов проводять їх дефектування.

Підшипник закріплюють на плиті 11 гвинтом 1 через конус 3. Зазор вимірюють індикатором годинникового типу 8, який закріплюється разом з кареткою 7 у такому положенні, щоб ніжка індикатора фіксувала повну величину 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 кольоровий, 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.2.3). Ця зміна магнітного потоку відмічається нанесенням на випробну деталь (після її намагнічування в електромагнітному полі) магнітним порошком: він осідає по краях тріщини. Феромагнітний порошок (звичайно прожарений окис заліза – крокус) застосовують у сухому вигляді чи у вигляді суспензії, тобто порошку, завислого в трансформаторному маслі чи гасі (1:30, 1:50).

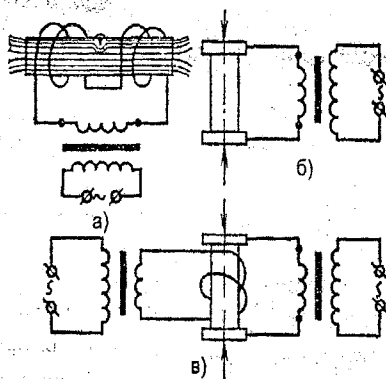


Рисунок 2.3 – Схеми намагнічування деталей змінним струмом:

а – в поздовжньому полі соленоїда; б – в циркулюючому; в – у комбінованому

Для виявлення дефектів, розташованих перпендикулярно до осі деталі, застосовують намагнічування в поздовжньому полі соленоїда (рис. 2.3 а); розташованих уздовж осі деталі – циркулююче намагнічування (рис. 2.3 б); у різних напрямках – комбіноване намагнічування (рис. 2.3 в).

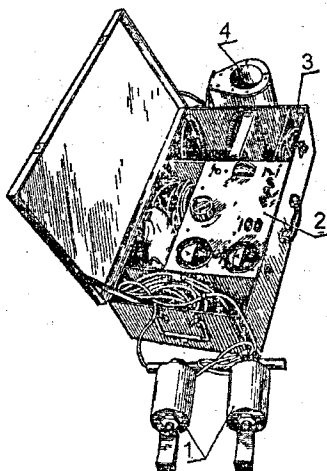


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд магнітного дефектоскопа 77ПДМ-3М:

1 – електромагніти; 2 – панель із приладами; 3 – футляр;
4 – соленоїд

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

Найбільше зручний переносний дефектоскоп 77ПДМ-3М (рис. 2.4). Електроживлення дефектоскопа здійснюється від джерела постійного струму напругою 26 або 52 В, або змінного струму напругою 220 В. Намагнічування можна проводити в полі котушки соленоїда, пропусканням струму через деталь або укладаючи її на полюси електромагнітів 1.

За допомогою дефектоскопа типу МК 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 поміщують усередину котушки соленоїда, а потім поступово виносять за межі дії магнітного поля або зменшують струм у соленоїді від максимуму до нуля.

Капілярні методи засновані на явищі капілярного проникнення змочувальної рідини в поверхневі тріщини, пори і под. До цих методів відноситься, наприклад, люмінесцентний, котрий застосуємо для виявлення поверхневих тріщин і пор у деталях, виконаних в основному з немагнітних матеріалів.

Люмінофори (мінеральні масла або 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). Після 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 тим, 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 діагностика 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 посилення імпульсів до моменту приймання їх після відбивання, можна визначити відстань до дефекту і його величину. Для контролю якості деталей застосовують дефектоскопи УЗД-10У, ДСК.

2.2 Порядок виконання роботи

2.2.1 Підготувати деталь до обстеження.

2.2.2 Оглянути деталь та виявити зовнішні дефекти.

2.2.3 Вивчити інструкцію до вказаного дефектоскопа.

2.2.4 Виявити приховані дефекти та описати їх.

2.2.5 Зробити висновки щодо можливості ремонту або відновлення деталі.

2.2.6 Оформити звіт.

Контрольні запитання

1. Для чого використовують діагностування деталей?
2. Які існують способи визначення стану деталей?
3. Яке обладнання використовують для діагностування?
4. Як визначити наявність тріщин та інших дефектів деталей?
5. На які групи поділяються деталі після діагностування?
6. Які деталі не піддаються ремонту або відновленню?

Лабораторна робота № 3 **Діагностування колінчастого вала**

Мета роботи: набути практичні навички діагностування деталей машин.

Обладнання, інструмент. Колінчастий вал двигуна, лабораторний стіл, плита перевірна, призми перевірні П2-2-2, мікрометри МК 200-2, МК 100-2, МК 75-2, нутроміри НН 100-160, НН 18-50, штангенциркуль ШЦ 1-250-0,05, ШЦ 1-125-0,1, штангенрейсмус ШР 250-0,05, штатив Ш-ПВ-8, індикатор ІЧ 10Б, шаблони радіусні, лупа, калібр.

3.1 Загальні відомості

Конструктивними елементами колінчастого вала є корінні й шатунні шийки, носик вала (поверхні для установлення шківів, сальника, шестерні, шпонкові пази, різь кріплення храповика), фланець вала (поверхня і отвори для установлення і кріплення маховика), маслосгінна різь на поверхні під сальник і задній корінний шийці, врівноважувальні пристрої з кріпленням, мастильні канали.

Колінчастий вал двигуна Д-160 виготовляють з марганцевої сталі 45Г2, шийки вала загартовуються СВЧ на глибину $h = 3,0 \div 6,5$ мм до твердості $HRC \geq 48$. Точність розмірів для шийок в межах 6 – 7 квалітетів, для решти елементів – 8 – 9 квалітетів, відхилення форми і розмірів не повинні виходити за межі поля допуску 6-го квалітету. Шорсткість поверхонь шийок не грубіша ніж $Ra = 0,32$ мкм.

Характер дефектів колінчастого вала і способи їх усунення. У процесі роботи на колінчастий вал діють сили тертя, ~~вібрання~~ ~~накозміни~~

зусилля, агресивні середовища тощо. Це призводить до спрацювання, овальності, конусності і порушення якості (задирки, риски, корозія) поверхонь шийок і поверхонь для спряження, механічних пошкоджень (тріщин, дефектів різі), відхилення розміщення (неспіввісність, биття).

Дефекти колінчастого вала усувають обробленням під ремонтні розміри (рр), слюсарно-механічним обробленням, наплавленням поверхонь під шаром флюсу, в струмені вуглекислого газу, вібраційним наплавленням. Погнутості і биття поверхонь усувають пластичною деформацією (наклепуванням, правкою).

Основні дефекти колінчастого вала, технічні умови на їх діагностування наведено в табл. 3.1, схему вимірювань параметрів вала – на рис. 3.1, радіуса кривошипа – на рис. 3.2. Результати вимірювань шатунних і корінних шийок колінчастого вала навести в табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Дефекти колінчастого вала, способи їх виявлення і усунення

Дефект	Спосіб виявлення дефекту. Вимірювальний інструмент	Розміри, мм		Спосіб усунення дефекту
		за кресленням	допустимі без ремонту у спряженні з деталями:	
			що була у користув.	
1	2	3		4
1. Тріщини на шийках і галтелях	Зовнішній огляд. Лупа Л-1-4. Магнітний дефектоскоп ПМД-70	Не допускається. Допускається на одній шийці не більше ніж три поздовжні тріщини довжиною до 3мм, розміщені до осі вала під кутом не більше ніж 30° на відстані не менш ніж 10 мм від торців і одна від одної		Замінити вал. Розробити тріщину, заплавити і обробити шийку під номінальний або ремонтний розмір
2. Задирки і пропіки на шийках і галтелях, що не виводяться шліфуванням	Зовнішній огляд	Не допускається		Замінити вал

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
3. Спрацювання поверхонь шатунних шийок	Мікрометр МК 100-2 Маркування ремонтних шатунних вкладишів БР1 БР2 АР3 АР4	Н1 92,2 ^{1-0,023} – 92,17 Н2 91,96 ^{-0,023} – 91,92 Ремонтні розміри: 91,21 ^{-0,023} – 91,17 90,46 ^{-0,023} – 90,42 89,7 ^{-0,023} – 89,67 88,96 ^{-0,023} – 88,92	Перешліфувати під ремонтний розмір. Те саме. Перешліфувати під ремонтний розмір. Наплавити і обробити під номінальний розмір
4. Спрацювання поверхонь корінних шийок	Мікрометр МК 100-2 Маркування ремонтних корінних вкладишів БР1 БР2 АР3 АР4	Н1 95,21 ^{-0,023} – 95,17 Н2 94,96 ^{-0,023} – 94,92 Ремонтні розміри: 94,46 ^{-0,023} – 94,42 93,96 ^{-0,023} – 93,92 93,46 ^{-0,023} – 93,42 92,96 ^{-0,023} – 92,92 Овальність і конусність шатунних і корінних шийок відповідно не більше ніж 0,02 і 0,025 мм	Перешліфувати під ремонтний розмір Те саме » » Наплавити і обробити під номінальний розмір
5. Спрацювання маслозгінних різьб на кінцях валів: передньому задньому	Штангенциркуль ШЦ I-125-0,1	Глибина різі: 1,5±0,5 1,0 1,0 2,3±0,5 1,8 1,8	Поглибити різь
6. Спрацювання шийки під сальник. Риски, задирки, раковини	Мікрометр МК75-2 Зовнішній огляд	68 ^{-0,115} _{-0,145} – 67,65 Не допускається	Шліфувати до виведення слідів спрацювання

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
7. Прогин вала	Плита перевірна, призми П2-2-2, штатив Ш-ПВ-8, індикатор ИЧ-10Б	При опиранні 1-ї, 3-ї, 5-ї корінних шийок на призми — биття поверхонь респти шийок: 0,03 — 0,04 під маховик: 0,04 0,05 0,06 під шків: 0,05 0,06 0,06	Виправляти. Перешліфувати під найближчий ремонтний розмір

Таблиця 3.2 – Розміри вкладишів, мм

Тип вклади- шів	Мар- кування	Висота (під на- ванта- женням)	Сумар- на висота <i>H</i>	Товщина			Діаметр шийки вала
				вкла- диша	антифрик- ційного шару	стальної основи	
1	2	3	4	5	6	7	8
Корінні норма- льні	БН1			3,87 ^{-0.025} _{-0.035}	0,60–0,79	3,15±0,09	95,21 ^{-0.023}
Те ж	БН2			4 ^{-0.025} _{-0.035}	0,725–0,90	3,15±0,09	94,96 ^{-0.023}
Ремонт- ні	БР1	51,5 ^{+0.12} _{+0.07}	10 ^{+0.24} _{+0.14}	4,25 ^{-0.025} _{-0.035}	0,625– 0,815	3,5±0,09	94,46 ^{-0.023}
Те ж	БР2			4,5 ^{-0.025} _{-0.035}	0,875– 1,065	3,5±0,09	93,96 ^{-0.023}
	АР3			4,75 ^{-0.025} _{-0.035}	0,405– 0,635	4,2±0,09	93,46 ^{-0.023}
	АР4			5 ^{-0.025} _{-0.035}	0,87–1,23	—	92,96 ^{-0.023}
Шатун- ні нор- мальні	БН1			3,875 ^{-0.0} _{-0.0}	0,59–0,78	3,15±0,09	2,21 ^{-0.023}
Те ж	БН2			4 ^{-0.03} _{-0.04}	0,72–0,90	3,15±0,09	91,96 ^{-0.023}
Ремонт- ні	БР1	51 ^{+0.12} _{+0.07}	100 ^{+0.24} _{+0.14}	4,375 ^{-0.03} _{-0.04}	0,74–0,93	3,15±0,09	91,21 ^{-0.023}

