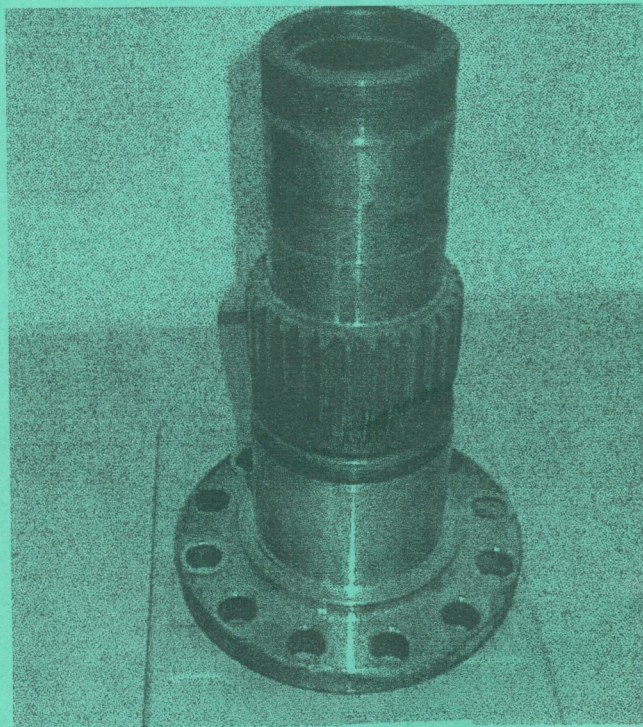


В.І. Савуляк, В.Т. Івацько

Відновлення деталей машин

Частина 1



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

В.І. Савуляк, В.Т. Івацько

Відновлення деталей машин

Частина перша

Затверджено Вченою радою Вінницького національного технічного університету як навчальний посібник для студентів напрямів підготовки 0923 – «Зварювання» та 0902 – «Інженерна механіка» всіх спеціальностей. Протокол № 4 від 27 листопада 2003 р.

Вінниця ВНТУ 2004

УДК 669.01(075)

С 13

Рецензенти

В.Ф. Анісімов, доктор технічних наук, професор

В. М. Ребедайло, кандидат технічних наук, професор

І.О. Сивак, доктор технічних наук, професор

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

Савуляк В.І., Івацько В.Т.

С13 Відновлення деталей машин. Частина перша. Навчальний посібник. -
Вінниця: ВНТУ, 2004.- 93с.

В посібнику розглянуті методи відновлення деталей зварюванням і наплавленням. Посібник розроблений у відповідності з планом кафедри та програм до дисциплін "Ремонт та відновлення деталей машин та апаратів", "Відновлення деталей автомобілів".

УДК 669.01(075)

ЗМІСТ

Передмова.....	4
1 НЕСПРАВНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	6
1.1 Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей.....	6
1.2 Характерні несправності деталей.....	8
1.3 Класифікація дефектів.....	11
1.4 Критерії граничного стану деталей та спряжень.....	12
1.5 Методи оцінки зносу деталей машин.....	14
2 МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ.....	16
2.1 Класифікація способів відновлення.....	16
2.2 Вибір раціональних методів відновлення деталей.....	26
2.3 Розрахунок шару матеріалу, який наноситься на зношені поверхні деталей.....	28
2.4 Основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок.....	32
3 ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВЛЕННЯМ.....	37
3.1 Відновлення деталей зварюванням і наплавленням.....	37
3.2 Ручне дугове зварювання і наплавлення.....	38
3.3 Газове зварювання і наплавлення.....	41
3.4 Автоматичне електродугове наплавлення під шаром флюсу.....	47
3.5 Наплавлення у середовищі захисних газів.....	56
3.6 Вібродугове наплавлення.....	63
3.7 Дугове наплавлення з газополуменевим захистом.....	70
3.8 Електроконтактне наплавлення.....	72
3.9 Електрошлакове наплавлення.....	75
3.10 Плазмово-дугове наплавлення.....	79
3.11 Наплавлення порошковим дротом.....	82
3.12 Заливання рідким металом	84
3.13 Індукційне наплавлення	85
3.14 Основні дефекти і контроль якості зварних з'єднань і наплавленого металу.....	86
3.15 Техніка безпеки при виконанні зварювання і наплавлення	88
Література.....	92

ПЕРЕДМОВА

Процес переходу до нових ринкових відносин вимагає ефективного використання машин і устаткування, яке забезпечується високим рівнем їхнього технічного обслуговування і ремонту, наявністю необхідного числа запасних частин. В зв'язку зі спеціалізацією і концентрацією ремонтного виробництва виникає потреба в удосконаленні технологічних процесів для підвищення якості продукції.

У будь якої машини, незалежно від того, працює вона, простояє чи транспортується, змінюються фізико-механічні параметри деталей. Одночасно знижуються техніко-економічні показники конструкції в цілому і настає момент, коли подальша її експлуатація неможлива або стає економічно недоцільною. Тому виникає необхідність в відновленні деталей.

Відомо, що при нормальній експлуатації транспортні засоби виробляють закладений ресурс через 3-4 роки при розрахунковому терміні служби 10 років і більше. Створювати техніку, яка не потребує ремонту економічно недоцільно і технічно неможливо. Ремонту і відновлення уникнути неможливо і використання його економічно доцільно.

Збалансоване забезпечення запасними частинами ремонтних підприємств і сфери експлуатації машин і устаткування, як показують техніко-економічні розрахунки, доцільно здійснювати з урахуванням періодичного поновлення працездатності деталей, відновлених сучасними методами.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5—8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20 — 30 разів менше металу і матеріалів, ніж при виготовленні нових. Наприклад, понад 90 % деталей, віднесених до категорії повністю непридатних до подальшої роботи, мають знос всього 0,1—0,3 мм по діаметру, тобто втратили менше 0,5—0,1 % маси, і після відновлення 65—75 % їх загальної кількості практично можна використати вдруге. При капітальному ремонті техніки повторно після відновлення використовують до 70% деталей. Трудомісткість відновлення деталей становить 45..55 % загальної трудомісткості капітального ремонту. Собівартість відновлення звичайно не перевищує 60...70 % преїскурантної вартості нової деталі.

Для відновлення не потрібні затрати на виготовлення заготовок, не потрібно обробляти незношені поверхні. Суттєвим є можливість зміцнення поверхонь, які в процесі роботи зазнають найбільшого зносу, з врахуванням умов експлуатації.

Для виробничих умов розроблена технологія відновлення деталей, яка часто використовується. Важливим етапом проектування техно-

логічних процесів відновлення є вибір найбільш раціонального способу з врахуванням технічних, економічних і організаційних вимог. При цьому необхідно враховувати умови роботи деталей в спряженнях, технологічні можливості конкретного підприємства.

Залежно від ступеня пошкодження і конструкції деталей затрати на їх відновлення становлять 15... 50 % вартості нових. При цьому чим дорожча і складніша деталь, тим нижча відносна вартість її відновлення. Низька вартість відновлення деталей зумовлена рядом факторів: не потрібні технологічні операції виготовлення заготовки; відновлюються тільки поверхні, на яких є недопустимі пошкодження; витрачається мало матеріалів. Крім того, організація відновлення деталей дає можливість зменшити випуск товарних запасних частин, тобто знизити собівартість ремонту машин. Впровадження централізованого відновлення деталей, широке застосування потокових ліній, автоматизація процесів ремонту деталей, машин та механізмів сприяє підвищенню ефективності ремонту.

Відновлення деталей машин забезпечує економію високоякісного металу, палива, енергетичних і трудових ресурсів, а також раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5—8 разів менше технологічних операцій у порівнянні з виготовленням нових деталей.

Висока якість відновлення деталей може бути досягнута спільними зусиллями інженерно-технічних працівників і робітників ремонтних ділянок. Важливо, щоб працівники, зайняті ремонтом машин і устаткування, знали не тільки призначення, конструкцію, знос і несправності деталей, але й досконало володіли сучасними способами і прийомами зварювання і наплавлення, нанесення гальванічних, газотермічних і полімерних покриттів; пластичного деформування; механічної, термічної й зміцнювальної обробки.

Технологічні процеси відновлення деталей у посібнику викладені з указівкою прийомів їхнього здійснення безпосередньо на робочих місцях з конкретизацією застосовуваного устаткування, матеріалів і раціональних технологічних режимів операцій.

Необхідно приділяти технічному обслуговуванню і ремонту раніше випущених машин не менше уваги, ніж виробництву нових. При цьому вагомими стають технологічні способи відновлення деталей сучасними методами. Про це свідчать швидкі темпи виготовлення засобів обслуговування і ремонту. У технологічних процесах ремонту агрегатів і машин, а також відновлення деталей, закладаються такі рішення, які забезпечують високу якість і надійність відремонтованої техніки, а ресурс відновлених деталей — не нижче нових.

1 НЕСПРАВНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

1.1 Зміна технічного стану машин і виникнення дефектів деталей

Утворення і розвиток несправностей у машині пояснюється дією об'єктивно існуючих закономірностей. Несправності машин з'являються в результаті постійного чи раптового зниження фізико-механічних властивостей матеріалу деталей, їх стирання, деформування, змінання, корозії, старіння, перерозподілу залишкових напруг і інших причин, які викликають руйнування деталей. У більшості випадків відбуваються зміни в сполученнях — порушення заданих зазорів у рухомих з'єднаннях чи натягів у нерухомих. Практично будь-яка несправність є наслідком зміни складу, структури чи механічних властивостей матеріалу, конструктивних розмірів деталей і стану їх поверхонь.

Поява несправностей обумовлена конструктивними, технологічними й експлуатаційними факторами.

До конструктивних факторів відносяться: розрахункові навантаження, швидкості відносного переміщення, контактний тиск, матеріали, їхні фізико-механічні характеристики і структура, конструктивне виконання деталей і складальних одиниць, форма і величина зазорів чи натягів у з'єднаннях, макрогеометрія, шорсткість і твердість поверхонь, умови мащення й охолодження деталей. При конструюванні і виробництві машин закладаються певні експлуатаційні показники, які забезпечують виконання машиною заданих функцій, тобто задаються функціональні, а також інші її якісні властивості, які оцінюються відповідними параметрами. До функціональних параметрів можна віднести, наприклад, тягове зусилля трактора, потужність двигуна, питому витрату палива.

Технологічними факторами є прийоми, способи, точність і стабільність одержання заготовок, види механічної, термічної, зміцнюючої й фінішної обробки при виготовленні деталей, правильність складання, регулювання, обкатки і випробовування вузлів, агрегатів і машин.

Експлуатаційні фактори впливають на збереження властивостей елементів машин, які забезпечуються їхньою конструкцією й технологією виготовлення.

До експлуатаційних відносяться фактори:

обумовлені призначенням машин, їх режимами, а також інтенсивністю експлуатації;

незалежні від призначення машини (умови експлуатації, своєчасність і повнота технічного обслуговування й ін.).

Наприклад, дослідження деталей типу валів і осей автомобіля ГАЗ-53, тракторів К-700, Т-150К, Т-74, МТЗ-80 і комбайнів показали, що більшість деталей у процесі експлуатації піддаються дії змінних навантажень. Ці деталі сприймають чотири види навантаження: однобічний згин, однобічне кручення, змінний згин і змінний згин із крученням (випробовуван-

ням змінними навантаженнями піддаються більше 70 % деталей). Близько 75 % циліндричних поверхонь мають різні концентратори напруг: галтели, пази під шпонки, кільцеві канавки, отвори, лиски і різьби.

Різний термін служби (ресурс) деталей обумовлений багатьма причинами. Основними з них є такі: розмаїтість функцій деталей у машині; широкий діапазон зміни діючих на деталі навантажень; наявність як активних (рухомих), так і пасивних (нерухомих) деталей; розмаїтість видів тертя в з'єднаннях; використання в з'єднаннях деталей з різних матеріалів, викликане необхідністю зниження сил тертя; відхилення у властивостях матеріалів; точність і якість обробки деталей спряжень; умови експлуатації.

У процесі експлуатації машини на її елементи (спряження і деталі) діють шкідливі чинники і руйнівні процеси, які призводять до погіршення функціональних властивостей, змінюючи їх технічний стан. Рівень технічного стану машини характеризує її здатність (або нездатність) виконувати задані функції і оцінюється зіставленням фактичних значень параметрів із заданими у технічній документації.

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує машина, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо.

До основних видів руйнівних процесів можна віднести: тертя і зношування деталей, пластичне деформування, явище втомлюваності, корозію.

Під час роботи машини мають місце шкідливі впливи і процеси, які створюють напружені режими функціонування окремих складових її частин, особливо двигуна. Наприклад, відкладання накипу і нагару, а також вібрація сприяють підвищенню інтенсивності руйнівних процесів, які погіршують технічний стан деталей.

Крім того, деталям машин властиве старіння — самостійний перехід матеріалу з нестабільного стану у стабільний. Воно пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. У випадку старіння має місце деформація деталей, особливо відчутна для великогабаритних, складних за конструкцією і відповідальних деталей. Ось чому при виробництві машин такі деталі, як блок циліндрів двигуна і корпуси агрегатів трансмісії, піддають попередньому (до обробки) природному (на повітрі) або штучному (прискореному за рахунок підвищення температурних умов) старінню з тим, щоб після механічної обробки не було деформацій, які викликають похибки в геометрії оброблених поверхонь.

Складний та багатофакторний процес фізичного старіння машин та іншої техніки — неминучий і об'єктивний, безперервний і природний, хоча інтенсивність його виявлення у значній мірі залежить від якості самих машин, їх технічного обслуговування в процесі експлуатації, якості ремонту, тобто пов'язана зі сферою виробництва, експлуатації і ремонту.

1.2 Характерні несправності деталей

Несправності деталей машин можна розділити на три групи: зношування, механічні ушкодження і хіміко-теплові ушкодження.

У залежності від умов роботи всі деталі за видами зношування можна розбити на п'ять груп. До першої групи відносяться деталі ходової частини машин, для яких основним фактором, що визначає їхню довговічність, є абразивне зношування; до другої групи (шліцові деталі, зубчаті муфти, вінці маховиків) — деталі, у яких основним фактором, що лімітує довговічність, є знос внаслідок пластичного деформування; до третьої групи (гільзи, головки блоків циліндрів, розподільні вали, штовхальники, поршні, поршневі кільця) — деталі, для яких домінуючим фактором є корозійно-механічне чи молекулярно-механічне зношування; до четвертої групи (шатуни, пружини, болти шатунів) — деталі, довговічність яких лімітується границею витривалості; до п'ятої групи (колінчасті вали, поршневі пальці, вкладиші підшипників, окремі зубчасті колеса коробки передач і ін.) — деталі, у яких довговічність залежить одночасно від зносостійкості тертьових поверхонь і границі витривалості матеріалу деталей.

