

7. СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ ЗНОШЕНОГО ШАРУ МЕТАЛА

- 7.1. Наплавлення металу під шаром флюсу*
- 7.2. Вібродугове наплавлення*
- 7.3. Наплавлення у середовищі захисних газів*
- 7.4. Наплавлення у середовищі водяної пари*
- 7.5. Відновлення деталей металізацією*
 - 7.5.1. Сутність процесу металізації*
 - 7.5.2. Характеристика різних видів металізації*
 - 7.5.3. Технологічний процес металізації*
 - 7.5.4. Шляхи поліпшення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей металізаційних покриттів*
- 7.6. Електрошлакове наплавлення*
- 7.7. Контактне наварювання*
- 7.8. Наплавлення порошковим дротом і стрічкою*
- 7.9. Плазмове зварювання і наплавлення*
- 7.10. Газополуменеве наплавлення*
- 7.11. Електроімпульсне наплавлення*
- 7.12. Індукційне наплавлення*
- 7.13. Електроферомагнітне наплавлення*
- 7.14. Магнітно-імпульсне припікання*

7.1. Наплавлення металу під шаром флюсу

Зварювання і наплавлення деталей під шаром флюсу – один із прогресивних і широко застосовуваних методів відновлення деталей. Воно може бути автоматичним і напівавтоматичним.

При автоматичному зварюванні і наплавленні під шаром флюсу в зону горіння дуги (рис. 7.1) автоматично подаються шаром 30...50 мм гранульований флюс (розміром від 1 до 4 мм) і електродний дріт.

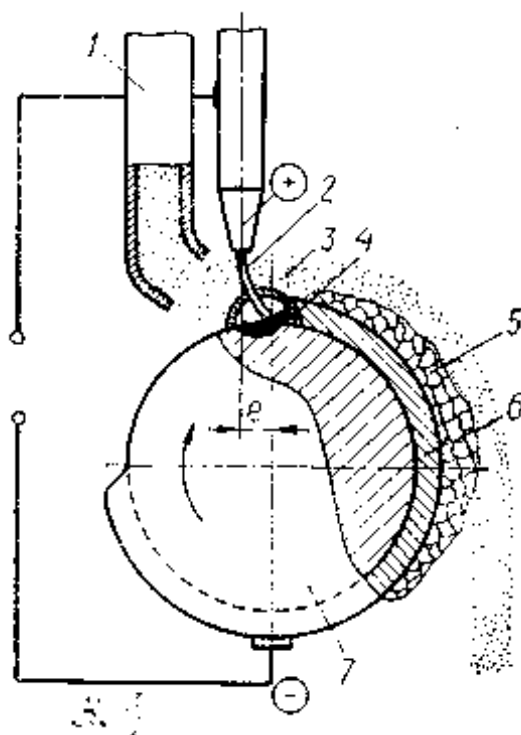


Рис. 7.1. Наплавлення під шаром флюсу:

- 1 – сопла для подачі флюсу; 2 – електродний дріт; 3 – гранульований флюс;
4 – крапля розплавленого флюсу; 5 – шлакова оболонка; 6 – наплавлений метал; 7 – деталь.

Наплавлювана циліндрична деталь обертається, а наплавочна голівка разом з електродом і пристроєм для подачі флюсу переміщається вздовж осі деталі, забезпечуючи наплавлення шва по гвинтовій лінії. Під дією високих температур частина флюсу плавиться, утворюючи навколо дуги еластичну оболонку з рідкого флюсу, що захищає розплавлений метал від окислювання, поглинання азоту та інших елементів. Крім того, флюсова оболонка зберігає тепло дуги, не дозволяє розбризкуватися металу, а сам флюс (рідкий і сипучий), впливаючи на рідкий метал, сприяє формуванню гарного шва. Одночасно через флюс

можна легувати наплавлюваний шар. При остиганні розплаву флюсу утворюється шлакова оболонка, яка сповільнює охолодження наплавленого шва, покращуючи умови його кристалізації.

Наплавлений метал набуває пластичності тому, що в ньому виявляється приблизно в 20 разів менше кисню і в 3 рази менше азоту, чим при ручному наплавленні. Втрати металу на розбризкування і вигар не перевищують при цьому 2...4%, у той час як при ручному наплавленні вони в 10 разів більші. Для запобігання стікання рідкого металу і флюсу при наплавленні круглих деталей електрод зміщують із zenіту вбік, протилежний напрямку обертання, на величину e . Рекомендується наплавляти тіла обертання діаметром не менше 40 мм.

Для наплавлення застосовують наплавочні голівки різних конструкцій А-580М, ПАУ-1, А-482 та ін. Круглі тіла наплавляють на токарних верстатах із зміненим редуктором, що забезпечує частоту обертання від 0,25 до 4,0 хв⁻¹. Зварювальну голівку встановлюють на супорті верстата, а деталь, підготовлену до наплавлення, затискають у токарному патроні або центрах. Для живлення зварювальної дуги застосовують зварювальні перетворювачі типу ПСО-500; ПСУ-500, зварювальні випрямлячі ВС-600; ВС-100; ВКСМ-500 та ін. Наплавлення ведеться постійним струмом при зворотній полярності.

Як електроди використовують дріт діаметром від 1 до 6,0 мм; можливе використання електродної стрічки товщиною 0,4...0,8 мм і шириною 20...100 мм. Для наплавлення використовують маловуглецевий (Св-10, Св-15), марганцовистий (Св-08ГА, Св-10Г2) і кремній-марганцовистий (Св-10ГС) дріт. Для одержання зносостійких покриттів застосовують дріт із середньовуглецевих (Нп-40, Нп-50), високовуглецевих (Нп-60, Нп-80) і легованих (Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА, Нп-08Х14) сталей.

При зварюванні і наплавленні застосовують флюси двох видів (залежно від способу їх одержання) – плавлені і керамічні (неплавлені). Плавлені флюси одержують сплавкою всіх компо-

нентів у спеціальних печах при температурі близько 1200 °С з наступним здрібненням до одержання зерен розміром 1,0...4,0 мм. Плавлені флюси висококремністі марганцовисті (АН-348А, ОСЦ-45, АН-60) і низькокремністі безмарганцеві (АН-20, АН-30) мають високі захисні властивості, забезпечують стійке горіння дуги і гарне формування наплавочного шва, але не містять легуючих елементів.

Всі компоненти керамічних флюсів подрібнюють, перемішують у розчині рідкого скла, гранулюють у зерна розміром 1...3 мм і прогартовують протягом 2 год при температурі 300...400 °С. В них додають легуючі добавки (ферохром, феромарганець і ін.) для одержання наплавленого шару з необхідними властивостями. Найпоширеніші керамічні флюси АНК-18, АНК-19 і ЖСН.

Режими наплавлення вибирають за табл. 7.1.

Зміщення електроду із zenіту можна визначити за залежністю $e = (0,04...0,05)D_n$, де D_n - діаметр наплавлюваної поверхні деталі. Виліт електрода можна прийняти $L = (10...12)d_e$, мм.

Частоту обертання деталі розраховують за формулою:

$$n_d = \frac{60V_n}{\pi(D_n + 2t)}, \quad (7.1)$$

де V_n – швидкість наплавлення, мм/с;

D_n – діаметр наплавлюваної деталі, мм;

t – товщина наплавленого шару, мм;

d_e – діаметр електродного дроту, мм.

Таблиця 7.1.

Режими наплавлення

Діаметр деталі, мм	Діаметр електродного дроту, мм	Зміщення з зеніту, мм	Крок наплавлення, мм	Сила струму, А	Швидкість подачі електродного дроту, м/год
50...60	1,6	2...4	2,...3,0	140...150	75...80
61...75	1,6	3...4	3,5	170...180	110...115
76...100	1,6	4...5	4,5	180...220	125...135
101...200	2...3	8...10	5...6	220...250	160...170
201...300	2...3	10...15	6...7	250...280	180...190

Для напівавтоматичного наплавлення і зварювання під шаром флюсу застосовується тримач (рис. 7.2) при ремонті або виготовленні деталей складної конструкції. При цьому способі наплавлення і зварювання голий електродний дріт (діаметром 2 мм) з касети через гнучкий привод-шланг подається подавальним механізмом у тримач, який складається із мундштука 1, лійки для флюсу 2, ручки 4, ручок керування 5 і 6 упора 7. Для живлення напівавтомата можна використати будь-яке джерело змінного або постійного струму. Струм до електрода подається через гнучкий шланг-провід довжиною 3...4 м. Другий електрод закріплюється на деталі або металевому столі, на якому лежить зварна (наплавлювана) деталь. Пересувають тримач вздовж шва вручну. Напівавтоматичне зварювання проводиться електродами діаметром 2 мм при силі струму до 600А, що дає змогу вести зварювання і наплавлення деталей усіх товщин при різних видах з'єднань.

Переваги зварювання і наплавлення під шаром флюсу: висока продуктивність і стабільність процесу; висока якість наплавленого шару; гарне зчеплення з основним металом; можливість одержання шарів значної товщини (до 6...8 мм і більше); можливість одержання наплавленого шару із заданими хімічним складом і фізико-механічними властивостями.

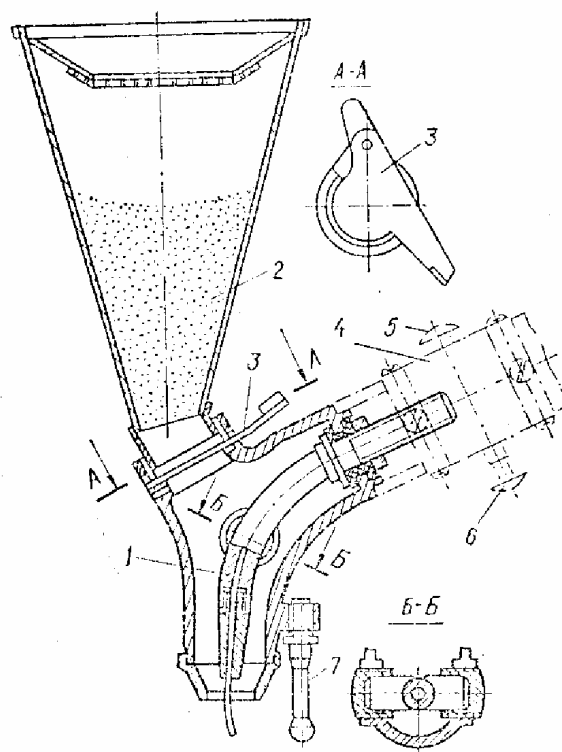


Рис. 7.2. Тримач для напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу:

1 – мундштук; 2 – лійка для флюсу; 3 – шибєр; 4 – ручка; 5 – кнопка „Стоп”;
6 – кнопка „Пуск”; 7 – упор

Разом з тим зварювання і наплавлення під шаром флюсу мають і ряд недоліків: швидке і глибоке нагрівання веде до зміни фізико-механічних властивостей, структури і до деформації деталі (особливо деталей малого перерізу); необхідність і труднощі відділення шлакової корки; труднощі втримання флюсу і ванни розплавленого металу на поверхні малого діаметра (менш 50 мм); неможливість одержання шару малої товщини (менше 1,5 мм).