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8
Те ж	БР2			$4,75_{-0,04}^{-0,03}$	0,40–0,63	$4,2 \pm 0,11$	$90,46_{-0,023}$
	АР3			$5,125_{-0,04}^{-0,03}$	1,07–1,43	—	$89,71_{-0,023}$
	АР4			$5,5_{-0,04}^{-0,03}$	0,87–1,23	—	$88,96_{-0,023}$

Таблиця 3.3 - Розміри півкілець для осевого фіксування, мм

Тип півкілець	Маркування	Товщина		Розмір між щокми середньої корінної шийки
		півкілець	антифрикційного шару	
Нормальні	АН	$5 \pm 0,04$	0,86–1,69	$124^{+0,16}$
Ремонтні	АР1	$5,1 \pm 0,04$	0,86–1,69	$124,2^{+0,16}$
	АР2	$5,2 \pm 0,04$	0,86–1,69	$125,4^{+0,16}$
	АР3	$5,3 \pm 0,04$	0,86–1,69	$124,6^{+0,16}$
	АР4	$5,4 \pm 0,04$	0,86–1,69	$124,8^{+0,16}$

1. Ознайомитись з формою звіту про виконану роботу (додаток Б), скласти комплектувальну відомість за заданим варіантом – п. 1 звіту.

Підготувати форму таблиці п. 2 звіту (таблиця Б.2). Використовуючи табл. 24 – 31 для заданого варіанта, заповнити графи 2, 3.

2. Побудувати поля допусків спряжень деталей кривошипно-шатунного механізму: гільза – поршень, поршень – палець, палець – втулка, втулка – верхня головка шатуна, поршневі канавки – поршневі кільця, нижня головка шатуна – шатунні вкладиші, блок двигуна – корінні вкладиші – п. 3.1 звіту.

3. Обчислити розмір зазорів і натягів у перелічених спряженнях за формулами

$$\begin{aligned} S_{\max} &= ES - ei, & S_{\min} &= EI - es, \\ N_{\max} &= es - EI, & N_{\min} &= ei - ES, \end{aligned}$$

де EI , ES – відповідно нижнє і верхнє граничні відхилення для отвору; ei , es – відповідно нижнє і верхнє відхилення для вала.

Розрахунки записати в п. 3.2 звіту, результати обчислень занести у таблицю Б.2 звіту.

4. Обчислити номінальне значення діаметрів отвору корінних і шатунних вкладишів за формулою

$$D_B = D_{ш} + \sigma,$$

де $D_{ш}$ – розмір за кресленням (номінальний) корінної і шатунної шийок колінчастого вала; σ – номінальний зазор у sprzęженні шийка – вкладиш (для корінних вкладишів – $0,090 \div 0,154$ мм, для шатунних вкладишів – $0,100 \div 0,164$ мм).

Розрахунки записати в п. 3.3 звіту.

5. Провести комплектувальні роботи і перевірити їх якість в лабораторному комплекті деталей кривошипно-шатунного механізму двигуна.

Контрольні запитання

1. Як виконати діагностування вказаної поверхні чи розмірів?
2. Які існують способи визначення стану деталей?
3. Які вимоги висувають до обладнання та інструменту для діагностування?
4. Скільки вимірів необхідно робити для кожного розміру?
5. На які групи поділяються колінчасті вали після діагностування?
6. Які колінчасті вали не піддаються ремонту або відновленню?

Лабораторна робота № 4

Вивчення технологічних процесів ремонту колінчастих валів

Мета: освоїти основи побудови технологічних процесів ремонту деталей машин та вивчити типове обладнання.

4.1 Теоретичні відомості

Необхідність ремонту у двигунах та компресорах колінчастого вала і заміни його підшипників визначають попередньо за втратою тиску мастила у змащувальній системі, а остаточно після розбирання двигуна за величиною овальності шийок та перевищенням допустимих зазорів у підшипниках ковзання (вкладишах).

Перед ремонтом колінчастий вал промивають у мийній машині ОМ-3600 з пристроями. Особливо ретельно необхідно промивати масляні канали і порожнини для відцентрового очищення масла.

Контроль починають з перевірки вала на магнітному дефектоскопі, чи магнітним олівцем для виявлення тріщин на шийках. Потім визначають прогин вала, причому щоб уникнути помилок і неточностей прогин варто перевіряти за торцевим биттям фланця кріплення маховика, що допускається не більше 0,05 мм. При більшому битті вали піддають спеціальному виправленню місцевим наклепуванням щік (рис. 4.1).

Основною операцією ремонту колінчастих валів є шліфування корінних і шатунних шийок на ремонтні розміри. Для корінних і шатунних шийок колінчастих валів тракторних і автомобільних двигунів встановлена різна кількість ремонтних розмірів у залежності від марки двигуна (чотири і більше) з інтервалом через 0,25 мм.

Шліфують шийки колінчастого вала на шліфувальних верстатах типу 3423 (рис. 4.2) чи 3420 з необхідним набором пристроїв, що дозволяють як установлювати, так і перевіряти установлення вала перед шліфуванням.

Абразивний круг перед шліфуванням балансують, правлять алмазним олівцем чи алмазозамінником і закруглюють краї.

При шліфуванні повинен застосовуватися люнет, що закріплюється на станині верстата. Кулачки люнета доводять до упора в шийку, що шліфується. Вони сприймають зусилля, створювані при врізанні в шийку абразивного круга, і перешкоджають прогину вала.

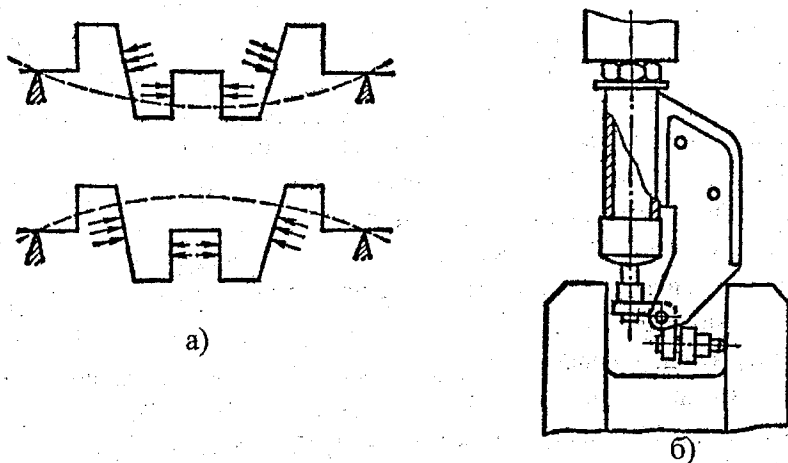


Рисунок 4.1 — Схема наклепування (а); і пристрій (б) для виправлення колінчастого вала

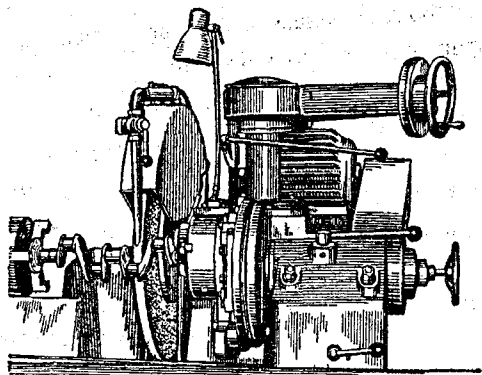
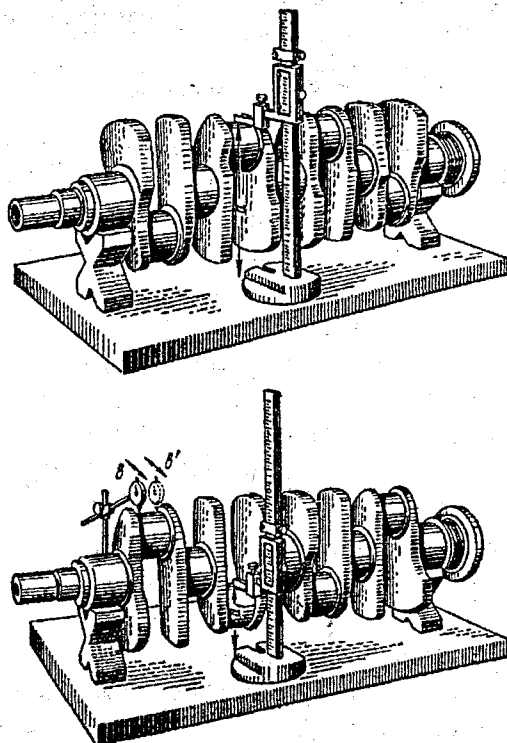


Рисунок 4.2 – Шліфування шатунної шийки колінчастого вала на верстаті 3423.

Режими шліфування такі: окружна швидкість круга 25 – 30 м/с; частота обертання вала при попередньому шліфуванні 28 – 32 об/хв і подача по глибині 0,010 – 0,015 мм/об; при остаточному чистовому шліфуванні частота обертання вала 8 – 15 об/хв, подача по глибині 0,003 – 0,005 мм/об. Спочатку шліфують шатунні шийки при установленні колінчастого вала в патронах – центрозміщувачах, у яких вал закріплюють крайніми корінними шийками чи першою корінною шийкою і фланцем. Центрозміщувачі дозволяють зміщувати вал на величину радіуса кривошипа і для шліфування суміщати осі шатунних шийок з віссю шпинделя верстата. Контроль установлення вала в цьому випадку здійснюють за допомогою мірних лінійок на патронах у залежності від величини радіуса кривошипа для кожної марки колінчастого вала. Для суміщення шатунних шийок з віссю верстата необхідно зафіксувати планшайбу з центрозміщувачем; повертати вал у патронах поки губки спеціальної вертикальної призми не будуть прилягати до поверхні шатунної шийки без просвіту; закріпити вал у патронах. Контроль установлення вала проводять за биттям шийки при його провертанні. Індикатор з подовженою ніжкою встановлюють у горизонтальній площині і фіксують його покази в двох положеннях вала, коли кривошипи знаходяться у вертикальному положенні. Різниця в показях індикатора не повинна перевищувати 0,1 мм. При великих відхиленнях необхідно відрегулювати установлення вала.