Деякі деталі мають кілька робочих поверхонь, що працюють у різних умовах. По найбільш зношуваних поверхнях чи найбільш ймовірній ознаці руйнування ці поверхні варто віднести до тієї групи, по якій лімітується термін служби деталі.

Деталі з перерахованих груп можна поділити на класи з метою встановлення граничних зносів і обґрунтування способів відновлення. Більшість (70 %) основних деталей, що зношуються і підлягають відновленню, працюють у сполученні типу вал-підшипник.

Згідно з рекомендаціями ГОСТ 27674—88 та з урахуванням проекту ДСТ України основною ознакою класифікації зношування є вид зношування. Розглянемо характеристики процесів зношування, які відносяться до кожної ознаки.

Механічне зношування відбувається в результаті механічної дії при терті.

Абразивне зношування — це механічне зношування внаслідок різальної або дряпальної дії твердих тіл або частин, яке є найпоширенішим видом зношування техніки.

Абразивне зношування може відбуватися у випадку тертя спряжених деталей і має місце під час руху тіла в абразивному середовищі.

Абразивні частинки можуть потрапляти на поверхні тертя ззовні (наприклад, з пилом ґрунтового походження, із забрудненим мастилом), знаходитися у металі тертьових деталей (тверді структурні складові) або утворюватися у процесі тертя (металеві продукти зношування).

В абразивному середовищі процес зношування характеризується мікрорізанням і багаторазовим пластичним, деформуванням одних і тих же

мікрооб'ємів металу, в результаті якого має місце втомлюване руйнування поверхневого шару.

У випадку абразивного зношування лінійний знос пропорційний питомому навантаженню і шляху тертя, значно залежить від твердості матеріалу, а також твердості та розміру зерен абразиву.

Гідроабразивне і газоабразивне зношування — абразивне зношування в результаті дії твердих тіл або твердих частинок, які забираються відповідно потоком рідини (наприклад, зношування лопаток насоса, що подає воду, яка містить пісок) або газу.

При гідро- і газоабразивному зношуванні також діє механізм розглянутого вище абразивного зношування, але з меншою інтенсивністю внаслідок менших питомих навантажень на матеріал.

Гідроерозійне зношування — механічне зношування поверхні в результаті дії потоку рідини.

Газоерозійне зношування — механічне зношування поверхні в результаті дії потоку газу. Гідро- і газоерозійне зношування часто поєднуються з іншими видами зношування.

Кавітаційне зношування — механічне зношування під час руху твердого тіла відносно рідини, за якого бульбашки газу лопаються біля поверхні, що створює місцевий високий питомий тиск або високу температуру.

Кавітація виникає там, де порушується суцільність відносного потоку рідини, в результаті чого утворюються порожнини, заповнені повітрям або паром. Ці, так звані кавітаційні бульбашки, знаходячись біля поверхні металу, зменшуються з великою швидкістю і потім розриваються, що призводить до гідравлічного удару рідини по поверхні металу. При накладанні на поверхню металу великої кількості таких ударів утворюються каверни діаметром 0,2—1,5 мм, навколо яких з'являються напливи, що створюють враження видавлених кратерів. Таким чином, вид руйнування металу в чистій воді свідчить про те, що поверхня металу схильна до механічної дії. Допоміжне значення при кавітаційному зношуванні може мати і корозійний фактор, який знижує опір металу циклічним механічним діям.

Кавітаційному зношуванню піддаються гвинти і лопаті турбін. У двигунах внутрішнього згорання цей вид зношування спостерігається на поверхні гільз циліндрів (з боку сорочки), охолоджуваних потоком води.

Втомне зношування — механічне зношування в результаті втомлюваного руйнування при вторинному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару.

Зношування при фретингу — механічне зношування тіл, що контактують при малих коливальних відносних переміщеннях.

Адгезійне зношування відбувається у результаті локального з'єднання двох твердих тіл, що труться, і глибинного виривання матеріалу з їх поверхневих шарів.

Механічно-хімічне зношування є результатом механічної дії при терті, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу із середовищем.

Окислювальне зношування — механічно-хімічне зношування, при якому переважає хімічна реакція матеріалу з киснем або окислюючим середовищем.

Кисень повітря, взаємодіючи з металом, утворює на ньому окисну плівку, яка значно впливає на процес тертя. У випадку тертя в умовах мащення метал окислюється киснем, розчиненим у маслі. Окисні плівки у місцях контактування поверхонь захищають метали від безпосереднього наближення до відстані, при якій можливе схлоповування. Нездатність самих окисних плівок до схлоповування обумовлена їх неметалічною природою.

Під час тертя окисні плівки поступово стираються або, відриваючись, видаляються мастилом. Потім окисні плівки утворюються знову. Таким чином, окисне зношування являє собою зношування безперервно відновлюваних окисних плівок.

Зношування при фретинг-корозії — це механічно-хімічне зношування поверхонь тіл при малих коливальних відносних переміщеннях.

Механізм зношування при фретинг-корозії являє собою зношування, яке викликають окисні плівки, що відокремлюються від поверхонь деталей, що контактують. Ці плівки діють як абразиви, які внаслідок малих відносних переміщень деталей затримуються в межах контакту. За іншою теорією відокремлюються частинки металу, які відразу ж окиснюються, перетворюючись в абразив.

Зношуванню при фретинг-корозії піддаються, наприклад, місця посадки підшипників кочення корпусних деталей.

Електроерозійне зношування виникає в результаті дії на поверхню тертя розрядів при проходженні електричного струму.

В реальних умовах роботи спряжених деталей найчастіше поєднуються декілька видів зношування.

У деяких умовах тертя поєднання двох різних видів зношування може призвести до нових явищ. Прикладом цьому є зношування при фретинг-корозії — поєднання абразивного зношування з окисним у певних умовах контактування поверхонь.

Приблизне уявлення про швидкості зношування можна одержати з таких даних, мкм/год: окисне зношування — 0,1—0,5; абразивне — 0,5—5,0; адгезійне зношування — 10—15.

Швидкість зношування суттєво знижується в умовах тертя за наявності мащення. Мащення за типом поділу поверхонь тертя мастильним шаром поділяється на три основних види: гідродинамічне (повний поділ поверхонь тертя здійснюється в результаті тиску, що виникає в шарі рідини при відносному русі поверхонь), граничне (зношування і тертя між поверхнями, що рухаються одна відносно одної, визначаються властивостями поверхонь і мастильного матеріалу, відмінними від об'ємної в'язкості) і

змішане (здійснюється частково гідродинамічне, частково граничне мащення). Прикладом такого мащення може бути мащення корінних підшипників колінчастого вала.

1.3 Класифікація дефектів

Класифікація дефектів дозволяє правильно вибрати технологічні процеси відновлення деталей, особливо типові; обґрунтувати раціональну спеціалізацію підрозділів, зайнятих відновленням; робити укрупнені розрахунки трудових і матеріальних витрат, пов'язаних з відновленням; планувати виробництво.

Дефект — кожна окрема невідповідність продукції устанавленим вимогам.

Дефект, що усувається — дефект, усунення якого технічно можливе й економічно доцільне.

Величина {масштаб} дефектів — кількісна характеристика відхилення фактичних розмірів і (чи) форми деталей і їхніх поверхонь від номінальних значень з урахуванням припуску на підготовчу обробку перед відновленням.

Дефекти відносяться як до окремих поверхонь, так і до деталей у цілому. Також суттєво впливає на природу дефектів наявність тертя.

Дефекти поверхонь деталей класифікуються за невідповідністю розмірів (74,9 %), форми (19,5 %), шорсткості (4,9 %), фізико-механічних властивостей (0,2 %) і порушенням цілості (0,5 %).

Розрізняють такі групи дефектів, що відносяться до деталей у цілому: порушення цілості (тріщини, обломи, розриви й ін.); невідповідність форми (вигин, скручування, вм'ятини й ін.) і розмірів деталей. Може бути і поєднання дефектів.

При виборі способу і технології відновлення велике значення мають розміри дефектів; виділяються три групи розмірів — до 0,5 мм; 0,5...2 мм і більше 2 мм.

Кількісна оцінка розмірів дефектів необхідна при визначенні відхилень розмірів і форми.

При автоматичній обробці інформації за допомогою ЕОМ інформація про види дефектів, їхні поєднання і величини кодується з урахуванням наведених раніше показників.

Імовірність появи дефектів кількісно оцінюється на підставі обробки статистичних матеріалів і характеризується коефіцієнтами повторюваності дефектів.

Коефіцієнт повторюваності дефекту

$$K_{п.д} = n_d / n_B,$$

де n_D — число деталей з даним дефектом із загальної кількості продефектованих; n_B — загальне число продефектованих ремонтпридатних деталей.

Якщо на відносне положення поверхонь деталей накладені жорсткі допуски співвісності, перпендикулярності, биття, паралельності, у процесі відновлення однієї поверхні можуть з'являтися неприпустимі відхилення розташування інших поверхонь. У цьому випадку необхідно нарощувати усі взаємозалежні поверхні незалежно від того, що дефекти мають тільки деякі з них, і вести механічну обробку від єдиних баз.

Загальний коефіцієнт повторюваності дефектів знаходять за формулою

$$K_{П.Д.О} = 1 - (1 - K_{П.Д}^{\max}) \prod_{i=1}^n (1 - K_{П.Д.и})^{1/n},$$

де $K_{П.Д}^{\max}$ — коефіцієнт повторюваності дефекту поверхні з максимальним значенням коефіцієнта (з мінімальним ресурсом); $K_{П.Д.и}$ — коефіцієнти повторюваності дефектів інших поверхонь; n — число взаємозалежних поверхонь.

Ремонтпридатні деталі машин характеризуються коефіцієнтами відновлення.

Коефіцієнт відновлення визначають за формулою

$$K_B = K_{Г.В} \cdot K_G / (1 + K_{Г.В}^m \cdot K_G^m),$$

де обумовлене відновлення визначається за формулою

$$K_{Г.В} = n_B / n_{ДЕФ},$$

де n_B — число деталей даного найменування, що підлягають відновленню (ремонтпридатних); $n_{ДЕФ}$ — загальне число деталей даного найменування, що підлягають дефектації.

1.4 Критерії граничного стану деталей та спряжень

Під час ремонту має бути відновлена не тільки роботоздатність (або справність) машини, але й її міжремонтний ресурс. Тому у машини залишають для подальшої експлуатації тільки ті деталі і спряження, залишковий ресурс яких дорівнює або перевищує міжремонтний ресурс агрегату або машини. У зв'язку з цим граничний стан деталей і спряжень під час

ремонту набуває трохи іншого змісту і визначається як допустиме при ремонті (або просто допустиме) значення параметра стану.

Таким чином, *допустимим значенням параметра стану* називається таке його значення, за якого залишковий ресурс деталі або спряження дорівнює міжремонтному ресурсу окремого елемента (вузла, агрегату) або машини в цілому.

До параметрів граничного (допустимого) стану деталей і спряжень відносяться граничні значення зазору у спряженнях, розміру або зносу елементів деталі, похибки форми (овальність, конусоподібність тощо) і взаємного розміщення осей та поверхонь (неспіввісність, радіальне биття тощо), а також параметрів пружності пружин, поршневих кілець тощо.

Значення параметрів граничного (допустимого) стану деталей і спряжень обумовлюються в технічній документації. Для ремонту машин такою документацією є технічні вимоги на дефектацію для конкретної марки машини.

Граничні і допустимі значення геометричних та інших параметрів можуть бути встановлені шляхом: теоретичних розрахунків; масового мікрометражного вимірювання деталей, які надійшли на ремонт, і відповідного статистичного аналізу даних; спеціальних випробувань (прискорених або експлуатаційних); порівняння з попередньою конструкцією (на першому етапі виробництва нової машини).

Граничні параметри деталей і спряжень не можуть бути призначені довільно.

Граничні параметри встановлюються за технічним, технологічним і економічним критеріями.

Застосування того або іншого критерію залежить від призначення машини та її вузла чи механізму. При цьому один з критеріїв матиме основне значення, інші можуть бути допоміжними або контрольними.

Технічний критерій. За цим критерієм встановлюють граничні параметри деталей і спряжень з урахуванням міцності, характеру зміни діючих навантажень, умов тертя, теплової напруженості, властивостей поверхонь тертя тощо. При цьому граничні параметри деталей визначаються моментом різкого підвищення інтенсивності зношування або припиненням роботи механізму.

Технологічний критерій (критерій якості). За ним граничні параметри деталей і спряжень встановлюються, виходячи з норм на зміну показників якості роботи машини або її агрегатів та вузлів. Цей критерій може бути основним для робочих органів автомобілів і механізмів, які керують ними, оскільки головним призначенням їх деталей і спряжень є забезпечення певної якості роботи автомобіля.

Економічний критерій є основним для механізмів, які керують процесами подачі палива у двигун, його згорання, відведення продуктів згорання тощо.

У більшості випадків основні деталі досягають свого граничного стану не тому, що знос викликає небезпеку їх поломки, а тому, що із збільшенням зазорів у спряженнях погіршуються робочі параметри двигуна (знижується потужність, збільшується питома витрата палива тощо), а значить і знижується продуктивність машини та збільшуються витрати експлуатаційних матеріалів, що впливає на економічність.

Одним із поширених параметрів економічного критерію граничного стану вузла, агрегату або машини є оптимальна довговічність, тобто такий ресурс або строк служби, за якого досягається мінімум витрат на її придбання, експлуатацію і ремонт, що припадають на одиницю продукції або одиницю наробітку.

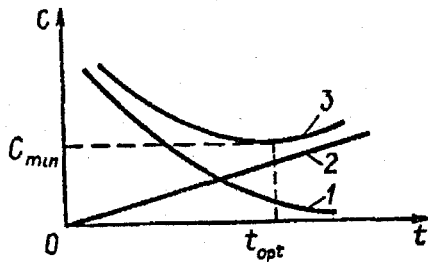


Рисунок 1 - Схема визначення економічно оптимального ресурсу машин: 1 — амортизаційні, 2 — експлуатаційні, 3 — сумарні витрати

Експлуатація машини після оптимального часу t_{opt} , а відповідно і її зношування, викликає такі збільшення витрат, які можуть бути прийняті як граничні.