7.2. Вібродугове наплавлення

Вібродугове наплавлення є автоматичним електродуговим наплавленням вібруючим електродом. Процес наплавлення

можна проводити на повітрі, у середовищі захисного газу й рідини. Найбільш поширене вібродугове наплавлення у рідині (рис. 7.3). Наплавлювальна головка встановлюється на супорті токарного верстата. У процесі роботи деталь обертається. Постійний струм зворотної полярності підводиться до деталі і електродного дроту, який має осьове переміщення (подачу) і вібрацію електродного дроту з амплітудою коливання до 3 мм і частотою 50...110 Гц. В електричному колі встановлена котушка самоіндукції 7. Охолодна рідина насосом 8 через канал 9 подається на наплавлений валик деталі 1.

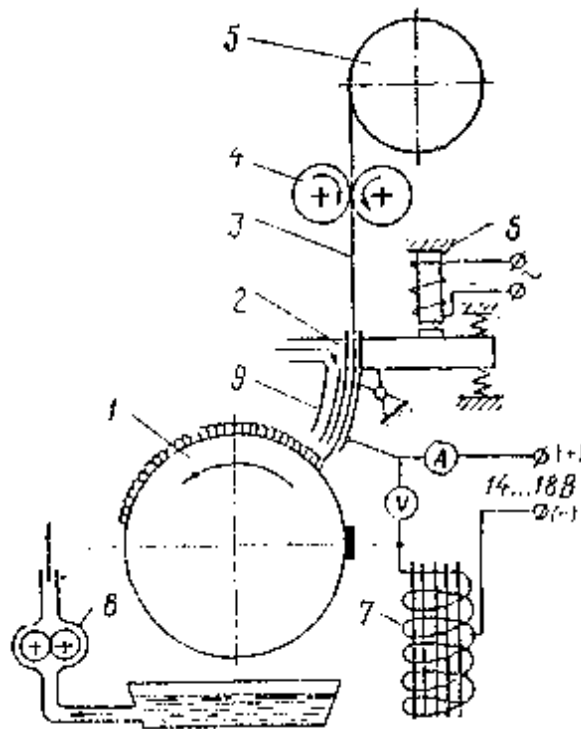


Рис. 7.3. Схема вібродугового наплавлення:

1 – деталь; 2 – вібруючий мундштук; 3 – електродний дріт; 4 – ролики подавального механізму; 5 – касета; 6 – вібратор; 7 – котушка самоіндукції; 8 – насос; 9 – канал для охолодної рідини

Вібродугове наплавлення складається з окремих циклів, кожний з яких має три періоди: короткого замикання, дугового розряду і холостого ходу. Причому краще, коли періоду холостого ходу немає. Як змінюються сила струму й напруга у процесі наплавлення (за час t) показано на рис. 7.4.

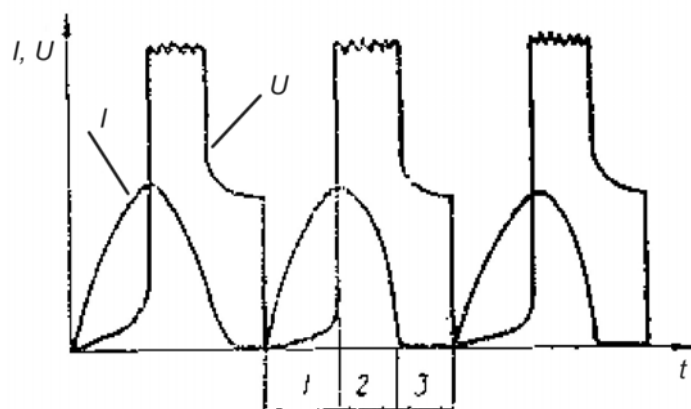


Рис. 7.4. Зміна сили струму I і напруги U під час вібродугового наплавлення:

1 – коротке замикання; 2 – дуговий розряд; 3 – холостий хід

У період короткого замикання період 1 струм у колі зростає, індуктивність накопичує енергію, а електрод змінює напрям свого руху. У момент розмикання кола при відриванні електрода від зварювальної ванни струм через збільшення міжелектродної відстані падає, індуктивність ланцюга віддає енергію, у ній виникає ЕРС самоіндукції, яка збільшує напругу на електродах і створюються умови для горіння дуги (період 2). Встановлено, що основна кількість теплоти (до 80...95%) виділяється в період дугового розряду, тривалість якого становить 4...10 мілісекунд. У цей же період метал електрода переноситься на деталь.

При правильному виборі індуктивності (дроселя) можна зменшити або усунути період холостого ходу, збільшити тривалість і стійкість дугового розряду. Регулюється індуктивність під'єднанням різної кількості витків дроселя і зміною його повітряного зазора.

Джерелами зварювального струму для вібродугового наплавлення можуть бути зварювальні перетворювачі (ПСГ-500, ПСУ-500), напівпровідникові випрямлячі (ВАГГ-600Н, ВСА-600/300), зварювальні випрямлячі (ВС-300, ВДГ-301 та ін.), низьковольтні машинні перетворювачі (АНД-250/500, АНД-500/1000 та ін.). Як регулятор використовують зварювальний

дросель РСТЕ-34. Головки для вібродугового наплавлення серійно випускають двох типів: ОКС-1252М і ОКС-6569 з механічним вібратором.

При охолодженні рідиною застосовують зварювальний дріт марок Св-08, Нп-30, Нп-50, Нп-80, У12А. Як охолодну рідину використовують 3...4-процентний водний розчин кальцинованої соди або 10...20-процентний розчин гліцерину; витрата рідини становить 0,5...2 л/хв.

Основні показники режиму вібродугового наплавлення у середовищі рідини: напруга 12...18 В, сила струму 130...300 А, діаметр електродного дроту 1,5...3 мм, швидкість подачі 1,16...3 м/хв, крок наплавлення (подача) 2,0...4,5 мм/об, виліт електродного дроту 5...8 мм. Індуктивність кола вібродугової установки відповідає 4...10 виткам дроселя типу РСТЕ-34 при зазорі осердя 0...3 мм. Швидкість наплавлення становить 30...60 м/год. Товщина шару, наплавленого за один прохід, становить 0,3...3 мм (найчастіше 1,5...3 мм).

Для підвищення продуктивності наплавлення застосовують вібродугові головки ГВНД-72 для двохелектродного наплавлення, продуктивність яких у 1,6...1,8 рази вища від одноелектродних.

Низька напруга, переривчастий характер дуги, наявність охолодження забезпечують малу глибину прогрівання й незначні деформації деталі. Можливе суміщення наплавлення й гартування нанесеного шару. Цим способом можна наплавляти стійкі проти спрацювання тверді покриття. Недоліком способу є значне зниження міцності від втомленості відновлених деталей, яке доходить до 40...60 %. Тому вібродуговим наплавленням відновлюють деталі невеликого діаметра, які працюють у спокійних умовах (цапфи, осі, вали та ін.). Для підвищення втомної міцності деталей, відновлених вібродуговим наплавленням, застосовують проковування у гарячому стані наплавлених шарів бойками та обкатування роликми.

Правильно підібраний індуктивний опір може повністю виключити період короткого замикання, що дозволить

збільшити кількість тепла, яке виділилося, у період дугового розряду, а отже, продуктивність і поліпшити якість зчеплення наплавленого металу з деталлю. При цьому стабілізується процес наплавлення і значно скорочуються втрати металу на розбризкування, збільшуючи коефіцієнт використання дроту.

Швидкість подачі електродного дроту призначають при напрузі до 15 В і діаметрі дроту 1,6...2,0 мм від 0,5 до 0,7 м/хв, а при більшій напрузі 0,9...1,5 м/хв.

Крок наплавлення рекомендується визначати за виразом:

$$s_{\text{н}} = (1,2 \dots 2,2) d_{\text{е}}, \quad (7.2)$$

Швидкість наплавлення (м/хв) визначають дослідним шляхом або розраховують за формулою:

$$V_{\text{н}} = \frac{0,785 d_{\text{е}}^2 v_{\text{н}} k}{h s_{\text{н}} \alpha_{\text{н}}}, \quad (7.3)$$

де k - коефіцієнт переходу металу електродного дроту в наплавлений метал ($k=0,8 \dots 0,9$);

h – задана товщина наплавленого шару, мм;

$\alpha_{\text{н}}$ – коефіцієнт наплавленого шару, що враховує відхилення фактичної площі перетину наплавленого шару від площі чотирикутника з висотою h .

Частоту обертання деталі визначають за формулою:

$$n_{\text{д}} = \frac{1000 V_{\text{н}}}{\pi D_{\text{н}}} \quad (7.4)$$

де $D_{\text{н}}$ - діаметр наплавленої деталі, мм.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини наплавленого шару і потужності використаного джерела струму. Для наплавлення шарів товщиною до 1 мм застосовують дріт діаметром 1,2...1,6 мм, для шарів до 2 мм –

діаметром 1,6...2,0 мм, а для шарів товщиною більше 2 мм - діаметром 2,0...2,5 мм.

Значення сили струму при зварюванні приймається в межах 100...200 А і залежить від діаметра електродного дроту та швидкості його подачі.

Рекомендуються наступні склади охолодної рідини: 4...6 %-ий розчин кальцинованої соди у воді або 10...30%-ий розчин технічного гліцерину у воді. Змінюючи умови подачі рідини (віддаляючи або наближаючи її до зони наплавлення) або змінюючи її кількість, можна в широких межах регулювати деякі фізико-механічні властивості наплавлюваного шару.

Вібродугові голівки можна використовувати для наплавлення зношених деталей без охолодження, у середовищі захисних газів і під шаром флюсу.

Поряд з позитивними сторонами, відзначеними вище, слід зауважити, що вібродугове наплавлення на 30...40 % знижує втомну міцність деталі.

7.3. Наплавлення у середовищі захисних газів

Для захисту розплавленого металу зварювальної ванни від дії повітря замість флюсу використовують вуглекислий газ (для сталі й чавунів), аргон, гелій (для всіх металів), азот (для міді та її сплавів), а також суміш газів. Найкращі результати виходять при використанні інертних газів. Однак висока вартість інертних газів обмежує їх застосування у ремонтному виробництві.

