

6. МЕТОДИ І СПОСОБИ РЕМОНТУ

6.1. Мета і способи відновлення деталей і спряжень

6.2. Механічні і слюсарно-механічні способи відновлення деталей і спряжень

6.2.1. Механічні способи відновлення деталей і спряжень

6.2.2. Слюсарно-механічні способи відновлення деталей

6.3. Електроіскрова обробка і нарощування деталей

6.3.2. Відновлення деталей електrolітичними і хімічними покриттями

6.4. Ручне зварювання і наплавлення

6.4.1. Загальні відомості

6.4.2. Ручне дугове зварювання і наплавлення деталей

6.4.3. Газове зварювання і наплавлення

6.4.4. Особливості зварювання та наплавлення чавунних і алюмінієвих деталей

6.5. Відновлення деталей паянням

6.5.1. Загальні відомості

6.5.2. Класифікація і характеристика припоїв

6.5.3. Характеристика флюсів

6.6. Способи відновлення деталей полімерними матеріалами

6.7. Відновлення деталей пластичним деформуванням

6.7.1. Загальні відомості

6.7.2. Технологічні прийоми відновлення деталей пластичним деформуванням

6.7.3. Особливості зміцнення деталей пластичним деформуванням

6.1. Мета і способи відновлення деталей і спряжень

Відновити зношену деталь або зношене спряження – це означає відновити первинні (або близькі до них) геометричні, фізико-механічні, фізико-хімічні і інші їхні характеристики (властивості), тобто усунути експлуатаційні дефекти, відновити розміри, геометричну форму, структуру і фізико-механічні властивості відповідно до технічних вимог.

Відновлення деталей і спряжень – найважливіша задача ремонтного виробництва. Дослідження показали, що працездатність і ресурс відновлених деталей складає в середньому 60...80% цих показників для нових. Але в даний час відомі технологічні методи (електромеханічні, електрофізичні і ін.), за допомогою яких можна повністю відновити первинний ресурс деталей або навіть збільшити його.

Організація відновлення деталей дозволяє заощадити значну кількість дефіцитних матеріалів, продовжити термін служби деталей в 2...3 рази, зменшити випуск товарних запасних частин на заводах-виробниках і знизити собівартість ремонту автомобілів. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування потокових ліній, автоматизації процесів ремонту деталей і автомобілів сприяють подальшому підвищенню ефективності ремонтного виробництва.

На сьогодні існує багато різних технологічних методів відновлення зношених деталей, таких як:

- механічна і слюсарно-механічна обробка (метод ремонтних розмірів, додаткових ремонтних деталей, припилювання, шабріння, склеювання, постановки латок і т.п.);
- зварювання і наплавлення (газове, електродугове, автоматичне наплавлення під шаром флюсу, вібродугове, в середовищі захисних газів, в середовищі водяної пари, з комбінованим захистом розплавленого металу і ін.);
- металізація (газополумєнева, високочастотна, електродугова і плазмова);
- електролітичне і хімічне нарощування (залізнення або

тверде осталювання, хромування, міднення, цинкування, осадження електролітичних сплавів, хімічне нікелювання і ін.);

- пластична деформування (осадження, роздача, обтиснення, правка і ін.);

- електричні методи (електроіскрова або електроерозійна, електромеханічна, анодно-механічна обробка і зміцнення деталей);

- застосування при ремонті деталей полімерних матеріалів;

- усунення дефектів паянням.

6.2. Механічні і слюсарно-механічні способи відновлення деталей і спряжень

6.2.1. Механічні способи відновлення деталей і спряжень

Механічну обробку широко застосовують як підготовчу і заключну операції майже при всіх методах відновлення деталей. Крім того, механічна обробка використовується як самостійний спосіб відновлення деталей під ремонтні розміри постановкою додаткових ремонтних деталей і заміною елемента деталі.

При обробці деталей під ремонтні розміри відновлюється якість спряження в кінематичних парах. Ремонтним розміром називається такий наперед встановлений, відмінний від заводського розмір, до якого відновлюють деталь. При цьому способі основна деталь обробляється під певний ремонтний розмір зняттям шару металу.

Розглянемо визначення ремонтних розмірів на прикладі вал-втулка. На рис. 6.1 представлена схема визначення ремонтного розміру діаметра валу, на якій: d_n – номінальний діаметр валу; δ' – мінімальний знос валу; δ'' – максимальний знос валу; z – припуск на обробку; d_{p1} – перший ремонтний розмір діаметра валу; d_1 – діаметр зношеного валу.

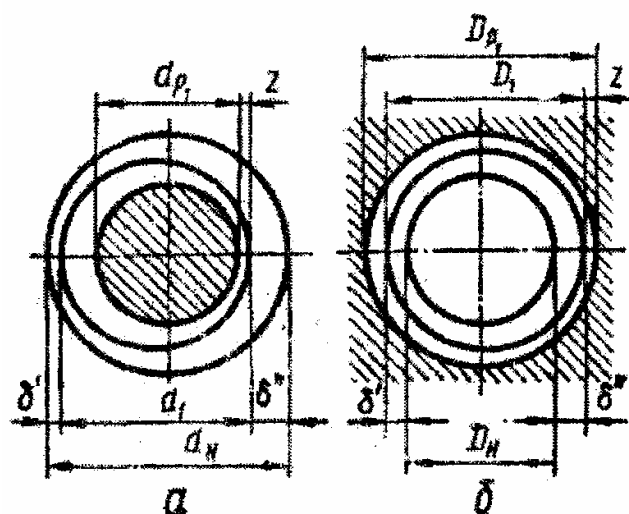


Рис. 6.1. Схема визначення ремонтних розмірів:
а – для валу; б – для отвору

Зношену шийку валу можна відновити під перший ремонтний розмір діаметром:

$$d_{p1} = d_H - 2(\delta'' + z), \quad (6.1)$$

де z – мінімальний припуск на сторону при обробці валу, який визначається:

$$z = R_z + T_d + \sqrt{\lambda^2 + \varepsilon_y^2}, \quad (6.2)$$

де R_z – мікронерівності зношеної поверхні; T_d – товщина дефектного шару; λ – прогин валу; ε_y – неточність базування валу на верстаті.

Загальний діаметральний знос:

$$\delta = \delta' + \delta''. \quad (6.3)$$

Якщо ввести коефіцієнт нерівномірності зносу:

$$\rho = \frac{\delta''}{\delta}, \quad (6.4)$$

звідки $\delta'' = \rho\delta$, то після підстановки отримаємо:

$$d_{p1} = d_n - 2(\rho\delta + z) \quad (6.5)$$

Границі коефіцієнта нерівномірності зносу: при рівномірному зносі коли $\delta'' = \delta'$ і, тоді $\delta = 2\delta''$, отримаємо:

$$\rho = \frac{\delta''}{2\delta''} = 0,5; \quad (6.6)$$

при односторонньому зносі, коли $\delta' = 0$ і, відповідно, $\delta = \delta''$, отримаємо:

$$\rho = \frac{\delta''}{\delta''} = 1 \quad (6.7)$$

Таким чином, коефіцієнт нерівномірності зносу змінюється в межах $\rho=0,5...1,0$.

Позначивши $2(\rho\delta + z)$ через ω , отримаємо:

$$d_{p1} = d_n - \omega \quad (6.8)$$

Величина ω характеризує ремонтний інтервал вала. На рис. 6.1 б наведена схема визначення ремонтного розміру отвору, де D_n – номінальний діаметр отвору; D_1 – діаметр зношеного отвору; δ' , δ'' – відповідно мінімальний і максимальний знос отвору; D_{p1} – перший ремонтний розмір діаметра отвору; z – припуск на обробку.

Тоді перший ремонтний розмір діаметра отвору:

$$D_{p1} = D_n + 2(\rho\delta + z) \quad (6.9)$$

Приймаючи по аналогії з валом ремонтний інтервал отвору $\omega = 2(\rho\delta + z)$, отримаємо розрахункові формули для визначення ремонтних розмірів:

для зовнішніх циліндричних поверхонь (валів)

$$\begin{aligned}
 d_{p1} &= d_H - \omega; \\
 d_{p2} &= d_H - 2\omega; \\
 &\dots\dots\dots \\
 d_{pn} &= d_H - n\omega
 \end{aligned}
 \tag{6.10}$$

для внутрішніх циліндричних поверхонь (отворів)

$$\begin{aligned}
 D_{p1} &= D_H + \omega_o; \\
 D_{p2} &= D_H + 2\omega_o; \\
 &\dots\dots\dots \\
 D_{pn} &= D_H + n\omega_o
 \end{aligned}
 \tag{6.11}$$

де n – кількість ремонтних розмірів, яку визначають:
для валів

$$n_B = \frac{d_H - d_{\min}}{\omega};
 \tag{6.12}$$

для отворів

$$n_o = \frac{D_{\max} - D_H}{\omega_o}
 \tag{6.13}$$

де $d_{\min}$ – мінімально допустимий розмір валу, визначений з умов його міцності і жорсткості; $D_{\max}$ – максимально допустимий розмір діаметра отвору деталі, прийнятий виходячи з конструктивних особливостей, який у свою чергу буде останнім ремонтним.

Відновлення деталей постановкою додаткових ремонтних деталей. Суть цього методу в тому, що зношені поверхні деталей видаляють механічною обробкою і встановлюють знову виготовлені додаткові ремонтні деталі, які і компенсують зношений і знятий метал (прокладки, шайби і т.п.).

Для міцного і надійного з'єднання додаткової ремонтної

деталі з основною необхідно правильно вибрати посадку і спосіб кріплення. Для кріплення використовують клеї, зварювання, стопорні гвинти, штифти і т.п.

Після встановлення додаткова ремонтна деталь обробляється під номінальний розмір сполучення.

Таким чином можна відновлювати сильно зношені шийки валів і отвори деталей під номінальний розмір, не змінюючи структуру і термообробку основної деталі, отримати високу якість відновлюваних деталей. Недоліками такого способу відновлення є те, що він може застосовуватися тільки в тому випадку, якщо конструкція деталі дозволяє зменшити діаметр валу або збільшити діаметр отвору, та зменшення міцності деталі.

Відновлення заміною частини деталі. Технологічний процес відновлення деталі цим методом складається з наступних етапів:

1) видалення дефектної частини і підготовка поверхні з'єднання (часто складні, термічно оброблені, деталі-каретки, блоки шестерень, шліцьові, карданні вали та ін. – перед видаленням дефектного елемента вимагають місцевого відпуску);

2) виготовлення заміної частини (матеріал заміної частини беруть такий же, як основний: виготовляють цю частину зразу ж під номінальний розмір без припусків на подальшу обробку, за виключенням випадків, коли потрібне дотримання співвідношеності або точності взаємного розташування, що фіксується по цій частині деталі; якщо заміну частину деталі необхідно термічно обробити, та це виконують до встановлення її на основну деталь);

3) з'єднання і закріплення заміної частини (виконують посадкою на різі, запресуванням і приварюванням; вали і трубчасті деталі зварюють стиковим зварюванням або зварюванням тертям; для зняття напружень, які виникли при зварюванні застосовують нормалізацію або відпал);

4) кінцева механічна обробка і контроль (при необхідності встановлену частину обробляють під номінальний розмір і у

всіх деталей перевіряють співвісність і взаємне розташування всіх елементів).

6.2.2. Слюсарно-механічні способи відновлення деталей

Штифтуванням відновлюють герметичність у невідповідальних частинах корпусних деталей. Штифтування не забезпечує підвищення міцності відремонтованої ділянки, поліпшується тільки герметичність. Суть його полягає в тому, що спочатку насвердлюють кінці тріщини, нарізають в них різь і вкручують штифти. Потім в послідовності, показаній на рис. 6.2 свердлять і встановлюють решту штифтів. Кожний штифт повинен перекривати сусідній приблизно на $1/3$ діаметра. Штифти виготовляють з міді або інших м'яких металів. Після установки головки штифтів розчеканюють і зачищають, а іноді пропаюють м'яким припоєм.

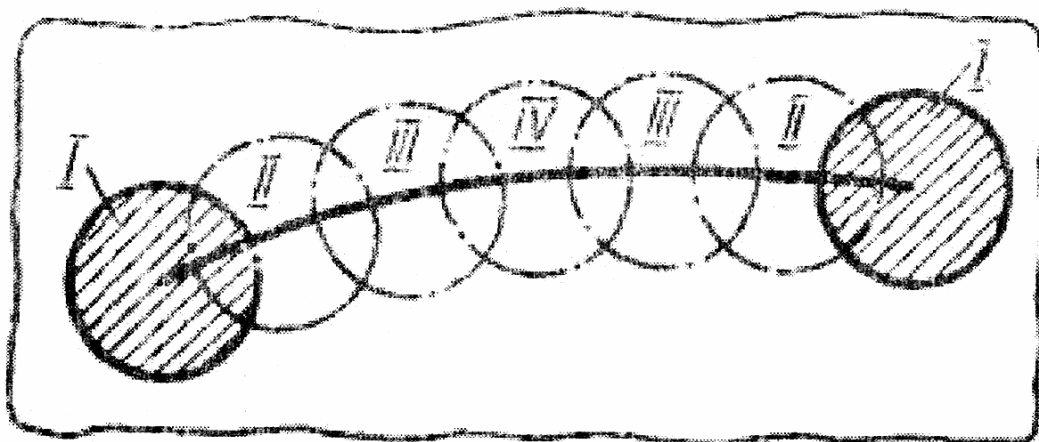


Рис. 6.2. Усунення тріщини штифтуванням:
I – кінцеві штифти, II, III, IV – проміжні штифти

Постановкою латок відновлюють пробоїни і тріщини в корпусних деталях, деталях оперення, рамах і т.п. Латки виготовляють з листової сталі товщиною 1,5...2,0 мм, а для ремонту оперення беруть матеріал товщиною, яка дорівнює товщині деталі. Встановлюють межі тріщини (розміри пробоїни),

зачищають і кінці насвердлюють. Розмір латки повинен бути таким, щоб вона виходила за краї пробоїни або тріщини на 15...20 мм. Закріплюють латку гвинтами або клепками на відстані 10...15 мм одна від іншої, приварюють контактним або газовим зварюванням. Перед установкою латку місце її встановлення промазують суриком або фарбою, а для відновлення герметичності під неї додатково ставлять прокладку.