Перевіряють радіус кривошипа після шліфування на контрольній плиті (рис. 4.3). Осі шатунних шийок повинні бути рівнобіжні корінним. Відхилення від паралельності (різниця максимальних показань індикаторів у точках *в* і *в'*) допускається не більше 0,03 мм на довжині 100 мм, включаючи конусність шийки. Зсув осей шатунних шийок щодо загальної діаметральної площини, що проходить через першу корінну і першу шатунну шийки, допускається не більше 1 мм. Зсув осі другої шатунної шийки щодо третьої не повинно бути більше 1 мм.

Корінні шийки вала шліфують при установленні його на нерухомих центрах верстата. Обертання вала в цьому випадку здійснюють від повідкового патрона передньої бабки. Радіальне биття фланця під маховик

і шийки під розподільну шестірню при обертанні вала не повинно перевищувати 0,05 мм. При більшому битті необхідно проточити центрові фаски різцем на токарному верстаті, закріплюючи вал у патроні верстата і лонеті.

Чорнове шліфування рекомендується починати із середньої корінної шийки, потім прошліфувати інші шийки повністю. Закінчити чистове шліфування на середній корінній шийці.

Корінні шийки, так само як і шатунні, шліфують на один (свій) ремонтний розмір з різницею в діаметрах не більше 0,05 мм. При відхиленні діаметра однієї шатунної шийки від діаметра інших шийок більше ніж на 0,2 мм при різниці в ремонтних розмірах для даного вала в 0,25 мм необхідне оброблення цієї шийки на наступний ремонтний розмір. Овальність і конусність усіх шийок допускається не більше 0,02 мм. Твердість шийок повинна бути не нижче 45 HRC. Шорсткість поверхні за 9-м класом ($R_a < 0,32$ мкм).

Для контролю розміру вала в процесі шліфування застосовують пристрій, показаний на рисунку 4.4. Перед чистовим шліфуванням необхідно обробити фаски в масляних отворах. Для цього застосовують високооборотну пневматичну дріль зі спеціально заправленим абразивним інструментом чи електродріль зі свердлом діаметром 14 – 16 мм, що має твердосплавні пластинки (частота обертання не більше 500 об/хв). Усі шийки колінчастого вала повинні бути піддані поліруванню.

Полірування можна виконувати на стенді для одночасного полірування двох валів, абразивними чи алмазними стрічками за допомогою пристрою до шліфувального верстата, на універсальному пристрої до токарного верстата або за допомогою затискачів вручну.

Кінематична схема стенда для одночасного полірування двох колінчастих валів зображена на рисунку 4.5. Для привода стенда використовують електродвигун потужністю 1 кВт.

Частота обертання валів повинна бути в межах 150 – 200 об/хв, зусилля притиснення затискачів 100 – 120 Н. На фетрову стрічку затискачів наносять тонкий шар 28-мікронної пасти з дизельним маслом. Полірування всіх шийок валів ведуть протягом 3 – 5 хвилин до шорсткості не нижче 9-го класу.

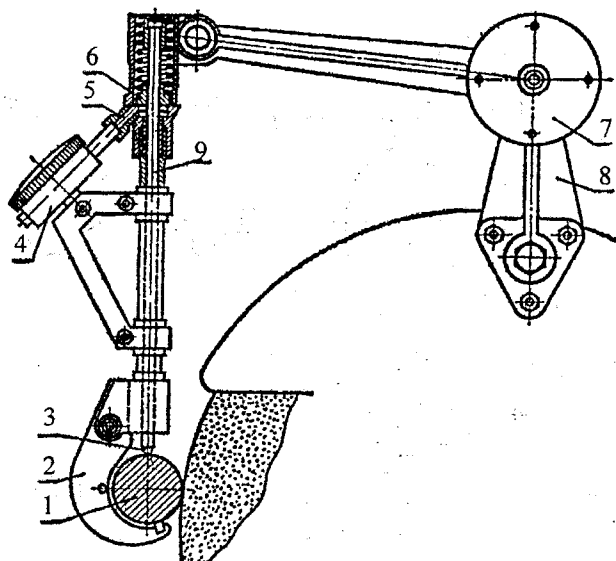


Рисунок 4.4 – Пристрій для контролю розміру шийки вала в процесі шліфування:

1 – шийка вала; 2 – скоба; 3 – вимірювальний стрижень; 4 – індикаторна головка; 5 – ніжка індикатора; 6 – передавальний механізм;
7 – демпфер (масляний); 8 – встановлювальний кронштейн; 9 – стрижень передавального механізму

Зношені шийки для підшипників кочення валів пускових двигунів, для розподільної шестірні і шківів привода вентилятора відновлюють електроіскровим наросуванням, плазмовим напилюванням чи насталуванням з наступним механічним обробленням до номінального розміру.

Зношені стінки шпонкових канавок відновлюють обробленням на збільшений розмір.

Відновлення отворів у фланці колінчастого вала під болти кріплення маховика проводять по кондукторі чи разом з маховиком розсвердлюванням на збільшений ремонтний розмір і нарізуванням різі ремонтного розміру.

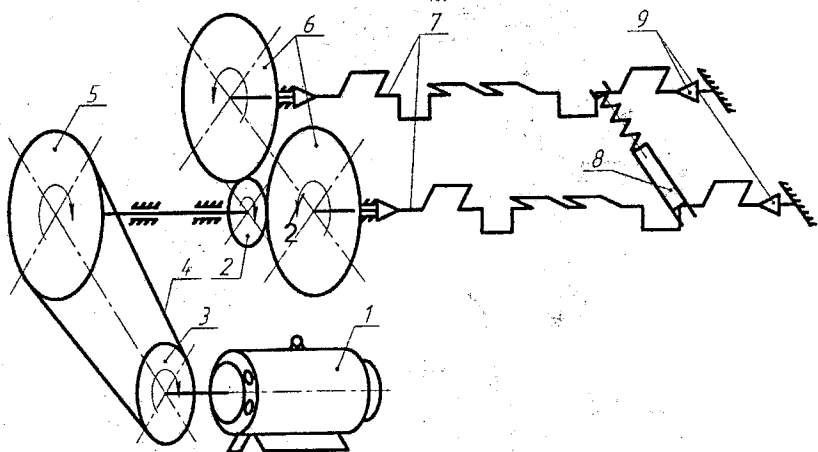


Рисунок 4.5 – Схема станда для полірування колінчастих валів:

- 1 – електродвигун; 2 – ведуча шестерня; 3 – ведучий шків;
 4 – клиноподібний ремінь; 5 – ведений шків; 6 – ведені шестерні;
 7 – колінчасті вали; 8 – механічний затискач; 9 – підвідні центри

Після використання всіх ремонтних розмірів зношені колінчасті вали можуть відновлюватися до номінальних розмірів методами наплавлення під шаром флюсу, гальванічним нарощуванням, електроконтактним напиканням чи напилюванням металевих порошків.

Після ремонту чи відновлення колінчасті вали повинні піддаватися динамічному балансуванню на спеціальній машині БМ-У4. Визначивши місце розташування і величину невірноваженості мас, усувають її шляхом висвердлювання отворів у противагах вала.

Допускається величина дисбалансу для колінчастих валів двигуна А-01 – 40 гсм, вантажних автомобілів – 70 – 120 гсм, легкових автомобілів – 10 – 50 гсм.

Корінні і шатунні підшипники колінчастих валів автотракторних двигунів при зносі мають овальність з більшою віссю у площині, яка перпендикулярна до площини рознімання підшипників, конусність, а робочі поверхні насичуються продуктами зносу. У результаті цього збільшуються зазори в підшипниках, що приводить до появи стуків і зменшення тиску масла в магістралі. Припустима величина масляного зазору в підшипниках при поточному ремонті встановлюється приблизно в два рази більше номінального зазору.

Наступне використання зношених підшипників для більшого розміру вала можливе після видалення поверхневого шару з накопиченими абразивними частинками шляхом розточування.

У підшипників спостерігається також викришування антифрикційного шару, змінання площин у місцях рознімання й ослаблення посадки в постелях шатуну і блока в результаті зносу внутрішньої поверхні останніх. При наявності цих дефектів підшипники вибраковуюються.

Контрольні запитання

1. Чим пояснити зміну первісної циліндричної форми шийок колінчастого вала при роботі?
2. Як правильно установити колінчастий вал на верстаті при шліфуванні шатунних шийок? Як визначити після шліфування радіуси кривошипів, шатунних шийок і чому важливо забезпечити номінальну величину цих радіусів?
3. Як правильно установити колінчастий вал на верстаті при шліфуванні корінних шийок? Яка роль лонета?
4. Для чого і як полірують шийки колінчастого вала?

Лабораторна робота № 5

Відновлення деталей шляхом нанесення покриттів та зварювання

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

5.1 Теоретичні відомості

Зварювання і наплавлення — найбільше розповсюджені способи відновлення зношених і ушкоджених деталей при ремонті машин. Зварювання і наплавлення при відновленні сталевих деталей широко застосовується як для усунення руйнувань (тріщин, поломок і розривів), так і для нарощування зношених поверхонь. При відновленні сталевих деталей здебільшого застосовують електрозварювання. Газове зварювання використовують в основному при зварюванні сталевих деталей з малою товщиною стінок (кабіни й оперення тракторів і автомобілів, обшивання комбайнів, тонкостінні труби, нафтогара).

Для одержання доброякісного зварного 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 заварці тріщин чи поломок звичайно застосовують зварювальні електроди або дроти. За ДСТУ вони поділяються на ряд типів від Е-34 до Е-145. Основною характеристикою кожного типу є тимчасовий опір розриву зварного з'єднання. Воно вказується в найменуванні типу електрода. Наприклад, електроди типу Е-42 дають зварне з'єднання, що має тимчасовий опір розриву, рівний 420 Н/мм^2 . До кожного типу може відноситися кілька марок електродів. Наприклад, до типу Е-42 відносяться електроди марок ОЗЦ-1, ОММ-5; до типу Е-42А – електроди ЦМ-8, УОНИ-13/45П, ОЗС-3; до типу Е-46 – електроди ОЗС-4, АНО-3, АНО-4; до типу Е-50А – електрод УОНИ-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 Е-34. Крейдова обмазка є тільки стабілізуючою, тобто сприятливою для стійкого горіння дуги. Інші типи і марки електродів мають якісну обмазку. Ця обмазка, крім стабілізуючих, містить захисні, шлакоутворювальні і газоутворювальні, а іноді розкислювальні і легувальні елементи.

Умовні позначення типів складу покриття: руднокислі – Р, рутилові – Т, фтористо - кальцієвий – 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 Е-42, діаметром 5 мм і має покриття рутилового типу, буде мати позначення: ЦМ-7-Е-42-5, 0-Р-ДСТУ: ЕН 1470:2008.

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

Вуглецеві і леговані сталі із середнім і високим вмістом вуглецю зварюються важче і схильні до утворення пор і тріщин. Тому при зварюванні і наплавленні середньо-, високовуглецевих і легованих сталей потрібний попередній підігрів деталей приблизно до таких температур (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Температура підігріву перед зварюванням

Вміст вуглецю, %	0,20 – 0,30	0,30 – 0,45	0,45 – 0,80
Температура підігріву, °C	100 – 150	150 – 250	250 – 400

При зварюванні таких сталей відмінні результати дає також наступний відпуск при температурі 600 – 650°C або при 400°C протягом 2 годин. Рекомендується перед зварюванням підігрівати масивні деталі для одержання глибокого провару і попередження великого відведення 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 сталей, що не піддаються термічному або хіміко-термічному обробленню, можна проводити зварювальними електродами.