Наплавлення у середовищі вуглекислого газу може в ряді випадків замінити наплавлення під шаром флюсу, а також ручне газове зварювання листового матеріалу (товщиною більше 0,7...1 мм). У зону горіння дуги захисний газ можна подавати збоку або концентрично до електроду (рис. 7.5).

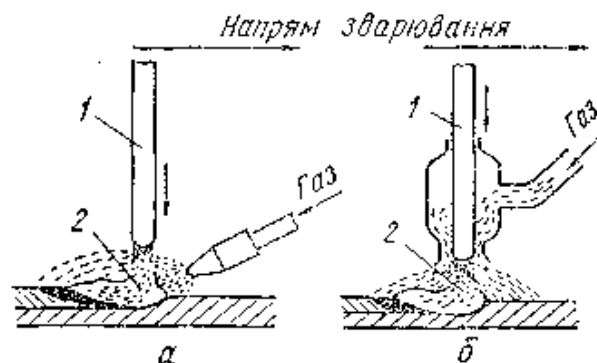


Рис. 7.5. Схема подачі захисних газів у зону дуги:
а – збоку; б – концентрично електроду; 1 – електрод; 2 – наплавлений метал

Установку для напівавтоматичного зварювання і наплавлення зображено на рис. 7.6.

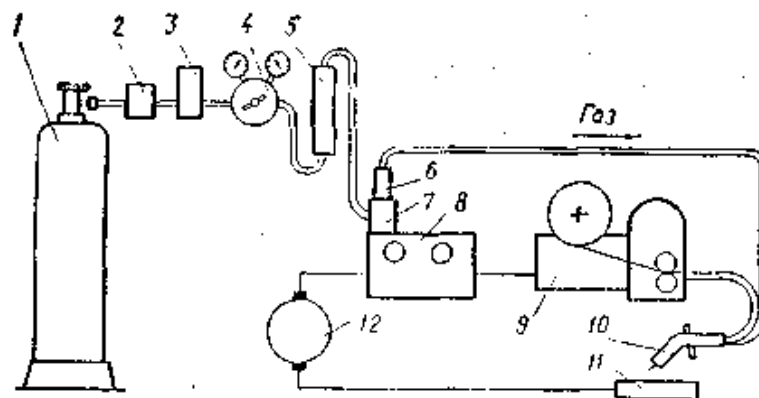


Рис. 7.6. Схема установки для напівавтоматичного зварювання і наплавлення у середовищі вуглекислого газу:
1 – балон з CO_2 ; 2 – осушник; 3 – підігрівник; 4 – редуктор; 5 – витратомір;
6 – регулятор тиску газу; 7 – клапан; 8 – апаратний ящик; 9 – механізм подачі дроту; 10 – пальник; 11 – деталь; 12 – джерело струму

Підігрівник і осушник служать для видалення вологи з вуглекислого газу. Як осушник застосовують силікагель, прожарений мідний купорос та ін. Для зварювання у середовищі вуглекислого газу використовують напівавтомати: А-547Р, А-547-У, А-547, ПДПГ-300 та ін.

Джерелами живлення є зварювальні перетворювачі або випрямлячі з жорсткою зовнішньою (вольт-амперною) характеристикою, у якій при зміні струму не змінюється напруга.

Зварювання (наплавлення) проводиться при зворотній полярності. Застосовують перетворювачі ПСГ-350, ПСГ-500, випрямлячі ВС-200, ВСС-300, ВСК-300 та ін.

Використання вуглекислого газу як захисного середовища вимагає застосування зварювального дроту особливого складу. Це пояснюється тим, що вуглекислий газ у дузі розкладається з утворенням окису вуглецю й кисню ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{O}$). Атомарний кисень взаємодіє з залізом з утворенням окису заліза ($\text{Fe} + \text{O} = \text{FeO}$). Окис заліза відновлюється вуглецем з утворенням окису вуглецю ($\text{FeO} + \text{C} = \text{Fe} + \text{CO}$), який не встиг виділитися при затвердінні, і є причиною виникнення пор у металі шва. Щоб виключити окислення металу – одержати щільний наплавлений шар, застосовують леговані зварювальні дроти (Св-08ГС, Св-10Г2С, Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА та ін.), що містять розкислювачі (марганець, кремній та ін.). При зварюванні (наплавленні) дротом з розкислювачами окисли заліза відновлюються розкислювачами до чистого заліза, а окисли марганцю і кремнію, що утворилися, переходять у шлак: $\text{FeO} + \text{Mn} = \text{Fe} + \text{MnO} \rightarrow \text{у шлак}$; $2\text{FeO} + \text{Si} = 2\text{Fe} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{у шлак}$.

Для наплавочних робіт застосовують дріт Нп-30ХГСА, а також ряд порошкових дротів ПП-5ХВЗГ2СТ, ПП-Х12ВФТ та ін. Діаметр дроту, що застосовується, 0,5...2,5 мм.

Листи товщиною 0,7... 1 мм зварюють дротом діаметром 0,5 мм, товщиною 2...4 мм - дротом діаметром 1,2 мм. Робочий тиск газу 120...250 кПа, витрати газу 6...20 л/хв. Робоча напруга при зварюванні тонкого листового матеріалу дротом діаметром 0,5 мм 17...19 В і доходить до 28...34 В при діаметрі дроту 2,5 мм. При зварюванні дротом діаметром до 2 мм густина струму має становити 100 А на 1 мм² перерізу електрода, а при зварюванні дротом діаметром більше 2 мм — 70 А/мм². Виліт дроту діаметром 0,5 мм із наконечника пальника 6...8 мм, при діаметрі 2,5 мм доходить до 15...30 мм.

Напівавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу має майже у 2,5 рази вищу продуктивність, ніж ручне газове зварювання.

Автоматична установка для наплавлення деталей у середовищі вуглекислого газу складається з токарного верстата, джерела струму, шафи керування, механізму подачі дроту, газової апаратури. Зміщення електрода від zenіту при наплавленні циліндричних деталей 3...8 мм. Крок наплавлення 2...2,5 мм/об. Швидкість наплавлення 45...80 м/год, швидкість подачі дроту 70...300 м/год.

Основною областю застосування зварювання у середовищі вуглекислого газу є зварювання листового матеріалу товщиною від 0,7...4 мм і ремонт наплавлення циліндричних деталей діаметром 10...60 мм. Зварювання листового матеріалу застосовується при ремонті кузовів та кабін автомобілів. Відновлюють наплавленням у середовищі вуглекислого газу спрацьовані розподільні вали, вилки карданних валів, посадочні поверхні трансмісійних валів, колінчасті вали двигунів внутрішнього згоряння компресорів та ін.

7.4. Наплавлення у середовищі водяної пари

Процес наплавлення у даному випадку відбувається у струмені водяної пари, яка подається у зону горіння дуги від пароутворювача або загальної магістралі. Сопло-насадку до мундштука зварювального пальника виготовляють так само, як і для наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Але, щоб конденсат не потрапляв на метал шва, в конструкції пальника передбачена кільцева проточка. Конденсат, збираючись на внутрішніх стінках пальника, стікає в цю порожнину, випаровується і разом з парою знову поступає в зону наплавлення.

Практика показала, що пара у великих кількостях, яка оточує дугу і розплавлений метал, сприяє підвищенню стабільності горіння дуги, захищає шов від азоту і кисню, які можуть потрапити із повітря.

При розробці технологічного процесу наплавлення необхідно точно призначити режими, оскільки при їх порушенні (особливо при зниженні температури пари) шов насичується вологою, стає пористим, в ньому утворюються тріщини. При наплавленні тихохідних валів і інших невідповідальних деталей можна застосовувати маловуглецевий (Св-08, Св-10ГС) і низьколегований дрiт. Застосовуючи високолегований дрiт (Св.-10Х20Н15, Нп-45Х4ВЗФ, Нп-45Х2В8Т і ін.), можна наплавляти такі деталі, як розподільні вали, кулачки і т.д.

Дешеве і недефіцитне захисне середовище, відсутність виділень шкідливих газів, добра якість наплавленого металу робить цей спосіб перспективним для ремонтного виробництва.

7.5. Відновлення деталей металізацією

7.5.1. Сутність процесу металізації

Одержання металізаційного покриття полягає в тому, що розплавлений метал розпорошується струменем інертного газу або повітря на частки від 3 до 300 мкм та із швидкістю 100...300 м/с наноситься на спеціально підготовлену поверхню.

Напилюваний метал розплавляють газовим полум'ям (газова металізація), електричною дугою (електродугова металізація), струмами високої частоти (високочастотна металізація) і плазмовим струменем (плазмова металізація).

Розплавлені частки металу, пролітаючи відстань від зони плавлення до поверхні деталі, переходять із рідкого стану у твердий внаслідок подачі великої кількості повітря (інертного газу). Під час переносу частки напилюваного металу змінюють свої властивості (окислюються, в них вигорають складові елементи і т.п.). Твердість покриття вища твердості вихідного матеріалу, тому що частки металу в результаті швидкого охолодження загартовуються, а також піддаються наклепу при ударі з великою швидкістю об поверхню деталі. Покриття виходить пористим, ламким, з низькою границею міцності на розтяг.

Існує кілька теорій про з'єднання часток з поверхнею деталі і між собою при металізації. Найбільш прийнятною, стосовно до напилення сталі, вважається теорія механічного і адгезійної взаємодії часток.

Максимальна температура нагрівання основного металу в процесі металізації не перевищує 70...130 °С, у зв'язку з чим механічні властивості матеріалу деталі не змінюються і деталь не піддається жолобленню.

7.5.2. Характеристика різних видів металізації

При *газовій металізації* дріт розплавляється відповідним полум'ям суміші пального газу (ацетилену, пропанбутану, водню, світильного газу та ін.) і кисню, що надходять по каналах, а розпилення металу і нанесення його часток на поверхню деталі відбувається під дією стисненого повітря або інертного газу.

Газова металізація дає порівняно гарну якість покриттів при незначному вигорянні легуючих елементів. Окислювання часток не перевищує 3% від загального об'єму нанесеного покриття. Недолік способу: висока вартість покриття, складність установки і невисока продуктивність процесу (від 2 до 4 кг напиленого металу за 1 год.). В теперішній час застосовуються в основному два газових металізатора МГИ-1-57 і ГИМ-2.

При *електродуговій металізації* (рис. 7.7) електрична дуга збуджується між двома дротами, ізольованими один від іншого і розташованими під гострим кутом. Розплавлений метал розпошується і видувається стисненим повітрям або інертним газом під тиском 0,4...0,6 МПа на поверхню деталі.