6.3. Електроіскрова обробка і нарощування деталей

Електроіскровий метод обробки деталей ґрунтується на процесі електроерозії металів, тобто на місцевому руйнуванні металів великою кількістю електричних розрядів, що посиляються джерелом електричного струму. Для створення імпульсів із заданими характеристиками застосовують конденсаторні (рис. 6.3 а) й безконденсаторні установки (рис. 6.3 б). Інструмент-електрод з'єднують з негативним джерелом струму (катодом), а деталь – з позитивним (анодом). Під дією високої температури, яка створюється електричними розрядами, що виникають під час руху електрода вниз, відбувається місцеве руйнування металу деталі-аноду. При цьому електрод-інструмент, який має вертикальну подачу, поступово занурюється в оброблювану деталь і утворює в деталі заглиблення по профілю електрода-інструменту. Постійність міжелектродного зазору забезпечується слідкуючою системою верстата.

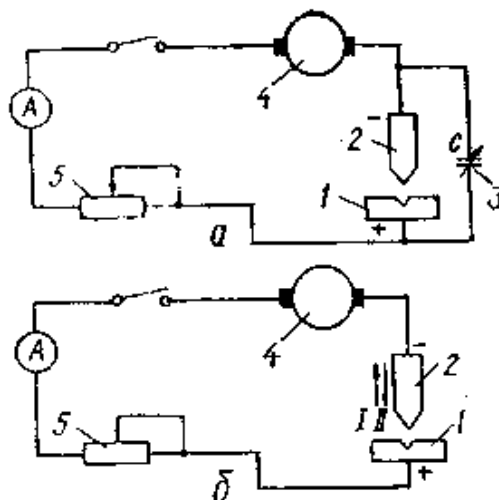


Рис. 6.3. Принципові електричні схеми електроіскрових установок:
 а – конденсаторної; б – безконденсаторної;
 1 – деталь (анод); 2 – інструмент (катод); 3 – конденсаторна установка;
 4 – джерело постійного струму; 5 – опір

Електроіскрову обробку металів проводять, як правило, у рідкому (трансформаторне масло, гас та ін.), а інколи - й у газоподібному середовищах. Для виготовлення електродів використовують мідь, латунь, графіт, мідно-графітову масу та ін. У конденсаторних установках напруга в момент розрядки конденсаторів становить 100...250 В. Сила струму залежить від прийнятого режиму обробки: при грубій обробці – не менше 11 А, при середній – 1...10 А і при чистовій – не менше 1 А.

У ремонтному виробництві електроіскрову обробку застосовують для обробки деталей дуже великої твердості (наприклад, після відновлення деталей нанесенням твердих сплавів), а також для видалення із різних деталей (часто корпусних) поламаних частин болтів, шпильок, свердел, мітчиків. Для цього у поламаних деталях роблять отвір, через який можна зруйнувати поламану частину або вивернути її спеціальним ключем.

Електроіскрове нарощування ґрунтується на перенесенні металу з електрода-анода на відновлювану деталь-катод під час проходження іскрових розрядів у газовому середовищі. Принципову схему установки для електроіскрового нарощуван-

ня наведено на рис. 6.4. Зміцнювальний електрод 2, з'єднаний з анодом, коливається з частотою 50 Гц від вібратора 1. Як матеріал для електрода 2 застосовують тверді сплави (Т15К6, ВКЗ та ін.) і чавуни. Якщо таким електродом водити по поверхні деталі, під'єднаної до катода, то на поверхні деталі утворюється шар, який складається з матеріалу анода. Перенесення металу з анода на катод (деталь) відбувається так. У момент проходження імпульсу струму електрони ударяються об поверхню, анода, розігрівають її до високих температур і відділяють дрібні часточки розплавленого металу, які осідають на катоді (деталі).

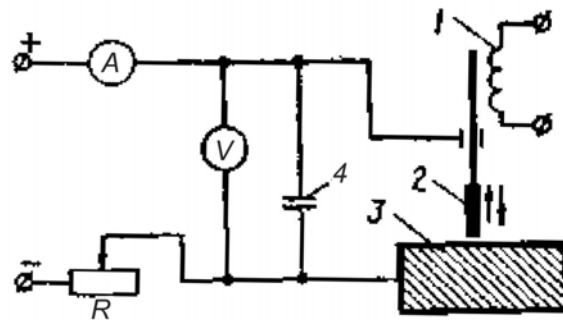


Рис. 6.4. Принципова схема установки для електроіскрового нарощування деталей:

1 – вібратор; 2 – електрод (анод); 3 – деталь; 4 – конденсаторна батарея

Зовнішній вигляд установки ЕФИ-10 для електроіскрового нарощування (зміцнення) показано на рис. 6.5. Робочий струм у цій установці можна змінювати у межах 0,5...2,5 А (струм короткого замикання відповідно дорівнює 2,5...5 А), напруга 15...200 В. Товщина покриттів при електроіскровому нарощуванні до 0,2 мм (при м'яких режимах) і до 0,5 мм (при грубих режимах). Електроіскрове нарощування застосовують для нарощування шийок валів, отворів у корпусних деталях, а також як зміцнювальну обробку робочих органів сільськогосподарських машин і різальних лез інструменту (фрез, розверток та ін.) із швидкорізальної сталі. При цьому стійкість інструменту зростає у 1,5...8 разів.

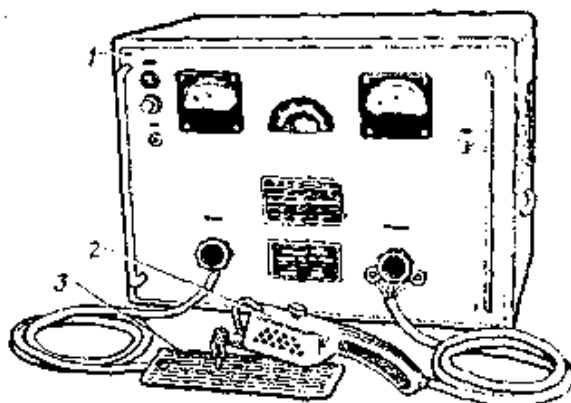


Рис. 6.5. Зовнішній вигляд установки ЕФИ-10
для електроіскрового нарощування:
1 – корпус; 2 – вібратор; 3 – контактна пластина.

Електроімпульсна обробка схожа на електроіскрову, але відрізняється великою тривалістю розрядів і застосуванням струму підвищеної частоти, який одержують від спеціального генератора чи машинних перетворювачів. Цим способом можна обробляти великі площі. Він продуктивніший, ніж електроіскрова обробка.

6.3.2. Відновлення деталей електролітичними і хімічними покриттями

Електролітичні і хімічні покриття застосовують для відновлення і зміцнення деталей (хромування, залізнення, нікелювання), захисту від корозії і надання деталям гарного зовнішнього вигляду (нікелювання, хромування, цинкування, кадміювання та ін.).

Схему установки для електролітичного осадження металу наведено на рис. 6.6.

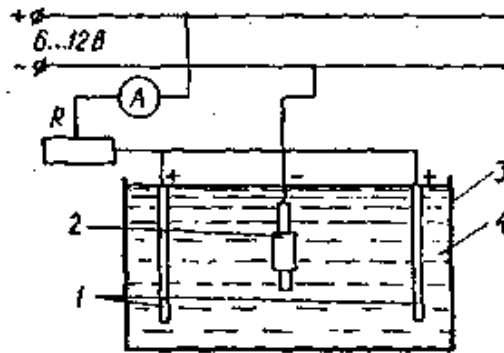


Рис. 6.6. Схема установки для електролітичного осадження металу:
1 – анод; 2 – катод (деталь); 3 – ванна; 4 – електроліт

Аноди виготовляють з того металу, який наносять на деталь, рідше – із свинцю. Електролітом є розчин у дистильованій воді сполук (найчастіше солей) осаджуваного металу. Для підвищення стабільності процесу і якості покриттів в електроліт вводять різні домішки (кислоти та ін.).

Кількість осаджуваного металу (G , г) при нанесенні електролітичного покриття можна підрахувати за формулою

$$G = EIt\eta, \quad (6.14)$$

де E – електрохімічний еквівалент, г/А·год; I – сила струму, А; t – час електролізу, год; η – коефіцієнт корисної дії процесу (вихід за струмом), %.

Значення електрохімічних еквівалентів беруть з довідників. Для двовалентного заліза - 1,042, хрому - 0,324, нікелю - 1,095, двовалентної міді - 1,186.

Середню товщину шару металу (h , мм), осадженого на катоді, можна підрахувати за формулою

$$h = \frac{ED_{\kappa}t\eta}{1000\gamma}, \quad (6.15)$$

Наведену формулу можна також використати для розрахунку часу електролізу t , потрібного для одержання покриття заданої товщини.

Крім постійного струму при нанесенні електрохімічних

покриттів застосовують змінний асиметричний струм. Його застосування поліпшує структуру покриття і дає змогу інтенсифікувати процес за рахунок підвищення щільності струму (у 1,5...3 рази).

Хімічні покриття одержують, занурюючи деталь у розчин (без пропускання електричного струму) й витримуючи у ньому до одержання потрібної товщини покриття.

Технологічний процес відновлення деталей нанесенням електролітичних і хімічних покриттів складається з трьох стадій: підготовчих операцій, нанесення покриттів і заключних операцій.

Підготовка деталей під електролітичні покриття складається з механічної обробки, ізоляції поверхонь, які не підлягають нарощуванню, монтажу (вішання) у пристрій, знежирювання і травлення поверхонь, що покриваються. Від якості підготовки поверхні деталі до нарощування залежить міцність зчеплення покриття з основним металом.

Ізоляцію поверхонь, що не підлягають нарощуванню, виконують нанесенням дешевих, стійких до електролітів, щільних і таких, які легко можна зняти, матеріалів. Такими матеріалами можуть бути мастики на основі воску, парафіну, каніфолі, плівкові поліетиленові й перхлорвінілові пластмаси, кислотостійкі емалі й ґрунтовки ФЛ-03-К, ЕП-51, ЛАКХВ-77, ХВ-16, ПХВ-101, розчин целулоїду в ацетоні, клей 88, гумовий клей та ін. При серійному виробництві застосовують спеціальні футляри, коробки, екрани багаторазового використання з кислотостійких пластмас (вініласту, текстоліту, карболіту, ебоніту та ін.), які є частиною підвісного пристрою.

Монтаж деталей у підвісні пристрої проводять або перед знежирюванням або після нього. Пристрої повинні мати достатній переріз струмопровідних частин (допустима сила струму на 1 мм² перерізу для заліза 0,5...1, для міді 2,5...3, для латуні 2...2,5 А) і бути надійно закріплені до струмопровідних штанг. Деталі у підвісних пристроях бажано розмішувати вертикально. При цьому покриття одержують щільнішим (без пор).

Знежирюють деталі віденським вапном (суміш окису кальцію і магнію) з домішкою 3 % кальцинованої соди і 1,5 % їдкого натру. Цю суміш розводять водою до пастоподібного стану й наносять на деталі щіточкою. Видаляють суміш промиванням деталей у проточній воді.

Застосовують також електрохімічне знежирювання деталей. У цьому випадку деталь є катодом, а листи з м'якої сталі – анодом. Електролітом є така суміш, г/л: кальцинована сода – 20, тринатрійфосфат – 15, емульгатор ОП-7-3. Температура електроліту 75 °С, густина струму на катоді 5...10 А/дм², тривалість процесу 3...4 хв.

Травлення (декапірування) застосовують для видалення окисних плівок з поверхні деталі. Часто травлення проводять у тих же ваннах, в яких наносять гальванічні покриття, але з заміною полюсів: до деталі під'єднують позитивний полюс, а до електродів – негативний. Тривалість електрохімічного травлення 0,5...2 хв, щільність струму 20...50 А/дм².

У деяких випадках окисні плівки на деталях видаляють хімічним травленням у розчинах кислот, наприклад, у 5-процентному розчині соляної кислоти.

Механічна обробка (шліфування, точіння, зачищення поверхонь шкуркою та ін.) має забезпечити видалення слідів спрацювання, надати деталі правильної геометричної форми й забезпечити закруглення гострих кромek. Шорсткість поверхні після механічної обробки має бути в межах 4...6 класу.

Джерелами струму для гальванічних ванн можуть бути низьковольтні генератори постійного струму АНД-500/250, АНД-1000/500, АНД-1500/750 (у чисельнику сила струму при напрузі 6 В, у знаменнику - при напрузі 12 В), селенові випрямлячі ВСМР, кремнієві випрямлячі ВАКГ та ін. При застосуванні змінного струму джерелами струму є зварювальні трансформатори.

Хромування забезпечує високу поверхневу твердість, стійкість проти спрацювання, корозійну стійкість і гарний зовнішній вигляд відновлених деталей. Недоліком процесу є низька

продуктивність (через низький ККД), а значить і висока вартість процесу.

Електролітом для процесу хромування є розчин хромового ангідриду (CrO_3) з домішками сірчаної і фтористої кислот або їх солей у дистильованій воді. Найбільш поширені електроліти, які складаються з хромового ангідриду CrO_3 і сірчаної кислоти H_2SO_4 . Процес найбільш продуктивний – CrO_3 при співвідношенні $\frac{\text{CrO}_3}{\text{H}_2\text{SO}_4} = 100$.

Розбавлений електроліт забезпечує одержання покриття з найвищою твердістю і стійкістю проти спрацювання, але швидко виснажується. Концентрований електроліт дає більш м'які осади і застосовується для захисно-декоративного хромування. Універсальний електроліт займає проміжне положення між розведеним і концентрованим і застосовується для одержання стійких проти спрацювання покриттів з добрими захисно-декоративними властивостями.