1.5 Методи оцінки зносу деталей машин

Методи оцінки зносу деталей розділяють на виробничі і лабораторні. До виробничого відноситься метод мікрометрування деталей і метод прямої оцінки за зміною експлуатаційних характеристик спряжень, до лабораторних (дослідницьких) методів — зважування деталей, визначення кількості заліза в оливі картера, застосування радіоактивних ізотопів, метод штучних баз, профілографування.

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

Оцінка зносу за зміною експлуатаційних характеристик чи спряжень вузла широко використовується у виробництві. Наприклад, знос деталей

масляного насоса побічно може бути визначений за падінням тиску оливи, знос деталей поршневої групи двигуна — за пропусканням газів у картер двигуна, знос рухомого sprzęження — за зміною його температури в процесі експлуатації, наприклад у підшипниках ковзання і т.д.

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

Визначення кількості заліза й інших продуктів зносу в оливі полягає в хімічному аналізі відпрацьованої оливи. Недоліком способу є неможливість визначення зносу кожної деталі вузла. Перевага — відсутність необхідності розбирання агрегату.

Метод радіоактивних ізотопів оснований на використанні ізотопів вольфраму, сурми чи кобальту, що вводяться в поверхневий шар робочої поверхні деталі. Інтенсивність випромінювання оливи, що реєструється спеціальними приладами (лічильниками), є показником інтенсивності зношування деталі.

Метод штучних баз, запропонований М. М. Хрущовим і Е. С. Берковичем, полягає в нанесенні на робочу поверхню нової деталі спеціального поглиблення (лунки) чи виточки. За зміною розміру поглиблення після визначеного часу експлуатації визначають розрахунком лінійне зношування у межах цієї поверхні.

Метод профілографування оснований на визначенні за допомогою профілографа дуже малих зносів таких деталей, як поршневі пальці, плунжери.

Контрольні запитання

1. Якими факторами обумовлена поява несправностей деталей машин?
2. Проаналізуйте види руйнівних процесів.
3. Які величини суттєво впливають на вибір способу і технології відновлення деталей?
4. Чим характеризується ймовірність появи дефектів?
5. Охарактеризуйте ознаки за якими проводиться класифікація дефектів.
6. Дайте оцінку параметрів граничного (допустимого) стану деталей і sprzęжень.
7. За якими критеріями встановлюються граничні параметри?
8. Як визначається економічно оптимальний ресурс машин?
9. Охарактеризуйте методи оцінювання зношування деталей.

2 МЕТОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

2.1 Класифікація методів відновлення деталей

В процесі виготовлення деталі спряжень набувають необхідних якостей відповідно до вимог технічної документації (форма, розміри і шорсткість поверхні, властивості матеріалів тощо). Під час експлуатації деталі машин та механізмів втрачають свої початкові розміри, геометричну форму і властивості матеріалу, тобто зазнають змін, які пов'язані з різними пошкодженнями, наприклад нагромадження втомленості, спрацювання поверхонь тертя, корозія, деформація. Більшість деталей з такими дефектами у процесі ремонту має бути відновлена. Мета відновлення — поновити міцність, форму і розміри деталей, якість поверхневого шару: шорсткість поверхні, захисні покриття, тобто надати деталям необхідний ресурс.

Під час відновлення деталям необхідно повернути міцнісні властивості, які вони втратили в результаті високих навантажень, нагромадження втомленості, деформацій в деталі або в конструктивному вузлі. Деталі, які зазнають тертя або нагрівання, в процесі експлуатації втрачають розміри, форму і взаємне розташування поверхонь. У цьому випадку під час відновлення деталям слід повернути форму і розміри, задані технічною документацією.

Виникнення несправностей обумовлене конструктивними, технологічними й експлуатаційними факторами. Коли машина вийшла з ладу, то це не означає, що всі деталі та спряження втратили свої якості. Відомо, що при нормальній експлуатації механізми виробляють закладений ресурс через 3-4 роки при розрахунковому терміні служби 10 років і більше. Створювати техніку, яка не потребує ремонту економічно недоцільно і технічно неможливо.

Терміни “відновлення” і “ремонт” деталей розглядаються як технологічні процеси, реалізація яких спрямована на відновлення початкових властивостей деталей, але відрізняються вони за рівнем досягнення цих властивостей

Відновлена деталь повинна мати повну взаємозамінність за розмірно-точнісними параметрами, а фізико-механічні та інші властивості поверхневих шарів і в об'ємі матеріалу забезпечувати ресурс до граничного стану не нижче ніж у нової деталі (якщо інше не обумовлене діючою нормативно-технічною документацією). Відновити спрацьовану деталь — значить поновити початкові геометричні, фізико-механічні, фізико-хімічні та інші властивості, порушені в результаті дії експлуатаційних факторів (відновити розміри, геометричну форму, структуру, фізико-механічні властивості) відповідно до технічних вимог документації.

Відремонтована деталь повинна перейти із нероботоздатного у роботоздатний стан, маючи при цьому як повну, так і неповну взаємозамін-

ність, а відповідні технологічні операції забезпечувати її ресурс не менше як до наступного чергового ремонту.

Ремонт і відновлення уникнути неможливо й економічно недоцільно. Більшість зношених деталей мають високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20-30 разів менше металу, ніж при виготовленні нових. Наприклад, понад 90% деталей віднесених до категорії повністю непридатних, мають зношення всього 0,1-0,3 мм по діаметру, тобто втратили менше 0,05-0,1 маси, і після відновлення 65-75% їх загальної кількості практично можна використовувати в дуге.

Затрати на відновлення деталей суттєво залежать від ступеня пошкодження і становлять 15...50 % вартості нових. При цьому чим дорожча й складніша деталь, тим нижча відносна вартість її відновлення. Низька вартість відновлення, зумовлена рядом факторів: виключаються технологічні операції виготовлення заготовки; відновлюються тільки поверхні на яких є недопустимі пошкодження; витрачається мало матеріалів.

Основною особливістю дефектів, які виникають внаслідок зношування, є необхідність компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару. При цьому в загальному випадку технологічний процес за своїм призначенням повинен складатися з трьох технологічних частин: компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару; відновлення розмірно-точнісних характеристик; зміцнення відновленого поверхневого шару.

Кожна із складових частин технологічного процесу класифікується за технологічними способами. Наведені складові частини технологічного процесу і відповідні їм способи виконання найчастіше пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова частина процесу, наприклад компенсація зношування опорного котка трактора електрошлаковим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до іншої для парних деталей може бути різною.

Відновлення деталі — комплекс операції для усунення її основних дефектів, який забезпечує поновлення роботоздатності і параметрів, установлених у нормативно-технічній документації. До відновних відносять операції, пов'язані з технологічною дією, яка змінює геометричну форму або внутрішній стан матеріалу деталей.

Роботоздатність спряження можна відновити двома способами: наданням деталям правильної геометричної форми та необхідної якості поверхні і забезпеченням їхніх початкових характеристик.

У першому випадку в результаті механічної обробки деталей набуває правильної геометричної форми, потрібних властивостей поверхневого шару і нового розміру, що називається ремонтним, у другому — спряженим деталям різними способами відновлюють початкову форму й розміри, а також поверхневі властивості матеріалів.

Відновити геометричну форму і розміри деталі можна, виконуючи такі технологічні операції: нарощування поверхневих шарів матеріалу замість спрацьованого; пластичне деформування для відновлення розмірів спрацьованих ділянок деталі; заміна частини матеріалу деталі після обробки її поверхневих шарів. До операції відновлення фізико-механічних властивостей матеріалу деталей слід віднести усунення дефектів і зміцнення матеріалу тим чи іншим видом обробки для ослаблення шкідливої дії мікропошкоджень у найвідповідальніших ділянках деталей.

Технологічні способи відновлення деталей можна об'єднати у дві групи: способи нарощування і способи обробки. До першої групи належать способи, при яких спрацьований матеріал деталі компенсують нанесенням інших матеріалів, у тому числі синтетичних. До них належать зварювання і наплавлення, напилювання, металізація, паяння, напеснення електролітичних металопокриттів та полімерних матеріалів.

До способів обробки віднесено технологічні способи, які прийнято називати способами обробки, наприклад обробка тиском, слюсарно-механічна обробка, електричні способи обробки, зміцнювальна обробка тощо.

Слюсарно-механічну обробку використовують як самостійний спосіб ремонту деталей, а також під час обробки під ремонтні розміри і в разі установаження додаткових ремонтних деталей. Крім того, вона необхідна в ряді випадків під час ремонту іншими способами (гальванічними покриттями, зварюванням і наплавленням).

Обробка деталей тиском ґрунтується на використанні властивостей металів змінювати під дією зовнішніх сил геометричну форму і розміри без руйнування. Цей спосіб ремонту включає випрямлення, осадку, роздавання і обтискування.

Ремонт деталей зварюванням і наплавленням полягає в тому, що на спрацьовані поверхні деталей наплавляють метал, після чого їх піддають механічній обробці. Крім того, цей спосіб застосовують, коли треба усунути на деталях механічні пошкодження (тріщини, пробіни тощо).

Ремонт деталі напилюванням полягає в тому, що на відповідно підготовлену поверхню деталі за допомогою спеціального апарата — металізатора напилюють стиснутим повітрям або інертним газом розплавлений метал. Після цього деталь обробляють під потрібний розмір.

Ремонт деталей нанесенням гальванічних і хімічних покриттів полягає в електролітичному або хімічному осадженні металу на підготовлену поверхню. Найбільшого поширення набуло хромування й насталювання. Крім цих покриттів, застосовують також обміднення й нікелювання, які відіграють роль проміжних технологічних процесів. Наприклад, їх застосовують як підшарок при захисно-декоративному хромуванні, а обміднення — для захисту поверхонь деталей під час цементації.

Ремонт деталей клейовими сумішами і пластмасами включає в себе ліквідацію вм'ятин, пробоїн та тріщин, з'єднання зруйнованих ділянок клейовими сумішами, покриття пластмасами тощо.

З усіх способів ремонту спрацьованих деталей найпрогресивніші — покриття металами (наплавлення, хромування, насталювання) або пластмасами. У виробничих умовах розроблені й реалізовані десятки різних способів відновлення деталей.

Вибір найбільш прийняттого способу складається в технічному, економічному й організаційному аналізах вимог до відновлених деталей з урахуванням умов їх роботи у спряженнях, виробничої програми, оснащеності підприємств, забезпеченості матеріалами, енергією, робочою силою й іншими конкретними заходами. Проте найраціональнішим способом ремонту деталі буде той, який гарантуватиме найбільший строк служби відремонтваної деталі при найменших затратах.

Технічні можливості різних способів відновлення й область їх застосування наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Способи відновлення деталей

Спосіб відновлення	Область застосування
<i>Зварювання:</i> ручне дугове	Зварювання тріщин, обломів, приварка накладок, вставок, латок, наплавлення зносостійких матеріалів
автоматичне і механізоване аргонодугове	Зварювання тріщин, обломів, приварка накладок, вставок, латок, зварювання тонколистового матеріалу. Зварювання і наплавлення алюмінію і корозійно-стійкої сталі.
газове	Зварка тріщин, приварка обломів, зварювання тонколистового матеріалу.
контактне тертям	Зварювання тонколистового матеріалу. Стикове зварювання деталей і їх елементів різної конфігурації при підвищених вимогах до якості зварювального з'єднання.
термітне електрошлакове	Зварювання великогабаритних і масивних деталей Приварка обломів, зварювання великогабаритних деталей
електронно-променеве	Зварювання відповідальних деталей з високою точністю
ультразвукове	Зварювання кольорових металів, сталі, негабаритних деталей
високочастотне вибухом	Зварювання корозійно-стійкої сталі Зварювання різнорідних матеріалів

Продовження таблиці 1

<p>тиском</p> <p>дифузійне у вакуумі</p> <p>ковальське</p>	<p>Зварювання деталей і елементів різних за конфігурацією</p> <p>Зварювання дрібних відповідальних деталей з високою точністю</p> <p>Зварювання невідповідальних деталей з невисокою точністю при підвищених вимогах до міцності зварного з'єднання</p>
<p><i>Наплавлення:</i></p> <p>дугове під флюсом</p>	<p>Наплавлення деталей з діаметром більшим 50 мм з підвищеними вимогами до якості наплавленого матеріалу і товщиною наплавленого шару більше 1мм</p>
<p>дугове у вуглекислому газі</p> <p>дугове з газополуменим захистом</p> <p>вібродугове</p> <p>дугове порошковим дротом</p> <p>чи стрічкою</p> <p>дугове в середовищі аргону</p> <p>контактне</p> <p>газове</p> <p>плазмове</p> <p>багатоелектродне під флюсом</p> <p>лежачим електродом</p> <p>електроімпульсне</p> <p>електроіскрове</p> <p>електрошлакове</p> <p>рідким металом</p>	<p>Наплавлення сталевих деталей діаметром більше 16 мм широкої номенклатури, що працюють у різних умовах</p> <p>Наплавлення сталевих і чавунних деталей, що працюють у різних умовах</p> <p>Наплавлення сталевих деталей, що працюють у різних умовах при невисоких вимогах до опору втомлюваності</p> <p>Наплавлення зносостійких шарів на деталях, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, ударних навантажень у вузлах тертя</p> <p>Наплавлення алюмінієвих деталей і деталей з корозійно стійкої сталі</p> <p>Наплавлення гладких циліндричних зовнішніх і внутрішніх поверхонь із зносами не більшими 1мм</p> <p>Наплавлення циліндричних і профільних поверхонь із місцевим зносом при підвищених вимогах до зносостійкості</p> <p>Наплавлення відповідальних деталей при підвищених вимогах до зносостійкості й опору втоми</p> <p>Наплавлення деталей зі значним зносом по площині й площі</p> <p>Наплавлення плоских поверхонь і поверхонь складної конфігурації зі значним зносом</p> <p>Наплавлення зовнішніх циліндричних поверхонь із зносом до 0,5 мм з обмеженням температури нагрівання деталі</p> <p>Нарощування і зміцнення поверхонь із зносом до 0,2 мм при невисоких вимогах до суцільності покриття</p> <p>Наплавлення деталей зі значними зносами, що перевищують 6 мм по товщині</p> <p>Наплавлення деталей зі значним зносом (не менше 3</p>