Рис. 7.7. Схема електродугової металізації:

І – подача стисненого повітря;
ІІ – подача електродного дроту;
ІІІ – електрична дуга

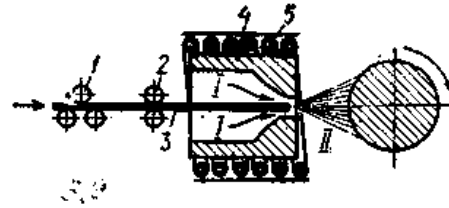


Рис. 7.8. Схема високочастотної металізації:

1 – механізм правки дроту;
2 – механізм подачі дроту;
3 – дріт;
4 – концентратор; 5 – індуктор;
І – стиснене повітря;
ІІ – зона плавлення дроту

При електродуговій металізації застосовують верстатні (ЕМ-6, МЕС-1, ЕМ-12) і ручні (ЕМ-3, ЕМ-9) металізатори.

Для металізації застосовують дріт типу Нп-30, Нп-30ХГСА, Нп-3Х13 та ін. діаметром 1,2...2,5 мм, що подається в зону горіння дуги зі швидкістю 0,6...1,5 м/хв. Сила струму (постійного) 55...160 А, напруга 25...35 В, відстань від сопла до поверхні деталі 80... 100 мм.

Перевагами електродугової металізації є відносно висока продуктивність технологічного процесу (від 3 до 14 кг напиленого металу за 1 год.) і досить просте обладнання. Недоліки - значне вигорання легуючих елементів і підвищене окислювання металу покриття.

Високочастотна металізація заснована на використанні для розплавлення присадного дроту струмів високої частоти (300...500 кГц). Струм високої частоти по спеціальному коаксіальному кабелі підводиться від генератора до індуктора 5 (рис. 7.8), що складається з декількох витків мідної трубки. В індукторі утворюється змінне електромагнітне поле високої частоти. У провіднику (присадний матеріал), який знаходиться в цьому полі, будуть індукуватися вихрові струми, що викликають нагрівання металу. За допомогою концентратора 4, розміщеного всередині індуктора, який являє собою одновит-

ковий високочастотний трансформатор, концентрується виділення тепла на невеликій ділянці дроту. Конічна форма вихідного отвору концентратора забезпечує підвищення нагрівання дроту на його кінці, а також одержання вузького факела газометалевого струменя, що виходить із распилювальної голівки. Процес металізації здійснюється за допомогою апаратів МВЧ-1, МВЧ-2 і МВЧ-3.

Переваги високочастотної металізації: висока продуктивність технологічного процесу внаслідок застосування дроту великого діаметра (3...6 мм); менше вигорання легуючих елементів; гарна щільність покриттів; менша питома витрата електроенергії (у порівнянні з електродуговим). Недолік – складність застосовуваного устаткування.

Плазмова металізація дозволяє, внаслідок високої концентрації теплової енергії, одержувати покриття із твердих, зносостійких і тугоплавких матеріалів, а також з карбідів і оксидів металів. Цей спосіб ґрунтується на здатності газів переходити за певних умов у стан плазми.

Плазма, що утворюється при дуговому розряді, являє собою сильно іонізований газ. При металізації плазма утворюється пропусканням плазмоутворюючого газу через дуговий розряд, який збуджується між двома електродами. Металізація з допомогою плазмового струменя можлива спеціальними пальниками за двома схемами: присадний матеріал служить відкритим анодом і присадний матеріал нейтральний.

У першому випадку (рис. 7.9) дуга виноситься із сопла і горить між електродом 3 і деталлю 7. У другому випадку використовується закрита дуга, що горить між електродом, який не плавиться, і стінками водоохолоджуючого каналу.

Для утворення плазми найчастіше застосовують: аргон, азот і їхні суміші. Аргон дає високу температуру плазми (10000...30000 °С) при найменшій напрузі дуги. Застосування нейтральних газів для плазмоутворення в процесі напилення забезпечує мінімальне вигорання легуючих елементів і окислювання часток. Тому покриття відрізняються більш високими

механічними властивостями. Однак міцність зчеплення нанесеного шару з основною деталлю, так само як і при інших видах металізації, недостатня без спеціальної обробки поверхні.

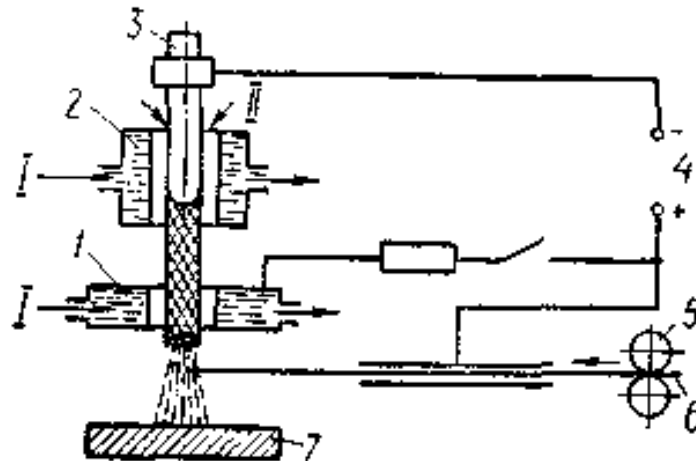


Рис. 7.9. Схема плазмової металізації:

- 1 – охолоджувальне сопло; 2 – охолоджуваний канал електроду;
3 – вольфрамовий електрод; 4 – джерело живлення; 5 – механізм подачі;
6 – дріт; 7 – деталь; I – вода; II – плазмоутворюючий газ

Для плазмової металізації застосовуються універсальні плазмові установки (УПУ-4, УПУ-3) і універсальні плазмові металізаційні установки (УМП-4, УМП-5).

Властивості металізаційного шару можуть бути значно підвищені, якщо після нанесення покриття оплавити його плазмовим струменем, ацетиленокисневим полум'ям або струмами високої частоти. Зносостійкість і міцність зчеплення покриттів при цьому значно підвищується. Плазмова металізація з оплавленням покриття може бути застосована для відновлення деталей, які працюють в умовах динамічних навантажень.

Металізація широко застосовується в ремонтному виробництві. За допомогою металізації усувають тріщини в чавунних корпусних деталях, наносять антифрикційні покриття на вкладиші, підшипники, одержують захисно-декоративні покриття і псевдосплави (сплави металів, які при звичайних умовах одержати неможливо, наприклад, міді та свинцю). Цим методом

можна також усувати зношування шийок валів, цапф і т.д. Перспективними є термо- та іонно-вакуумний методи металізації, за допомогою яких одержують металізаційні покриття з високими фізико-механічними властивостями.

7.5.3. Технологічний процес металізації

Процес складається з підготовки деталі, напилювання покриття і обробки деталі після металізації. Підготовка деталі до металізації полягає в очищенні поверхні від іржі, окалини і залишків змащення; попередній механічній обробці для отримання правильної геометричної форми; створенні шорсткості на поверхнях деталі, що підлягають відновленню, і захисту місць, які не підлягають металізації.

Шорсткість поверхні, необхідну для забезпечення міцного зчеплення нанесеного шару, можна одержати механічними, електричними і хімічними способами. До механічних способів відносяться піскоструминна обробка, нарізування «рваної» різі, обробка накаткою або дробом. Якщо металізована поверхня загартована або цементована, доцільно для одержання шорсткості застосовувати електроіскровий спосіб. Застосовують також хімічний спосіб, який полягає в травленні поверхні водним розчином соляної кислоти.

Поверхні деталі, які не підлягають металізації, захищають пергаментним папером, картоном, азбестом, листовою сталлю; пази і отвори закривають дерев'яними пробками.

При металізації плоских поверхонь напилювання здійснюється за допомогою металізатора вручну. При металізації тіл обертання деталей закріплюють у центрах токарного верстата, а металізатор встановлюють на супорті верстата.

Якість покриття залежить від наступних факторів: температури в зоні плавлення; швидкості подачі дроту і швидкості переміщення деталі відносно потоку металу, який розпитується; тиску повітря в процесі напилювання; прийнятого режиму

металізації, що забезпечує мінімальну окислюваність напилюваних часток і вигорання легуючих елементів.

В якості механічної обробки металізаційних покриттів залежно від їх твердості та припуску застосовують точіння і шліфування. При точінні напилених покриттів застосовують різці із пластинками з твердого сплаву, причому працюють на знижених режимах різання: глибина різання 0,1...0,3 мм, подача – 0,1...0,15 мм/об. Шліфування покриттів, що мають високу твердість, варто виконувати алмазними кругами на вулканитовій основі.

7.5.4. Шляхи поліпшення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей металізаційних покриттів

Розплавлені частки металу досягають поверхні деталі при металізації в пластичному стані; вони мають різні розміри і температуру. Внаслідок цього структура металізаційного покриття характеризується нерівномірністю, великим розсіюванням твердості (говорять: покриття має «купчастий» характер).

Міцність зчеплення напиленого шару з поверхнею деталі невисока; вона забезпечується чисто механічним зчепленням часток за нерівності покритої поверхні і взаємодією молекулярних сил. Для підвищення міцності зчеплення металізаційного покриття з основою доцільно застосовувати анодно-механічну обробку поверхні деталі перед металізацією.

Для підвищення втомної міцності металізаційних покриттів рекомендується наступна електромеханічна обробка, проковування мідними бойками, внаслідок чого в поверхневих шарах металу з'являються внутрішні напруження стиску, що забезпечують наклеп.

Щоб уникнути окислювання розплавлених часток металу замість повітря для дуття використовують інертні гази.

7.6. Електрошлакове наплавлення

Електрошлакове зварювання і наплавлення дає змогу зварювати різноманітні сталі, алюміній та інші матеріали великої товщини (до 2 м). Його застосовують для наплавлення плоских, циліндричних і конічних поверхонь при товщині шару більше 6...10 мм. Зварювання і наплавлення проводять на змінному струмі, використовуючи одно- або трифазні трансформатори з твердою характеристикою, потужністю до 450 кВт. Зварювальний струм становить 600...900 А на один електрод діаметром 3 мм, напруга 30...50 В. Великий виліт електродів (100...500 мм), значна сила струму, наявність розплавленого флюсу прискорюють процес наплавлення майже у 2 рази порівняно з дуговим наплавленням. Для електрошлакового зварювання застосовують спеціальні флюси: АН-8, АН-8М, АН-22, а також флюс АН-348А, який застосовується для дугового зварювання.

У ремонтному виробництві застосовується установка ОКС-7755 для відновлення деталей електрошлаковим наплавленням (рис. 7.10).