Дещо спрощує процес хромування застосування холодного тетрахроматного електроліту, який містить, г/л: хромового ангідриду 350...400, їдкого натру – 60, сірчаної кислоти – 2...2,5, цукру – 1. Режим хромування: густина струму 30...100 А/дм², температура електроліту 17...24 °С. Вихід за струмом 30...35 %.

Пористе хромування застосовують з метою підвищення стійкості відновлених деталей проти спрацювання, які працюють в умовах недостатнього змащення. При пористому хромуванні спочатку наносять електролітичний шар хрому, а потім анодним травленням (дехромуванням) створюють на поверхні деталі канавчасту й точкову пористість. При анодному травленні перемикають полюси, тобто до деталі під'єднують плюс, а до свинцевих пластин – мінус. При цьому ділянки мікротріщин хромового покриття розчиняються швидше, ніж рівні.

Осталювання (залізнення) у порівнянні з хромуванням продуктивніше й дає змогу одержувати покриття товщиною до

1,5...2,5 мм. Висока продуктивність осталювання пояснюється, по-перше, тим, що швидкість електролітичного осадження заліза (1,042 г/А·год) майже у 3 рази більша, ніж хрому (0,324 г/А·год). По-друге, вихід заліза за струмом (80...95 %) також приблизно у 3 рази вищий, ніж хрому. Швидкість осадження заліза 0,2...0,6 і доходить до 1...1,2 мм/год. Твердість покриттів НВ 135...700.

Осталювання проводять у гарячих і холодних електролітах. Аноди виготовляють із сталі 10 або 20. Гарячі електроліти більш продуктивні, але незручні в експлуатації (додаткові витрати на нагрівання, погіршення умов праці та ін.).

Хлористі електроліти готують із сталеві стружки у гальванічних цехах. Стружку із сталі 10 або 20 (беруть у механічному цеху) знежирюють у 10-процентному розчині каустичної соди і промивають у проточній воді. Потім стружку занурюють у водний розчин соляної кислоти, додають при потребі хлористий натр. Електроліту дають відстоятись протягом 12...18 год, потім фільтрують, перевіряють і коригують кислотність.

Як холодний електроліт (з температурою 18...20 °С) застосовують суміш (г/л): хлористе залізо $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ – 200, йодистий калій КІ – 20...30, сірчана кислота H_2SO_4 – 1, соляна кислота HCl – 0,5. Холодне осталювання проводять на асиметричному змінному струмі. Якість покриттів залежить від коефіцієнта асиметрії струму (відношення амплітуд катодного і анодного струмів). Рекомендується такий режим холодного осталювання: у перші 3 хв. густина струму 5 А/дм² і коефіцієнт асиметрії 1,5...2, доведення протягом 5 хв. густини струму до 30...50 А/дм², коефіцієнта асиметрії до 10 і робота на цьому режимі до одержання заданої товщини осаду.

Нікелювання застосовують для захисту деталей від корозії з декоративною метою, а також для підвищення стійкості деталей проти спрацювання (поршневі кільця, поршні гідравлічних машин та ін.).

Нікелювання може бути електролітичним і хімічним. При електролітичному нікелюванні застосовують електроліт такого

складу, г/л: сірчаноокислий нікель – 420, сірчаноокислий натрій – 160, хлористий нікель – 25, борна кислота – 45, фтористий натрій – 2,5, рН = 3,5...5. Режим електролізу: $t = 55...60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $D_k = 8...12\text{ А/дм}^2$. Для нікелювання аноди виготовляють з нікелю марки Н-1.

Хімічне нікелювання проводять без застосування електричного струму. Воно ґрунтується на відновленні іонів нікелю до металу за допомогою гіпофосфіту. При хімічному нікелюванні застосовують розчин такого складу, г/л: сірчаноокислий (хлористий) нікель, гіпофосфіт натрію 15...25, янтарно-кислий натрій 10...12, рН = 4,5...5,5. Робоча температура розчину 90...92 °С.

Міднення застосовують для захисту окремих ділянок деталей від насичення вуглецем при цементації, а також як підшар при антикорозійному хромуванні і нікелюванні. Товщина покриттів 10...30 мкм.

Електроліти для міднення бувають кислі й ціаністі. Останні забезпечують високу якість покриття, але отруйні, що ускладнює їх застосування.

Як кислий електроліт застосовують суміш такого складу, г/л: борфтористоводнева мідь $\text{Cu}(\text{BF}_4)_2$ – 230...240, борфтористоводнева кислота HBF_4 – 10...15, борна кислота H_3BO – 12...16. Режим електролізу: $t = 20...60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $D_k=20...60\text{ А/дм}^2$. У ремонтному виробництві застосовують електроліт такого складу, г/л: сірчаноокисла мідь 95...125, етилендіамін 40...60, сірчаноокислий натрій 45...60, сульфат амонію 45...60, рН=6...7,8. Режим електролізу: $t=18...25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $D_k=1,5...2\text{ А/дм}^2$. При мідненні аноди виготовляють з міді марки М-1.

Позаванні процеси електролітичного нарощування застосовують у ремонтному виробництві для відновлення спрацьованих поверхонь великогабаритних деталей (посадочних місць корпусних деталей, шийок колінчастих валів та ін.). До позаванних процесів електролітичного нарощування відносяться: натирання покриття у проточному електроліті, місцеве нарощування.

Електролітичне натирання показано на рис. 6.7. Деталь-катод 7 встановлюють на токарний верстат і надають їй обертання. Анодом є вугільний стрижень, покритий абсорбуючим матеріалом (губка у сукняному чохлі, вата, скляна вата тощо). Електроліт у невеликій кількості надходить із місткості 1 через кран 2 на тампон 4 і далі у ванну 8. Постійне надходження свіжого електроліту й переміщення анода відносно деталі дає змогу застосувати високу густину струму, що підвищує продуктивність процесу.

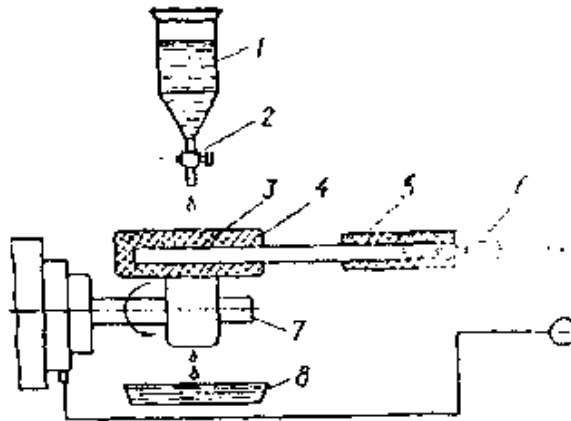


Рис. 6.7. Схема установки для електролітичного осадження металу:
1 – анод; 2 – катод (деталь); 3 – ванна; 4 – електроліт

Електролітичне покриття у проточному електроліті (струминне покриття) показано на рис. 6.8. Електроліт з основної ванни 4 насосом подається через анодний насадок на шийку вала 6, який обертається (шийка частково занурена в електроліт, налитий у місцеву ванночку 3), і знову потрапляє в основну ванну 4.

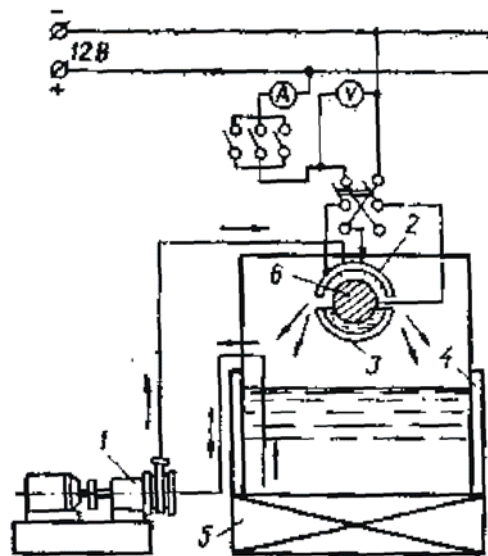


Рис. 6.8. Схема установки для електролітичного покриття шийок вала:
1 – насос; 2 – анод (насадок); 3 – ванночка; 4 – основна ванна; 5 – підігрівач електроліту; 6 – вал

Місьцеве (позаванне) електролітичне нарощування полягає у тому, що на деталі у потрібному місці за допомогою пристрою створюють місцеву ванночку і проводять нарощування відновлюваної поверхні (рис. 6.9).

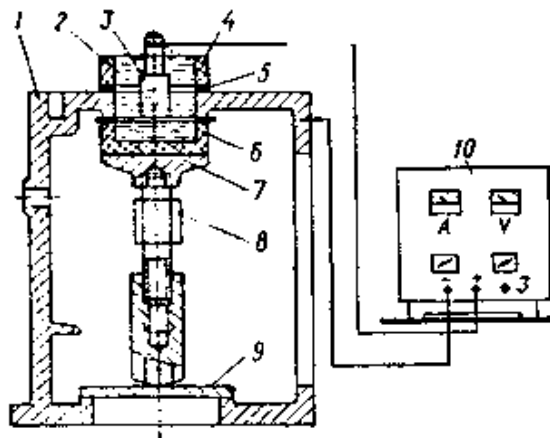


Рис. 6.9. Схема місцевого електролітичного нарощування поверхні отвору в корпусній деталі:
1 – корпусна деталь; 2 – електроліт; 3 – анод; 4 – кільце; 5 – гумова прокладка; 6 – стакан; 7 – диск; 8 – висувна розпірка з гайкою; 9 – підставка; 10 – випрямляч

Заклучні операції включають миття деталей, термічну і кінцеву механічну обробку. Миють деталі у гарячій воді (80...90°C). Термічну обробку проводять для поліпшення механічних властивостей покриттів. Вона полягає у нагріванні у масляній ванні хромованих деталей до температури 150...200 °С, а залізнених – до 200...300 °С і витримці протягом 1...1,5 год. Як остаточну механічну обробку застосовують шліфування, точіння, хонінгування тощо, залежно від характеру деталей, величини припуску, вимог до якості обробленої поверхні.

6.4. Ручне зварювання і наплавлення

6.4.1. Загальні відомості

Зварюванням називають технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань за допомогою встановлення міжатомних (міжмолекулярних) зв'язків між зварювальними елементами внаслідок їх розплавлення при місцевому або загальному нагріванні або пластичному деформуванні, а також спільній дії того й іншого.

Наплавлення - це різновид зварювання і являє собою процес нанесення шару металу на поверхню деталі.

На ремонтних підприємствах зварюванням і наплавленням відновлюють понад 60% деталей автомобілів. Широке поширення зварювання і наплавлення в ремонтному виробництві пояснюється: високою продуктивністю і простотою організації зварювальних процесів; міцністю зчеплення присадного матеріалу або матеріалу електрода з металом основної деталі; можливістю одержання необхідної твердості матеріалу шва (наплавленого шару) шляхом застосування спеціальних електродів, обмазок, флюсів і т.п.; відносною простотою технологічного устаткування.

Проте зварювання і наплавлення мають ряд недоліків: зміна структури основного металу в зоні термічного впливу та поява місцевих напружень, що приводять до жолоблення дета-

лей, зниження втомної міцності і появи тріщин; труднощі зварювання і наплавлення деталей, виготовлених з високовуглецевих і легованих сталей, а також з кольорових металів і чавуну.

Високоякісне з'єднання двох металів при зварюванні і наплавленні досягається внаслідок міжатомної взаємодії або міжмолекулярних зв'язків. Залежно від використаного способу зближення атомів існуючі зварювальні та наплавочні процеси розділяють на дві групи: зварювання (наплавлення) розплавленням і зварювання пластичним деформуванням (тиском).

При *зварюванні розплавленням* розплавляється метал зварюваних частин, який без прикладання зовнішніх зусиль утворює зварювальну ванну. Залежно від виду джерела тепла, використаного для розплавлення металу, розрізняють електричні, хімічні і ливарні зварювання плавленням.

1. Електричне зварювання розплавленням поділяють на дугове, електрошлакове та електронно-променеве. При дуговому зварюванні нагрівання і розплавлення металу відбувається за рахунок енергії, яка виділяється дуговим розрядом. Нагрівання і розплавлення металу при електрошлаковому зварюванні відбувається за рахунок тепла, яке виділяється струмом, що проходить через електрод і розплавлений флюс (шлакову ванну). При електронно-променевому зварюванні метал нагрівається і плавиться за рахунок енергії, що виділяється при інтенсивному бомбардуванні основного металу електронами, які швидко рухаються у вакуумі.

2. При хімічному зварюванні розплавленням як джерело теплоти використовується екзотермічна реакція горіння газів (газове зварювання) або порошкоподібної гарячої суміші (термічне зварювання).

3. При ливарному зварюванні використовується як джерело тепла розплавлений у спеціальних печах присадний метал, який заливають між заформованими з'єднуваними деталями.

Зварювання пластичним деформуванням полягає в спільному пластичному деформуванні деталей при прикладенні зовнішнього зусилля, що викликає спільне спресування,

проковування або прокату металу з'єднаних частин. При цьому відбувається руйнування оксидних плівок і змінання нерівностей, які перешкоджають зближенню зварюваних поверхонь. Залежно від способу підготовки металу до зварювання розрізняють зварювання без попереднього нагрівання металу (холодне, ультразвукове і зварювання вибухом) і зварювання з попереднім нагріванням (ковальське, індукційне, зварювання тертям і ін.).

Зварювання і наплавлення розплавленням найбільш універсальні, тому набули широкого застосування при ремонті деталей автомобілів.

6.4.2. Ручне дугове зварювання і наплавлення деталей

Застосовується для заварки тріщин у блоках циліндрів і головках блоку циліндрів, картерах, відновлення зварених швів у рамах і корпусах, заварки отворів, приварки відламаних частин і додаткових деталей. Ручне дугове наплавлення застосовується для наплавлення зношених поверхонь: отворів, валів, осей.