Продовження таблиці 1

з одночасним деформуванням з одночасним різанням	мм) при підвищених вимогах до зносостійкості і знижених вимогах до ударних навантажень
лазерне	Наплавлення деталей переважно із зовнішнім шліцьовим профілем Наплавлення й обробка зносостійких матеріалів у нагрітому стані, обробка яких у холодному стані неможлива
високочастотне	Наплавлення зносостійких матеріалів на відповідальні деталі й деталі зі складним профілем
високочастотне у вогнетривкому середовищі	Наплавлення зносостійких матеріалів на робочі органи й леза
<i>Нанесення газотермічних покриттів:</i>	Наплавлення провущин і цівок ланок гусениць
полуменеве порошковими матеріалами без оплавлення	Зовнішні чи внутрішні циліндричні поверхні нерухомих сполучень при невисоких вимогах до міцності зчеплення з основним матеріалом
полуменеве порошковими матеріалами з оплавленням	Зовнішні чи внутрішні циліндричні поверхні нерухомих сполучень при підвищених вимогах до міцності зчеплення з основним матеріалом
плазмове порошковим матеріалом	Зовнішні чи внутрішні циліндричні поверхні
плазмове суцільним дротом	Те ж
іонно-плазмове	Нанесення зносостійких і захисних покриттів з особливими властивостями товщиною до 0,02 мм
детонаційне	Нанесення зносостійких покриттів з особливими властивостями
дугове	Зовнішні чи внутрішні циліндричні поверхні з невисокими вимогами до міцності зчеплення
високочастотне	Те ж

Продовження таблиці 1

<p><i>Холодне пластичне деформування:</i></p> <p>роздача</p> <p>роздача з одночасним витягуванням</p> <p>витягування</p> <p>розкатування</p> <p>дорнування і</p> <p>калібрування</p> <p>протягування</p> <p>осадка</p> <p>виправлення</p> <p>накатування</p> <p>обтискання</p> <p>карбування</p>	<p>Відновлення зовнішніх поверхонь порожнистих деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру</p> <p>Відновлення спеціальним деформуючим інструментом зовнішніх поверхонь і довжини порожнистих деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру</p> <p>Відновлення довжини деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру</p> <p>Закріплення додаткових ремонтних деталей в отворах , наприклад, звернутих кілець. Зміцнення.</p> <p>Відновлення поверхонь отворів після осадки чи термічного впливу. Зміцнення й вигладжування.</p> <p>Те ж</p> <p>Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей з нежорсткими вимогами до довжини</p> <p>Відновлення форми</p> <p>Відновлення поверхні невідповідальних деталей, відновлення рифленої й шліцьової поверхонь.</p> <p>Відновлення внутрішніх поверхонь деталей при нежорстких вимогах до зовнішніх</p> <p>Відновлення форми деталей, зміцнення зварних швів</p>
<p><i>Гаряче пластичне деформування:</i></p> <p>штампування у закритому штампі</p> <p>гідротермічне роздавання</p> <p>термоциклоування</p> <p>термопластичне обтискання</p> <p>накатування</p> <p>ротаційне деформування</p> <p>обтискання</p> <p>виправлення</p>	<p>Відновлення форми й елементів деталей за рахунок перерозподілу металу з неробочих поверхонь на робочі для компенсації зносу</p> <p>Відновлення зовнішніх поверхонь порожніх деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру</p> <p>Відновлення, переважно внутрішніх поверхонь порожнистих деталей</p> <p>Відновлення внутрішніх поверхонь порожнистих деталей</p> <p>Відновлення зубчатих профілів шестерень і зірочок</p> <p>Відновлення зубчатих і шліцьових поверхонь</p> <p>Відновлення внутрішніх розмірів деталей при нежорстких вимогах до зовнішніх</p> <p>Відновлення форми</p>

Продовження таблиці 1

вигягування	Відновлення довжини деталей з нежорсткими вимогами до зовнішніх розмірів
осадка	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей з нежорсткими вимогами до довжини
роздавання	Відновлення зовнішніх поверхонь порожніх деталей з нежорсткими вимогами до внутрішнього розміру
видавлювання	Місцеве деформування з метою відновлення профілю й розмірів робочих поверхонь
відтягнення	Відновлення форми робочих поверхонь і ріжучих кромок робочих органів
термомеханічна обробка	Відновлення фізико-механічних характеристик. Зміцнення
<i>Гальванічні процеси:</i>	
залізнення: на постійному чи асиметричному струмі	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей переважно зі зносом, що не перевищує 0,2 – 0,5 мм високою поверхневою твердістю і при невисоких вимогах до міцності зчеплення покриття з основним металом
хромування: на постійному струмі, розмірне	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей переважно зі зносом, що не перевищує 0,2 мм та високими вимогами до зносостійкості відновлених поверхонь
хімічне й електродітнічне нікелювання	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей переважно зі зносом, що не перевищує 0,05 мм
цинкування	Захисне покриття від корозії.
міднення	Відновлення зовнішніх і внутрішніх поверхонь деталей, виготовлених із міді і її сплавів
електродітнічне натирання цинком і сплавами	Відновлення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь деталей при нежорстких вимогах до твердості поверхневого шару
нанесення гальванополімерних покриттів	Відновлення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь деталей
кадмування	Захисні антикорозійні покриття

Продовження таблиці 1

<p><i>Застосування ремонтних розмірів:</i> індивідуальних категорійних</p>	<p>Відновлення форми і посадок поверхонь обробкою більш дорогої деталі до зникнення слідів зносу і виготовленням, припасуванням менш дефіцитної і дорогої деталі за розмірами і забезпеченням посадок основної Обробка деталі під заданий ремонтний розмір спряжуваної деталі з ремонтними стандартними розмірами</p>
<p><i>Застосування додаткових деталей:</i> обрізка і приварювання бандажування приварювання елементів і вкладишів установка втулок і компенсаційних шайб установка різьбових спіральних вставок установка фігурних вставок, латок і стяжок</p>	<p>Відновлення робочих органів ґрунтопереробних, землерийних і меліоративних машин Відновлення зовнішніх поверхонь деталей з попередньою механічною обробкою і без неї Відновлення розмірів профільних поверхонь (ведучі колеса тракторів і ін.) Відновлення отворів, розмірних ланок Відновлення різьбових з'єднань Усунення тріщин, пробоїн, відновлення герметичності</p>
<p><i>Проведення хіміко-термічних процесів:</i> цементация повторне азотування дифузійне хромування у вакуумі і парогазове сульфохромування дифузійне цинкування дифузійне борування</p>	<p>Поверхнєве зміцнення Відновлення поверхонь деталей зі зносом, що не перевищує 0,02 мм, поверхнєве зміцнення Відновлення деталей зі зносом, що не перевищує 0,05 мм, поверхнєве зміцнення Відновлення поверхонь деталей зі зносом, що не перевищує 0,01 мм, поверхнєве зміцнення Відновлення поверхонь деталей з мідних сплавів зі зносом, що не перевищує 0,008 мм Поверхнєве зміцнення</p>

Продовження таблиці 1

<p><i>Електро механічна обробка:</i> висаджування й вигладжування</p>	<p>Відновлення поверхонь нерухомих спряжень із зносом до 0,2 мм</p>
<p><i>Електрофізична обробка:</i> електроабразивна, анодно-механічна, електроерозійна</p>	<p>Обробка наплавлених поверхонь із високою твердістю, видалення залишків обламаних інструментів</p>
<p><i>Електрохімічна обробка:</i> Абразивним і металевим інструментом із примусовою подачею електродоліту</p>	<p>Обробка наплавлених поверхонь із високою твердістю</p>
<p><i>Пайка:</i> легкоплавкими припоями, тугоплавкими припоями, пайка-зварювання</p>	<p>Відновлення герметичності з'єднань і трубопроводів, відновлення інструменту</p>
<p><i>Термічна обробка:</i> відпуск, нормалізація, загартування</p>	<p>Відновлення фізико-механічних характеристик і структури матеріалу, зміцнення</p>

В загальному обсязі робіт при відновленні деталей на ремонтних підприємствах різні способи відновлення складають, %: наплавлення під шаром флюсу - 32, вібродугове наплавлення - 12; наплавлення в середовищі вуглекислого газу - 20, наплавлення порошковим дротом без флюсового чи газового захисту - 10; плазмове наплавлення - 1,5, електроконтактне напикання - 6; гальванічні способи - 5; електро механічна обробка - 1; елект-

ропшакове наплавлення - 1,5; заливання деталей рідким металом - 2; відновлення деталей полімерами - 5, інші способи - 5.

Зварювання і наплавлення є найбільш розповсюдженими технологічними способами, застосовуваними в ремонтному виробництві при відновленні деталей. Зварювання застосовують при усуненні механічних ушкоджень деталей (тріщин, відколів, пробоїн і т.п.). Наплавлення використовують при нанесенні металевих покриттів на поверхні деталей для компенсації їхнього зносу.

Для нанесення металевих покриттів на деталі широке застосування одержали механізовані способи наплавлення: автоматичне електродугове наплавлення під флосом, вібродугове наплавлення, електродугове наплавлення в середовищі захисних газів, електроконтактне наплавлення й інші способи.

При усуненні механічних пошкоджень на деталях застосовують газове, електродугове, аргондугове й інші способи зварювання.

2.2 Вибір раціональних методів відновлення деталей

Основною особливістю дефектів, які виникають внаслідок зношування, є необхідність компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару. При цьому в загальному випадку технологічний процес за своїм призначенням повинен складатися з трьох технологічних частин: компенсації (відновлення) зношеного поверхневого шару; відновлення розмірно-точнісних характеристик; зміцнення відновленого поверхневого шару.

При усуненні дефектів, не пов'язаних з тертям, технологічні процеси також поділяються за своїм умовним призначенням.

Кожна із складових частин технологічного процесу класифікується за технологічними способами. Наведені складові частини технологічного процесу і відповідні їм способи виконання найчастіше пов'язані між собою, але може бути варіант, коли застосовується тільки одна складова частина процесу, наприклад компенсація зносу опорного котка трактора електрошпаківим наплавленням. Послідовність переходу технологічного процесу від однієї його частини до іншої для парних деталей може бути різною.

Вибираючи найраціональніший технологічний процес відновлення деталей, слід враховувати ряд вихідних даних: розміри, форму і точність виготовлення деталі, її матеріал, термічну обробку, умови роботи, вид і характер дефекту, виробничі можливості ремонтного підприємства тощо.

Вибір технологічного процесу відновлення деталей значною мірою залежить від дефекту і причини його виникнення. Наприклад: наявність забоїни викликає необхідність «розігнати» її, тобто зняти концентратор напружень згладжуванням різких переходів. Розгонку можна виконати об-

робкою забоїни різанням. Іншим прикладом може бути ліквідація тріщини в сталій деталі. Тут, як правило, необхідно застосувати зварювання.

У виборі оптимального способу відновлення деталей керуються трьома критеріями: застосовності, довговічності і техніко-економічним.

Критерій застосовності є технологічним і визначає принципову можливість застосування різних способів відновлення відносно конкретних деталей. Цей критерій описується функцією

$$K_3 = \varphi(M_D; \Phi_D; D_D; C_D; H_D; \sum_{i=1}^m T_i),$$

де M_D — матеріал деталі; Φ_D — форма відновлюваної поверхні деталі; D_D — діаметр відновлюваної поверхні деталі; C_D — спрацювання деталі; H_D — навантаження, яке сприймає деталь; $\sum_{i=1}^m T_i$ - сума технологічних особливостей способу, які визначають галузь його раціонального застосування.

За даним критерієм вибирають конкурентні способи для подальшої оцінки їх за допомогою інших критеріїв.

Критерій довговічності визначає роботоздатність відновлюваних деталей. Його виражають через коефіцієнт довговічності, під яким розуміють відношення довговічності відновленої деталі до довговічності нової цієї ж назви. Він визначається як функція

$$K_D = f_1(k_c; k_B; K_{34}),$$

де k_c — коефіцієнт стійкості проти спрацювання; k_B — коефіцієнт витривалості; k_{34} — коефіцієнт зчиплюваності.

Техніко-економічний критерій — функція двох аргументів:

$$K_{m,e} = f_2(k_{np}; e),$$

де k_{np} — коефіцієнт продуктивності способу; e — показник економічності способу.

Економічний ефект від впровадження розробленого технологічного процесу відновлення деталі визначають за формулою

$$e = [C_{n(i)}^B - C_{n(i)}^B - E_n(k_i - k_B)] N_B,$$

де $C_{n(i)}^B$ — повна собівартість відновлення за базовим варіантом технологічного процесу; $C_{n(i)}^B$ — повна собівартість відновлення за i -м (впроваджуваним) технологічним процесом; E_n — нормативний коефіцієнт ефе-

ктивності капіталовкладень ($E_H = 0,15$); κ_b, κ_B — капіталовкладення відповідно за впровадженням та базовим; технологічними процесами (затрати на обладнання, інструмент, його проектування, виготовлення, монтаж на місці тощо); N_B — програма відновлення деталей. Термін окупності від впровадження нової технології

$$\tau_{ок} = \frac{\Delta K}{(C_{II(\phi)}^B - C_{II(i)}^B) N_B},$$

де $\Delta K = \kappa_i - \kappa_B$ — додаткові капіталовкладення.

Визначаючи продуктивність праці, враховують ту обставину, що процес відновлення деталей включає в загальному випадку підготовку деталі, нанесення матеріалу на підготовлену деталь і її обробку. Тому за продуктивністю окремо оцінюють спосіб відновлення в цілому і процес нанесення матеріалу цим способом.

2.3 Розрахунок шару матеріалу, який наноситься на зношені поверхні деталей

Товщину шару, який наноситься, $A_{ш}$ вибирають з врахуванням зносів деталей і припуску на наступну механічну обробку. Товщину визначають як різницю між номінальними розмірами нової P_H і зношеної $P_{ЗН}$ деталей з урахуванням припуску на наступну обробку $Z_{ПР}$:

$$A_{ш} = (P_H - P_{ЗН}) + Z_{ПР}.$$

Різниця $(P_H - P_{ЗН}) = \Delta Z$ - є знос деталі; тоді

$$A_{ш} = \Delta Z + Z_{ПР}.$$

Утворений у процесі відновлення припуск — шар матеріалу, необхідний для виконання всієї сукупності технологічних переходів при відновленні даного елемента деталі. Розрізняють припуски для зовнішніх і внутрішніх поверхонь відновлюваних деталей. У процесі відновлення можливі симетричні й асиметричні схеми розташування припуску на обробку.

Спотворення геометричних форм — еліптичність, гранність, хвилястість, опуклість, угнутість тощо — мають вкладатись в поле допуску на розмір відновлюваного елемента деталі, який враховують при встановленні припуску на обробку.