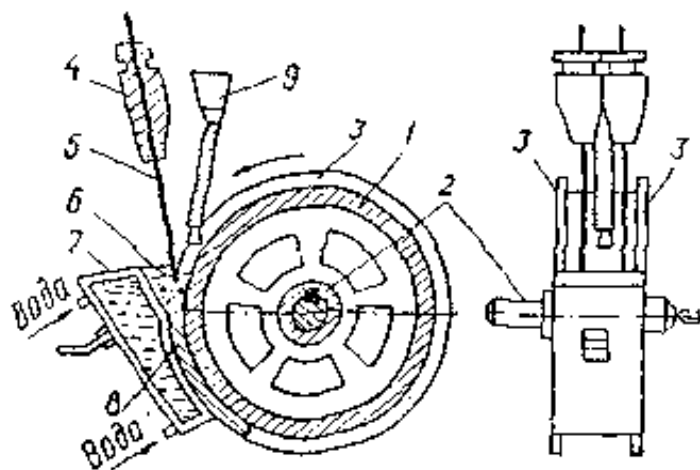


Рис. 7.10. Схема установки ОКС-7755 для автоматичного електрошлакового наплавлення:

1 – деталь; 2 – оправка; 3 – диски; 4 – мундштук; 5 – дріт; 6 – флюс; 7 – форма;
8 – наплавлений шар; 9 – дозатор

Деталь встановлюють на оправку 2 між габаритними дисками 3 з червоної міді товщиною 10...12 мм. До дисків 3 встановлюють водоохолоджувану форму 7, яка виконує роль кристалізатора металу. На початку процесу в наплавочну ванну заливають розплавлений флюс 6, а потім через два мундштуки 4 подають два електродні дроти. Надалі флюс надходить з дозатора 9. Особливістю процесу є те, що у рідкому флюсі дуга гасне. Однак струм, проходячи через розплавлений флюс, підігріває його до температури, більшої за температуру плавлення металу. В результаті під шаром рідкого флюсу (шлаку) 6 утворюється ванна рідкого металу, який при затвердінні перетворюється у наплавлений шар. Наплавлення виконується за один оберт деталі. Швидкість подачі дроту 210 м/год. Наплавлений шов рівний, не потребує додаткової обробки.

Електрошлакове наплавлення – процес, який потребує застосування дорогого обладнання. Тому його можна рекомендувати тільки для спеціалізованих ремонтних підприємств для відновлення деталей з великими спрацюваннями (більше 6...10 мм).

7.7. Контактне наварювання

Контактне наварювання – це різновид контактного зварювання, при якому зварні деталі нагріваються теплом, що виділяється у зоні їх контакту, від проходження електричного струму. За законом Джоуля-Ленца теплота (в джоулях), що виділяється у провіднику, при проходженні через нього електричного струму прямо пропорційна квадрату сили струму I (А), опору провідника R (Ом) і часу дії струму (c): $Q=I^2Rt$.

Є два різновиди процесу: наварювання дроту (стрічки) і припикання металевих порошків. Схема контактної наварювання дроту (стрічки) наведена на рис. 7.11.

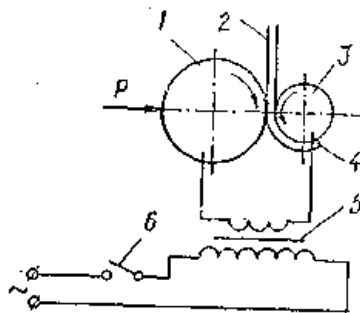


Рис. 7.11. Схема контактної наварювання дроту (стрічки):
1 – ролик; 2 – дріт (стрічка); 3 – деталь; 4 – наварений шар;
5 – трансформатор; 6 – переривник

Струм великої сили від зварювального трансформатора 5 подається на деталь 3 і ролик 1, між якими знаходиться зварювальний дріт чи стрічка 2. Ролик притискається до наварюваного матеріалу з певною силою. Струм за допомогою спеціальних переривників подається короткочасними імпульсами (тривалістю 0,04...0,08 с), які приварюють дріт (стрічку) окремими точками. Металевий зв'язок між дротом (стрічкою) і деталлю утворюється в результаті часткового розплавлення поверхневих шарів металів, явищ дифузії і схоплювання. Для забезпечення безперервності процесу приварювання дроту (стрічки) тривалість пауз струму вибирають такою, щоб забезпечити перекриття окремих точок не менш, як на 25 % по довжині (площі). Цим досягається безперервність приварювання дроту (стрічки) у напрямі обертання деталі. Безперервність приварювання шару в осьовому напрямі досягають тим, що беруть ширину ролика B , мм, більшу за подачу s , мм/об.

Установку для контактної наварювання роблять на базі токарного верстата, зварювального трансформатора і переривників (тип ПИШ-50 та ін.) від машин для шовного зварювання. Ролики виготовляють з міді або хромистої бронзи. Сила струму при наварюванні 4...20 кА, напруга 1...8 В. Тиск ролика 60 МПа. Товщина наварюваного шару становить 0,1...1,5 мм. Продуктивність процесу висока (до 50...100 см²/хв). Процес контактної прип'якання металевих порошків схожий на процес наварювання

дроту. Замість дроту (стрічки) на клиновидний простір між роликом і деталлю з дозуючого пристрою подається металевий порошок. Застосовують залізні порошки ПЖ-3, ПЖ-5, а також порошки, які складаються з карбідів і боридів хрому (КБХ). Ролик притискується до деталі із зусиллям, що дорівнює 0,75...1,2 кН на сантиметр ширини ролика, і напікає порошок на деталь. У місці контакту поверхні деталі й порошку температура досягає 1000...1300 °С. Сила струму 2500...3500 А на 1 см ширини ролика, напруга 0,7...1,2 В.

Ширина напеченого шару може доходити до 30...35 мм (при достатній потужності джерела струму), що дає змогу у ряді випадків відновлювати деталі по всій ширині одразу. Товщина напеченого шару 0,3...1,5 мм, швидкість припікання 0,17...0,25 м/хв.

Перевагами процесу є: висока продуктивність, мала зона термічного впливу (до 0,3 мм), малі деформації, можливість приварювання твердосплавних покриттів (стійкість проти спрацювання яких може перевищувати стійкість проти спрацювання загартованої сталі від 10 до 45 разів). Проте процес досить складний. Область застосування його – спеціалізовані ремонтні підприємства з великою програмою ремонту.

7.8. Наплавлення порошковим дротом і стрічкою

Наплавлення порошковим дротом і стрічкою – ефективний метод наплавлення відповідальних деталей. Дріт одержують із сталюї стрічки шириною 14...15 мм і товщиною 0,5...0,8 мм шляхом згортання її в трубку і заповнення порожнини, яка утворюється, механічною сумішшю (шихтою), що складається з необхідних легуючих елементів, газо-, шлакоутворюючих і стабілізуючих компонентів.

Для наплавлення найчастіше застосовують порошковий дріт діаметром 2,5...3,5 мм. Зношені посадочні місця валів, хрестовин і т.п. рекомендується наплавляти дротом ПП-АН120, ПП-АН121, ПП-АН122, ПП-АН104, а робочі органи автомобілів

– порошковою стрічкою, наприклад, ПЛ-У30Х30ГЗТЮ. Твердість наплавленого шару досягає 46...62 HRC.

При наплавленні порошковим дротом струмопровідною частиною служить металева оболонка, що плавиться повільніше, ніж шихта; внаслідок цього утворюється чехольчик, що втримує розплавлений метал і сприяє його рівномірному і мілко-крапельному переносу. Наплавлений метал має рівномірну дрібнозернисту структуру.

Режими наплавлення: при діаметрі дроту до 3 мм сила струму дорівнює 200...260 А, а при діаметрі більше 3 мм – 300...400 А; напруга – 26...36 В; швидкість наплавлення – 30...40 м/год. При наплавленні порошковою стрічкою силу струму приймають 600...800 А, а швидкість наплавлення 15...25 м/год.

Для наплавлення чавунних деталей широко застосовують порошковий дріт марок ППЧ-1,2,3, ПАНЧ-11. Хімічний склад дроту ПАНЧ-11: С – 7,0...7,5%; Si – 4,0...4,5%; Ti – 0,4...0,6%; Al – 0,6...0,9%; Mn – 0,4...0,8%; Fe – останнє. Дріт ПАНЧ-11 (на нікелевій основі) застосовується для наплавлення (зварювання) корпусних деталей на напівавтоматах А-825М, А-547 і ін. Рекомендуються такі режими: сила струму 80...120А, напруга 14...18 В, швидкість подачі дроту 1,8...2,0 м/хв., швидкість наплавлення 0,08...0,09 м/хв. Після наплавлення (заварювання тріщини) шов доцільно прококувати на пневматичному молоті.

Для наплавлення чавунних колінчастих валів використовують дріт МНЖКТ-5-1-02-02 на залізній основі. Спосіб має такі ж режими, як і попередній; його можна виконувати в середовищі захисних газів або під шаром флюсу. Твердість наплавленого шару 52...62 HRC.

Порошковий дріт і стрічку можна використовувати для всіх способів механізованого наплавлення. Переваги цього виду наплавлення – це можливість широкого управління фізико-механічними властивостями наплавленого металу, оскільки у шихту можна вводити легуючі елементи практично в будь-яких композиціях. Проте широке застосування наплавлення порошкового дроту і стрічкою обмежене його високою вартістю.

7.9. Плазмове зварювання і наплавлення

Цей вид зварювання є новим перспективним способом ремонту деталей. Плазмова дуга – це дуже іонізована електрична дуга, стиснена газом у спеціальному пристрої, що називається плазмотроном (плазмовий пальник). Плазмова дуга становить собою універсальне джерело тепла, яке застосовується для зварювання, наплавлення, напилення, різання, термообробки та ін. Можливі схеми роботи плазмових пальників наведено на рис. 7.12.