Суть дугового зварювання та наплавлення полягає в тому, що деталь і кінець електроду розігріваються електричною дугою, яка виникає між електродом і зварюваною деталлю. При цьому в результаті розплавлення утворюється ванна з рідкого металу, утвореного металом зварюваної деталі і матеріалом електрода. Рідкий метал заповнює стик між зварюваними деталями і після охолодження утворює шов. Для захисту рідкого металу від шкідливого впливу навколишньої атмосфери електроди покривають спеціальними обмазками або процес зварювання виконують у захисних середовищах.

Зварювальну дугу можна одержати від джерел постійного або змінного струму. Стабільність горіння зварювальної дуги залежить від довжини дуги, зовнішньої і динамічної характеристик джерела струму, складу покриттів електродів, флюсу і матеріалу зварюваної деталі.

Для одержання якісного зварного з'єднання або заданої якості наплавленого шару при відновленні деталей першочергове значення мають правильний вибір типу і марки електроду, а також режимів зварювання (наплавлення). Вибір електроду залежить від характеру відновлюваного дефекту, марки матеріалу (сталь, чавун, алюміній), з якого виготовлена деталь, вимог до наплавленого шару.

При заварці тріщин або усуненні поломок застосовують зварювальні електроди. Вони діляться на ряд типів від Е-34 до Е-145. Основною характеристикою кожного типу електродів є тимчасовий опір розриву зварного з'єднання. Він вказується в найменуванні електрода. Наприклад, електроди типу Е-42 створюють зварне з'єднання, що має тимчасовий опір розриву рівний 4,2 МПа. До кожного типу відноситься 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 – ОЗС-4, АНО-3, АНО-4; до типу Е-50А – УОНИ-13/55 й ін.

Електроди перерахованих типів застосовуються для зварювання мало- і середньовуглецевих сталей. Стрижні електродів виготовлені із дроту Св-08 діаметром від 1,6 до 12 мм. Типи і марки електродів відрізняються один від одного покриттям (обмазкою). Електроди із крейдовою обмазкою, що складаються з 70...80% меленої крейди і 20...30 % рідкого скла, відносяться до типу Е-34. Крейдова обмазка є тільки стабілізуючою, тобто сприяє стійкому горінню дуги. Інші типи і марки електродів мають якісну обмазку, що крім стабілізуючих, містить захисні, шлакоутворюючі і газоутворюючі, а іноді розкислювальні і легуючі елементи. Умовне позначення типів покриттів: руднокисле – Р, рутилове – Т, фтористо-кальцієве – Ф, органічне – О. Повне умовне позначення електроду за ГОСТ 9467-75 містить марку і тип електрода, його діаметр, вид покриття і номер стандарту. Наприклад, електрод ЦМ-7 діаметром 5 мм, що відноситься до типу Е-42 і має покриття руднокислого типу, має позначення: ЦМ-7-Е-42-5, О-Р ГОСТ 9467-75.

Зварювання маловуглецевих (із вмістом вуглецю до 0,2 %), а також низьколегованих сталей, наприклад, марок 15X, 20XHA, 20X, 30X не складає труднощів. Вуглецеві і леговані сталі із середнім і високим вмістом вуглецю зварюються важче і схильні до утворення тріщин. Тому при зварюванні і наплавленні середньо- і високовуглецевих, а також легованих сталей потрібен попередній підігрів деталей. При вмісті вуглецю від 0,2 до 0,3% деталі рекомендується підігрівати до температури 100...150 °С, від 0,3 до 0,45 % – до 150...250 °С, від 0,45 до 0,80% – до 250...400 °С. При відновленні зношених деталей дуговим наплавленням вибір електроду залежить від марки сталі відновлювальної деталі, необхідної твердості і зносостійкості наплавленого шару.

Зношені поверхні деталей, виготовлених з маловуглецевої сталі, які не піддавалися термічній або хіміко-термічній обробці, можна наплавляти зварювальними електродами.

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

ГОСТ 10051-75 встановлює ряд типів наплавних електродів, які розрізняються за хімічним складом наплавленого шару. Так, тип електроду ЕН-14Г2Х-30 означає: електрод наплавний, у наплавленому шарі вміщується 0,14% вуглецю, 2% марганцю, 1% хрому, твердість шару 30 HRC. Якщо в позначенні електрода є буква «У», це означає, що вміст вуглецю зазначений у десятих частках відсотка.

Вказівки на твердість наплавленого шару (НВ) вказуються іноді у позначеннях марки електроду, наприклад, електрод ОЗН-300, Т-590 і ін. Типам електродів відповідають певні їх марки. Повне умовне позначення наплавного електроду містить його марку, тип, діаметр і номер стандарту. Наприклад, електрод марки ОЗН-300 типу ЕН-15Г3-25 діаметром 5 мм має позначення ОЗН-300-ЕН-15Г3-25-5,0 ГОСТ 10051-75.

Таблиця 6.1.

Залежність діаметра електроду від товщини зварюваного металу

Товщина зварюваного металу, мм	Діаметр електроду, мм	Товщина зварюваного металу, мм	Діаметр електроду, мм
1	2	8...12	5
2	2...3	16...20	5...6
3	3	20 і більше	6 і більше
4...6	4		

Стрижні наплавних електродів виготовляють як з вуглецевого, так і з легованого зварювального дроту. Легуючі елементи вводять у наплавлений шар як з покриття і матеріалу стрижня, так і тільки з матеріалу покриття.

Найпоширеніші для наплавлення деталей автомобілів електроди марок ОЗН-300 (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 швидкозношуваних деталей, які працюють в умовах абразивного зношування, електроди марок Т-590, Т-620, ЦС-1, ЦС-3 і ін. В останні роки для одержання наплавлених шарів високої твердості застосовують трубчасті наплавні електроди ЕТН-1, ЕТН-2, ЕТН-3, ЕТН-4. Як наповнювач використовують тверді сплави, найчастіше сормайт, феросплави, карбід вольфраму. Для холодного зварювання (наплавлення) деталей із чавуну застосовують електроди марок ОМЧ-1, МСТ, МНЧ-1, ЦНИИВТ, ЦЧ-3А, АНЧ-1 і ін. Для зварювання чистого алюмінію застосовують електроди марки ОЗА-1, а для зварювання сплавів алюмінію – ОЗА-2.

Основні параметри режимів зварювання і наплавлення: вид струму і полярність, діаметр електродного дроту, значення сили зварювального струму і напруга дуги. Для дугового зварювання і наплавлення металу використовують постійний

або змінний струм. На постійному струмі дуга горить більш стійко. Зварювання (наплавлення) на постійному струмі можна вести на прямій і зворотній полярності. При зварюванні (наплавленні) на прямій полярності до деталі приєднують «плюс» джерела струму, а до електроду – «мінус». На зворотній полярності – навпаки. Тепло електричної дуги розподіляється (приблизно) таким чином: позитивний полюс – 43%, негативний полюс – 36% і електрична дуга – 21%. Це необхідно враховувати при виборі полярності. До деталі підключають позитивний полюс у тих випадках, коли вона має більшу масу і вимагає значної кількості тепла для нагрівання. Деталі, що мають невелику масу або товщину до 3 мм, зварюють при зворотній полярності. Діаметр електроду при ручному електродуговому зварюванні вибирають за табл. 6.1.

Необхідну силу струму визначають за емпіричною залежністю

$$I_{зв} = (\alpha + \beta d_e) d_e, \quad (6.16)$$

де α , β – коефіцієнти, що залежать від виду зварювання (при ручному зварюванні $\alpha=20$, $\beta=6$); d_e – діаметр електроду; значення $I_{зв}$ на практиці вибирають за довідковою літературою.

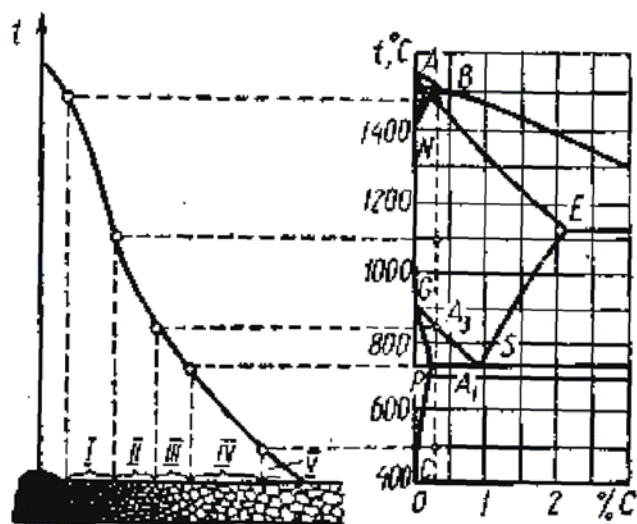
Діаметр електроду при наплавленні підбирають залежно від товщини шару, що наплавляється:

$$d_e = (1,2 \dots 1,5) t_n, \quad (6.17)$$

де t_n - товщина наплавленого шару.

Наплавлення варто вести короткою дугою з перекриттям сусідніх валиків на $1/3 \dots 1/2$ їх ширини. Наплавний електрод повинен бути нахилений під кутом $15 \dots 20^\circ$ до вертикалі по напрямку руху. Наплавлення рекомендується проводити, сполучаючи переміщення електроду в напрямку наплавлення з поперечним його коливанням таким чином, щоб ширина валика була рівною приблизно $2,5d_e$. Товщина наплавленого шару

Форма і структура наплавленого валика залежать від швидкості охолодження і хімічного складу металу. В процесі охолодження розплавленого металу відбувається не тільки кристалізація наплавленого валика, але й перекристалізація основного металу з утворенням зони термічного впливу (рис. 6.10).



Метал шва має в основному дендритну (литу) структуру. Ділянка I - грубозерниста структура з голчастими включеннями фериту (ділянка перегріву). У межах ділянки II метал пройшов кристалізацію (нормалізацію) і має дрібнозернисту структуру. На ділянці III спостерігається неповна перекристалізація з неоднорідною структурою (дрібні зерна перлиту і крупні зерна фериту). У межах ділянки IV відбувається процес рекристалізації зі збільшенням розміру зерен. Ділянка V - зона

старіння. Глибина зони термічного впливу залежить від умов зварювання і може коливатися від 1,5 до 3,5 мм.

З розглянутих ділянок найбільш знижену міцність має ділянка перегріву, тому при зварюванні ця ділянка повинна бути мінімальною. Найбільш високі механічні властивості відмічаються на ділянці нормалізації II.

В процесі зварювання і наплавлення спостерігаються нерівномірні нагрівання і охолодження шва та біляшовної зони, що приводить до появи у шві (валику) залишкових напружень розтягу. Тріщини можуть зародитися як в інтервалі температур кристалізації металу (1200...1500 °С) для вуглецевих сталей – так звані гарячі тріщини, так і при температурі нижче 400 °С – холодні тріщини.

Утворення гарячих тріщин пов'язане з дією напружень розтягу, які викликають пружностатичну деформацію при затвердінні шва. Для зменшення впливу зварювальних напружень попередньо підігрівують основний метал, призначають раціональний режим зварювання і порядок накладення окремих ділянок шва. Температура підігріву може змінюватися від 150 до 700 °С і залежить від хімічного складу наплавного металу та конструкції деталі.

Холодні тріщини бувають загартовні і крихкі. Загартовні тріщини виникають у середньо- і високовуглецевих сталях на границі сплавлення шва з основним металом у результаті того, що при утворенні мартенситу об'єм металу збільшується, викликаючи напруження стиску, а усадка шва при його остиганні викликає напруження розтягу. Перепад напружень є причиною утворення загартовних тріщин. Для попередження утворення крихких тріщин застосовують попередній підігрів деталі і повільне охолодження після наплавлення.

6.4.3. Газове зварювання і наплавлення

При газовому зварюванні і наплавленні метал нагрівається і розплавляється теплом, яке утворюється при горінні різних

горючих газів (ацетилену, водню, метану, пропану і ін.) у технічно чистому кисні. В ремонтному виробництві найбільш поширене ацетилено-кисневе зварювання та наплавлення і значно рідше пропан-бутанове і керосино-кисневе.

Залежно від співвідношення витрати кисню і ацетилену

$\alpha = \frac{O_2}{C_2H_2}$ розрізняють три види полум'я: нейтральне або

нормальне, при якому $\alpha=1\ldots1,25$; відновлювальне або науглецювальне - $\alpha<1$ (надлишок ацетилену) і окисне - $\alpha>1,25$ (надлишок кисню).

При зварюванні і наплавленні деталей зі сталей, чавуну і кольорових металів використовують нейтральне полум'я; при зварюванні і наплавленні деталей з високовуглецевих і легованих сталей при наплавленні зношених робочих органів твердими сплавами - науглецювальне полум'я; при різанні металів і зварюванні латуні - окисне полум'я.

При газовому зварюванні і наплавленні розплавлені матеріали (основний і присадний) окислюються і науглецюються. Кисень, що потрапив у метал шва, знижує його міцність, ударну в'язкість і стійкість проти корозії. Водень сприяє утворенню газових бульбашок, що є причиною утворення тріщин. Азот під дією високої температури хімічно з'єднується із залізом і іншими елементами, утворюючи нітриди, які надають металу шва підвищену твердість і крихкість; надмірне насичення рідкого металу азотом приводить до утворення пор у затверділому валику. Крім того, у процесі зварювання і наплавлення вигорають марганець, кремній та інші елементи. Все це приводить до об'ємних і структурних змін, як у наплавленому валику, так і в перехідній зоні основного металу.

Для захисту розплавленого металу від впливу кисню, водню і азоту застосовуються флюси. Вони діляться на флюси, що діють хімічно, і флюси, що діють як фізичні розчинники.

Флюси утворюють із оксидами металів легкоплавкі хімічні сполуки або, розчиняючись у них, спливають на

поверхню у вигляді шлаків, тим самим захищають рідкий метал від насичення газами.

До групи хімічно діючих флюсів відносяться наступні склади:

- 1) бура – 50 %, борна кислота – 50 %;
- 2) бура – 50 %, гідрокарбонат натрію – 47 %, кремнезем – 3 %;
- 3) бура – 100 %.