При наплавленні деталей із 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 «ЕН» 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, то вміст вуглецю даний у десятих частках відсотка, а якщо він відсутній – у сотих частках. Останні цифри вказують твердість шару (HRC).

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

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

Типам електродів відповідають певні марки електродів. Повне умовне позначення електрода для наплавлення містить його марку, тип, діаметр і ДСТ. Наприклад, електрод марки ОЗН-300 діаметром 5 мм буде мати позначення: ОЗН-300-ЕН-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 наплавлений 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 ЕН-15ГЗ-25), ОЗН-400 (тип ЕН-20Г4-40); для наплавлення деталей з високомарганцевої сталі Г13 – електроди ОМГ-Н (тип ЕН-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. Як наповнювач використовують тверді сплави, найчастіше сормайт, феросплави, карбід вольфраму. На електрод наноситься захисне покриття (обмазка).

Випускаються трубчасті наплавні електроди ЕПН-1, ЕТН-2, ЕТН-3, ЕТН-4.

При газовому зварюванні для заварки тріщин, розривів, приварки накладок на сталевих деталях і зварювання металоконструкцій застосовують зварювальний дріт Св-08, Св-08А.

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

Часто використовують наплавні дроти Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-10ГЗ тощо, 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 (зёрноподібні).

До литих відносяться, наприклад, сормайт № 1, № 2 і стеліти В2К і ВЗК, що мають високу твердість і зносостійкість за рахунок великого вмісту вуглецю, хрому, нікелю, марганцю тощо. 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 такі: 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. 5.2).

Таблиця 5.2 – Вибір електрода та сили струму зварювання сталі

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

При зварюванні вертикальних швів застосовують електроди діаметром не більше 5–6 мм, а при стельовому зварюванні – не більше 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 або з виразу $I = (40-50)d_{el}$, де d_{el} – діаметр електрода, мм.

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

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

При товщині стінки деталі, що зварюється, або листів (смуг) до 4 мм і зварюванню в стик або зварюванні тріщини оброблення країв не проводять. При товщині стінок від 4 до 8 мм краї обробляють, або проводять зварювання без оброблення, 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 знижені в порівнянні зі зварюванням. 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 $0,7d_{el}$.

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 або 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.

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

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

При наплавленні циліндричних поверхонь процес потрібно вести або по гвинтовій лінії, або уздовж осі деталі, накладаючи валики в порядку, показаному на рисунку 5.2. При заварюванні 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 або наплавленням можна задати деталі попередню деформацію у бік, зворотний тому, де варто очікувати короблення. У цьому випадку при зварюванні (наплавленні) деталей розпрямиться.

При наплавленні термічно оброблених деталей їх варто поміщати у ванну з водою так, щоб наплавна поверхня виступала над рідиною.

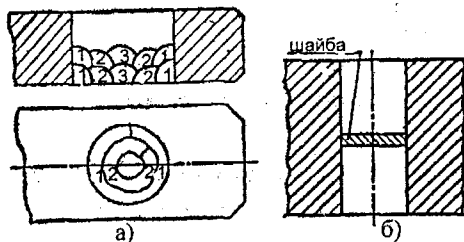


Рисунок 5.1 – Заварювання отворів:
а – порядок заварювання отворів;
б – заварювання глибоких отворів з поставленням шайби

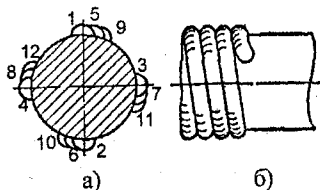


Рисунок 5.2 – Наплавлення циліндричних деталей:
а – порядок накладення валиків уздовж деталі;
б – наплавлення по спіральній лінії

Устаткування для зварювання і наплавлення. Як джерела живлення електроенергією при проведенні електрозварювальних і наплавлювальних 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 привода 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 знижувальний трансформатор і блок випрямлячів (селенових, кремнієвих або германієвих). Трансформатор і випрямлячі змонтовані в загальній металевій шафі, де також установлені: вентилятор для охолодження випрямлячів, пускорегулювальна апаратура, вольтметр і амперметр.

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

Устаткування для газового зварювання залежить від роду застосовуваного горючого газу. Ацетилен одержують в ацетиленових генераторах з карбиду кальцію шляхом дії на нього води або 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 з наконечниками номер від 0 до 3, середньої потужності ГС-3 з наконечниками номер від 4 до 7 і великої потужності ГС-4 з наконечниками номер 8 і 9). У залежності від витрати ацетилену наконечники поділяються на 9 номерів.

Таблиця 5.3 – Наконечники для газових пальників

Номер наконечника	0	1	2	3	4	5
Витрата горючого газу, л/год	20-65	50-125	120-240	230-400	400-700	660-1100
Номер наконечника	6		7		8	9
Витрата горючого газу, л/год	1050-1750		1700-2800		2800-4500	4500-7000

Для проведення зварювання пропан-бутановою сумішшю або 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 і ГЗУ-2-62).

Зварювання і наплавлення чавунних деталей зв'язані зі значними труднощами – чавун має обмежену зварюваність. При швидкому охолодженні шва відбувається вибіл чавуна, що надає йому високу твердість і крихкість. Крім того, через нерівномірне нагрівання, охолодження деталі і різних коефіцієнтів усадки матеріалів деталі і шва виникають значні внутрішні напруження, що є причиною утворення нових тріщин у процесі зварювання і після неї. Внаслідок вигорання вуглецю і кремнію утворюється велика кількість газів і різних шлакових з'єднань, що не встигають вийти з розплавленого металу: шов виходить пористим і забрудненим неметалевими 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 або 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 або наплавлення. Рекомендується двостадійний нагрів. Наприклад, для блоків, головок циліндрів і інших великих деталей за такою схемою: нагрівання до 400°C за 1 годину і від 400 до 650°C за 30 хвилин.

У процесі зварювання деталь не повинна охолоджуватися нижче 500°C. Для цього її після нагрівання поміщають у термос, що має подвійні стінки з листової сталі з азбестовим наповненням. У термосі зроблені люки для заварювання типових для даної деталі дефектів. Після зварювання деталі піддають відпалу при температурі 600 – 650° і охолоджують разом з пічню або в спеціальних термосах протягом 1,5 – 2 годин.

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

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

При заварюванні тріщин у нагрітих деталей електрозварюванням застосовуються електроди, що являють собою чавунні прутки з обмазкою, значну частку якої (40 – 50%) складає графіт.

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

Холодне зварювання

При цьому способі деталей не підігрівається, тому повинні застосовуватися такі прийоми, а також електроди і матеріали для

присадки, що знижували б до мінімуму можливість відбілювання чавуна, загартування зварювального шва і появи внутрішніх напружень у деталі.

При холодному газовому зварюванні чавун у місці заварювання розплавляють 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 металу, що зварюється), ніж при зварюванні сталі; відстань між деталлю і конусом полум'я встановлюють у межах 20 – 30 мм.

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

Холодне газове й електричне зварювання чавуна варто вести короткими швами довжиною до 40 – 50 мм, врозкид, із проміжним охолодженням до 50 – 60°.

Холодне зварювання чавуна можна вести такими матеріалами для присадки й електродами: чавунними прутками або електродами; сталевими електродами (електрозварювання); комбінованими і пучковими електродами; монелевими прутками або електродами; латунню або спеціальними припоями (зварювання – пайка газовим полум'ям).

Зварювання чавунними прутками або електродами звичайно застосовується при заварюванні таких ділянок, де є можливість вільного розширення і скорочення деталі при нагріванні й охолодженні (наприклад, приварювання відламаної 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. Флоси залишаються ті ж, що і при гарячому зварюванні.

Електрозварювання проводять чавунними прутками, покритими обмазкою, що дає можливість одержувати наплавлений шар у вигляді чавуна. 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, ЦНІИВТ 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 накладанням відпалених валиків. При цьому способі звичайно використовують електроди з дроту Св-08 із крейдовою обмаскою або 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 відпалювальних валиків обумовлює відпал шарів, що лежать нижче, і приводить до одержання м'якого шва.

Під час заварювання 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 з'єднувальні валики, що одночасно є відпалювальними (рис. 5.3б, г). Можна спочатку нанести на підготовчі валики відпалювальні, а потім уже з'єднувальні (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 рис. 5.4 показана схема обварювання кромки і заповнення оброблення. У цьому випадку дуже важливо, щоб відпалювальний валик накладався на підготовчий, а не на чавун.

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

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

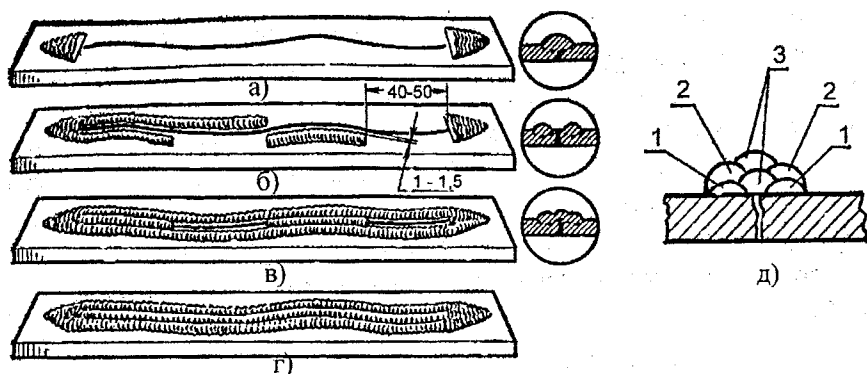


Рисунок 5.3 – Заварювання тріщин у тонкостінних деталях способом відпалювальних валиків:

а – обварювання кінців тріщини відпалювальними валиками; б – наплавлення подвійних підготовчих валиків врозкид; в – початок зварювання підготовчих валиків з'єднувальним; г – остаточне зварювання тріщин; д – спосіб зварювання з нанесенням спеціальних відпалювальних валиків;

1 – підготовчий валик; 2 – відпалювальний; 3 – з'єднувальний

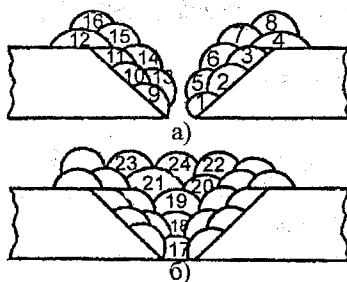


Рисунок 5.4 – Порядок накладання валиків при заварюванні тріщин у товстостінних чавунних деталях:

а – обварювання кромки (валики 1 – 4 і 9 – 12) і накладання відпалювальних валиків (5 – 8 і 13 – 16); б – накладання з'єднувальних валиків (17 – 24)

Для забезпечення щільності шва часто на нього наносять клейовий склад, наприклад, епоксидний.