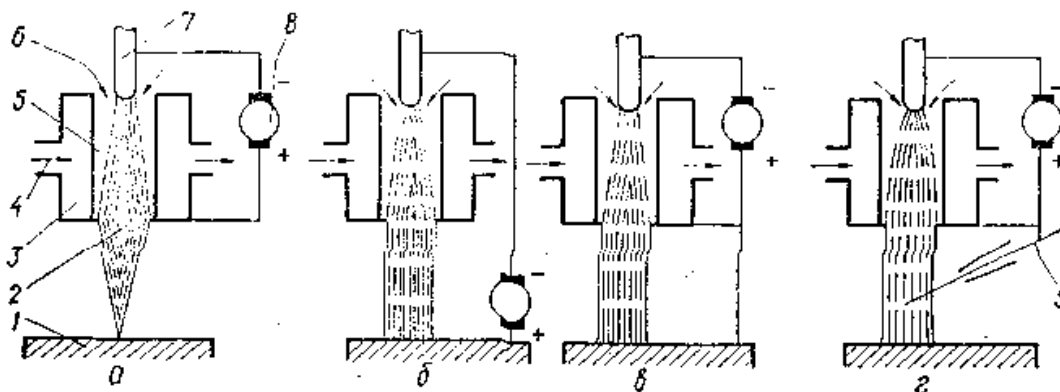


Рис. 7.12. Схема роботи плазмових пальників:

а - дуга між електродами; *б* - дуга між електродом і деталлю; *в* - дві дуги - між електродом і деталлю і між електродами; *г* - наплавлення з струмоведучим присадним дротом; 1 - деталь; 2 - плазмовий струмінь; 3 - електрод; 4 - охолодна рідина; 5 - канал; 6 - плазмоутворюючий газ; 7 - вольфрамовий (неплавкий) електрод; 8 - джерело струму; 9 - присадний електродний дріт

У першій схемі (рис. 7.12*а*) дуговий розряд збуджується між вольфрамовим електродом 7 (негативний полюс) і мідним електродом 3 (позитивний полюс) у вигляді труби, що охолоджується водою. У трубу-електрод 3 подають газ (звичайно аргон або азот), який, проходячи через плазму дуги, іонізується і виходить із головки у вигляді яскравого Плазмового струменя. Дуговий розряд стискується газом, що призводить до сильного розігрівання частинок газу й підвищення температури плазмового струменя до 15000...18000 °С і вище. У другій схемі (рис. 7.12*б*) дуговий розряд збуджується між електродом і деталлю. При

здійсненні процесу за третьою і четвертою схемами (рис. 7.12В,Г) горять дві дуги: між електродами і між вольфрамовим (що не плавиться) електродом і деталлю або електродом, що плавиться. Основною є дуга між вольфрамовим електродом і деталлю (або електродом, що плавиться). Дуга між електродами малопотужна (чергова). Третю і четверту схеми плазмових пальників використовують для наплавлення. Першу схему (деталь не включена в електричне коло) застосовують для процесу напилення.

Для плазмового наплавлення треба мати джерело живлення дуги, плазмовий пальник (плазмотрон), регульовальну електросилову апаратуру, систему газоживлення, систему охолодження, пристрій для подачі присадного матеріалу, пристрій для механізації процесу наплавлення (наприклад, токарний верстат при відновленні деталей типу вал). Як джерело живлення плазмової дуги застосовують два послідовно з'єднаних зварювальних перетворювачі типу ПСО-300 або ПСО-500, зварювальні випрямлячі (ИПН-160/600, ИПГ-600 та ін.). Для полегшення запалювання дуги застосовують осцилятори ОСППЗ-30. Промисловість випускає комплектні плазмові установки УМП-5-68 і УПУ-3М.

Підготовка поверхні деталі до наплавлення полягає у видаленні іржі, масла та інших забруднень. Як правило, деталь миють і піддають дробоструминній обробці чавунною кришкою.

Як присадний матеріал застосовують дроти, прутки і порошки з тугоплавких матеріалів, стійких проти спрацювання. Застосовують такі марки твердих сплавів: СНГН (HRC 53...57), ВСНГН (HRC 58...62), ПГ-ХН80СР2 (HRC 35...45), ФБХ (HRC 54...58), КБХ (HRC 58...62), УС-25 (HRC 53... 57), сормайт № 1 (HRC 46...50) та ін.

Оптимальний режим наплавлення: напруга основної дуги 45...85 В, струм основної дуги 115...300 А, напруга чергової дуги 15...25 В, струм чергової дуги 45...80 А, витрата плазмоутворюючого газу 90...800 л/год, відстань від пальника до деталі 10...12 мм. Товщина наплавленого і напиленого шару може становити відповідно 0,25...6 мм і 0,1...0,2 мм за один прохід. Схема

плазмового напилення з наступним обплавленням наведена на рис. 7.13.

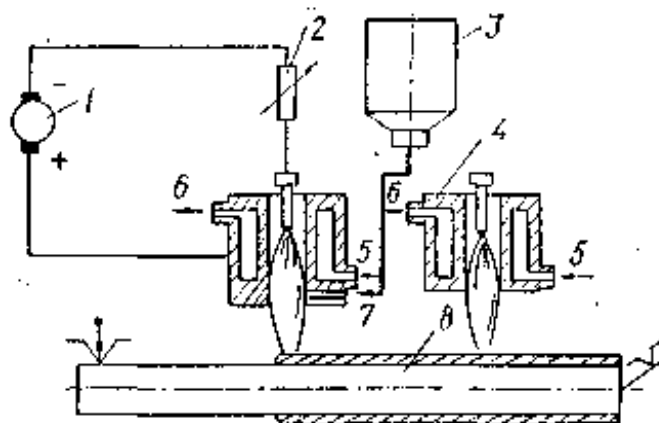


Рис. 7.13. Схема плазмового напилення з наступним обплавленням:

1 - джерело живлення; 2 - реостат; 3 - бункер для порошку; 4 - плазмові пальники; 5 і 6 - ввід і вихід охолодної води; 7 - подача наплавлюваного порошку; 8 - деталь

При потребі нарощування шару товщиною більше 0,1...0,2 мм напилення проводять за декілька проходів. Наступне обплавлення напиленого шару (за допомогою СВЧ, плазмового пальника, ацетиленокисневим полум'ям) проводять для поліпшення зчеплення шару з основним металом.

Процес наплавлення деталей плазмовою дугою забезпечує високу якість покриття, добре зчеплення наплавленого шару з основним металом, високу стійкість проти спрацювання. До недоліків процесу належать складність і висока вартість обладнання (потреба у газі та ін.), значний термічний вплив на деталь.

7.10. Газополумневе наплавлення

Газополумневе наплавлення (напилення) потребує простішого обладнання і дешевшого, ніж обладнання для плазмового наплавлення. Схему процесу газополумневого напилення з обплавленням СВЧ показано на рис. 7.14. Деталь (типу вал) 4 встановлена на токарному верстаті і обертається. У пістолет 3,

який являє собою спеціальний газовий пальник, подається ацетилен, кисень із балонів 7 і напилюваний порошок із живильника 2. Пістолет 3 нагріває поверхню деталі і напилює порошковий твердий сплав на відновлювану поверхню деталі. Напилювальні порошки повинні мати розмір частинок у межах 40...120 мкм. Застосовують самофлюсівні композиційні сплави типу ПГ-ХН80СР2, СНГН, ВСНГН та ін. У підготовку деталей до газополумневого напилення входить їх миття і піско- або дробоструминна обробка відновлюваних поверхонь.

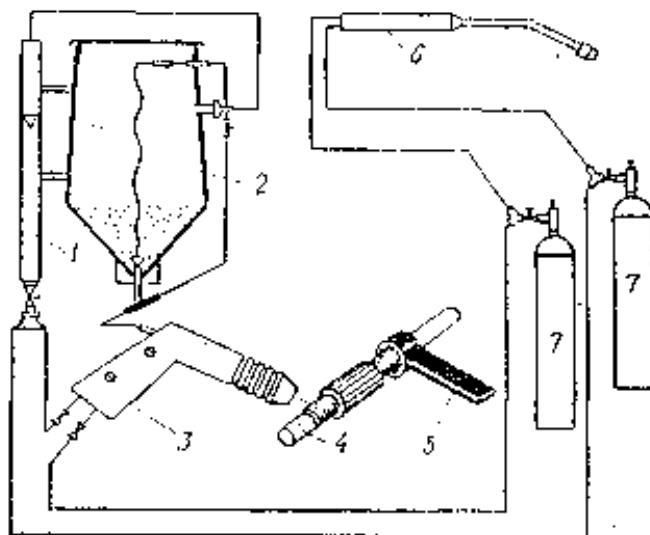


Рис. 7.14. Схема газополумневого напилення деталей з обплавленням СВЧ або ацетилено-кисневим полум'ям:

1 - ротаметр; 2 - порошковий живильник; 3 - пістолет; 4 - деталь; 5 - індуктор СВЧ; 6 - пальник для обплавлення; 7 - кисневі та ацетиленові балони

Процес напилення без наступного обплавлення забезпечує міцність зчеплення на відрив 20...40 Н/мм². Наступне обплавлення СВЧ, ацетилено-кисневим полум'ям або в печах з захисною атмосферою підвищує міцність зчеплення до 400...650 Н/мм². Товщина шару 0,1...0,5 мм. Сплави типу ПГ-ХН80СР2 забезпечують високу стійкість проти спрацювання, яка перевищує у 3...5 разів стійкість проти спрацювання загартованої сталі 45 (при звичайних умовах роботи), а в умовах корозії і підвищених температур – у 10...15 разів.

Процес може бути напіваавтоматичним і автоматичним. Він досить простий, універсальний, його можна застосовувати на всіх авторемонтних підприємствах при відновленні деталей (вали коробок передач, шворні, хрестовини карданних шарнірів, тощо) із спрацюванням до 0,5 мм на бік. Для газополумневого наплення промисловість випускає установку типу УПН-8-68.

7.11. Електроімпульсне наплення

Новий спосіб наплення деталей вібруючим електродом за допомогою автоматичної головки із застосуванням охолоджувальної рідини вперше був запропонований інженером Г.П. Клековкіним. Виникненню електроімпульсного наплення сприяв розвиток електроіскрової обробки металів. Подальший розвиток і вдосконалення електроімпульсного наплення розглянуто в працях вітчизняних та закордонних вчених і винахідників.

Перевагою цього способу перед іншими способами наплення є слабке нагрівання відновлюваної деталі, незначна величина зони термічного впливу, в результаті чого хімічний склад і фізико-механічні властивості деталі майже не змінюються. Крім того, застосування електродного дроту із відповідним вмістом вуглецю дозволяє отримувати всі види гартувальних структур напленого металу, який відрізняється достатньо високою твердістю і зносостійкістю. Електрокінематична схема установки для наплення показана на рис. 7.15.