До групи фізично діючих відносяться флюси таких складів:

- 1) хлорид натрію – 45%, хлорид калію – 30%, хлорид літію – 10 %, фторид калію – 15 %;
- 2) хлорид натрію – 41 %, хлорид калію – 51 %, фторид натрію – 8 %.

Якість зварювання і наплавлення залежить від хімічного складу присадного матеріалу і правильного вибору флюсу. Матеріал присадного прутка за своїми хімічними і фізико-механічними властивостями повинен бути таким, як і метал деталі. Позитивний вплив на якість шва здійснює наявність у присадному матеріалі марганцю, нікелю, хрому, молібдену.

Режими газового зварювання і наплавлення визначаються способом зварювання, потужністю і характером полум'я, діаметром присадного прутка та кутом нахилу пальника.

Залежно від переміщення пальника розрізняють два способи зварювання: лівий і правий. При лівому способі пальник переміщують справа наліво, а присадний пруток пересувають поперед полум'я. Цей спосіб найпоширеніший, його застосовують при зварюванні легкоплавких і тонких листових матеріалів. При правому способі зварювання пальник переміщують зліва направо, а присадний пруток пересувають слідом за пальником, що дозволяє краще використати тепло полум'я і підвищити продуктивність процесу. Правий спосіб використовується при зварюванні металу товщиною більше 5 мм.

Потужність полум'я характеризується годинною витратою ацетилену A (дм³/год), що залежить від номеру газового пальника. Годинну витрату ацетилену визначають за формулою

$$A = kS \quad (6.18)$$

де k – коефіцієнт, що характеризує матеріал зварюваної деталі, спосіб зварювання і тип з'єднання, дм³/год на 1 мм товщини деталі. Для сталі $k=100\ldots120$, для чавуну $k=110\ldots140$, для латуні $k=130$, для алюмінію $k=60\ldots100$.

S – товщина зварюваної деталі, мм.

За витратою ацетилену вибирають номер наконечника зварювального пальника (табл. 6.2).

Характер полум'я приймають залежно від виду роботи і матеріалу зварюваної деталі.

Діаметр присадного прутка вибирають залежно від товщини зварюваної деталі і способу зварювання. При зварюванні деталей товщиною до 15 мм діаметр присадного прутка визначають

$$d = \frac{S}{2} + 1 \text{ (лівий спосіб),}$$

$$d = \frac{S}{2} + 2 \text{ (правий спосіб),}$$

а при зварюванні деталей товщиною більше 15 мм діаметр присадного прутка приймають рівним 6...8 мм.

Таблиця 6.2.

Залежність номера наконечника від показників зварювання

Показник	Номер наконечника							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Витрата ацетилену, дм ³ /год	20 - 65	50 - 135	135 - 250	250 - 400	400 - 700	700 - 1100	1150 - 1750	1700 - 2300
Приблизна товщина зварюваного металу, мм	0,2 - 0,7	0,5 - 1,5	1 - 3	2,5 - 4	4 - 7	7 - 11	10 - 18	17 - 30

Кут нахилу пальника приймають залежно від товщини (рис. 6.11), теплових і фізичних властивостей зварюваного матеріалу. Чим більший кут нахилу пальника, тим більший питомий тепловий вплив полум'я на поверхню деталі.

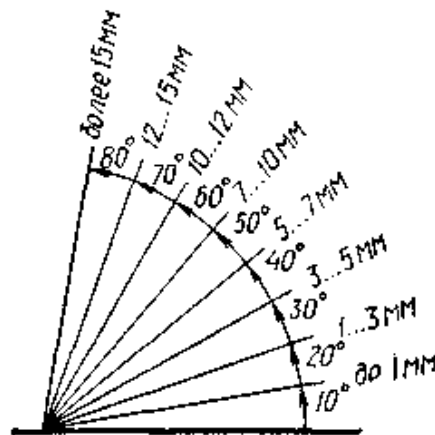


Рис. 6.11. Залежність кута нахилу пальника від товщини зварюваних деталей

Переваги газового зварювання – порівняно просте і недороге устаткування, можливість широкого маневрування потужністю, складом і напрямком полум'я, що дозволяє зварювати і відновлювати вироби різної товщини.

Недоліки газового зварювання – менша, ніж при електро-дуговому зварюванні, швидкість нагрівання і розплавлювання металу, більша зона теплового впливу і у зв'язку із цим більша можливість жолоблення зварюваного виробу. Крім того, при зварюванні виробів товщиною більше 6 мм продуктивність значно нижча в порівнянні з дуговим зварюванням.

6.4.4. Особливості зварювання та наплавлення чавунних і алюмінієвих деталей

Зварювання і наплавлення чавунних деталей пов'язані зі значними труднощами, викликаними цілим рядом причин (хімічним складом, структурою і особливими механічними властивостями). Підвищений зміст вуглецю (2...3,6%) і кремнію (0,5...6,5%), наявність графітових включень, неоднорідність складу і структури, висока чутливість до нагрівання і крихкість – все це негативно позначається на зварюваності чавуну. Крім того, через нерівномірне нагрівання, охолодження деталі і різниці коефіцієнтів усадки матеріалів деталі та шва виникають значні внутрішні напруження, що приводять до утворення нових тріщин. При зварюванні і напавленні внаслідок вигорання вуглецю та кремнію утвориться велика кількість газів і різних шлакових з'єднань, які не встигають вийти з розплавленого металу, в результаті чого шов виходить пористим та забрудненим неметалевими включеннями.

Існують різні технологічні прийоми зварювання чавуну.

Гаряче зварювання чавуну полягає в тому, що деталь перед зварюванням підігрівують, а після зварювання повільно охолоджують.

Температура підігріву залежить від маси і форми деталі, але не повинна перевищувати 650 °С. Більш високе нагрівання викликає збільшення структурного зерна, а при нагріванні понад 750 °С відбувається відбілювання чавуну. Великий вплив на якість ремонту чавунних деталей має швидкість їх нагрівання й охолодження. В цьому випадку застосовують двоступінчасте

нагрівання деталей: попередній нагрів до 200...300 °С зі швидкістю 600 °С на годину і остаточний до 600...650 °С зі швидкістю 1600 °С на годину.

В процесі зварювання деталей не повинна охолоджуватися нижче 500 °С, тому після нагрівання її поміщають у спеціальні термоси. Після зварювання деталі піддають відпалу при температурі 600...650 °С для зняття внутрішніх напружень, а потім повільно охолоджують разом з піччю.

При газовому зварюванні в якості присадного матеріалу використовуються: чавунні прутки діаметром 6...8 мм, за хімічним складом близькі до матеріалу зварюваної деталі; литі чавунні стрижні марок А і Б, хімічний склад яких представлений у табл. 6.3; зношені поршневі кільця із сірого чавуну.

Таблиця 6.3.

Хімічний склад литих чавунних стрижнів

Марка стрижня	Вміст елементів						
	С	Si	Mn	S не більше	P	Cr не більше	Ni не більше
А	3,0 – 3,5	3,0 – 3,4	0,5 – 0,8	0,08	0,2 – 0,4	0,05	0,3
Б	3,0 – 3,5	3,5 – 4,0	0,5 – 0,8	0,08	0,3 – 0,5	0,05	0,3

Як флюс при газовому зварюванні застосовують такі склади: 1) бура; 2) суміш із 50 % бури і 50 % гідрокарбонату натрію; 3) суміш із 56 % бури, 22 % гідрокарбонату натрію і 22% карбонату калію.

При зварюванні нагрітих чавунних деталей електрозварюванням застосовують чавунні електроди типу ОМЧ-1, що являють собою прутки марки Б зі спеціальною обмазкою, значну частку якої (40...50%) становить графіт.

Зварювання чавуну із загальним нагріванням забезпечує високу якість зварного шва, але внаслідок складності застосо-

вуваного устаткування, малої продуктивності, високої вартості відновлення і можливості жолоблення деталі застосовується порівняно рідко.

Холодне зварювання чавуну без попереднього підігріву найбільш широко застосовується при ремонті чавунних деталей. Існує декілька способів такого зварювання і наплавлення чавуну.

1. Зварювання сталевими маловуглецевими (вуглецю не більше 0,1%) електродами з тонкою стабілізуючою обмазкою. З метою зменшення нагрівання деталі і вигорання кремнію зварювання ведуть на постійному струмі зворотної полярності. В результаті швидкого охолодження при зварюванні в зоні шва відбувається відбілювання чавуну, виникають більші внутрішні напруження і навіть тріщини.

При багат шаровому наплавленні вплив чавуну як основного матеріалу на механічні властивості наплавного металу зменшується. Вже третій наплавлений шар – це вихідний матеріал електродів. На цій основі розроблений і успішно застосовується спосіб холодного зварювання чавуну маловуглецевими електродами з накладенням відпалюючих валиків. При зварюванні з малим проплавленням основного металу на поверхню деталі послідовно з перервами накладають відпалюючі валики довжиною 35...50 мм електродом діаметром 3 мм. Кожний наступний валик накладають відразу ж після попереднього. При цьому перший валик більше прогрівається і потім остигає з меншою швидкістю, значна частина цементиту розпадається, виділяється графіт, а загартована частина шва частково відпускається і нормалізується.

Технологічні процеси холодного зварювання залежать від товщини стінок деталей і умов їхньої роботи.

При заварці тріщин у тонкостінних деталях (товщиною до 6...7 мм) фаску вздовж тріщини не знімають.

Тріщини в чавунних деталях з товщиною стінки більше 7 мм заварюють у такій послідовності. Засвердлюють отвори на кінцях тріщини і обробляють її, знімаючи фаски під кутом 45° (рис. 6.12).

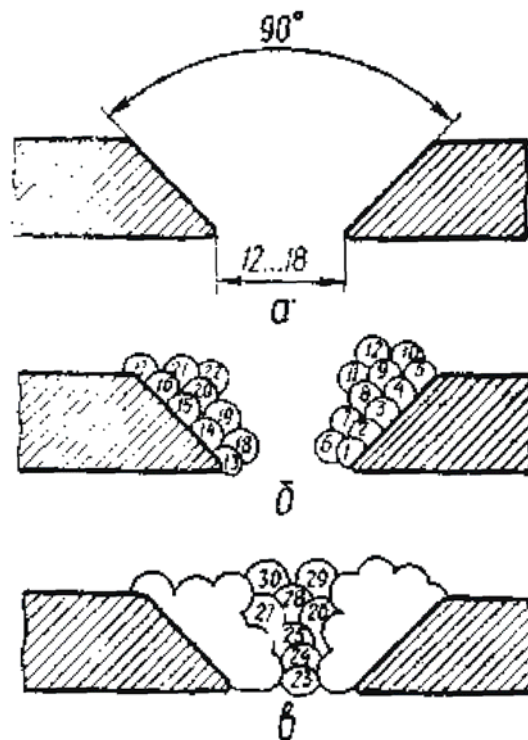


Рис. 6.12. Розфасування тріщини і послідовність накладення зварного шва:

а – розфасування тріщини; б – послідовність накладення підготовчих і відпалюючих валиків; в – послідовність накладення з'єднувальних валиків

Ширина оброблення шва в нижній частині повинна бути 12...18 мм, щоб можна було розмістити підготовчі, відпалюючі і сполучні валики. Обварюють одну сторону канавки (валики 1-5) і наносять на цій стороні відпалюючі валики (6-12). Наносять попередні (13-17) і відпалюючі (18-22) валики на іншій стороні канавки. Потім накладають сполучні валики (23-30) з перервами для охолодження поки не буде повністю заварена тріщина.

При зварюванні чавунних деталей з товстими стінками (понад 15 мм) з метою збільшення міцності зварного з'єднання застосовують різного виду посилюючий шов елементи. Наприклад, після зачищення зони зварювання засвердлюють свердлом діаметром 4...6 мм кінці тріщини і свердлять вздовж тріщини на відстані 10...25 мм від неї ряд наскрізних отворів

діаметром 4...6 мм так, щоб вони розташовувалися один проти одного. Потім в отвори вставляють штифти з маловуглецевої сталі і фіксують їх у товщині стінки нарізним сполученням. Заварку здійснюють в два етапи: попередня обварка посилюючих елементів з перервами для охолодження, а потім повна заварка відпалюючими валиками.

2. Зварювання чавуну комбінованими електродами використовується для закладення невеликих тріщин у деталях, які не передають великих навантажень. До цих електродів відносяться: мідно-залізні, залізо-мідні, залізо-нікелеві і ін. Біметалічні електроди виготовляють діаметром 3...5 мм, а іноді і покривають спеціальною обмазкою (крейда – 65...80 %, порошкоподібний алюміній 5...10 %, рідке скло 15...20 %) товщиною 0,2...0,4 мм.

Мідний стрижень електрода марки 03Ч-1 покривають обмазкою, до складу якої входить залізний порошок (27 % мармуру, 6 % титану, 2,5 % феромарганцю, 5% феросиліцію, 7,5 % плавикового шпату, 4,5 % кварцового піску і 50 % залізного порошку). Цей склад заливають рідким склом у кількості 30 % загальної маси компонентів.

Зварювання чавунних деталей біметалічними електродами забезпечує малу зону термічного впливу, високу пластичність наплавленого шва.

3. Зварювання чавунних деталей пучком електродів характеризується тим же, що і зварювання біметалічними електродами. Пучковий електрод складається з одного сталевого електрода з товстою обмазкою ОММ-5 або УОНИИ-13/15 діаметром 4...5 мм, мідного прутка такого ж діаметра і латунного стрижня перерізом 7...10 мм².

Кінці електродів зібраного пучка з'єднують між собою і потім весь пучок загортають у папір, склеюючи його рідким склом.

При зварюванні пучком електродів утворюється блукаюча дуга, яка переходячи з одного прутка на інший, сприяє гарному перемішуванню розплавлених матеріалів. Латунь у пучку відіграє роль розкислювача міді. Кількість електродів у пучку може бути збільшено.

4. Зварювання чавуну електродами з монель-металу застосовується в тих випадках, коли необхідна гарна оброблюваність наплавленого металу. При цьому домагаються максимального зниження зони термічного впливу. Монель-метал дає гарні результати при зварюванні деталей з ковкого чавуну, який взагалі погано піддається зварюванню.