Просторові відхилення — зігнутість, зміщення і відведення осей, не паралельність і не перпендикулярність осей та поверхонь, відхилення від

взаємного положення елементів деталі — не зв'язані з допуском на розмір і їх варто враховувати при визначенні припуску окремо в тих випадках, коли такі похибки можуть мати місце.

Один з основних факторів, що впливають на визначення припуску, — його дефектний шар III_D (рис. 2). Він залежить від способів і режимів відновлення деталей (табл. 2).

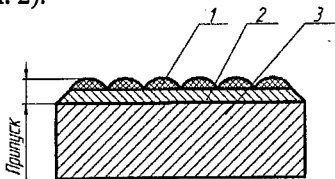


Рисунок 2 — Схема розрізу відновлюваної деталі з утворенням на ній припусків і дефектного шару: 1 — дефектний шар; 2 — шар нормальної якості; 3 — метал відновлюваної деталі

Збільшення припуску, яке компенсує всі просторові відхилення, позначено через $\sum \Delta a$. Крім того, необхідно враховувати похибку установки відновлюваної деталі при виконуваному переході ε_{ZB} .

Розрахункова формула для визначення проміжних припусків на механічну обробку в процесі відновлення поверхонь деталей при симетричному припуску, мм, має загальний вигляд:

$$2 \cdot Z_B \geq \sigma_a + 2(H_a + III_D) + \sum \Delta a + \varepsilon_{ZB},$$

де σ_a - допуск на розмір попереднього переходу, мм; H_a - найбільша висота мікронерівностей поверхні, мм.

При асиметричному припуску, мм,

$$Z_B \geq \sigma_a + H_a + III_D + \sum \Delta a + \frac{\varepsilon_{ZB}}{2}.$$

У тих випадках, коли нарощений шар на поверхню відновлюваної деталі не є дефектним, при симетричному припуску

$$2Z \geq \sigma_a + 2H_a + \sum \Delta a + \varepsilon_{ZB}.$$

при асиметричному припуску

$$Z_B \geq \sigma_a + H_a + \sum \Delta a + \frac{\varepsilon_{ZB}}{2}.$$

Товщина матеріалу, що наноситься на симетрично спрацьовані деталі

$$A_{ca} = \Delta Z + 2Z_B,$$

а для несиметрично спрацьованих

$$A_{cl} = \Delta Z + Z_B.$$

Таблиця 2 - Величина дефектного шару при нанесенні металу різними способами

Метод відновлення	Глибина дефектного шару, мм
Металізація: плазменно-дугова електродугова газова високочастотна	0,02...0,05 0,5...1 0,2...0,5 0,025...0,05
Наплавлення: електродугове автоматичне під шаром флюсу порошковим дротом у середовищі захисних газів водяної пари електроімпульсне вібродугове ручне (електродами) плазмове індукційне газове електрошлакове	0,2...0,5 1,2...2,4 0,4...0,8 0,5...1 0,2...0,4 0,2...0,5 0,5...1 0,05...0,1 0,15...0,3 0,25...0,5 1...2
Електролітичне осадження: Хромування залізнення (насталювання) нікелювання	0,02...0,03 0,03...0,05 0,02...0,03
Нанесення полімерних матеріалів: Напилювання газополуменево в електростатичному полі у псевдозрідженому шарі литтям під тиском	0,35...0,7 0,02...0,05 0,02...0,06 0,15...0,21
Заливання рідким металом	1...2,5

Існуючі методи відновлення при постійних режимах забезпечують відносно однакову товщину покриття. Оскільки на відновлення надходять

деталі з різним ступенем зносу, то у випадку нанесення на зношені поверхні однакового шару матеріалу припуски на їхню наступну механічну обробку будуть різні (рис. 3).

Мінімальні припуски при відновленні деталей наплавленням, металізацією і гальванопокриттями наведені в табл. 3 і табл. 4.

Зі збільшенням припуску зростає трудомісткість обробки деталі різанням. Характер впливу глибини різання t на ступінь зміни машинного часу обробки T_0 визначається залежністю $T_0 = f(t)$.

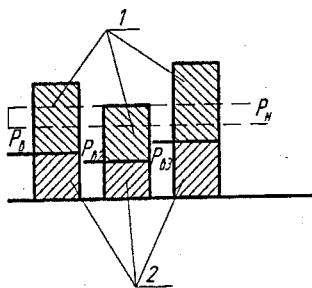


Рисунок 3 – Схема нанесення однакових за товщиною покриттів: 1 на відновлювану деталь; 2 при різній величині її спрацювання

Таблиця 3 – Мінімальний припуск при наплавленні та металізації

Спосіб усунення дефектів	Мінімальний односторонній припуск Z_{\min} , мм
Відновлення деталей зварюванням і наплавленням:	
ручне наплавлення	2...3
наплавлення під шаром флосу	1
електроконтактне наплавлення	0,8...1
Металізація	0,4

При ремонті деталей під ремонтний розмір мінімальний припуск можна визначити за формулою

$$Z_{\min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{P_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2},$$

де Rz_{i-1} – глибина задирів чи шорсткість поверхні; T_{i-1} – глибина ушкодженого шару (приймається тільки при наявності кольору мінливості на поверхні деталі і може бути прийнята рівної 0,05 мм); P_{i-1} – просторові відхилення (для вала це биття, для втулки – неспіввісність); ε_i – похибки установки.

Таблиця 4 – Мінімальний припуск при подальшому шліфуванні

Вид обробки	Припуск на обробку, мм	
	попередню	кінцеву
Безцентрове шліфування	$2Z=0,05+0,9\delta$	$2Z=0,072+0,9\delta\sigma$
Кругле шліфування в центрах	$2Z=0,07+0,9\delta$	$2Z=0,099+0,9\delta$
Чистове розточування або внутрішнє шліфування	$2Z=0,07+3\sqrt{d_{e.n.}}+0,9\delta$	$2Z=0,099+0,00633\sqrt{d_{e.n.}}+0,9\delta$

Примітка: $d_{e.n.}$ – діаметр поверхні, що ремонтується; δ – допуск, мм, на виконання попередньої операції; його приймають рівним допуску на відповідний діаметр A_3 для отвору чи B_3 для вала.

2.4 Основні параметри режимів наплавлення та їх взаємозв'язок

Для суттєвого підвищення продуктивності праці і поліпшення якості відновлюваних деталей виникає потреба в механізації зварювально-наплавлювальних робіт.

Механізація зварювально-наплавлювальних операцій передбачає поперечне і поздовжнє переміщення електрода відносно деталі, регулювання частоти обертання, що у зварювальних і наплавлювальних установках забезпечується відповідними механізмами. Ці кінематичні характеристики механізованого процесу зварювання (наплавлення) регламентуються параметрами технологічних режимів: швидкістю поперечної подачі електрода (електродного дроту), кроком наплавлення і частотою обертання деталі. Залежно від повноти сукупності цих характеристик механізованого зварювання розрізняють такі види наплавлення, напівавтоматичне зварювання — механізована тільки подача електрода, автоматичне зварювання і наплавлення — механізовані подача електрода, частота обертання деталі і її поздовжнє переміщення.

Загальний підхід до розрахунку параметрів технологічного процесу наплавлення деталей розглянемо на прикладі автоматичного наплавлення тіл обертання (вали, осі тощо).

Поверхня деталі після наплавлення характеризується певними геометричними параметрами, пов'язаними з параметрами технологічних режимів наплавлення (рис. 4).

Висота наплавлення (h_H) повинна забезпечувати повну компенсацію зношеного шару з урахуванням величини максимального зносу і припуску на механічну обробку, тобто має дотримуватись умова:

$$h = 3z_{max} + z,$$

де $3z_{max}$ — максимальний знос, z — припуск на обробку.

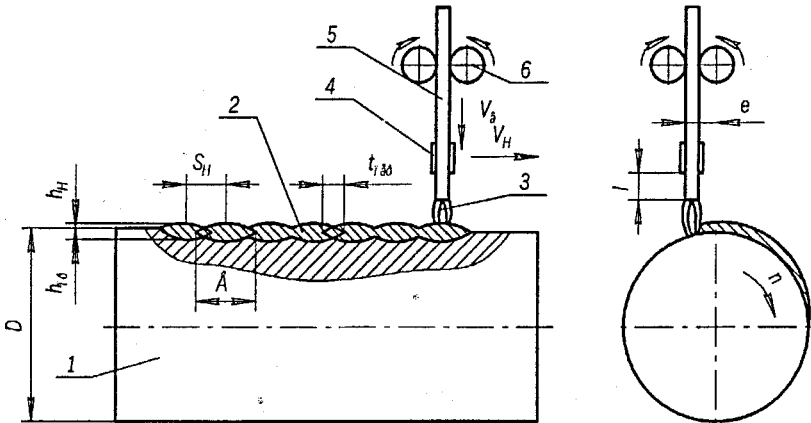


Рисунок 4 – Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення: 1 – деталь; 2 — наплавлений шар; 3 — дуга; 4 — мундштук; 5 — електродний дріт; 6 – подавальний механізм; e — зміщення електрода від центру; l — висота електрода

Для забезпечення щільності наплавленого шару і згладжування нерівностей, що дозволяє зменшити припуск на обробку і полегшує умови для механічної обробки, кожний наступний валик повинен перекривати попередній на $0,3...0,5$ своєї ширини (B). Перекриття ($t_{пер}$) регулюється позовжньою подачею електрода за один оберт деталі (крок наплавлення S_H).

Наплавлений валик повинен мати певну форму, забезпечуючи повне проварювання по всій його поверхні і неглибоке проплавлення основного металу, що залежить і від електричних параметрів електродугового процесу. Враховують також висоту наплавленого шару і діаметр деталі.

Таким чином, формування наплавленого шару на поверхні деталі заданого діаметра із зазначеними якістьями і геометричними характеристиками визначається, головним чином, технологічними режимами, пов'язаними з кінематичними параметрами установки для наплавлення, діаметром деталі і електродного дроту, а також електричними параметрами дуги.

Встановимо перед усім залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту і частоти обертання деталі.

Швидкість подачі електродного дроту можна визначити, використовуючи такий підхід.

Довжина електродного дроту, який подається за одиницю часу механізмом подачі, чисельно дорівнює швидкості подачі, а його маса визначається залежністю:

$$m_e = \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \nu_e \cdot \gamma_e,$$

де d_e, ν_e, γ_e – відповідно діаметр, швидкість подачі і питома маса електродного дроту.

За ту ж одиницю часу під впливом електричного струму маса електродного дроту m_e повинна розплавитись, що виражається співвідношенням:

$$m_e^p = \alpha_p \cdot I_H,$$

де α_p – коефіцієнт розплавлення металу електродного дроту; I_H – струм наплавлення.

Виходячи із фізичної рівності $m_e = m_e^p$, одержимо залежність для визначення швидкості подачі електродного дроту:

$$\nu_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma_e},$$

Розмірності у залежності: α_p - г/А·год, d_e - мм, γ_e - г/см³, ν_e - м/год.

Швидкість подачі електродного дроту може змінюватись внаслідок коливань електричних і кінематичних параметрів механізму привода подачі, що приводить до зміни довжини дуги. Але при цьому змінюється й сила струму. Із зменшенням довжини дуги опір падає і струм наплавлення зростає, а разом з тим збільшується швидкість плавлення електродного дроту, в результаті чого збільшується довжина дуги; із збільшенням довжини дуги йде зворотний процес. Таким чином, під час механізованого наплавлення має місце саморегулювання дуги, що забезпечує автоматизацію процесу наплавлення.

Стійкість саморегулювання дуги пов'язана з характеристикою джерела живлення, вибір якого залежить від конкретного виду механізованого наплавлення.

Для проведення автоматичного наплавлення тіл обертання необхідно знайти частоту обертання деталі. Цей параметр легко визначити, якщо знати швидкість наплавлення.

Для розв'язання поставленої задачі розглянемо об'ємний елемент наплавленого шару з прямокутним (з деякими допущеннями) перерізом $S_H X$

h_H і довжиною, рівною швидкості наплавлення. Маса такого елемента визначається співвідношенням:

$$m_H = S_H \cdot h_H \cdot v_H \cdot \gamma_{HM},$$

де γ_{HM} – питома маса наплавленого металу; v_H – швидкість наплавлення (колова швидкість деталі).

З другого боку маса елемента наплавленого шару дорівнює масі розплавленого за одиницю часу електрода без втрат на угар і розбризкування, які враховуються коефіцієнтом втрат η . Тому, використовуючи залежність для m_e , можна записати:

$$m_H = \frac{\pi \cdot d_e^2}{4} v_e \cdot \gamma_e \cdot \eta.$$

Із формул залежностей одержимо:

$$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e \cdot \gamma_e}{4 \cdot S_H \cdot h_H \cdot \gamma_{HM}} \eta.$$

Для суцільного дроту можна прийняти, що $\gamma_e = \gamma_{HM}$ (для порошкового дроту $\gamma_e = 6,5 \text{ г/см}^3$, а $\gamma_{HM} = 7,8 \text{ г/см}^3$), тоді для суцільного дроту:

$$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e \cdot \eta}{4 \cdot S_H \cdot h_H}.$$

Розмірність у залежності: d_e, h_H, S_H – мм, v_H і v_e – м³/год.

Враховуючи, що швидкість наплавлення чисельно дорівнює колівій швидкості деталі, можна записати:

$$v_H = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n \cdot 60}{1000},$$

де v_H – швидкість наплавлення, м/год; D_d – діаметр деталі, мм (для розрахунку приймається номінальний); n – частота обертання деталі, хв⁻¹.

З формули одержимо:

$$n = 5,31 \frac{v_d}{D_d}.$$

Слід мати на увазі, що розглянуті розрахункові технологічні залежності мають наближений характер, оскільки на формування наплавленого

валика впливають й інші фактори складного дугового процесу наплавлення. Разом з тим при налагодженні технологічного процесу наплавлення розрахункові залежності дозволяють регулювати процес у потрібному напрямку, оскільки в них відображений взаємозв'язок основних параметрів.

При наплавленні тіл обертання необхідно також враховувати можливість стікання наплавленого металу у напрямку обертання деталі. У зв'язку з цим дугу (електрод) зміщують із zenіту деталі у бік, протилежний її обертанню.

На формування валика впливає також виліт електрода, тобто довжина вільного кінця від мундштука. Із його збільшенням збільшується опір, а сила струму і глибина проплавлення зменшуються і за певних умов може бути непроварювання основного металу.