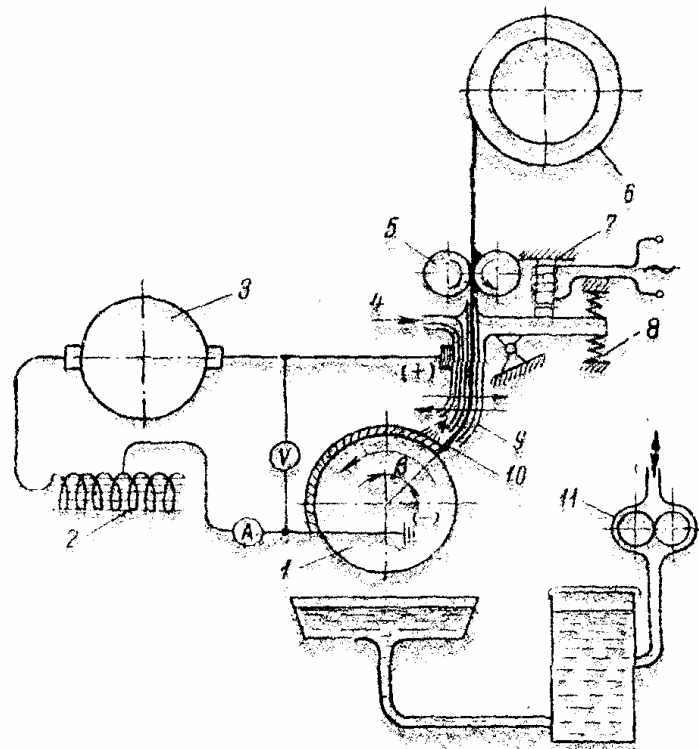


Рис. 7.15. Схема автоматичної електроімпульсної установки для наплавлення деталей

Наплавлювана деталь 1 закріплюється в патроні або центрах токарного верстата і при круговому наплавленні їй надається обертовий рух. На супорті верстата монтується корпус автоматичної головки, яка включає механізм 5 подачі дроту з касетою 6, електромагнітний вібратор 7 з мундштуком 9. Кінець електродного дроту 10 приводиться в коливальний рух за допомогою вібратора 7, 8. Внаслідок вібрації відбувається замикання і розмикання зварювального ланцюга між електродним дротом 10 і деталлю. Для підвода струму від джерела 3 до деталі використовується ковзний контакт. Частота вібрації дроту і, відповідно, замикання та розмикання зварювального ланцюга, складає 50...100 Гц. Завдяки дії теплоти, яка виділяється в момент замикання і особливо розмикання зварювального ланцюга, відбувається нагрівання електродів, оплавлення кінців електродного дроту і зварювання металів. В зону наплавлення металу через канал 4 за допомогою насоса 11 подається охолодна рідина; в

результаті відбувається загартування наплавленого шару металу. Крім того, охолодна рідина захищає деталь від деформацій і сприяє більш якісному протіканню процесу.

Стабільність процесу і якість наплавлення залежать від напруги, індуктивності і полярності струму, складу і кількості охолодної рідини та величини міжелектродного проміжку. Електроімпульсне наплавлення може виконуватися при напрузі 4...30 В. Відновлення деталей наплавленням звичайно ведеться при напрузі 18...22 В і струмі 80...300 А. Підвищення напруги, яка підводиться до електродів, збільшує продуктивність процесу і термічну дію струму на метал. При цьому вигорання вуглецю, марганцю та інших елементів збільшується, твердість металу наплавлення знижується, а втрати металу на розбризкування збільшуються. Для отримання найбільш зносостійкого шару металу наплавлення доцільно вести при низьких напругах. Від зміни величини магнітного поля зварювального ланцюга та індуктивності залежить тривалість періоду горіння імпульсної дуги, стійкість процесу і товщина шару, що наплавляється. Величина міжелектродного проміжку залежить від амплітуди вібрації електродного дроту і кута підходу його до деталі.

В період кожного циклу вібрації електроду, за який відбувається наплавлення частин металу на деталь, протікають період короткого замикання електрода з поверхнею деталі, період розмикання електроду і період холостого ходу. Тривалість періодів різна. При наплавленні від джерел струму з малою індуктивністю, наприклад генераторів типу НД або селенових випрямлячів, процес протікає переривчасто.

При цьому із всього періоду вібрації дроту в 0,01 с. холостий хід приходить від 60 до 70 % часу. Період короткого замикання складає приблизно $2,5...3 \cdot 10^{-3}$ с, період розмикання $1 \cdot 10^{-3}$ с. В момент короткого замикання зварювального ланцюга напруга холостого ходу джерела живлення різко падає, а струм швидко зростає до 1100...1300 А (при середньому значенні його в ланцюзі 180 А). Щільність струму досягає $3 \cdot 10^3$ А/мм². Під

дією теплоти, яка виділяється струмом, відбувається нагрівання електродів і оплавлення кінця електродного дроту.

В момент відриву електроду від деталі (розмикання ланцюга) сила струму падає, а напруга між електродами збільшується внаслідок електрорушійної сили самоіндукції, яка співпадає за напрямком з напругою від джерела живлення. При цьому виникають короточасні дугові розряди і виділяється велика кількість тепла (до 70%). Метал кінця електрода оплавляється і вибухає. Частина металу приварюється до металу деталі, а друга частина викидається вибуховою хвилюю у рідину. При переривчастому процесі внаслідок високої щільності струму, яка виникає в момент розмикання ланцюга, втрати металу електроду на розбризкування досягають 30...35%, а максимальна товщина шару не більше 0,7...0,8 мм. Якщо замінити сталевий електродний дріт мідним або латунним, то при сильному охолодженні відбувається прошивання отворів в сталі і чавуні, як при електроіскровій обробці. Тому наплавлення металу при цьому виді електричного розряду відрізняється великими втратами металу, досить низькою продуктивністю через великі холості ходи. Міцність зчеплення наплавленого шару з основним металом невисока через окислюваність металу і недостатню зварюваність. Для усунення цих недоліків необхідно зменшити тривалість холостого ходу і величину імпульсу струму короткого замикання. Збільшення індуктивності, яке здійснюється шляхом введення у зварювальний ланцюг витків 2 (рис. 7.15) електромагнітного регулятора РСТЕ-34 зварювального трансформатора, знижує величину імпульсу струму в момент короткого замикання; зростання і спадання імпульсу струму відбувається більш плавно; тривалість і стійкість дугових розрядів при розмиканні електродів збільшуються, а холостий хід усувається. Процес із переривчастого контактно-іскрового стає безперервним контактно-дуговим, при якому тривалість періоду розряду збільшується з $1 \cdot 10^{-3}$ с до $5 \cdot 10^{-3}$ с, а втрати електродного металу на розбризкування знижуються з 30...35% до 6...8%.

При контактнo-дуговому процесі наплавлення виділення тепла в період замикання електродів зменшується до 8...10%, а в період дугового розряду досягає 90...92%. Продуктивність процесу і товщина шару наплавлення значно підвищується. Вигорання легуючих елементів збільшується у порівнянні з контактнo-іскровим процесом через підвищений термічний вплив дуги.

Якість наплавленого металу при контактнo-іскровому процесі значно нижча, ніж при контактнo-дуговому.

При напрузі струму, більшій 28...30 В, наприклад, при живленні установки від зварювальних агрегатів із порівняно високою напругою холостого ходу і з великою індуктивністю, можна отримати дуговий розряд у рідкому середовищі. При цьому імпульси струму наростають повільніше, втрати металу зменшуються, тривалість періодів короткого замикання і розряду збільшуються; тому інтенсивність нагрівання електроду зростає, а вигорання вуглецю і інших елементів досягає 40...50%. Відбувається звичайний електродуговий процес з вібрацією дуги викликану коливальним рухом електродного дроту.

Крім електричних параметрів, на протікання процесу і якість наплавленого металу великий вплив мають вібрація електроду і охолодна рідина. Часта вібрація електроду (50...100 разів за секунду) викликає таке ж часте збудження дугових розрядів, що сприяє стійкості процесу і переносу електродного металу невеликими порціями. Величина амплітуди вібрації електродного дроту і кут його підводу до деталі впливають на величину міжелектродного проміжку. Із збільшенням проміжку напруга збільшується і інтенсивність плавлення металу збільшується. Розташування електроду по відношенню до деталі показано на рис. 7.16. Величина вертикального кута α повинна бути в межах 35...45° (0,612...0,787 рад.), а горизонтального β – в межах 70...90° (1,22...1,57 рад.). Від величини β залежить зварюваність наплавлених валиків з основним металом і між собою; із його збільшенням зварюваність з основним металом покращується, а зварюваність між валиками погіршується;

навпаки, зі зменшенням кута β зварюваність з основним металом погіршується, а між валиками збільшується.

Охолодна рідина зменшує тепловий вплив дуги на деталь і підвищує швидкість охолодження наплавленого металу, що дозволяє отримувати наплавлений метал гартувальних структур із достатньо високою твердістю і зносостійкістю. Крім цього, охолодна рідина захищає розплавлений метал від дії кисню і азоту повітря.

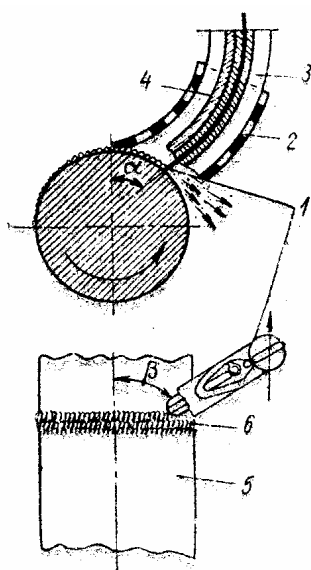


Рис. 7.16. Розташування електроду по відношенню до наплавлюваної деталі:

1 – електрод; 2 – гумовий чохол; 3 – мундштук; 4 – канал для рідини;
5 – деталь; 6 – наплавлюваний шар

Зона термічного впливу при товщині шару наплавлення 0,5...0,7 мм і при виконанні наплавлення контактнo-іскровим способом складає 0,3...0,8 мм, а при контактнo-дуговому і товщині шару 1,5...2,5 мм – приблизно 0,5...1,5 мм.

В якості охолодної рідини застосовується 4...6%-ий розчин кальцинованої соди і 0,5% мінерального масла або 15...20%-ий розчин технічного гліцерину і ін. Для відновлення електроімпульсним наплавленням термічно оброблених деталей застосовують дріт із достатньо високим вмістом вуглецю (0,7...0,8%), що забезпечує високу поверхневу твердість в резу-

льтаті загартування. В залежності від призначення деталі і її поверхневої твердості застосовують і середньовуглецевий дріт (із вмістом 0,4...0,5% вуглецю) або середньовуглецевий із підвищеним вмістом марганцю (45Г, 50Г, Св-30ХСА та ін.), а для наплавлення деталей із сірого і ковкого чавуну в атмосфері повітря – Св-08, Св-10Г і ін. Діаметр електродного дроту складає 1,2...2,0 мм. Твердість наплавленого металу отримується досить нерівномірною. За дослідженнями, при наплавленні дротом П-1 на сталь 45 поверхнева твердість наплавленого металу складала в середньому HV 506, мікротвердість $H_{\mu}^{100} = 765 \text{ кг/мм}^2$ (7,65 гН/м²). Різні значення твердості наплавленого металу обумовлюються неоднорідністю його структури (від мартенситу до сорбіту). Неоднорідність структури наплавленого металу пояснюється термічним впливом наступних валиків на попередні. Неоднакова твердість більше всього проявляється при товщині наплавлення більше 0,4...0,5 мм. В наплавленому металі, по границях сплавлення окремих валиків, зустрічаються пори та окисли. Великі внутрішні розтягуючі напруження, які виникають в покритті, і дефекти структури у вигляді пор і окислів різко знижують втомну міцність відновлених деталей. Міцність зчеплення наплавленого металу також неоднорідна і складає в середньому 51,3 кг/мм² (51,3 МН/м²) при наплавленні дротом П-1 на сталь 45.