Використовуються монель-металеві електроди діаметром від 2 до 6 мм; вони складаються з міді – 30 %, нікелю – 65 %, марганцю – 2 %, заліза – 3%. Електроди покриті спеціальною графітовою або крейдовою обмазкою.

Зварювання електродами з монель-металу виконують невеликими валиками довжиною не більше 50 мм із перервами для охолодження. При накладенні валиків кожен ділянку проковують для зняття напружень розтягу.

Труднощі зварювання деталей з *алюмінію і його сплавів* полягає у тому, що на поверхні утворюється тверда, тугоплавка плівка оксиду Al_2O_3 (температура плавлення 2050 °C), що перешкоджає зчеплюваності розплавленого металу з основним. Крім того, плівка, проникаючи (у вигляді твердої фази) у шов, значно погіршує його якість.

Для одержання якісного зварного шва застосовують механічне, хімічне і електричне видалення та дроблення оксидної плівки. Найбільш просто відділяється плівка з розплавленого металу за допомогою шкребків і щіток. Ефективно застосовувати спеціальний флюс АФ-4А, що складається з 28 % хлориду натрію, 50% хлориду калію, 14 % хлориду літію і 8 % фториду натрію.

Найчастіше зварювання виконують ацетиленокисневим полум'ям. Задовільні результати виходять при зварюванні алюмінію постійним струмом зворотної полярності. При цьому поверхня зварювальної ванни частково очищається від оксидної плівки за рахунок катодного розпилення (диспергування). Але цим методом може бути вилучена тільки тонка оксидна плівка.

У якості присадного матеріалу при зварюванні алюмінієвих деталей використовують електроди і прутки того ж

хімічного складу; силуміни краще зварювати електродами ОЗА-2 і дротом АК.

6.5. Відновлення деталей паянням

6.5.1. Загальні відомості

Паяння - процес нероз'ємного з'єднання двох металевих поверхонь за допомогою проміжного розплавленого металу (припою).

Частка розплавленого припою втримується на металевій поверхні (рис. 6.13) у рівноважному стані, описуваному рівнянням

$$\sigma_{2,3} + \sigma_{1,2} \cos \gamma - \sigma_{1,3} = 0 \quad (6.19)$$

де $\sigma_{1,2}$ – поверхневий натяг на границі поділу газ-рідина;

$\sigma_{2,3}$ – поверхневий натяг на границі поділу рідина-тверде тіло;

$\sigma_{1,3}$ – поверхневий натяг на границі поділу газ-тверде тіло;

γ – кут змочування.

Коефіцієнт змочування Θ , чисельно рівний $\cos \gamma$, визначається

$$\Theta = \frac{\sigma_{1,3} - \sigma_{2,3}}{\sigma_{1,2}} \quad (6.20)$$

З даного виразу видно, що метал добре змочується припоєм при його низькому поверхневому натягу ($\sigma_{2,3}$). Це одна з умов забезпечення міцного зчеплення припою з металевою основою, тому що при низькому поверхневому натягу припою останній добре розтікається по металу деталі, заповнює всі його нерівності (механічне зчеплення).

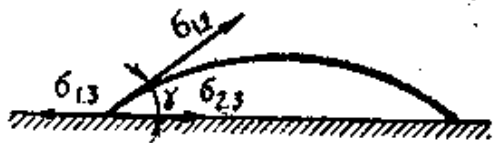


Рис. 6.13. Умова рівноваги краплі розплавленого припою на металевій поверхні

Однак при паянні необхідно забезпечити надійне фізико-хімічне зчеплення, що відбувається при взаємній дифузії припою і основного металу і супроводжується утворенням інтерметалідних твердих розчинів.

Це забезпечується підбором припоїв з необхідними фізико-хімічними характеристиками, режимів паяння і підготовкою поверхні деталі до паяння.

6.5.2. Класифікація і характеристика припоїв

Припої повинні мати комплекс гарних фізико-механічних, фізико-хімічних і експлуатаційних властивостей: мати високу рідинотекучість, змочуваність, невисоку температуру плавлення, досить високу міцність, пластичність і ін. Розрізняють м'які (легкоплавкі) і тверді (тугоплавкі) припої.

До *м'яких* припоїв (температура плавлення до 500 °С) відносяться олов'яно-свинцеві сплави. Вони мають низьку механічну міцність, але широко застосовуються внаслідок низької температури плавлення. У ремонтній практиці для паяння бензобаків, радіаторів, трубопроводів застосовують наступні м'які припої: ПОС-18, ПОС-30, ПОС-50, ПОС-64. У марці буква П означає припій, О і С - відповідно, що його основою є олово і свинець; чисельне значення вказує на середній вміст олова (18, 30, 50, 64 %).

До *твердих* припоїв (температура плавлення більше 500 °С) відносяться мідь, латунь, срібло.

Чиста мідь (температура плавлення 1083 °С) має добру

рідинотекучість і високу міцність зчеплення. Однак при високій температурі схильна до окислювання. Тому чисту мідь застосовують для паяння рідко, переважно в захисних газах.

Срібні припої ПСр-10, ПСр-12, ПСр-25 і т.д. (10, 12, 25 %- срібла) застосовують для відповідальних з'єднань, коли потрібна висока корозійна стійкість (контакти електричних приладів і ін.). У ремонтному виробництві широко використовуються мідноцинкові (латунні) припої: ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54 і ін. У позначеннях цих припоїв цифри вказують вміст міді у відсотках, інше - цинк із незначними присадками свинцю і заліза. Температура плавлення мідно-цинкових припоїв нижча, ніж мідних, і становить у середньому 840...860 °С.

Для паяння алюмінієвих деталей використовують припої із силумінів, для швидкорізальної сталі і твердих сплавів - ГПФ, ГФК та ін.

6.5.3. Характеристика флюсів

Флюси призначені для розчинення і видалення окисних плівок, захисту поверхні металу від окислювання, зменшення поверхневого натягу, поліпшення змочуваності і адгезії припою.

Застосовують рідкі і тверді флюси. *Рідкі флюси*, що застосовуються при паянні м'якими припоями, являють собою 20-50 % розчини хлориду цинку або хлориду амонію.

Іноді для усунення корозії (особливо при паянні міді) застосовують кислотні флюси (каніфоль й ін.); їх наносять не на паяльник, а на місце паяння після розігріву деталі.

Тверді флюси (бура, суміш бури з борною кислотою, борним ангідридом) застосовують для паяння тугоплавкими припоями. Нержавіючі сталі паяють із активізованим флюсом, що одержують додаванням до бури 30-70 % тетрафторбората калію або 40 % фториду калію. При паянні алюмінію використовують флюс, до складу якого входять хлорид літію, фторид калію і інші компоненти.

Технологічний процес паяння включає наступні операції:

1. Очищення деталі від окислів, іржі, бруду.
2. Знежирення сильно забруднених деталей промиванням у бензині, 10 %-му розчині каустичної соди.
3. Поверхню протравлюють в 15...20%-му розчині сірчаної кислоти, при необхідності забезпечити високу зчеплюваність. Після травлення залишки кислоти нейтралізують 10%-м розчином каустичної соди і промивають у гарячій і проточній холодній воді.
4. Деталі підганяють до необхідних розмірів, витримуючи при монтажі певний зазор. При паянні м'якими припоями він повинен бути в межах 0,005...0,2 мм, а твердими – 0,03...0,05. Від величини зазору залежить взаємна дифузія припою і основного металу деталі і міцність з'єднання.
5. Зачищення місць паяння наждачною шкуркою або механічним шляхом до блиску.
6. Нанесення на місце паяння флюсу.
7. Процес паяння. При паянні м'якими припоями використовують звичайні або електричні паяльники, які розігрівають до температури 400...450 °С, очищають його кінець зануренням у флюс, набирають припій і наносять тонким шаром на спаюванні поверхні. Шов повинен бути по можливості тонким і рівномірним.

При паянні твердими припоями флюс у вигляді порошку або пасти наносять на місце пайки, а деталь нагрівають паяльною лампою, газовим пальником, електроконтактним методом або струмами високої частоти. При паянні сталевих деталей температура нагрівання не повинна перевищувати температуру їх термічної обробки.

Сірий чавун погано піддається паянню, тому що графіт перешкоджає з'єднанню припою і деталі. Тому перед паянням на поверхню чавунної деталі наносять підшар міді, латуні або «випалюють» графіт полум'ям ацетилено-кисневого пальника, покривши поверхню пастою з опилок заліза і борної кислоти.

Оксидну плівку при паянні алюмінію знімають за допо-

могою шкребків або розчиняють флюсами АФ-4А. Ефективно застосовувати для цієї мети спеціальний ультразвуковий паяльник типу УП-21, за допомогою якого руйнується тверда оксидна плівка. Після паяння деталь повільно охолоджують, очищають від надлишку припою і промивають.

Паянням усувають дефекти в радіаторах, масляних і паливних баках, трубопроводах, припаюють контакти електропроводів приладів, твердосплавні пластини різальних інструментів і т.д.

6.6. Способи відновлення деталей полімерними матеріалами

Під час ремонту автомобілів полімерні матеріали застосовують для затирання тріщин і пробоїн у деталях (блоки циліндрів, картери та ін.); склеювання пошкоджених деталей і замість клепання (наприклад, при ремонті гальмівних колодок і дисків зчеплення); забезпечення міцності нарізних і нерухомих з'єднань; відновлення форми і розмірів спрацьованих деталей; протикорозійного захисту і для виготовлення деталей.

Полімерні матеріали застосовують у чистому вигляді (капрон, поліетилен, полістирол, поліпропілен та ін.), у вигляді пластмас і клеїв. До складу пластмас входять полімери (високомолекулярні органічні з'єднання), затверджувачі для затвердіння (полімеризації) пластмас (поліетиленполіамін та ін.), наповнювачі (металеві порошки, азбест, цемент, графіт, скловолокно, бавовняна тканина та ін.), пластифікатори (дибутилфталат, диоктилфталат та ін.) для поліпшення еластичності і в'язкості суміші. Полімери і пластмаси поділяються на термореактивні (реактопласти) і термопластичні (термопласти).

Реактопласти при одноразовому нагріванні розм'якшуються і в цьому вигляді їх використовують для ремонту або виготовлення деталей гарячим пресуванням. Після затвердіння реактопластів наступне нагрівання не розм'якшує їх.

Термопласти при повторному нагріванні знову набувають

пластичності, тобто допускають багаторазове деформування у нагрітому стані.

Прикладами реактопластів є суміші на основі епоксидних смол ЭД-6 та інші, а термопластів – поліамідні смоли (капрон, полікапролактан, смоли П-6, П-54, П-68, АК-7 та ін.).

Суміші на основі епоксидних смол застосовуються для затирання тріщин у корпусних деталях, для відновлення спрацьованих внутрішніх поверхонь деталей і закріплення ремонтних втулок. Ці суміші тверднуть при нагріванні або при кімнатній температурі. Суміш для гарячого затвердіння містить смолу ЭД-6, малеїновий чи фталевий ангідрид і бутилфталат. Суміші для холодного затвердіння бувають чотирьох марок: А, Б, В і Г. Крім смоли ЭД-6 вони містять поліетиленполіамін, дибутилфталат і наповнювачі (залізний чи алюмінієвий порошок, цемент). Гаряче затвердіння суміші відбувається при нагріванні до 120 °С і витримці при цій температурі 16...24 год. Холодне затвердіння відбувається при температурі 18...20 °С протягом 24 год.

Синтетичні клеї бувають термореактивні, термопластичні і на основі каучуків. При ремонті машин широко використовують термореактивні клеї марок ВС-10Т, ВС-350 (фенолополівінілацетальні) та БФ-2, БФ-4, БФ-6 (фенолополівінілбутиральні).

Клей ВС-10Т – прозора темно-червона рідина – використовується для склеювання металів, склотекстолітів та інших матеріалів. Твердне при температурі 180 ±10 °С протягом 1...1,5 год. Клей ВС-350 застосовується для склеювання сталі, дюралю, склотекстоліту і пінопластів. Клеї типу БФ – рідини від жовтого до червоного кольорів. Клеї БФ-2 і БФ-4 застосовуються для склеювання металів, склотекстолітів, а клей БФ-6 – для склеювання еластичних матеріалів (тканини, фетр, гума, повсть та ін.). Режим затвердіння для клею: БФ-2 - 140...160 °С протягом 0,5...2,5 год., БФ-4 – 60...90 °С протягом 3...4 год., БФ-6 – 100...120 °С протягом 0,25...1 год.

Затирання тріщин починають з підготовки поверхні і ви-

значення меж. Кінці тріщини засвердлюють свердлом діаметром 2,5...3 мм. Вздовж тріщини шліфувальним кругом чи зубилом знімають фаски під кутом $60...70^\circ$ на глибину 2...3 мм (рис. 6.14 а). Поверхню деталі біля тріщини на відстані 40...50 мм з обох боків зачищають металевими щітками, абразивним кругом, шкуркою або напилком до металічного блиску, видаляють сліди корозії і фарби. Іноді на зачищеній поверхні роблять насічку. Поверхню знежирюють ацетоном і сушать. По конфігурації тріщини із склотканини вирізають латку шириною 40...50 мм (20...25 мм на бік). Епоксидним клеєм заповнюють тріщину, наносять його на підготовлену поверхню шаром товщиною 1 мм (рис. 6.14 б), накладають латку, яку прикочують роликом, і знову наносять клейову суміш. Кількість шарів накладеної склотканини залежить від потрібної товщини латки й може досягати 8...10. Тверднуть епоксидні клеї при температурі 20°C протягом 1...3 діб, при нагріванні до 120°C – 1,5... 2 год.