Зварювання з установленням 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 встановлюють штифти або скоби (рис. 5.5а). Обварювання їх проводять у два шари: перший шов – підготовчий, другий – відпалювальний. Подальше й остаточне зварювання проводять способом відпалювальних валиків (рис. 5.5б).

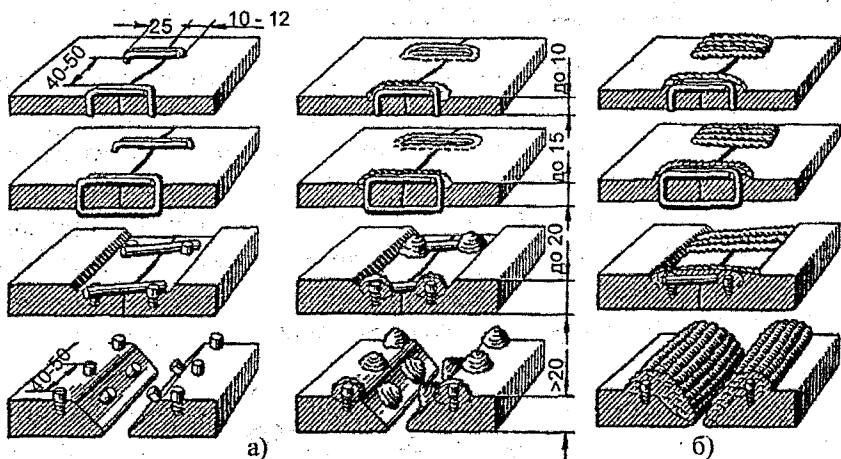


Рисунок 5.5 – Зварювання чавунних деталей з поставленням штифтів і скоб:

а – підготовка і початок обварювання; б – подальше й остаточне зварювання; I, II – зварювання з поставленням скоб; III, IV – зварювання з поставленням різбових штифтів

Зварювання комбінованими і пучковими електродами

Для одержання щільного з'єднання при зварюванні чавуна 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) або захисне покриття (обмазку типу УОНИ-13). Зварювання рекомендується проводити на постійному струмі зворотної полярності. Оброблення кромek тріщини виконують під кутом 80 – 90°. Після нанесення кожного валика рекомендується його прокувати.

Міцність шва, отриманого при зварюванні комбінованим електродом, менша, ніж при зварюванні сталевими або 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 парів є недоліком даного способу.

Замість комбінованих електродів можна використовувати пучок електродів, що складається зі сталевго електрода УОНИ-13/55, одного мідного і одного латунного дротів.

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

Як матеріал для присадки при пайці застосовують латунь. Кромки тріщини нагрівають до температури плавлення латуні (880 – 900°C), досипають флюсом, облужують припоєм, а потім заплавляють шов. Під час пайки не можна допускати розплавлення чавуна. При пайці чавуна латунню одержують щільний шов, але міцність з'єднання невелика (не більше 50–60% міцності основного металу). Область застосування цього способу зварювання та ж, що і при використанні комбінованих електродів.

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

Зварювання чавуна 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 добре сплавляється з чавуном, відбілювання чавуна 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 чавуна звичайно ведуть мідно-залізними електродами або електродом ЦЧ-4 на постійному струмі зворотної полярності.

Зварювання деталей з алюмінію і його сплавів утруднені тому, що алюміній погано сплавляється з металом для присадки через утворення тугоплавкої окисної плівки Al_2O_3 , що плавиться при температурі $2050^{\circ}C$, у той час як температура плавлення алюмінію $658^{\circ}C$, а кипіння – $1800^{\circ}C$.

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.

Як метал для присадки застосовують алюміній з добавкою 5 – 6% кремнію або метал, однорідний із тим, що зварюється. Деталь, що підлягає зварюванню, очищають від бруду й мастил, а місце зварювання зачищають сталевю щіткою до металічного блиску. Потім деталь підігрівають до $250 - 300^{\circ}C$ (щоб уникнути жолоблення) і на кромки тріщин насипають 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 або 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 або 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 підігрівання і розплавлювання металу деталі. Щоб уникнути пропалвання (провалювання) металу при заварюванні тріщин у пустотілих деталях їх набивають піском. Отвори, через які може висипатися пісок, замазують глиною. Для відновлення головок блока застосовують гаряче зварювання (нагрівши до 300 – 400°C) пропан-бутанокисневим полум'ям із присадкою АЛ2, АЛ4, АЛ9. Перед заварюванням отворів під свічки головку циліндрів установлюють на підставку з пробками, а у середину отворів кладуть шматочки матеріалу для присадки. Великі пробійні 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, випробовують на герметичність.

Електрозварювання алюмінію і його сплавів можна проводити без флюсів, щоб запобігти утворенню окисної плівки. Для цього зварювання виконують у середовищі захисного газу – аргону (аргонодугове зварювання). Присадку (алюмінієві прутки) вводять у дуту, що горить між деталлю і вольфрамовим електродом, що не плавиться. Зварювання можна вести як на постійному, так і на змінному струмі.

5.2 Механізовані способи зварювання і наплавлення

Механізоване зварювання (наплавлення) може бути автоматичне і напіваавтоматичне. У першому випадку механізована як подача електродного матеріалу у вигляді дроту або 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 відносно деталі.

Автоматичне зварювання і наплавлення під шаром флюсу. Схема установа для наплавлення під шаром флюсу зображена на рисунку 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 пухир, у якому і горить дуга. Після переміщення дуги розплавлений флюс твердне, перетворюючись в шлакову 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.

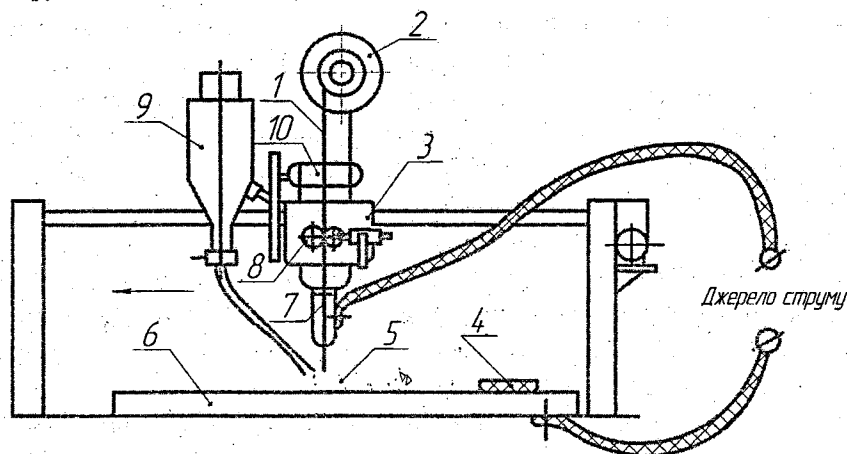


Рисунок 5.6 – Схема автоматичного зварювання (наплавлення) під шаром флюсу:

1 – електродний дріт; 2 – касета з дротом; 3 – механізм подачі; 4 – шлакова кірка; 5 – шар флюсу; 6 – деталь; 7 – наконечник; 8 – ролики для протягування дроту механізму подачі; 9 – бункер із флюсом; 10 – електродвигун

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

Найбільше поширення одержали такі автомати (головки): А-580М типу АБС, АДС-1000-3, А-874Н і т. ін. Для напівавтоматичного зварювання 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, УКСМ-1000 і ін. Наплавлення на постійному струмі виконуються на зворотній полярності. Наплавлення під флюсом виконується при напрузі 26 – 36 В, щільність струму значно більша, ніж при ручному зварюванні – до 50 – 100 А/мм² перерізу електрода. Швидкість наплавлення, тобто швидкість переміщення електрода відносно деталі або 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 подання 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 повинен бути зміщений від зеніту у бік, протилежний напрямку обертання деталі на 5 – 20 мм (у залежності від діаметра деталі, сили струму і под.).

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

Флюси, застосовувані при зварюванні і напавленні, поділяються за способом свого приготування на два основних види: плавлені і керамічні.

Плавлені флюси одержують сплавкою компонентів. У своєму складі вони мають в основному стабілізуючі, шлако- і газоутворюючі 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 напавлення вуглецевими і низьколегованими дротами або стрічками як суцільними, так і порошковими. До складу цих флюсів входять: окис крёмнію (SiO₂), окис алюмінію (Al₂O₃), окис марганцю (MnO), окис магнію (MgO), окис заліза (FeO), фтористий кальцій (CaF₃) 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 і прожарюють.

В наш час широко використовуються керамічні флюси АНК-18 і АНК-19, до складу яких входять хром і марганець. При відсутності потрібних керамічних флюсів можна виготовити власними силами флюс-суміш, наприклад, додаючи в плавлений флюс АН-348А чавунну стружку або сріблястий графіт (4 — 6%), або 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 або 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 він має ряд переваг: висока продуктивність і стабільність процесу; гарна якість наплавленого шару (однорідність, щільність, рівномірність); гарна сплавка шару з основним металом; можливість одержання шарів значної товщини до 6 — 8 мм і більше; 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 наплавленні) відділення шлакової кірки; труднощі утримання флюсу і ванни розплавленого металу на поверхні деталей малого діаметра менше 50 — 60 мм), неможливість одержання шару малої товщини (менше 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.).

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів. Схеми процесу електричного зварювання або наплавлення в середовищі захисного газу показані на рисунку 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.

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів можна вести електродом, який плавиться (рис. 5.7а) і який не плавиться (рис. 5.7б). В останньому випадку дуга горить між деталлю й електродом (звичайно вольфрамовим), а матеріал для присадки вводиться в зону дуги окремо. Електроди, що не плавляться, широко застосовуються при зварюванні деталей з алюмінію і його сплавів.

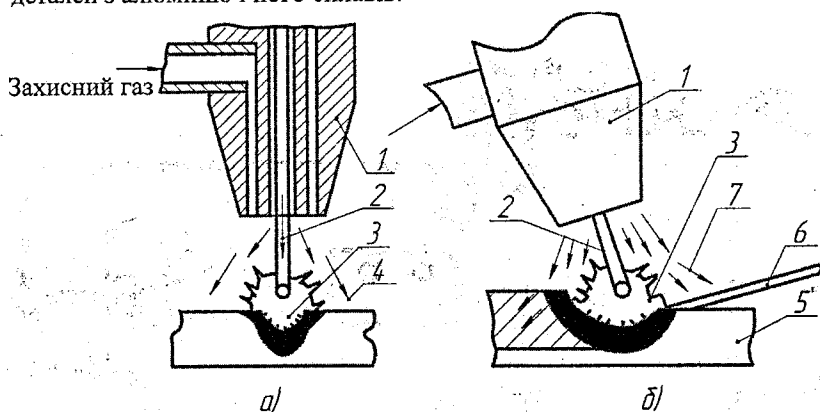


Рисунок 5.7 – Схема способів зварювання (наплавлювання) в середовищі захисних газів

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 рисунку 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 напавленні 10—16 л/хв.