Отже, до основних технологічних параметрів режимів механізованого наплавлення деталей відносяться: напруга електричної дуги, сила струму наплавлення, швидкість подачі електродного дроту і наплавлення (частота обертання деталі), крок наплавлення (поздовжня подача електрода), зміщення електрода із zenіту, виліт електрода. Вихідними параметрами є діаметри деталі та електрода.

Для окремих видів механізованого наплавлення до режиму можуть відноситись й інші параметри, наприклад амплітуда і частота коливань електрода при вібродуговому наплавленні. Вибір параметрів режимів механізованого наплавлення залежить від його виду, величини зношеного шару, матеріалу і діаметра деталі, вимог до фізико-механічних властивостей наплавленого металу.

Контрольні запитання

1. Якими способами можна відновити працездатність спряження?
2. Визначити терміни "відновлення" і "ремонт" деталей.
3. Проаналізуйте класифікацію методів відновлення деталей.
4. За якими критеріями вибирають раціональні методи відновлення деталей?
5. Як визначаються проміжні припуски на механічну обробку в процесі відновлення поверхонь деталей?
6. Обґрунтувати загальний підхід до розрахунку параметрів технологічного процесу наплавлення деталей.
7. Які технологічні параметри визначають режими процесу наплавлення деталей?
8. Які складові входять у формулу розрахунку шару матеріалу, що наноситься на зношені поверхні деталей?

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВЛЕННЯМ

3.1 Відновлення деталей зварюванням і наплавленням

На зварювання і наплавлення припадає від 40 до 80% усіх відновлених деталей. Таке широке поширення цих способів обумовлено: простотою технологічного процесу і застосовуваного устаткування; можливістю відновлення деталей з будь-яких металів і сплавів; високою продуктивністю і низькою собівартістю; одержанням на робочих поверхнях деталей нарощуваних шарів практично будь-якої товщини і хімічного складу (антифрикційні, кислотностійкі, жароміцні і т.д.). Нагрівання до температури плавлення матеріалів, що беруть участь при зварюванні і наплавленні, призводить до виникнення шкідливих процесів, що впливають на якість відновлених деталей. До них відносяться металургійні процеси, структурні зміни, утворення внутрішніх напружень і деформацій в основному металі деталей.

У процесі зварювання і наплавлення відбувається окислювання металу, вигорання легуючих елементів, насичення наплавленого металу азотом і воднем, розбрикування металу.

З'єднання наплавленого металу з киснем повітря є причиною його окислювання і вигорання легуючих елементів (вуглецю, марганцю, кремнію й ін.). Крім цього, з повітря в наплавлений метал проникає азот, що є джерелом зниження його пластичності і підвищення межі міцності. Для захисту від цих негативних явищ при зварюванні і наплавленні використовують електродні обмазки, флоси, що при плавленні утворюють шлак, що охороняє можливий контакт металу з навколишнім середовищем. З цією же метою застосовують і захисні гази.

Волога, що завжди утримується в гіроскопічних електродних обмазках і флосах, є джерелом насичення металу воднем, що сприяє підвищенню пористості наплавленого металу і виникненню в ньому значних внутрішніх напружень. Виключити вплив вологи можна ретельним сушінням електродних обмазок і флосів.

При зварюванні і наплавленні виділяються вуглекислий і чадний гази, що бурхливо розширюються і є джерелом розбрикування рідкого металу. Ці втрати металу можна зменшити, якщо використовувати електроди зі зниженим вмістом вуглецю, ретельно очищати деталі від окислів або вводити до складу електродних обмазок і флосів речовини, що містять розкислюючі елементи (марганець, кремній).

Нерівномірне нагрівання деталі в навколошовній зоні (зоні термічного впливу) приводить до структурних змін в основному металі деталі. Механічні властивості металу в цій зоні знижуються. Розміри зони термічного впливу залежать від хімічного складу металу, що зварюється, способу зварювання і її режиму. Розміри зони термічного впливу для газового зварювання складають 25...30 мм, а при електродуговому зварюванні — 3...5 мм. Збільшення зварю-

вального струму і потужності зварювального пальника приводить до розширення зони термічного впливу, а швидкості зварювання (вибором раціонального режиму) — до зменшення.

Через нерівномірне (місцеве) нагрівання і структурні перетворення, що відбуваються в зоні термічного впливу, виникають внутрішні напруження деформації в деталях. Якщо внутрішні напруження перевищують границю текучості матеріалу деталі, то виникають деформації. Вони можуть бути значно знижені шляхом нагрівання деталей перед зварюванням і повільним охолодженням після зварювання, застосуванням спеціальних прийомів зварювання і наплавлення. У технологічний процес відновлення деталей зварюванням і наплавленням входять такі операції — це підготовка деталей до зварювання або наплавлення; виконання зварювальних або наплавлювальних робіт; обробка деталей після виконання зварювальних або наплавлювальних робіт. Порядок виконання зварювальних і наплавлювальних робіт залежить від обраного способу.

3.2 Ручне дугове зварювання і наплавлення

Простота й універсальність ручного дугового зварювання і наплавлення завдячують його широкому використанню при відновленні деталей. Цей метод характерний виконанням вручну головних робочих рухів (подача електрода, переміщення дуги і виробу). Цей вид відновлення сталевих деталей в ремонтному виробництві застосовують головним чином при зварюванні швів невеликої довжини і при наплавленні поверхонь невеликих розмірів, коли застосування механізованих способів зварювання і наплавлення нерациональне.

Технологічний процес відновлення деталей ручним зварюванням і наплавленням складається з таких основних операцій: підготовка зварювальних деталей і матеріалів; зварювання чи наплавлення; контроль якості виконаних робіт. Якість зварювання чи наплавлення суттєво залежить від кваліфікації зварювальника.

При дуговому зварюванні й наплавленні метал деталей і присадного дроту плавиться за рахунок тепла електричної дуги. Горіння зварювальної дуги супроводжується виділенням великої кількості тепла. Температура дуги на осі її стовпа досягає 6000...7500 °С. Вона залежить від сили струму, що припадає на одиницю поперечного перерізу електрода - густини струму.

Для електродугового зварювання можна використовувати змінний та постійний струми. Зварювальна дуга на змінному струмі горить нестійко. Для підвищення стабільності горіння дуги збільшують густину струму. При зварюванні на постійному струмі дуга горить стабільно. На позитивному полюсі виділяється близько 43 % тепла і температура дуги досягає 4200 °С, на негативному полюсі виділяється 36 % тепла й температура значно нижча (3500 °С). Тому, якщо необхідно збільшити глибину проплавлення деталі, то зварювання ведуть на прямій полярності (деталь підклю-

чають до позитивного полюса). Для зварювання деталей, які мають малу товщину або виготовлені з вуглецевих і легованих сталей, позитивний полюс з'єднують з електродом (зворотна полярність). Під час зварювання на змінному струмі на електроді й деталі виділяється приблизно однакова кількість тепла. При зварюванні сталієм електродом дуга стійко горить при напрузі 18...28 В, але для збудження дуги потрібна більш висока напруга. Це пояснюється тим, що в початковий момент повітряний проміжок ще недостатньо нагрітий і необхідно надати електронам великої швидкості для іонізації атомів газового проміжку. Для надійного запалювання дуги потрібна напруга 30...40 В. Крім того, у процесі зварювання необхідно забезпечити сталість зварювального струму при коливаннях довжини дуги, а при короткому замиканні струм не повинен перевищувати робочий більш ніж у 1,5 рази.

Таким чином, для живлення зварювальної дуги найбільш підходить джерело струму з крутоспадною зовнішньою (вольт-амперною) характеристикою (рис. 5). Зовнішня характеристика – це залежність між напругою на затискачах джерела живлення й струмом.

Розрізняють крутоспадну, пологоспадну, жорстку і зростаючу характеристики.

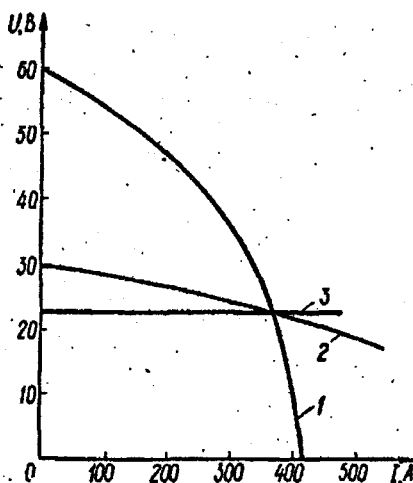


Рисунок 5 – Зовнішні (вольт-амперні) характеристики джерел живлення зварювальної дуги: 1 — крутоспадна; 2 — пологоспадна; 3 — жорстка

Живлення дуги змінним струмом здійснюється від зварювальних трансформаторів із підвищеним магнітним розсіюванням.

Регулюють струм магнітним шунтом типу СТШ-250 і СТШ-300 або переміщенням обмоток типу ТД-306У2 і ТДМ-317У2. Поширенню зварювальних трансформаторів сприяють простота конструкції, надійність, низька вартість, невеликі габарити й маса. Джерела живлення постійного струму дозволяють отримати шви вищої якості, але вони складніші, дорожчі і менш надійні за джерела живлення змінного струму. Зварювальні перетворювачі (ПД-305У2, ПД-502У2, ПСО-300-2У2, ПСГ-500-1У3 тощо) являють собою електричну машину, яка об'єднує в одне ціле трифазний асинхронний електродвигун і генератор постійного струму.

Для зварювання в польових умовах застосовують зварювальні агрегати (АДД-303У1, АДД-304У1, АДД-3112У1 тощо), змонтовані на причепі. Генератор постійного струму такого зварювального агрегату приводиться в обертання двигуном внутрішнього згорання.

Останнім часом усе більше використовують зварювальні випрямлячі (ВД-201У3, ВД-306У3, ВС-300 тощо). Спеціалізовані джерела живлення (УДГ-301, УДГ-501, ВДУ-305, ВДУ-505, УПС-301, ТРИ-300Д тощо) додатково укомплектовані електронним обладнанням, яке розширює технологічні можливості і сприяє підвищенню якості зварювання. Широко використовують осцилятори, імпульсні стабілізатори горіння дуги, пристрої для плавного зниження зварювального струму в кінці зварювання, регулятори струму й напруги тощо.

Якість зварювання і наплавлення та продуктивність процесу залежать від режимів, що встановлюються в залежності від розмірів, матеріалу відновлюваної деталі, вимог до якості тощо. Основними параметрами режиму зварювання і наплавлення є діаметр електрода й сила зварювального струму.

Таблиця 5 – Залежність діаметра електрода й сили струму від товщини деталі

Товщина деталі, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А
1...2	2...3	80...110
3...5	3...4	100...160
4...10	4...5	140...220
12...24	6...7	180...300

Діаметр електрода залежить від товщини деталі, що зварюється, і визначається по таблицях, що наводяться в довідниках зі зварювання. При наплавленні деталей звичайно застосовують електроди діаметром 3...4 мм. Густина струму залежить від діаметра електрода і встановлюється рівної 40...50 А на 1 мм діаметра електрода. Діаметр електрода залежить від товщини і просторового положення зварюваної поверхні. Рекомендовану за-

лежність діаметра електрода й сили струму від товщини деталі подано в таблиці 4.

Кожному діаметру електрода d відповідає певний діапазон зварювального струму I . Користуючись залежністю $I=(20+6d)d$, можна визначити середнє значення струму. Зниження зварювального струму призводить до порушення стабільності горіння дуги, а збільшення - до перегрівання електрода, поганого формування шва, розбризкування й угару наплавленого металу.

Для зварювання необхідно використовувати електроди можливо більшої товщини, оскільки при цьому збільшується продуктивність праці й глибина проплавлення деталі. Наплавляти ж, навпаки, доцільно електродами малого діаметра, щоб зменшити нагрівання наплавленої деталі.

Основний час (у хвилинах) при ручному електродуговому зварюванні визначають за формулою

$$t_0 = \frac{60Fl\gamma}{k_H I}, \text{ хв,}$$

де F – площа поперечного перерізу шва або валика, см^2 ;

l – довжина шва, см ;

γ – густина наплавленого металу, г/см^3 ;

k_H – коефіцієнт наплавлення, $\text{г/А}\cdot\text{год}$ (при ручному зварюванні і наплавленні $k_H = 8 \dots 10 \text{ г/А}\cdot\text{год}$);

I – величина зварювального струму, А .

3.3 Газове зварювання і наплавлення

Газове зварювання і наплавлення відбувається при безперервному нагріванні металу полум'ям пальника й подаванні в зону нагріву присадного матеріалу. Під час нагрівання кромки зварюваних деталей розплавляються. При наплавленні розплавляється певна частина поверхні в зоні розігріву пальником.

Це один з універсальних способів ремонту деталей, бо дозволяє обробляти метали товщиною від десятих часток міліметра до десятків міліметрів. Газозварювальні процеси, розтягнуті у часі, легко контролюються зварником навіть при відносно низькій його кваліфікації можна одержувати достатньо високу якість шва.

Крім того, відносно низькі швидкості нагрівання і охолодження металу під час зварювання дозволяють зменшити зварювальні напруги й уникнути утворення тріщин.

Газове зварювання й наплавлення здійснюють, як правило, ацетиленокисневим нейтральним полум'ям. В окремих випадках застосовують відновлювальне, а при різанні металів – окисне полум'я.

Для зварювання і наплавлення деталей зі сталі, яка має менше 0,5 % вуглецю і кольорових металів, використовують нейтральне полум'я; для деталей з високовуглецевих і легованих сталей, чавуну, наплавлення твердих сплавів - навуглецьовуване полум'я; для різання металу – окислювальне.

Потрібно враховувати, що при взаємодії розплавленого металу зі зварювальним полум'ям змінюється його склад. Кисень, який потрапив у шов, знижує його міцність, ударну в'язкість, стійкість проти корозії. Водень сприяє утворенню тріщин. Азот, взаємодіючи при високій температурі з залізом, утворює нітриди, які надають наплавленому металу підвищеної твердості і крихкості. У процесі зварювання вигорає кремній, марганець, інші легуючі добавки матеріалу зварюваних деталей.

Щоб не змінювався склад наплавленого шару, матеріал присадного дроту за своїми фізико-механічними властивостями і хімічним складом повинен бути таким, як і матеріал деталі, але зі збільшеною кількістю легкоокислюваних компонентів.