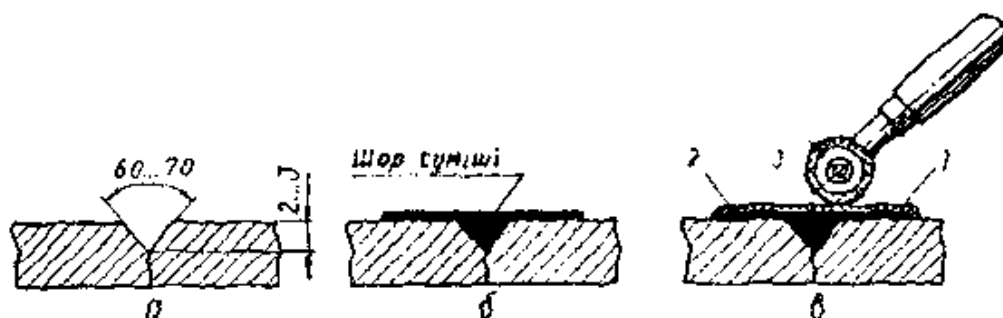


Рис. 6.14. Замазування тріщини:

а – розчищення поверхні; б – заповнення сумішшю; в – прикочування латки роликом; 1 – шар суміші; 2 – латка; 3 – ролик

Зарівнювати пробоїни можна такими способами: приклеюванням металевої прокладки, а зверху кількох шарів склотканини (рис. 6.15 а); заповненням пробоїни шарами склотканини і клею (рис. 6.15 б); накладанням металевої латки на гвинтах з наступним нанесенням епоксидного клею (рис. 6.15 в).

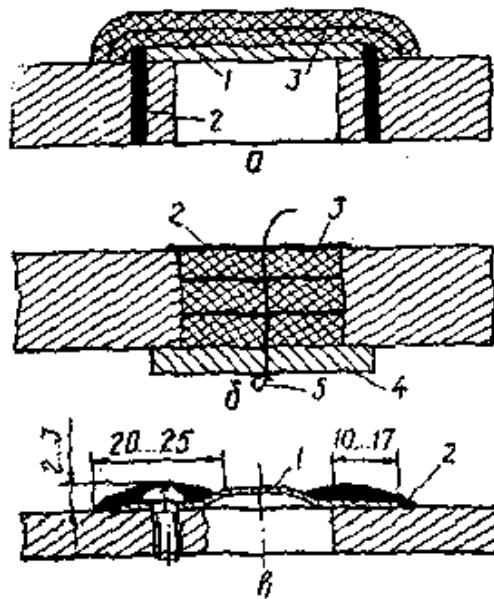


Рис. 6.15. Заклеювання пробоїн у деталях:

а – внапуск; б – врівень (деталь товстостінна); в – накладання металевої латки на гвинтах; 1 – металева латка; 2 – епоксидна суміш; 3 – тканинна латка; 4 – підтримувальна металева пластина; 5 – дріт

Пасти і клеї на основі епоксидних смол переносять вплив води, масел і палива. Границя міцності на зсув цих клейових сполук становить 15...18, а в нерухомих посадках – 20...30 Н/мм², працездатність з'єднань зберігається до температури 180 °С. Епоксидні суміші застосовують для зарівнювання тріщин і пробоїн у блоках і головках циліндрів, картерах двигунів, коробок передач та ін.

Надійність нарізних з'єднань і нерухомих з'єднань при ремонті часто підвищують склеюванням сполучених деталей, які попередньо зачищають і знежирюють. При малих зазорах (до 0,05 мм для гладких деталей і до 0,2 мм – для нарізних) застосовують клей без наповнювача, а при великих зазорах (різі до 0,3 мм) у клей вводять наповнювач.

Відновлення деталей нанесенням пластмас можливе такими способами: у псевдозрідженому шарі, газополуменевим напиленням, напресуванням, нанесенням (намазуванням) з наступним калібруванням (формуванням).

Відновлення деталей у псевдозрідженому (киплячому)

шарі складається з операцій підготовки деталей і нанесення покриття. Підготовка деталей полягає в очищенні від бруду, масла і захищенні рідким склом, фольгою, листовим азбестом місць, які не підлягають покриттю; отвори зарівнюють пробками.

Суть процесу нанесення покриття полягає у тому, що нагріту до певної температури деталь (дещо вище температури плавлення застосовуваного полімеру) вміщують у камеру спеціальної установки, де порошок (частинки 0,1...0,25 мм) полімерного матеріалу (наприклад, капрону) знаходяться у «киплячому» стані. Торкаючись поверхні нагрітої деталі, частинки розплавляються і покривають деталь рівним шаром товщиною до 1,2...1,5 мм. Схему наплення у кипячому шарі показано на рис. 6.16.

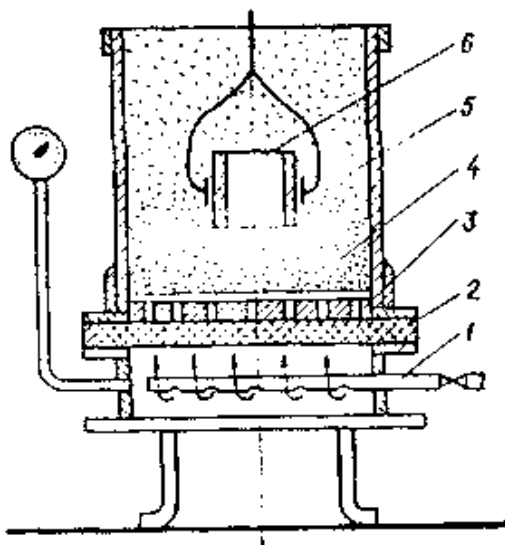


Рис. 6.16. Схема наплення у кипячому шарі:

1 – трубопровід; 2 – порожниста перегородка; 3 – сталева пластина з отворами;
4 – тканина; 5 – камера; 6 – відновлена деталь

Нагріту деталь 6 розміщують у камеру 5, в яку насипано порошкоподібний капрон товщиною до 100 мм. Нейтральний газ (азот чи вуглекислий газ) під тиском 0,1...0,2 МПа через отвір у трубопроводі 1, пористу перегородку 2, сталеву пластину 3, тканину 4 надходить у камеру 5 і приводить

порошок капрону в киплячий (псевдозріджений) стан. Тривалість процесу напилення 8...20 с.

Газополуменеве напилення полягає у тому, що дрібний порошок полімерного матеріалу подається у полум'я спеціального газового пальника, де нагрівається до розм'якшення або розплавлення, і стисненим повітрям наноситься на нагріту поверхню деталі. Схему установки для газополуменевого напилення пластмас наведено на рис. 6.17. Під час роботи спочатку відкривають повітряний вентиль 7 б, а потім ацетиленовий вентиль 12. Горюча ацетилено-повітряна суміш через кільцеве сопло 10 газового пальника надходить у атмосферу, де і підпалюється.

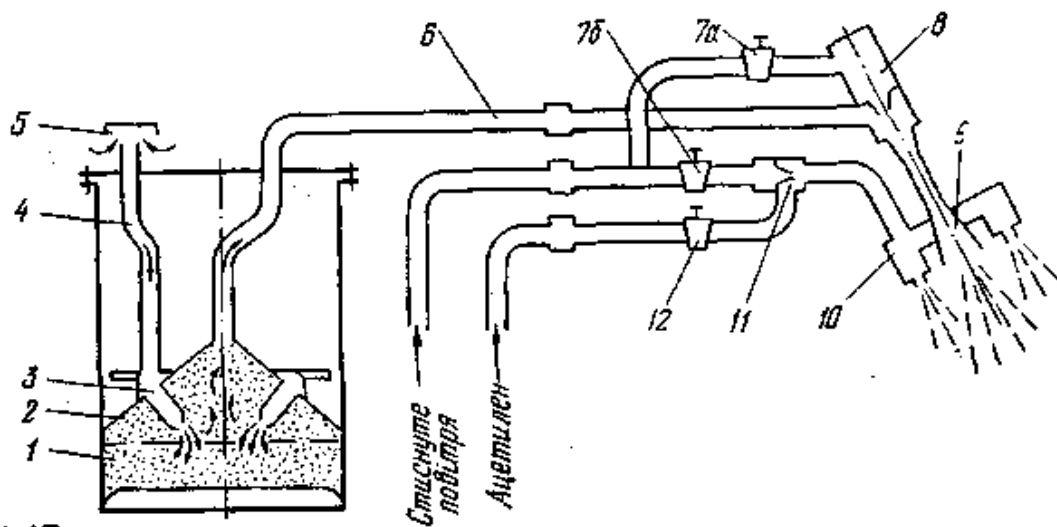


Рис. 6.17. Схема установки для газополуменевого напилення полімерних матеріалів:

1 – порошок; 2 – ковпак; 3 – сопло; 4 – трубка; 5 – фільтр; 6 – трубка для подачі порошку; 7 і 12 – вентиля; 8 – порошковий інжектор; 9 – порошкове сопло; 10 – кільцеве сопло газового пальника; 11 – змішувальна камера

Поверхню відновлюваної деталі нагрівають ацетилено-повітряною сумішшю до температури 210...260 °С і потім відкривають повітряний вентиль 7 а. Повітря, проходячи через інжектор 8, засмоктує порошок 1 і подає його через отвір порошкового сопла 9 на деталь. Після одержання покриття

потрібної товщини припиняють подачу порошку і продовжують прогрівання нанесеного шару до його спікання.

Сопло пальника розміщують на відстані 70...150 мм від поверхні деталі, ширина смуги напилення за один прохід пальника 25...40 мм, швидкість пересування пальника - 1,5...2 м/хв., тиск ацетилену 0,5 кПа при витраті 300 л/год., тиск стисненого повітря не нижче 0,3 МПа при витраті 10...15 м³/год.

Підготовка поверхні під газополуменеве напилення складається з піскоструминного очищення від окалини, іржі та забруднень і наступного обдування стисненим повітрям.

Газополуменеве напилення застосовують для зарівнювання вм'ятин на облицюванні кабін (наносять порошки ПФН-12, ТПФ-37 та ін.), для відновлення великих деталей (капрон марки А), для нанесення протикорозійних покриттів (поліпропілен, поліетилен та ін.).

Напресуванням наносять покриття з товщиною шару від 1 до 5 мм. Для міцного закріплення пластмасового покриття на робочій поверхні відновлюваної деталі нарізають дрібну різь, роблячи заплечики, просвердлини тощо. Напресуванням відновлюють втулки, крильчатки насосів, шківни та ін. При цьому способі ремонту відновлювану деталь встановлюють у прес-форму (кокіль), зроблену з урахуванням одержання номінальних розмірів деталі. Якщо деталь відновлюють термопластичним матеріалом, то застосовують лиття під тиском, тобто в отвір прес-форми розливальною машиною подають під тиском розплавлену пластмасу. Заповнюють прес-форму термореактивною пластмасою напресуванням на гідравлічному пресі.

Відновлення спрацьованих деталей нанесенням (намазуванням) пластмаси складається з таких операцій, як механічна обробка спрацьованих поверхонь (шліфуванням, металевою щіткою або абразивною шкуркою), знежирювання ацетоном чи бензином Б-70, нанесення епоксидної композиції; витримка 0,5...2 год. при температурі 20 °С; калібрування відновлюваної поверхні деталі у розмір; затвердіння покриття. Калібрування (формування) отворів у корпусних деталях

проводять протягуванням пуансона, змащеного солідолом, або затисканням оправки між двома половинами корпусної деталі (при розніманні корпусної деталі по отвору).

6.7. Відновлення деталей пластичним деформуванням

6.7.1. Загальні відомості

Відновлення деталей методом пластичної деформації (тиском) ґрунтується на їх здатності змінювати форму і розміри за рахунок пластичного перерозподілу металу без руйнування деталі.

При цьому метал деталі з неробочих ділянок переміщається під дією спрямованих зовнішніх навантажень на робочі ділянки, компенсуючи зношування. Пластичним деформуванням відновлюють деталі в холодному і гарячому стані. При *гарячому деформуванні* деталі нагрівають до температури, що становить 40...60 % температури плавлення металу. У цьому випадку відбувається міжкристалічна деформація, тобто пластичний зсув цілих зерен металу по площинах ковзання. Нагрівання деталі приводить до зміни структури металу (рекристалізації), внаслідок чого первинні фізико-механічні властивості деталі змінюються. Тому відповідальні деталі машин після пластичного відновлення в гарячому стані необхідно піддавати термічній обробці. При *холодному деформуванні* механізм його виникнення носить досить складний характер, що пояснюється дислокаційними теоріями (зсувами в кристалічних ґратах і заповненнями вакансій, що приводить до пластичного переміщення металу). Однак у металі при цьому змінюються фізико-механічні властивості: знижується в'язкість, підвищується границя текучості, збільшується твердість і локальна (місцева) крихкість.

В ремонтному виробництві методи пластичного деформування використовуються для відновлення розмірів зношених деталей (роздача, стиск, осадження, вдавнення, витяжка, накат-

ка); усунення дефектів геометричної форми (правка); поверхневого зміцнення деталей.

Найбільш важлива перевага методу в тому, що відновлення деталей до первісних розмірів (або близьких до них) досягається без нарощування металу. Тому пластичне деформування деталей відрізняється технологічною простотою.

6.7.2. Технологічні прийоми відновлення деталей пластичним деформуванням

Роздача застосовується для відновлення пустотілих деталей циліндричної форми (поршневих пальців, втулок і ін.). При цьому зовнішній – робочий розмір діаметра збільшується за рахунок зміни внутрішнього – неробочого (рис. 6.18). При роздачі напрямом тиску від дії зовнішньої деформуючої сили збігається з напрямком деформації δ . Необхідний тиск роздачі визначають за формулою

$$p = 1,1\sigma_T \ln \frac{D}{d}, \quad (6.21)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу деталі, МПа;

D і d – відповідно зовнішній і внутрішній діаметри відновлюваної деталі, мм.

Обтиснення – застосовується для відновлення деталей (втулок), зношених по внутрішньому робочому отвору. При обтисненні, як і при роздачі, збігаються напрямки дії деформуючої сили (тиску) і деформації δ (рис. 6.18 б). Цим методом відновлюють втулки розподільних валів, вушка під пальці ланок гусениць і ін.