Для живлення установки постійним струмом застосовують джерела струму з жорсткою характеристикою, перетворювачі ПСГ-500, ПСУ-500, селенові випрямлячі ВСС-300 і ін. Робоча напруга при зварюванні тонколистових конструкцій і напавленні 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 мм² 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 напавленні циліндричних деталей 3—8 мм.

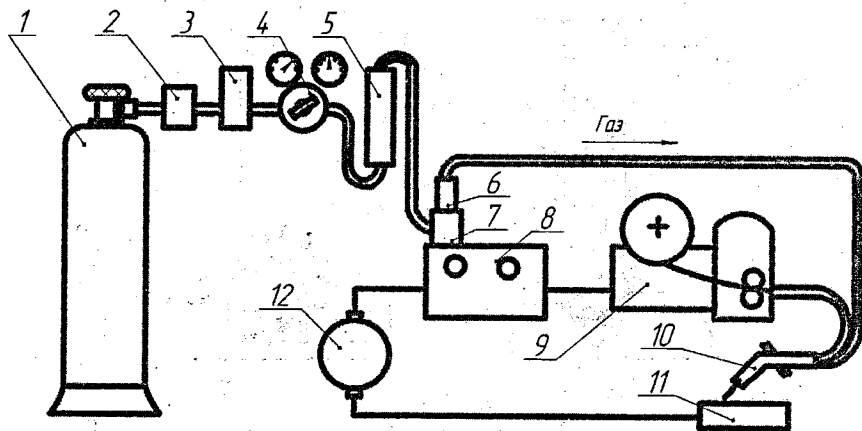


Рисунок 5.8 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання або напавлення в середовищі вуглекислого газу:

1 – балон з вуглекислою; 2 – осушувач; 3 – підігрівник;
4 – редуктор; 5 – витратомір; 6 – регулятор тиску газу, 7 – електромагнітний клапан; 8 – панель приладів; 9 – механізм подачі дроту; 10 – пальник; 11 – відновлювана деталь; 12 – джерело струму

Швидкість напавлення до 80—100 м/год, швидкість подачі дроту залежить від її діаметра, наприклад, при дроті 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 напавленні (зварюванні) використовують дроти з підвищеним вмістом марганцю і кремнію, що є розкислювачами, наприклад, дріт Св-08ГС, Св-08М2С, Св-12ГС, Св-18ХГС і ін.

Наплавлення сталевих і чавунних деталей у захисному середовищі водяної пари. Водяну пару 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 бокова 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

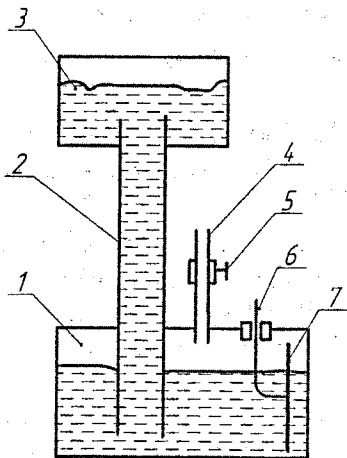


Рисунок 5.9 – Схема дії установки безперервного пароутворення

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 за довжиною видимого струменя пари, що повинен бути при напавленні рівним 80 – 200 мм. Пару бажано перед подачею в паливник підігріти до температури 150°C, пропускаючи її через підігрівник з електричним нагрівальним елементом (спіраллю). Наплавлення виконується при напрузі 24 – 28 В.

Зварювання і наплавлення в середовищі захисних газів має ряд переваг: висока продуктивність, що не поступається зварюванню або наплавленню під шаром флюсу; наплавлення можна виконувати в будь-якому просторовому положенні; відсутність шлакової кірки спрощує виконання процесу; наплавлення виконується при малому нагріванні деталі, тому можна робити зварювання і наплавлення тонкостінних і з малими перерізами деталей; можна одержувати наплавлені шари невеликої товщини.

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

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 наплавної поверхні, а також і тим, що наплавлений шар охолоджується.

Схема установки для вібродугового наплавлення показана на рисунку 5.10.

Наплавна головка встановлюється на супорт токарного верстата і переміщається з ним уздовж деталі, а наплавна деталь встановлюється в центрі 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 (цього діють 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 або ексцентриковим приводом.

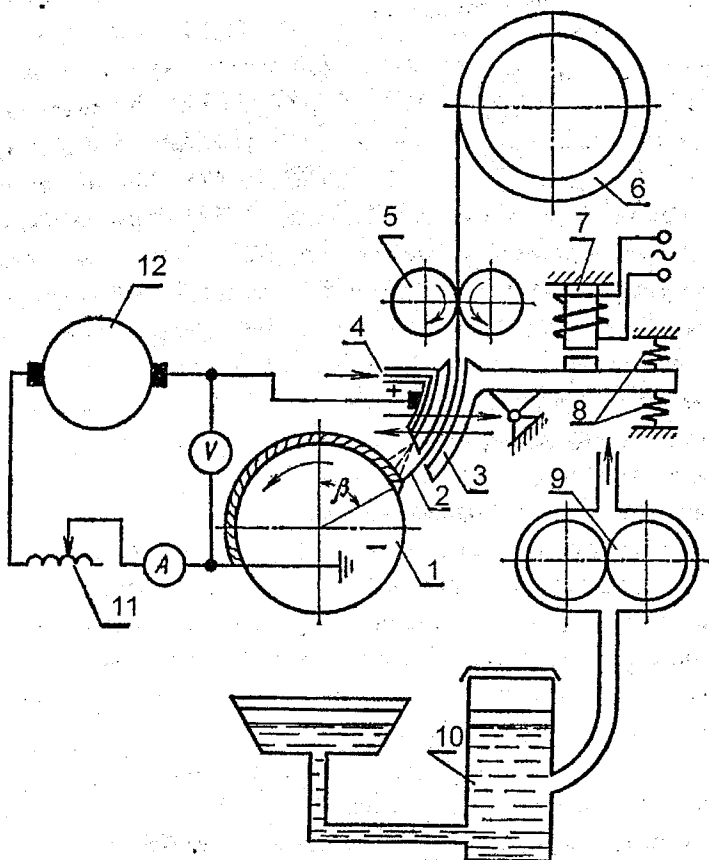


Рисунок 5.10 – Схема установки для автоматичного вібродугового наплавлення:

1 – деталь, що наплавляється; 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

Установка для вібродугового наплавлення має резервуар для охолоджуючої рідини (звичайно 3 – 5%-ний розчин кальцинованої 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 відстані від зони горіння. В електричне коло послідовно з джерелом живлення, деталлю й електродом вмикається дросель 11, (котушка індуктивності), що являє собою залізний сердечник з обмоткою. Наплавлення 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 колі спадає майже до нуля, а струм значно зростає. Кінець електрода розігрівається. При відході електрода від деталі величина струму зменшується, що змінює магнітне поле і створює в колі електрорушійну силу самоіндукції, завдяки чому напруга між електродом і деталлю підвищується до 28 – 30 В и 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 деталі дуга може перерватися і наступить період холостого ходу, що буде тривати до наступного короткого замикання. При певному поєднанні величин напруги, індуктивності й інших показників процесу дуга може не перериватися до наступного короткого замикання, і холостого ходу не буде.

Наплавлений валик інтенсивно охолоджується за рахунок тепловідведення в деталь і охолодну рідину й загартовується. Наступний валик наплавленого металу, частково розплавляючи попередній, створює зону відпаду. 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: $S = (1,0 - 1,5) d_{\text{ед}}$ мм/об.

Діаметр електродного дроту може бути від 1,2 до 3,0 мм, але найбільше часто застосовують 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 кола вібрودугової установки, що працює на постійному струмі, звичайно складає 300 – 400 мкГн, що приблизно відповідає 8 – 12 виткам дроселя типу РСТЕ-24 або РСТЕ-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 двохелектродного наплавлення.

Двохелектродне наплавлення на 60 – 80% продуктивніше одноелектродного і дозволяє одержати наплавлений шар більшої високості 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 загартування 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 напавленому 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 напавленого шару застосовують статичне або динамічне зміцнення його в гарячому стані.

Електрошлакове зварювання і наплавлення. Схема електрошлакового наплавлення показана на рисунку 5.11. На деталь, що наплавляється 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 або графітовій). У кільцевий зазор насипають флюс і починають подавання електродів у вигляді дроту, стрічки і под. Спочатку між електродами і підкладкою виникає електрична дуга, що розплавляє електроди і шлак, поки не утвориться розплавлена шлакова 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 форм-кокілю розплавленим металом повзун переміщається вгору по деталі. У результаті тепловідведення в деталь і мідну форму розплавлений метал охолоджується і твердне.

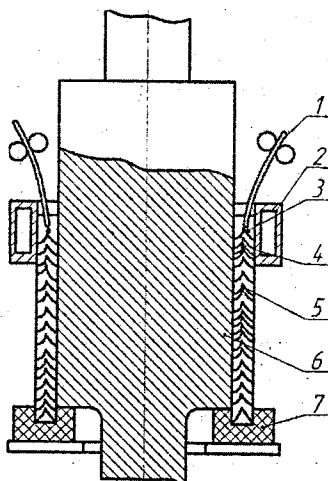


Рисунок 5.11 – Схема електрошлакового наплавлення циліндричної поверхні:

1 – електрод; 2 – мідний охолоджуваний повзун; 3 – ванна розплавленого шлаку; 4 – металічна ванна; 5 – наплавлений метал; 6 – наплавлювана деталь; 7 – графітова підкладка

Електрошлакове наплавлення є високопродуктивним процесом. Наплавлений шар виходить рівний, гарної якості і певного 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.).

Плазмове наплавлення і різання металів. Плазмою називають високотемпературний сильноіонізований газ, тобто газ, що містить велику кількість заряджених частинок. 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.

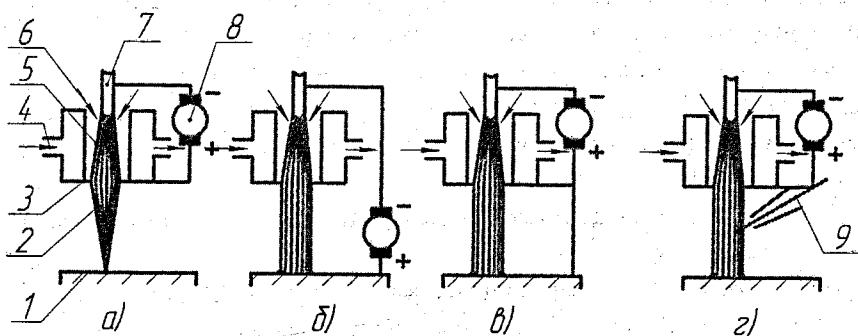


Рисунок 5.12 – Можливі схеми ведення плазмового наплавлення і різання металу:

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 – охолоджуюча рідина;
- 5 – канал;
- 6 – плазмоутворювальний газ;
- 7 – неплавкий електрод;
- 8 – джерело струму;
- 9 – присадний електродний дріт

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

На схемі, поданій на рисунку 5.12а, дуга горить між електродами. Плазмоутворювальний газ, 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 струміль) збігається 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 або електродом, що плавиться. Температура плазмового струменя дуже висока – до 15 000 – 18 000 °С і вище.