Присадним матеріалом для зварювання невідповідальних сталевих деталей є маловуглецевий дріт типу Св-08. Для підвищення механічних властивостей і розкислення металу шва використовують низьколегований кремній-марганцевистий присадний дріт – Св 08ГС, Св 10ГС тощо. Позитивно впливає на якість шва наявність у присадному матеріалі нікелю, хрому тощо.

При наплавленні зношених поверхонь деталей використовують електроди Нп-40, Нп-50, Нп-30ХГСА, Нп-50Г, Нп-65Г та інші, які дозволяють одержати наплавлений шар із високою стійкістю проти зношування.

Для захисту розплавленого металу від шкідливого впливу кисню, азоту, водню та інших елементів застосовують флюси. Вони утворюють з окислами металів хімічні з'єднання, які спливають у вигляді шлаку на поверхню і захищають рідкий метал від насичення газами. Основними компонентами флюсів для чорних металів є бура $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$, двовуглецева сода NaHCO_3 і борна кислота H_3BO_3 .

Для газового зварювання і наплавлення застосовується відносно просте й недороге обладнання.

Ацетилен одержують безпосередньо на робочому місці зварювальника в ацетиленовому генераторі шляхом взаємодії карбиду кальцію з водою або зберігають у спеціальних ацетиленових балонах. У сільськогосподарському виробництві найпоширеніші пересувні ацетиленові генератори продуктивністю 0,8...3,2 м³/год., тиском 0,1...0,15 МПа, наприклад АСП-1,25, ГВР-1,25М4, ГНВ-1,25 тощо.

Кисень зберігається в балонах високого тиску (15...20 МПа) об'ємом 10...60 л., пропан-бутан зберігається у балонах середнього тиску (1,6 МПа) об'ємом 5...50 л.

Зниження й підтримання в необхідних межах робочого тиску газів здійснюється за допомогою газових редукторів (наприклад, КРР-61 тощо).

Газ і кисень подаються по шлангах до газового пальника, в якому відбувається їх змішування і дозування. Найпоширеніші пальники малої Г2-04, середньої Г3-04 і великої Г3-05 потужності, а також наплавлювальні пальники, які дозволяють подавати в зону наплавлення гранульовані самофлюсуючі порошки ГН-2, ГН-3 тощо.

Для воднево-кисневого газового зварювання обладнання складніше, однак це компенсується суттєвим зниженням витрат на матеріали і транспортування балонів.

Воднево-кисневе зварювальне полум'я отримують при спалюванні газу, який генерують в електролізері безпосередньо на робочому місці зварювальника шляхом розкладання води електричним струмом на кисень і водень.

Хімічний склад і фізико-механічні властивості матеріалу присадних прутків повинні бути близькі до складу й властивостей матеріалу відновлюваної деталі, але з великим вмістом компонентів, що легко окисляються.

Потужність полум'я характеризується масовою витратою ацетилену, що залежить від номера наконечника пальника. Витрата ацетилену ($\text{м}^3/\text{год}$)

$$A = SR,$$

де S — товщина деталі, мм; R — коефіцієнт, що характеризує питому витрату ацетилену на 1 мм товщини деталі, $\text{м}^3/\text{год}\cdot\text{мм}$ (для чавуну $R = 0,11...0,14$; для сталі $0,1...0,12$; для латуні $0,12...0,13$; для алюмінію $0,06...0,1$).

Витрата кисню на 10...20 % більша, ніж ацетилену.

Режим газового зварювання (наплавлення) визначається напрямком переміщення й кутом нахилу пальника, потужністю і характером полум'я, діаметром присадного дроту.

Розрізняють два основних способи газового зварювання: правий і лівий. При правому способі (рис. 6, а) процес зварювання ведеться зліва направо. Пальник переміщується перед присадним прутком, а полум'я спрямоване на шов, що формується. Цим забезпечується гарний захист зварювальної ванни від впливу атмосферного повітря й уповільнене охолодження зварювального шва. Такий спосіб дозволяє одержати шви високої якості. При лівому способі (рис. 6, б) процес зварювання виконують справа наліво. Пальник переміщується за присадним прутком, а полум'я направляється на незваренні кромки і підігріває їх, готуючи до зварювання.

Правий спосіб застосовують при зварюванні металу товщиною більш 5 мм. Полум'я пальника при цьому способі обмежено з двох сторін

кромками виробу і наплавленим валиком, що значно зменшує розсіювання теплоти і підвищує ступінь її використання. Однак при лівому способі зовнішній вигляд шва кращий, тому що зварювальник чітко бачить шов і може одержати його рівномірним по висоті й ширині. Це особливо важливо при зварюванні тонких листів. Тому тонкий метал зварюють лівим способом. Крім того, при лівому способі полум'я вільно розтікається по поверхні металу, що знижує небезпеку його перегріву.

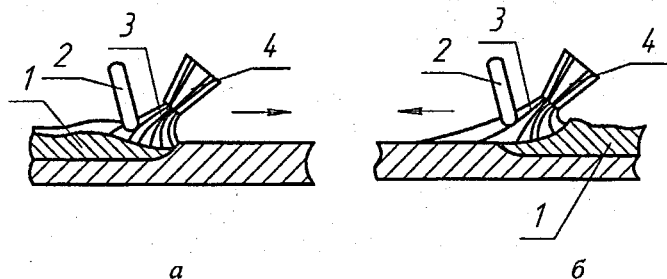


Рисунок 6 – Основні способи газового зварювання: *a* – правий, *б* – лівий; 1 - формуючий шов, 2 - присадний пруток, 3 – полум'я пальника, 4 – пальник

Положення пальника (кут нахилу її мундштука до поверхні металу, що зварюється,) залежить від товщини кромки виробу, що з'єднуються, і теплопровідності металу. Чим товстіший шар металу і чим більше його теплопровідність, тим кут нахилу мундштука пальника повинен бути більшим. Це сприяє більш концентрованому нагріванню металу внаслідок підведення більшої кількості теплоти. Кути α нахилу мундштука пальника в залежності від товщини S металу при зварюванні низьковуглецевої сталі приведені на рис. 7.

Діаметр присадного дроту визначають залежно від способу зварювання за формулами

$$d = 0,5t + 1 \text{ — для лівого способу зварювання;}$$

$$d = 0,5t + 2 \text{ — для правого способу зварювання.}$$

Газове зварювання доцільно використовувати для зварювання деталей малих товщин. При збільшенні товщини деталей спостерігається різке падіння продуктивності процесу.

Техніка виконання газового зварювання та наплавлення, і режими процесу значною мірою впливають на якість з'єднання.

При ручному зварюванні полум'я направляють на кромки, що зварюються, так, щоб вони знаходилися у відновлювальній зоні на відстані 2...6 мм від кінця ядра. Кінець присадочного дроту також тримають у відновлювальній зоні чи у зварювальній ванні.

На початку зварювання для швидкого й кращого прогріву металу встановлюють найбільший кут нахилу, потім у процесі зварювання цей кут зменшують до норми, а наприкінці зварювання поступово зменшують, щоб краще заповнити кратер і попередити перевитрати металу.

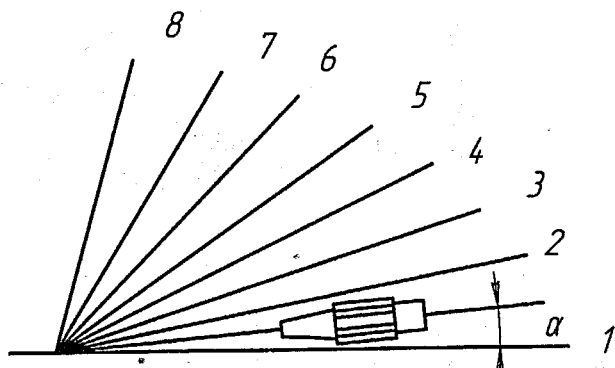


Рисунок 7 – Кут нахилу мундштука пальника в залежності від товщини матеріалу

Вибір способу зварювання залежить також від просторового положення шва. При зварюванні швів у «нижньому положенні» вибір способу зварювання залежить від товщини металу. Зварювання вертикальних швів знизу нагору виконують лівим способом (рис. 8, а). Зварювання на вертикальних поверхнях горизонтальними швами виконують лівим способом, направляючи полум'я пальника на заварений шов (рис. 8, б). Для попередження витікання розплавленого металу зварювальну ванну формують із невеликим перекосом. Стельові шви (рис. 8, в) легше зварювати правим способом, тому що в цьому випадку газовий потік полум'я спрямований безпосередньо на шов і тим самим перешкоджає витіканню металу зі зварювальної ванни.

У процесі зварювання мундштук пальника і присадний пруток роблять одночасно два рухи: одне - уздовж осі шва, що зварюється, і друге – коливальні рухи поперек осі шва. При цьому кінець присадного прутка рухається в напрямку, зворотному руху мундштука.

Для одержання зварювального шва з високими механічними властивостями необхідно добре підготувати кромки, що зварюються, правильно підібрати потужність пальника, відрегулювати зварювальне полум'я, вибрати присадний матеріал, встановити положення пальника й напрямок переміщення його по шву, що зварюється.

Підготовка кромок складається з очищення їх від масла, окалини й інших забруднень, оброблення під зварювання і прихвачування короткими швами.

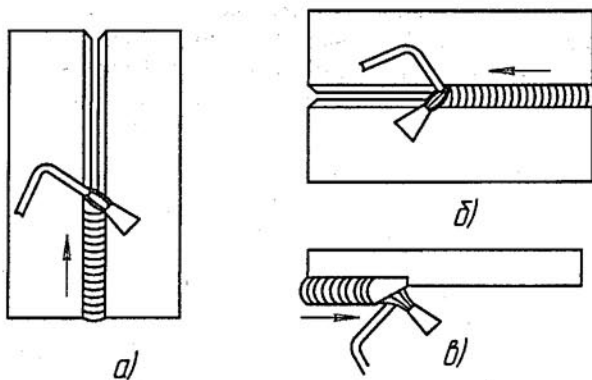


Рисунок 8 – Схеми горизонтального і вертикального способів зварювання

Кромки, що зварюються, зачищають на ширину 20...30 мм із кожної сторони шва. Для цієї мети можна використовувати полум'я зварювального пальника. При нагріванні окалина відстає від металу, а фарба й олія вигорають. Потім поверхню деталей, що зварюються, зачищають сталевією щіткою до металевого блиску.

Оброблення кромки під зварювання залежить від типу зварного з'єднання, а тип з'єднання - від взаємного розташування деталей, що зварюються.

Наплавлення газокисневим полум'ям (газове наплавлення) здійснюється аналогічно до зварювання з використанням тепла, що виділяється під час згоряння горючих газів у суміші з киснем. Цей спосіб застосовують в основному для наплавлення твердих сплавів у вигляді прутків відповідного хімічного складу або ж для наплавлення кольорових металів та їх сплавів.

Тверді сплави наносять на попередньо підігріті деталі у нижньому положенні навуглецьованим полум'ям (із надміром ацетилену). Газове наплавлення здійснюється з використанням активних флюсів, які розкислюють зварювальну ванну. Основними перевагами цього методу можна вважати мінімальне проварювання основного металу, малу ймовірність виникнення тріщин. Суттєвими недоліками можна вважати малопродуктивність та неможливість механізації та автоматизації процесу.

3.4 Автоматичне електродугове наплавлення під шаром флюсу

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу – один із прогресивних і широко застосовуваних способів відновлення деталей на ремонтних підприємствах. Уперше він був розроблений Київським інститутом електрозварювання ім. Є. О. Патона.

При цьому способі наплавлення механізовані два основних рухи електрода – подача його в міру оплавлення на деталь і переміщення вздовж зварювального шва.

Принципова схема автоматичного електродугового наплавлення деталей під флюсом показана на рис. 9.

При напавленні під шаром флюсу (рис. 9) захист дуги від кисню та азоту повітря здійснюється за рахунок того, що в зону горіння дуги подається флюс, який, розплавляючись, утворює шар, захищаючи метал від впливу навколишнього середовища.

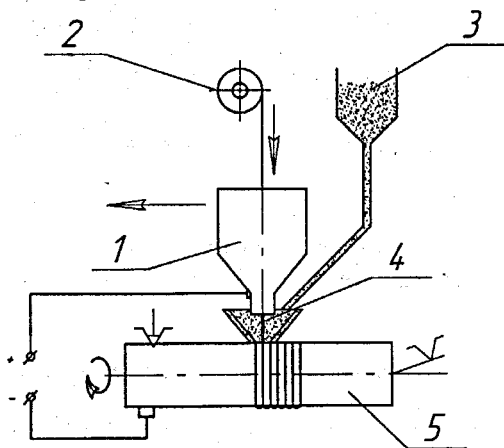


Рисунок 9 – Принципова схема автоматичного електродугового наплавлення деталей під флюсом: 1 — наплавлювальний апарат; 2 — касета з дротом; 3 — бункер із флюсом; 4 — електродний дріт; 5 — наплавлювана деталь

Суть цього способу описана нижче. До дуги, що утвориться між електродом 3 і поверхнею деталі 1, що обертається, (рис. 10), спеціальним пристроєм (автоматом) безупинно подається електродний дріт, а з бункера шаром 50...60 мм насипається гранульований флюс. Дуга, утоплена в масі флюсу, горить під рідким шаром розплавленого флюсу в газовому просторі. Рідкий шар флюсу надійно охороняє розплавлений метал від навколишнього повітря, значно зменшує розбризкування металу, поліпшує формування шару 2, використання теплоти дуги й матеріалу електродного дроту.

Шлакова кірка 6, що утворюється при остиганні, сповільнює охолодження розплавленого металу і поліпшує умови формування його структури. Невеликий виліт електрода (відстань від мундштука до деталі) дає можливість збільшити щільність застосовуваних зварювальних струмів до 150...200 А/мм².