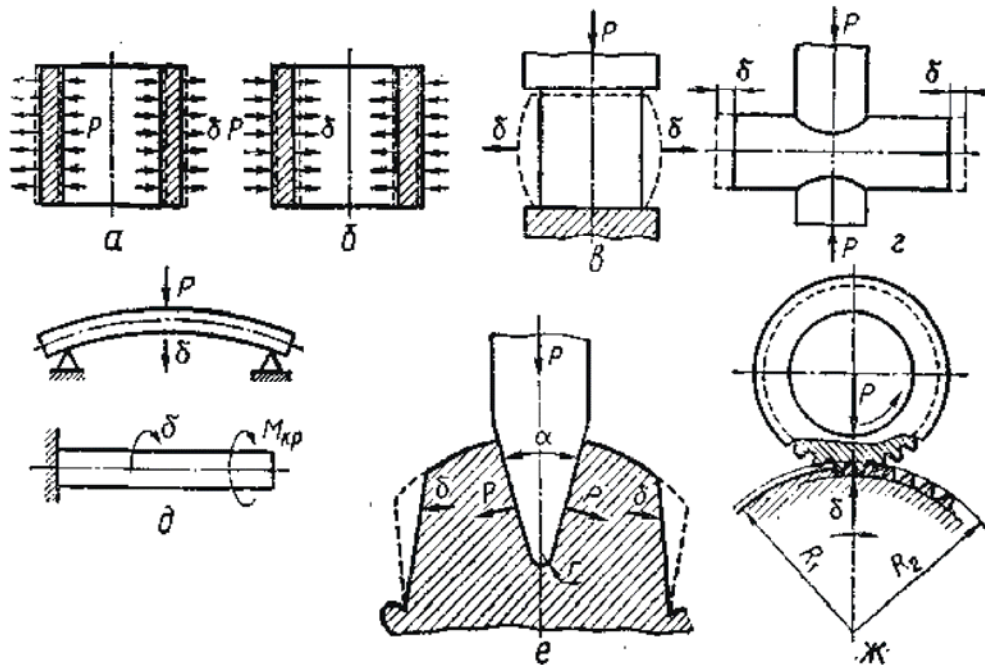


Рис. 6.18. Технологічні прийоми відновлення деталей пластичним деформуванням:

а – роздача; *б* – обтиснення; *в* – осадження; *г* – витяжка; *д* – правка; *е* – вдавлення; *ж* – накатка (R_1 – до відновлення; R_2 – після відновлення)

На рис. 6.19 зображено пристосування для обтиснення бронзових втулок. Відновлювану деталь 2 за допомогою пуансона 1 прошовхують через матрицю 3, встановлену в основу штампа 4. При цьому за рахунок зменшення зовнішнього діаметра D відновлюється розмір внутрішнього діаметра d .

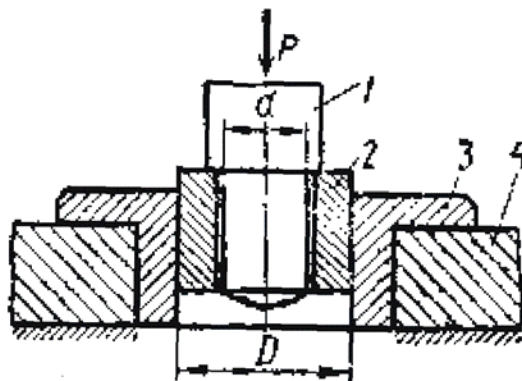


Рис. 6.19. Пристрій для обтиснення бронзових втулок

Після обтиснення, для одержання необхідної шорсткості поверхні і заданого розміру отвору, втулку розвертають або прошивають.

Осадженням збільшують зовнішній діаметр суцільних деталей, а також зменшують внутрішній і збільшують зовнішній діаметр порожнистих деталей за рахунок зменшення їхньої довжини. При осадженні напрямом діючої сили перпендикулярний напрямку деформації δ (рис. 6.18 в). Осадженням відновлюють бронзові втулки верхньої голівки шатуна. Тиск, необхідний для осадження, визначають за емпіричною формулою

$$p = \sigma_T \left(1 + \frac{D}{6h} \right), \quad (6.22)$$

де σ_T – границя текучості матеріалу, МПа;

D і h – відповідно зовнішній діаметр і висота деталі, мм.

Деформуюча сила при осадженні знаходиться по формулі

$$P = k_z p \frac{\pi D^2}{4}, \quad (6.23)$$

де k_z – коефіцієнт запасу, рівний 1,2...1,5.

Вдавлення застосовується для відновлення деяких шарових пальців, зубів шестерень, бічних поверхонь шліців і т.п. Воно поєднує в собі одночасно осадження і роздачу, а діюча сила спрямована під кутом до напрямку деформації δ (рис. 6.18 е).

Витяжка дозволяє подовжувати важелі, тяги, стрижні за рахунок місцевого звуження поперечного перерізу на неробочих ділянках (рис. 6.18 г). Витяжку проводять при місцевому нагріванні до температури 820...850 °С.

Накатка (рис. 6.18 ж) застосовується для збільшення зовнішніх або зменшення внутрішніх розмірів за рахунок пластичного витиснення металу на окремих ділянках робочої поверхні. Накатку застосовують для відновлення розмірів посадочних поверхонь під підшипники кочення. Після накатки

міцність деталей знижується, тому що западини, утворені накаточним інструментом, є концентраторами напружень. З метою підвищення несучої здатності ділянок валів під підшипники, залиті антифрикційним матеріалом, западини на останніх заливають бабітом.

В якості накаточного інструмента використовують зубчастий ролик, виготовлений з інструментальної або шарико-підшипникової сталі, загартованої до твердості 56...62 HRC. При накатці ролик встановлюється на державці в супорті токарного верстата.

Правка (рис. 6.18 д) – один з найпоширеніших технологічних прийомів усунення вигину, скручування, жолоблення і т.п. Правкою відновлюють вали, шатуни, рами та інші деталі. Залежно від величини деформації і фізико-хімічних властивостей матеріалу деталі правлять у гарячому і холодному стані.

При холодній правці в результаті місцевого пластичного деформування металу сильно змінюються його структура і фізико-механічні властивості, причому має місце значна неоднорідність властивостей і розподілу залишкових напружень по перерізу. У зв'язку з цим при правці необхідно прагнути до одержання меншої локальної пластичної деформації, а також її рівномірного розподілу в металі деталі.

Для вирівнювання внутрішніх напружень після правки деталей доцільно піддати стабілізуючому нагріванню до температури, рівної $0,8T_{\text{отп}}$, де $T_{\text{отп}}$ – температура відпуску нової деталі. Час витримки при цьому складає 0,5...1 год.

При більших деформаціях виконують гарячу правку деталей при температурі 600...800 °С. Прогин колінчастого вала – один з найпоширеніших дефектів, що усувають правкою на пресі перед шліфуванням шийок. Правка під пресом викликає сильні структурні зміни і знижує втомну міцність валів.

Дуже ефективним методом є правка валів місцевим наклепом. Вона заснована на дії залишкових внутрішніх напружень стиску, що виникають при наклепі. Так, при наклепі колінчастого вала (рис. 6.20) створені на окремих ділянках

залишкові напруження усувають прогин. При наклепі використовують пневматичний молоток із закругленим бойком.

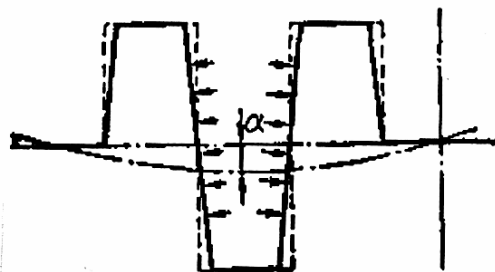


Рис. 6.20. Правка колінчастого вала місцевим наклепом

Контролюють вали і осі після виправлення в центрах за допомогою індикаторних пристосувань; плоскі деталі контролюють лінійками і щупами.

6.7.3. Особливості зміцнення деталей пластичним деформуванням

Пластичне деформування ефективно використовується для поверхневого зміцнення відповідальних деталей. Так зміцнюють і покращують якість поверхні циліндрів двигунів внутрішнього згоряння, отворів у корпусних деталях і т.п.

У Кіровоградському національному технічному університеті розроблений багатокульковий розкатник для обробки отворів втулок верхньої головки шатуна.

Багатокульковий розкатник (рис.6.21) складається зі шліцьового вала 1; корпуса 4; конуса 7; рухомого 2 і нерухомого 3 кілець сепаратора; регулювальних болтів 8, 10 і 13; контргайок 9; двох установочних штифтів 11; гвинтів 12; шпонки 14 і деформуючих елементів 15.

Рухомий конус 7, щоб уникнути його провертання, встановлюється на сегментній шпонці й може переміщатися по ній уздовж осі шліцьового вала. На зовнішній поверхні конуса виконані поздовжні циліндричні канавки, з радіусом основи декілька більшим радіуса куль. Вони забезпечують фіксацію

розташування куль по колу. У конусі передбачені чотири рівномірно розташовані отвори для установки болтів 10 з мікрометричною різьбою для регулювання положення та закріплення рухомого кільця сепаратора. Нарізна пробка 6 і палець 5 забезпечують з'єднання шліцьового вала та корпусу. Нерухоме кільце сепаратора центрується на корпусі двома штифтами і кріпиться до нього гвинтами 12.

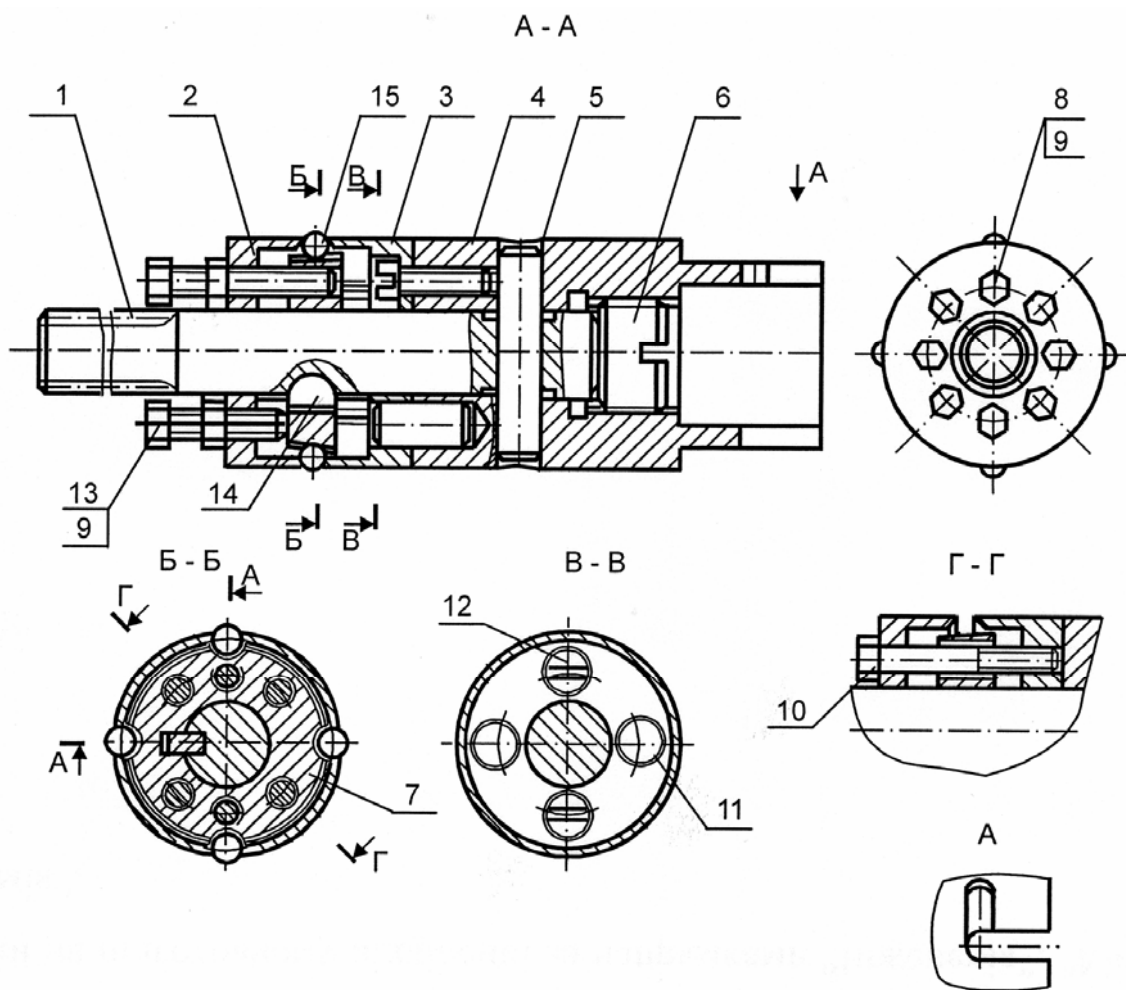


Рис.6.21. Конструкція багатокульового розкатника:

1 - вал шліцьовий; 2 - кільце сепаратора рухоме; 3 - кільце сепаратора нерухоме; 4 - корпус; 5 - палець; 6 - пробка нарізна; 7 - конус; 8, 10, 13 - болт регулювальний; 9 - контргайка; 11 - штифт настановний; 12 - гвинт; 14 - шпонка; 15 - елемент деформуючий (кулька)

Регулювання натягу виконується таким чином. Для збільшення натягу рухомий конус за допомогою болтів 8 переміщується вліво (болти 10 і 13 при цьому вивернуті) і рухоме кільце сепаратора 2 також переміщується вліво. При досягненні необхідного натягу болт 8 з контргайкою 9 обмежує рухомість конуса вправо, а болт 13 не дає йому можливість переміщення вліво; болти 10 фіксують конус і кільце 2 сепаратори в такому положенні щодо нерухомого кільця 3, що забезпечує вільне обертання кульок. Аналогічні дії виконуються при зменшенні натягу (конус переміщається вправо).

Перед розкаткою отвір попередньо розточують, залишаючи припуск на розкатку 0,04...0,06 мм.