Як плазмоутворювальні гази застосовують аргон, гелій, азот, водень і інші, найчастіше аргон.

Як матеріали для присадки при плазмовому наплавленні застосовують дріт, прутки і металеві порошки. Порошки для присадки можуть вдуватися в дугу, подаватися окремо або заздалегідь наноситися на наплавну поверхню. Зразковий режим наплавлення: сила струму 120 – 200 А, напруга холостого ходу 120 – 160 В, робоча напруга 40 – 60В, витрата плазмоутворювального газу 1,5 – 2,5 л/хв, відстань від пальника до деталі 10–20 мм. Схеми, показані на рисунку 5.12а, б і в, застосовують також при різанні металів, прошиванні отворів і под.

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

До недоліків варто віднести відносно високу вартість устаткування, потребу в плазмоутворювальному газі, низьку продуктивність і великий термічний вплив на деталь.

Відновлення деталей заливанням рідким металом здійснюється в спеціальних формах. Зношену деталь ретельно очищають від бруду, масла, іржі, покривають шаром спеціального флюсу (1 – 2 мм) і сушать. Після

цього деталь нагрівають струмами високої частоти (СВЧ) і поміщають у металеву форму (кокіль), також нагріту до температури 200 – 250° С. Через ливник форми заливають розплавлений чавун або 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 більше низьку вартість, дозволяє відновлювати деталі з великим і нерівномірним зносом. Наплавлена поверхня виходить рівною і з мінімальним припуском на механічне оброблення або зовсім не потребує його. 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 або установки. Цим способом відновлюють масивні деталі, в основному деталі ходової частини тракторів (котки, ланки гусениць і ін.).

Електроконтактне наплавлення. Останнім часом для наплавлення застосовують електроконтактні процеси, при яких метал для присадки розплавляється тільки частково в місці дотику (контакту) з поверхнею деталі. Принципова схема електроконтактного наплавлення наведена на рисунку 5.13. Струм великої сили (від 400 до 1200 А і більше) від зварювального трансформатора 5 подається на деталь і на дріт (стрічку) 2 для присадки через наплавний притискний ролик. Завдяки наявності спеціального пристрою для переривання, струм подається короткочасними імпульсами, що викликають розігрів дроту (стрічки) для присадки і деталі в місці контакту, розплавлювання їх найтонших поверхневих шарів і зварювання. Цьому сприяє також і ролик 1, що, притискаючи дріт (стрічку) до деталі, пластично деформує її і формує валик.

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

Продуктивність при електроконтактному напавленні дуже висока – $100\div1150\text{ см}^2/\text{хв}$. Товщина нароснутого шару до 1,5 мм. Зварювання проходить при незначній глибині проплавлення і теплового впливу на

деталь (не більше 0,3 мм) – у цьому полягає основна перевага даного способу.

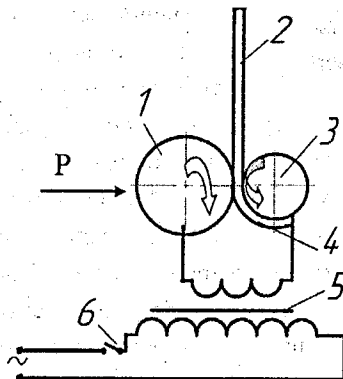


Рисунок 5.13 – Схема електроконтактного наплавлення:

P – притискне зусилля; 1 – наплавний притискний ролик; 2 – дріт або стрічка для присадки; 3 – наплавна деталь; 4 – наплавлений шар; 5 – трансформатор; 6 – переривач

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

Електроконтактне напикання металевих порошків

Схема процесу показана на рисунку 5.14. Напруга від знижувального трансформатора 6 подається на деталь, що обертається в центрах або патроні верстата, і на притискний ролик. У зазор між роликом і деталлю подається металевий порошок, наприклад, залізні порошки ПДЖ-3, ПДЖ-5. Відразу після початку подачі порошку ролик 2 за допомогою пневмоциліндра 1 притискається до деталі з зусиллям 0,75 – 1,2 кН на сантиметр ширини ролика. Порошок, що безперервно 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.

Під дією струму металевий порошок і поверхневий шар деталі нагріваються до температури 1000 – 1300°C. Розпечені частинки порошку спікаються між собою і, проникаючи в розпечений поверхневий шар

деталі, спікаються з нею. При досить великій потужності джерела струму (трансформатора) ширина шару може сягати 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 та деталі і коливається в межах від 0,3 до 1,5 мм. Напикання може виконуватись в кілька шарів із проміжним зачищенням кожного шару. Швидкість напикання 0,17 – 0,25 м/хв.

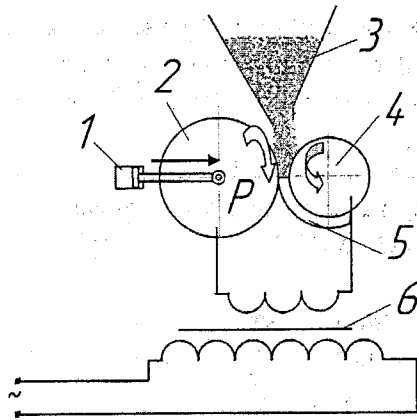


Рисунок 5.14 – Схема процесу електродного напикання металевих порошків:

Р – притискне зусилля; 1 – пневмоциліндр; 2 – притискний ролик; 3 – металевий порошок; 4 – відновлювана деталь; 5 – напечений шар; 6 – трансформатор

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

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.

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 певним зусиллям. Під дією сил тертя відбувається розігрів деталей, що зварюються, у місці їхнього контакту. Коли температура деталей досягне 1100—1300°C, 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 осадженні 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-напіваавтомати 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 хвостовиків до свердла, мітчиків і т. ін.

Переваги зварювання тертям – гарна якість звареного з'єднання, мале споживання потужності, простота механізації й автоматизації процесу, тощо.

Недолік – обмеженість форми і розмірів деталей, що зварюються.

Контрольні запитання

1. Яке обладнання використовують на підприємствах для ручного електро-дугового 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 порушення термооброблення були найменшими?
4. Які особливості зварювання чавунних деталей?
5. Технологія гарячого зварювання чавунних деталей і область її застосування?
6. Загальні правила виконання холодного зварювання чавуна, застосовувані електроди, матеріали для присадки і флюси.

7. Як виконується холодне електрозварювання чавуна сталевими електродом способом відпалювальних 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 вібрودугового наплавлення.
11. Переваги і недоліки автоматичного вібрودугового 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?
17. Які процеси відносяться до зварювання тиском?
18. Чи можна зварювати різні матеріали?

Лабораторна робота № 6

Електродугове заварювання тріщин на чавунних деталях

Зміст роботи. Вивчення технології заварювання тріщин на чавунних деталях.

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

2. Вивчити поетапно технологію заварювання тріщин на товстостінних деталях (зразках) сталевим електродом способом відпалювальних валиків: деталь (зразок) з обробленням 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 відпалених валиків: деталь (зразок) із завареними кінцями тріщини і частково нанесеними підготовчими валиками; деталь з цілком нанесеними підготовчими валиками; деталь з цілком завареною тріщиною.

4. Вивчити технологію заварювання тріщин сталевим електродом з поставленням підсилюючих скоб: деталь (зразок) із привареними скобами; деталь зі встановленими підсилюючими скобами; деталь з цілком завареною тріщиною.

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

Контрольні запитання

1. Які методи використовують для знаходження тріщин?
2. Обґрунтуйте необхідність використання для заварювання тріщин спеціальних електродів та технологій.
3. Як уникнути появи нових тріщин у зоні термічного впливу?

Лабораторна робота № 7

Усунення дефектів кузовів, кабін та рам шляхом заварювання в середовищі вуглекислого газу

Зміст роботи. Вивчення технології видалення дефектних ділянок кузовів легкових автомобілів та їх заварювання з використанням 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 із шматка листової сталі відповідної товщини та підігнати її на місці.
5. Заварити латку та інші дрібніші дефекти.
6. Зачистити шви та повторно заварити виявлені дефекти зварювання.

Звіт про роботу. Описати способи та послідовність виявлення дефектів кузовів. Ліквідувати дефекти на виданому зразку.

Контрольні запитання

1. Як знаходять пошкодження листового металу?
2. Яке обладнання використовують в ремонті кузовів автомобілів?

3. Як вибирають електроди, матеріали для присадки і режим для зварювання під час ремонту кузовів автомобілів?
4. Технологія підготовки латок.
5. Як визначити витрати газу на ремонт дефектів кузова?
6. В чому переваги дроту Св-08Г2С перед Св-08?
7. Який тиск вуглекислого газу необхідно встановити на редукторі зварювального напівавтомата?
8. Чи потрібно знімати підсилення шва отриманих під час ремонту дефектів на деталях кузовів легкових автомобілів?
9. За допомогою якого інструменту усувають дефекти зварювання (бризки металу, напливи)?
10. Основні вимоги техніки безпеки під час ремонту дефектів кузовів.
11. Як можна виявити тріщину рами?
12. Технологія заварювання тріщин рам.
13. Як повинен розташовуватись зварювальний шов для приварювання підсилювальної накладки на рамі?
14. Як зняти залишкові напруження у зоні термічного впливу після заварювання тріщини рами?
15. Як заблокувати розповсюдження тріщини на рамі?

Глосарій – glossarium

Бункер	– bunker
Взаємозамінність	– interchangeability
Вибілювання	– blanch
Відновлення	– restoration
Відпал	– annealing
Відхилення	– deflection
Втомні раковини	– fatigue blister
Втрата тиску	– loss pressure
Втулка	– bush
Вузловий	– centre
Герметичність	– hermetic
Дефектоскоп	– fault detection
Дефектування	– defective
Електроконтактне наплавлення	– resistance welding
Електрошлакове наплавлення	– electroslag welding
З'єднання	– junctions
Зазор	– gap
Затягувати	– tighten
Зварювальні випрямлячі	– welding rectifiers
Зварювальні перетворювачі	– welding transformers
Змочувати	– moisten
Каретка	– carriage
Колінчастий вал	– crankshaft
Компенсатори	– compensators
Короблення	– warping
Кочення	– motion
Кромки	– edges
Критерії	– criterions
Ланка	– link
Латунь	– brass
Магнітний потік	– magnetically flow
Маховик	– fly-wheel
Міст	– bridge
Напівавтомат	– semiautomatic

Наплавлення – welding
Напрямні – guidings
Натяг – pull
Обдувати – blow
Обмазка – cover
Підігрів – heating
Підшипник – bearing
Плазма – plasma
Полярність – polarity
Припуск – tolerance
Провертання – perforate, bore
Прогин – sagging
Різь – thread
Сальник – gland
Спряження – conjugation
Тугоплавкість – refractory
Фланець – flange
Храповик – ratchet
Шестірня – gear
Шийка вала – shaft journal
Шків – belt
Шліцьовий вал – splineshaft
Шпилька – stud
Штифт – sprig
Щоки – cheek

ЛИТЕРАТУРА

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. Горбачевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Выпэйшя 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-заключательного 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, резбонакатные 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.
15. Рудь В. Д., Герасимчук О. О., Маркова Т. П. Розмірно-точносний аналіз конструкцій та технологій. – Луцьк.: ЛДТУ, 2008. – 344 с.