Способом електроімпульсного наплавлення відновлюють циліндричні (діаметром від 15 мм і більше) поверхні деталей. До числа деталей, відновлених наплавленням в кругову, відносяться цементовані і поверхнево загартовані на високу твердість шийки валів коробки передач і задніх мостів під підшипники кочення, шийки розподільних валів, штовхачі, хрестовини диференціалу і ін. деталі, а також шліцьові і нарізні поверхні. Даним способом можна відновлювати циліндричні внутрішні і зовнішні поверхні під підшипники в деталях із сірого і ковкого чавуну – маточини передніх і задніх мостів, чашки сателітів і ін.

Електроімпульсне наплавлення виконується на постійному або змінному струмі, або ж на комбінованому змінному і постійному струмі. Наплавлений метал більш високої якості отримується при наплавленні на постійному струмі при зворотній полярності. При цьому міцність зчеплення наплавленого металу з основним значно вища, чим при наплавленні на змінному і комбінованому струмі.

Електроімпульсним наплавленням можна відновлювати деталі не тільки з первинним зносом під номінальний розмір або з наступного ремонтного розміру на попередній; але й деталі, які вийшли з усіх ремонтних розмірів. Електроімпульсне наплавлення можна вести не тільки із застосуванням охолодної рідини і без неї, але і у середовищі захисних газів і під шаром флюсу. В останньому випадку наплавлений метал одержується з більш однорідною структурою, з меншими залишковими напруженнями, що має велике значення для деталей, які працюють при знакозмінних навантаженнях.

7.12. Індукційне наплавлення

Індукційне наплавлення – процес, коли нанесений на зношену поверхню деталі шар твердосплавного порошку розплавляють разом з поверхневим шаром деталі на глибину 1,5...3 мм індукційним струмом. Це забезпечує взаємодифузії молекул розплавленого металевих порошку і деталі та їх зчеплення. Шар порошку в суміші з флюсом наносять на зношену поверхню деталі у вигляді замазки, яку опресовують разом з деталлю до нагрівання. Шар порошку повинен компенсувати поверхнєве зношування і утворити припуск на механічну обробку.

Швидкість підведення тепла до наплавлюваної поверхні повинна бути більшою швидкості його відводу в глибину деталі і навколишнє середовище. Це забезпечує нагрівання поверхні деталі на 50...70 °С більше плавлення порошку (шихти), яка плавиться від тепла металу деталі, а також зменшує прогрівання деталі.

Для формування наплавленого металу на деталь типу “вал”, використовують спеціальні індукційні установки ВЧН-63/0,44, ВЧН-160/0,44 та ін. з робочою частотою струму 440 кГц. Для індукційного наплавлення широко використовують лампові генератори ЛЗ-67, ЛЗ-107, ЛЗ-167 з робочою частотою 200...250 кГц.

Якщо на розплавлений шар накласти ультразвукові коливання – збільшиться інтенсивність дифузії та зменшиться зернистість наплавленого шару металу, міцність зчеплення підвищиться на 40%.

Індукційним наплавленням відновлюють зношений шар металу на посадочних місцях деталей типу „вал” машин (обладнання), шийках колінчастих і розподільних валів тощо.

Індукційним наплавленням відновлюють зношений шар металу деталі рідким розплавленим твердим сплавом, який знаходиться в електротиглі (рис. 7.17). Цей спосіб називається „Наморожування” - повільне затвердіння розплавленого сплаву на поверхні деталі, заглибленої в рідкий сплав. В результаті різниці температур деталі і розплаву на підготовлену поверхню наплавляється шар твердого сплаву товщиною 1...1,5 мм. Для цього використовують такі сплави: сормайт, БХ, КБХ, ТС-1, ПС-14-ПС-80 та ін.

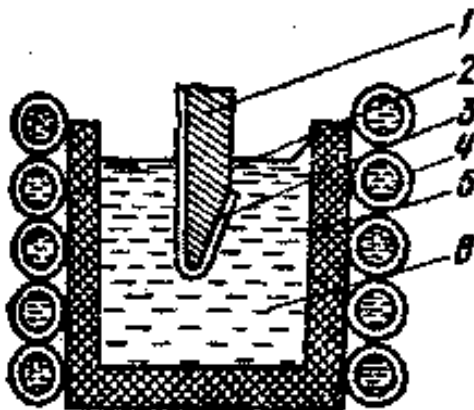


Рис. 7.17. Схема індукційного наплавлення рідким присадним металом:

1 – деталь; 2 – флюс; 3 – наплавлений (затверділий) сплав; 4 – індуктор плавильної установки; 5 – тигель; 6 – рідкий сплав

Для наплавлення клапанів використовують леговані сплави ЕП616 і ЕП616А; поверхнева міцність клапанів двигунів відновлена наморожуванням збільшується в 6...8 разів порівняно з наплавленими. Наморожування здійснюється на установці моделі ОБ-1098М.

Технологічна послідовність індукційного наплавлення: плавлення присадного матеріалу (сплаву); захист розплаву від окислення (флюсування); ізоляція ненаплавлюваних поверхонь деталі; очищення і знежирення наплавлюваних поверхонь; занурення, витримка і виймання деталі із розплаву; охолодження та очищення від шлаку.

7.13. Електроферромагнітне наплавлення

Якщо в зазор між деталлю і полюсним наконечником електромагніта безперервно подавати феромагнітний порошок, він буде орієнтуватись уздовж магнітно-силових ліній, які перпендикулярні до відновлюваної поверхні. При цьому зерна феропорошку утворюють безліч струмопровідних ланцюжків, замикаючи електричний ланцюг між сердечником і деталлю. Внаслідок дії електричного струму і мікрострумів, що генеруються в зернах, зерна порошку розплавляються і під впливом магнітного поля наплавляються на зношену поверхню деталі.

Щоб наплавити поверхню деталі 1 (рис. 7.18), її встановлюють в патрон токарно-гвинторізного верстата з деяким зазором відносно полюсного наконечника 4 осердя 5. Електромагнітна котушка живиться постійним струмом, магнітний потік проходить через деталь в радіальному напрямку. Осердя підключається до катоду (-), а деталь через ковзний контакт 6 до аноду (+) джерела струму. При обертанні деталі в зазор між відновлюваною поверхнею і полюсним наконечником електромагніта подається із бункера дозуючого пристрою 3 феропорошок 2, який під дією електричного струму магнітносилових ліній розплавляється і наплавляється на поверхню деталі 1.

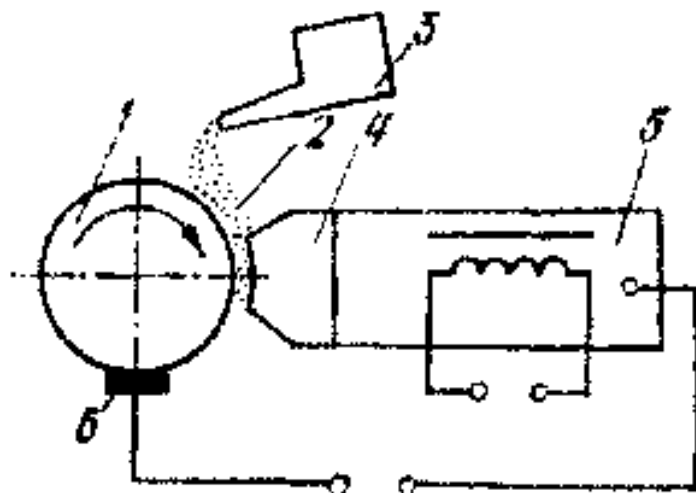


Рис. 7.18. Схема електроферомагнітного наплавлення:

1 – відновлювана деталь; 2 – феромагнітний порошок; 3 – бункерний дозуючий пристрій; 4 – полюсний наконечник; 5 – осердя; 6 – ковзний контакт

Якщо наплавлення проводити в потоці 5%-го водного розчину емульсола, то покращується стабільність процесу наплавлення, зменшується прогрівання (деформація) деталі, збільшується поверхнева твердість, але також збільшується кількість мікротріщин.

Цей спосіб можна рекомендувати для відновлення посадочних місць статично навантажених валів нерухомих посадок.

7.14. Магнітно-імпульсне припікання

Магнітно-імпульсне припікання здійснюється енергією імпульсного магнітного поля, яке утворює динамічне зусилля до 1000 МПа на порошковий шар, нанесений на зношену поверхню деталі. Принцип процесу напікання показаний на рис. 7.19.

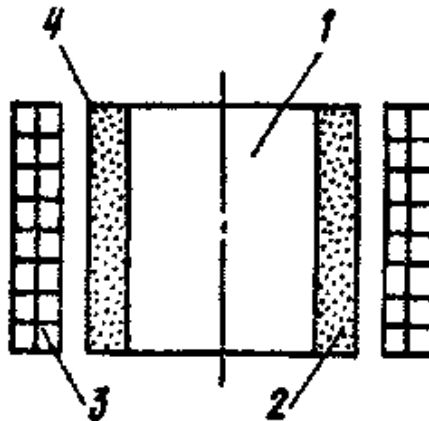


Рис. 7.19. Схема магнітно-імпульсного припикання:
1 – деталь; 2 – порошок; 3 – магнітно-імпульсний індуктор; 4 – оболонка-пуансон

Пресування порошкового шару проводиться на магнітно-імпульсній установці багатовитковим індуктором 3 соленоїдного типу. Формоутворення здійснюється за допомогою тонкостінної електропровідної мідної оболонки – пуансона (стрічки) 4, яка деформується зусиллями, які утворюються при взаємодії магнітного поля індуктора і вихрових струмів, наведених в оболонці. Після пресування (опресування) порошку оболонку знімають. Під дією електричного струму і магнітно-силових ліній спресований порошок 2 розплавляють і напікають на поверхню деталі 1. Щільність покриття, отримана магнітно-імпульсним припиканням складає 96...98%, точність – 11...12 квалітету, шорсткість поверхні - 5...6 класу. Твердість і товщину шару регулюють відповідно підбиранням марки легованого порошку і його кількістю опресованого на сторону зношеної поверхні деталі.

Магнітно-імпульсним припиканням відновлюють зношений зовнішній шар металу на деталях типу “вал”, “втулка” і деталях різноманітної конфігурації. Цим способом легко регулювати якість і товщину шару сплаву: це високопродуктивний технологічний процес.