Варіанти завдань для лабораторної роботи №3

Таблиця А.1

Варіанти	Розмір деталі							
	гільза	поршень		шатун		шийки колінчастого вала		
	отвір під поршень	отвір під палець	маса	отвір під втулку	маса	корін-на	шатун-на	встановлювальна (середня)
1	Номін. М	Номін. А1	Н1	Номін.	Б1	Н1	Н2	Номін.
2	» С1	» А5	Н2	Ремонт.	1 Е1	Н2	Н1	АР1
3	» С2	Ремонт. А1	Н3	»	2 Л1	БР1	БР1	АР2
4	» Б	» А2	Н4	»	3 Р1	БР2	БР2	АР3
5	Ремонт. М	Номін. А1	Н5	»	4 Ф1	АР3	АР3	АР4
6	» С1	» А2	Н6	Номін.	В1	АР4	АР4	АР5
7	» С2	Ремонт. А1	Н1	Ремонт.	1 Ж1	Н1	Н1	Номін.
8	» Б	» А2	Н2	»	2 М1	Н2	Н2	АР1
9	Номін. Б	Номін. А1	Н3	Ремонт.	3 С1	БР1	БР1	АР2
10	» С2	» А2	Н4	»	4 Х1	БР2	БР2	АР3
11	» С1	Ремонт. А1	Н5	Номін.	П	АР3	АР3	АР4
12	» М	» А2	Н6	Ремонт.	1 И1	АР4	АР4	АР5
13	Ремонт. Б	Номін. А1	Н1	»	2 Н1	Н1	Н2	Номін.
14	» С2	» А2	Н2	»	3 Т1	Н2	Н1	АР1
15	» С1	Ремонт. А1	Н3	»	4 Ц1	БР1	БР1	АР2
16	» М	» А2	Н4	Номін.	Д1	БР2	БР2	АР3
17	Номін. М	Номін. А1	Н5	Ремонт.	1 К1	АР3	АР3	АР4
18	» С1	» А2	Н6	»	2 П1	АР4	АР4	АР5
19	» С2	Ремонт. А1	Н1	»	3 У1	Н1	Н1	Номін.
20	» Б	» А2	Н2	»	4 Ш1	Н2	Н2	АР1
21	Ремонт. М	Номін. А1	Н3	Номін.	Б1	БР1	БР1	АР2
22	» С1	Ремонт. А2	Н4	Ремонт.	1 Ж1	БР2	БР2	АР3
23	» С2	» А1	Н2	»	2 М1	АР3	АР3	АР4
24	» Б	» А2	Н6	»	3 Р1	АР4	АР4	АР5
25	Номін. М	Номін. А2	Н4	»	4 Ф1	Я2	Н1	Номін.

Зразок звіту про роботу №3

Комплектування деталей кривошипно-шатунного механізму

1. Комплектувальна відомість

Агрегат – двигун СМД-14

Вузол – кривошипно-шатунний механізм

Варіант – 1

Таблиця Б.1

Номер пор.	Деталь	Кількість деталей на агрегат	Розмір, розмірна група, вимоги до маси (група маси)
1	Гільза	4	Номінальний, група Б
2	Поршень	4	Відповідно до гільзи, бобишка – номінальний, 2-а (жовтий); різниця маси до 7 г
3	Поршневий палець	4	Відповідно до бобишки; різниця маси до 6 г
4	Поршневі кільця	1 комплект	Відповідно до розміру гільзи
5	Шатун у зібраному вигляді	4	Отвір під втулку – 2-й ремонтний Отвір під палець – відповідно до пальця (жовтий)
6	Колінчастий вал	1	Розміри шийок: шатунних – 2-й номінальний; корінних – 1-й номінальний; довжина середньої шийки – номінальний
7	Вкладиші шатунні	1 комплект	Відповідно до розмірів шатунних шийок
8	Вкладиші корінні (з упорними півкільцями)	1 комплект	Відповідно до розмірів корінних шийок і довжини середньої шийки

2. Розміри, зазори і натяги у спраженнях деталей кривошипно-шатунного механізму

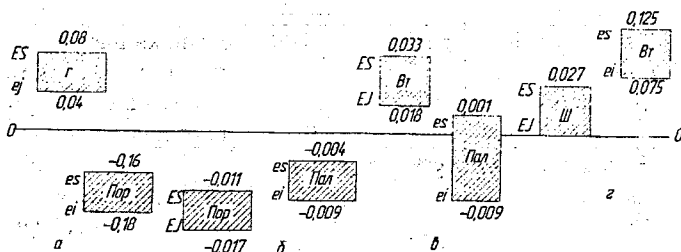
Таблиця Б.2

Деталь	Розмір, мм	Зазор (+), натяг (-), мм	Лабораторний комплект
1	2	3	4
1. Гільза циліндра	$120^{+0.06}_{+0.04}$	+0,200	Гільзи ремонтного розміру і розмірної групи М 120,07 ^{+0,020} збігаються з розмірами і розмірною групою поршнів 120,7 ^{-0.200} _{-0.220}
2. Поршень	$102^{-0.16}_{-0.18}$	+0,240	В одному комплекті маса поршнів відрізняється в межах 0 г, що відповідає нормі (до 7 г)
3. Поршень (канавки під компресійні кільця). Кільця поршневі компресійні	$3^{+0.105}_{+0.80}$ 3 _{-0,020}	+0,080 +0, 125	Компресійні й маслоснімні кільця обертаються в канавках навколо поршня без заїдань. Зазори між канавками і кільцями в межах норми
4. Поршень (канавки під маслоснімні кільця). Кільця поршневі маслоснімні	$6^{+0.040}_{+0.015}$ $6^{-0.025}_{-0.045}$	+0,040 +0,085	Кільця прилягають до поверхонь гільз без зазорів. Зазори в стиках кілець, пружність кілець в межах норми відповідно для верхнього, нижніх компресійних і маслоснімних кілець: 0,35–0,55; 0,30–0,50; 0,30–0,50 мм; 60–85; 60–85; 55–85 Н
5. Поршень. Палець поршковий	$42^{-0.011}_{-0.017}$ $42^{-0.004}_{-0.009}$	-0,013 -0,002	Позначення маркування бобишок поршнів і торців пальців збігаються
6. Втулка шатунна. Палець поршковий	$42^{+0.033}_{+0.018}$ $42^{-0.004}_{-0.009}$	+0,017 +0,042	Пальці поршкові у втулках шатуна переміщуються від легкого зусилля пальця руки
7. Шатун. Втулка шатуна	$49^{+0.027}$ $49^{+0.125}_{+0.075}$	-0,125 -0,048	Втулки з шатунами спряжені без послаблень. Комплект шатунів відрізняється за масою до 10 г (норма до 12 г)

Продовження таблиці Б.2

1	2	3	4	5
7	Шатун у зібраному вигляді. Вкладиші шатунні	$84^{+0.021}$ $84^{+0.200}_{+0.100}$	-0,200 -0,079	Кришки шатунних підшипників після затягнення моментом 150 Нм щільно прилягають до шатуна по площині роз'єднання
8	Вкладиші шатунні. Вал колінчастий	$78^{+0.031}_{-0.010}$ $78^{-0.095}_{-0.110}$	+0,085 +0,141	Діаметр вкладишів при затягнутій кришці моментом 150 Нм (норма 140–160 Нм), для контрольного шатуна – 78мм
9	Вкладиші корінні. Вал колінчастий	$88.25^{+0.045}_{-0.004}$ $88.25^{-0.100}_{-0.115}$	+0,104 +0,160	Вимірний внутрішній діаметр вкладишів у зібраному вигляді, блок-картер з кришкою, яка затягнута моментом Нм (норма 200–220 Нм), перевіреної передньої опори – 88,26
10	Вал колінчастий (довжина 3-ї корінної шийки). Блок-картер. Кришка 3-го корінного підшипника. Півкільця упорні	$60^{+0.100}$ $51^{-0.095}_{-0.145}$ $4.5^{-0.050}_{-0.070}$	Переміщення вала вздовж осі +0,195 +0,385	
11	Шатун Кришка шатуна Болт шатуна	$14^{+0.027}$ $14^{-0.012}$	0,000 +0,039	Шатунний болт вставляється в шатун і кришку легким постукуванням молотка
12	Блок-картер у зібраному вигляді з кришками корінних підшипників (внутрішній діаметр гнізд). Вкладиші корінних підшипників (зовнішній діаметр)	$98^{+0.021}$ $98^{+0.180}_{+0.080}$	-0,180 -0,069	

3.1 Схеми полів допусків спряжень деталей кривошипно-шатунного механізму:



а) гільза – поршень; б) поршень – палець; в) палець – втулка; г) втулка – шатун

3.2 Розрахунки зазорів (+), натягів (–) спряжень деталей кривошипно-шатунного механізму.

Розрахункові формули:

$$\begin{aligned} S_{\max} &= ES - ei, & S_{\min} &= EI - es, \\ N_{\max} &= es - EI, & N_{\min} &= el - ES. \end{aligned}$$

Гільза - поршень

$$S_{\max} = 0,06 - (-0,18) = 0,24;$$

$$S_{\min} = 0,04 - (-0,16) = 0,20.$$

Поршень - палець

$$N_{\max} = 0,004 - (-0,17) = 0,13;$$

$$N_{\min} = -0,011 - (-0,019) = -0,002.$$

Палець – втулка

$$S_{\max} = 0,033 - (-0,09) = 0,042;$$

$$S_{\min} = 0,018 - 0,001 = 0,017.$$

Втулка – шатун

$$N_{\max} = 0,125 - 0 = 0,125;$$

$$N_{\min} = 0,075 - 0,027 = 0,048.$$

3.3. Внутрішній діаметр вкладишів обчислюють за формулою

$$D_B = D_{III} + \sigma.$$

$$\text{Шатунні вкладиші} - 78_{-0,110}^{-0,095} + (0,85 \div 0,141) = 78_{-0,10}^{+0,031}.$$

$$\text{Корінні вкладиші} - 88,25_{-0,115}^{-0,100} + (0,104 \div 0,160) = 88,25_{+0,004}^{+0,045}.$$

Результати розрахунків записують у таблицю Б.2 звіту.

Навчальне видання

**Савуляк Валерій Іванович
Марченко Юлія Сергіївна**

РЕМОНТ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І АПАРАТІВ

Навчальний посібник

Редактор О. Скалоцька

Оригінал-макет підготовлено В. Савуляком.

Підписано до друку 6.04.2010 р.
Формат 29,7×42¹/₄. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 4,63.
Наклад 75 прим. Зам. № 2010-064

Вінницький національний технічний університет,
науково-методичний відділ ВНТУ.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.

Тел. (0432) 59-87-36.

Свідцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті
в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.

21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.

Тел. (0432) 59-81-59.

Свідцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.