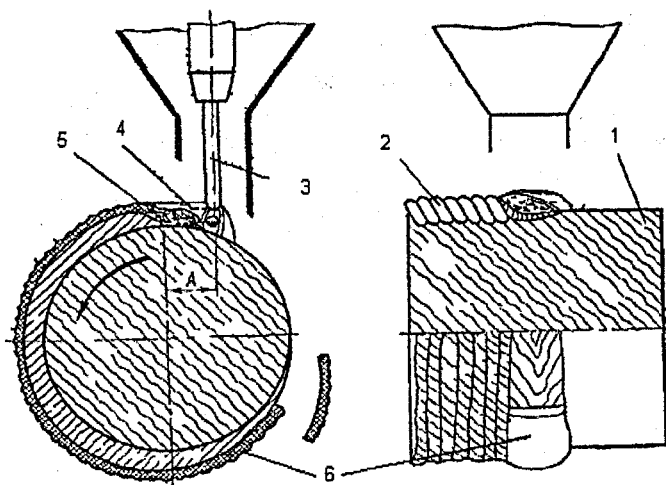


Рисунок 10 - Схема автоматичного наплавлення під флюсом: 1— основний метал; 2 — наплавлений метал; 3— електрод; 4 — розплавлений метал; 5 — флюс; 6 — шлакова кірка; А — зміщення електрода із zenіту

Наплавлення металу під флюсом забезпечує найбільш високу якість наплавленого металу, тому що зварювальна дуга і ванна рідкого металу цілком захищені від шкідливого впливу кисню й азоту навколишнього повітря, а повільне охолодження наплавленого металу сприяє найбільш повному видаленню з наплавленого металу газів і шлакових включень. Повільне охолодження наплавленого металу забезпечує також більш сприятливі умови для найбільш повного протікання дифузійних процесів у зоні наплавлення і, отже, легування металу через дріт і флюс, запобігає розбризкуванню металу.

При автоматичному напавленні заданий режим майже не змінюється, тому в кожен момент часу розплавлюється цілком визначена кількість електродного металу й флюсу. Це забезпечує одержання наплавленого металу, рівномірного за хімічним складом і властивостями.

Автоматичне наплавлення під флюсом відрізняється високою продуктивністю процесу. Продуктивність процесу виміряється кількістю металу, наплавленого в одиницю часу, і може бути визначена за формулою

$$G_n = K_n I,$$

де K_n — коефіцієнт наплавлення, кг/А·год; I — сила струму зварювання, А.

Коефіцієнт наплавлення при автоматичному напавленні під флюсом за рахунок більш ефективного використання теплової енергії в 1,5 рази вищий, ніж при ручному напавленні, і складає 0,014—0,016 кг/А · год. У залежності від величини струму зварювання продуктивність процесу автоматичного наплавлення коливається в межах від 1,5 до 10 кг/год. Напавлений шар металу виходить рівномірним по товщині, що дозволяє зменшити припуск на обробку деталей після наплавлення. Товщина шару напавленого металу в залежності від режиму може бути отримана в межах від 0,5 до 5 мм і більше.

Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки): А-580М, А-874Н, ОКС-1252М тощо, для напівавтоматичного зварювання — шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500. На спеціалізованих ремонтних підприємствах використовують спеціальні установки, наприклад, для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс (ОКС-11200, ОКС-11235), валів та інших деталей, які мають форму тіл обертання (СН-2, УД-209) тощо.

Джерелом живлення є зварювальні агрегати типу ПС-300 і ПСГ-500 та випрямлячі типу ВС-300 і ВДУ-504 із спадною характеристикою.

Наплавлення переважно ведуть на постійному струмі зворотної полярності, що дозволяє підтримувати високу стабільність процесу і раціонально використовувати температуру електричної дуги, тобто більше тепла підводити до електричного дроту і менше до деталі.

Фізико-механічні властивості напавленого металу при автоматичному напавленні під флюсом у значній мірі залежать від вибору електродного дроту й флюсу. Найбільше застосування в ремонтному виробництві знайшли електродні дроти таких марок: для наплавлення деталей з маловуглецевих сталей — Св 08, Св 08ГС і інші, для наплавлення деталей зі середньовуглецевих і низьколегованих сталей — пружинний дріт 2-го класу Нп-65, Нп-80, Нп-30ХГСА і інші.

При механізованому напавленні застосовують два види флюсів: плавлені й керамічні.

Плавлені флюси одержують плавкою вихідних матеріалів (марганцевої руди, кварцового піску, плавикового шпату, магнезиту й ін.) в електричних печах. Розплавлену масу виливають у воду й у такий спосіб одержують склоподібний чи пемзоподібний гранульований флюс із розміром часток 3—3,5 мм.

За хімічним складом плавлені флюси поділяють на два види:

висококремнієві марок АН-348А, ОСЦ-45 і АН-60, що забезпечують стійке горіння електричної дуги, хороше формування зварювальних валиків і невелику кількість пор у наплавленому металі;

низькокремнієві безмарганцеві марок АН-20 і АН-30, зменшують можливість появи гарячих тріщин і пор у наплавленому металі.

Плавлені флюси мають хороші захисні властивості, але не містять легувальних речовин.

Керамічні флюси, крім речовин, що входять у плавлені флюси, містять феросплави. Їх одержують змішуванням порошоків вихідних матеріалів із добавкою рідкого скла. Після затвердіння масу дроблять на гранули розміром 2—3 мм. Керамічні флюси мають легувальні властивості, тому що містять феросплави. Найбільш розповсюдженими керамічними флюсами для наплавлення деталей є флюси АНК-18, АНК-348А і ЖСН.

Потрібні властивості (твердість, стійкість проти зношування) наплавленого шару одержують, поєднуючи різні флюси і електродний дріт (табл. 6).

У випадку відсутності необхідних керамічних флюсів можна приготувати суміші, додаючи у плавлений флюс, наприклад, А-348А, чавунну стружку (до 40 %), графіт (4—6 %) або феросплави (до 30% ферохрому). Застосування таких флюсів-сумішей дозволяє одержати наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості й стійкості проти зношування.

Таблиця 6 – Залежність твердості наплавленого шару від наплавлених матеріалів.

Флюс	Електродний дріт	Твердість шару після наплавлення, HRC
АН-348А	Св-08Г2С	18...20
	Св-18 ХГСА	25...28
	НП-40 Х13	40...45
АНК-18	Св-08	38...43
	Св-08Г2С	41...45

Якість наплавленого металу суттєво залежить від режимів процесу, які вибирають з урахуванням товщини наплавленого шару і форми деталі. Для одержання наплавленого металу необхідного хімічного складу й властивостей застосовують такі способи легування: легування через електро-

родний дрiт, легування через флюс, легування через порошковий дрiт i комбiнований спiсiб легування.

При легуванні через дрiт наплавлення ведуть високовуглецевим чи легованим дротом пiд плавним флюсом. Перевагами цього способу легування є: висока точність легування, рiвномiрність наплавленого металу за складом й властивостями, незалежність хiмiчного складу наплавленого металу вiд режиму наплавлення. На рис. 11 показанi областi змiни режимiв наплавлення, при яких забезпечується сталiсть хiмiчного складу наплавленого металу для рiзних способiв легування. З рис. 11 видно, що хiмiчний склад наплавленого металу при легуванні через дрiт майже не залежить вiд режиму наплавлення. Легування наплавленого металу через дрiт одержало найбiльше широке застосування незважаючи на високу вартiсть i дефiцитнiсть легованого дроту. При напавленнi деталей високовуглецевим дротом Нп-65 пiд флюсом АН-348А одержують напавлений метал iз твердiстю НВ 280...300, а при напавленнi дротом Нп-30ХГСА пiд флюсом АН-20 твердiсть металу пiдвищується до НВ 310...320.

При легуванні наплавленого металу через флюс наплавлення ведуть маловуглецевим дешевим дротом Св. 08 пiд шаром легованого керамiчного флюсу. Цей спiсiб легування, незважаючи на його економiчнi переваги, не одержав широкого застосування через велику нерiвномiрність наплавленого металу за хiмiчним складом й необхіднiстю строго витримувати режим наплавлення.

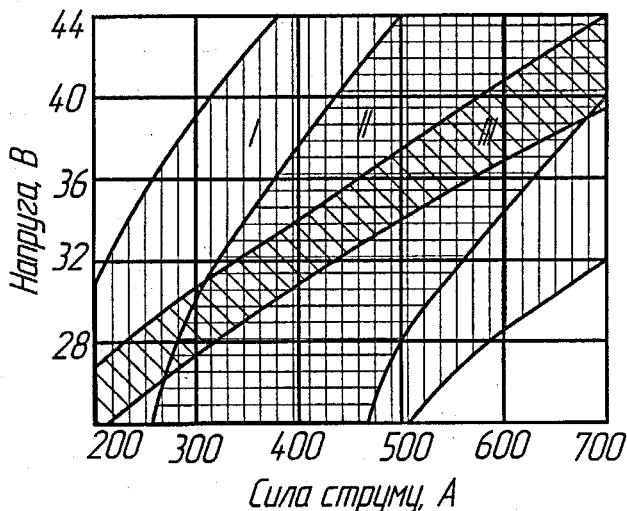


Рисунок 11 – Залежність режимів наплавлення вiд способу легування:

I – легування через електродний дрiт; II – легування через порошковий дрiт; III – легування через флюс

При легуванні через порошковий дріт забезпечується одержання наплавленого металу, рівномірного за хімічним складом. Наплавлення ведуть порошковим дротом, що представляє собою сталеву трубку, порожнина якої заповнена шихтою, що складається із суміші порошків графіту, заліза і феросплавів. Як флюс при цьому застосовують наплавлені флюси АН-348А чи АН-20. Змінюючи склад шихти, можна одержувати наплавлений метал необхідного хімічного складу й властивостей.

Рекомендовані режими наплавлення в залежності від марки порошкового дроту і діаметра відновлюваної деталі наведені в таблиці 7.

Таблиця 7 - Режими наплавлення порошкового дроту при легуванні

Марка дроту	Діаметр, мм		Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
	деталі	дроту			
ПП-АН1 (ТУ 14-4-48—71)	40—60	2,8	260—320	22—24	18—25
ПП-АН4 (ТУ 14-4-48—71)	30—40	2,0	160—190	18—20	20—30
	45—56	2,2	180—220	20—22	20—25
	50—60	2,5	200—250	22—24	20—28
ПП-АН8 (ТУ 4-353—71)	35—45	2,0	160—190	18—20	20—28
	40—55	2,2	180—220	20—22	21—28
	50—65	2,5	200—250	22—24	22—23
	60—75	3,0	280—320	26—28	28—32
ПП-АН106 (ТУ 14-4-244—72)	45—55	2,6	160—180	22—24	25—35
	55—65	2,6	160—180	22—24	20—25
	60—75	2,6	200—220	24—26	15—20
ПП-25Х5ФМС (ТУ 14-4-799—77)	45—55	2,6	160—180	22—24	35—40
	50—65	3,6	200—220	22—24	30—40
	60—75	3,6	240—270	24—26	25—35
	60—80	3,2	400—420	28—32	28—32
ПП-АН125 ПП-АН122 (ТУ 14-478—70)	30—40	2,6	120—130	19—20	30—35
	40—50	2,6	170—130	19—20	28—30
	50—60	2,6	160—180	20—21	28—30
	60—70	2,6	170—220	20—21	24—28
	70—80	2,6	220—240	22—23	23—26
	80—100	2,6	280—300	24—26	22—26

На ремонтних підприємствах широко використовується комбінований спосіб легування наплавлюваного металу одночасно через дріт і флюс. Так, при наплавленні шийок колінчастих валів автомобіля ЗИЛ-130 рекомендують використовувати пружинний дріт з вмістом вуглецю 0,6—0,65% і флюс АН-348А с добавкою легувальних елементів (2,5% графіту і 2% ферохрому в порошок). Твердість наплавленого металу при цьому одержують у межах HRC 52...62 без термічної обробки.

Якість наплавленого металу суттєво залежить від режимів процесу, які вибирають з урахуванням товщини наплавлюваного шару і форми деталі. Режим автоматичного наплавлювання під шаром флюсу впливає на продуктивність процесу, формування валика наплавленого металу і його фізико-механічні властивості. Режим наплавлення визначають такими параметрами: діаметр електродного дроту, напруга дуги, сила зварювального струму, виліт і зміщення від zenіту електродного дроту, частота обертання деталі, крок і швидкість наплавлення.

Діаметр електродного дроту вибирають у залежності від діаметра наплавлюваної деталі. При наплавленні деталей застосовують дріт діаметром 1,6...2,5 мм.

Рекомендовані режими в залежності від діаметра відновлюваної деталі електрода наведені в таблиці 8.

Таблиця 8 - Залежність режиму наплавлення під шаром флюсу від діаметра відновлюваної деталі

Діаметр, мм		Зміщення від zenіту, мм	Крок наплавлення, мм	Сила струму, А	Швидкість, м/год	
деталі	електродного дроту				подачі електродного дроту	наплавлення
50—60	1,6	2—4	3	140—150	75—80	16—24
61—75	1,6	3—4	3,5	170—180	110—115	15—28
76—100	2	5—7	4,5	180—200	125—130	16—32
101—200	2—3	8—10	5,6	220—250	160—170	16—32
201—300	2—3	10—15	6,7	250—280	180-190	16—36

Сила зварювального струму суттєво впливає на глибину проплавлень, розміри валика наплавлюваного металу й продуктивність процесу. З підвищенням сили струму збільшується глибина проплавлень основного металу, ширина й висота наплавлюваного валика, а також продуктивність процесу.

Силу струму вибирають у залежності від діаметра електрода за формулою

$$I = 40\sqrt{d_e} \text{ А, або } I = 110d_e + 10d_e^2 \text{ А,}$$

де d_e - діаметр електрода, мм.

При наплавленні застосовують, звичайно, постійний струм зворотної полярності.

Напруга дуги пов'язана із силою струму зварювання

$$U = 21 + 0,04I_H.$$

Чим більша сила струму, тим вищою повинна бути напруга дуги. З ростом напруги дуги збільшується ширина валика і зменшується його висота. Щоб одержати гарне формування наплавленого валика, напругу дуги витримують у межах 26...35 В.

Швидкість наплавлення, звичайно, вибирають у межах 12...45 м/год

$$V_H = \frac{\pi d^2 v_e}{4S_H h_H} \eta, \text{ м/год.}$$

Зі збільшенням швидкості наплавлення зменшується ширина наплавлюваного валика й глибина проплавлення.

Швидкість подачі дроту вибирають у залежності від діаметра електрода й сили струму

$$V_e = \frac{4 \cdot \alpha_p \cdot I_H}{\pi \cdot d_e^2 \cdot \gamma_e},$$

де $\alpha_p = \frac{\alpha_n}{\eta}$ — коефіцієнт розплавлення електродного дроту; η — коефіцієнт, який враховує втрати металу на угар і розбризкування (для наплавлення під шаром флюсу $\eta=0,93...0,97$), γ_e — питома вага електродного дроту, г/см³.

Для електродів діаметром від 1,6 до 2 мм при силі струму 140...360 А швидкість подачі дроту змінюється в межах 75...180 м/год.

Виліт електродного дроту суттєво впливає на якість наплавлюваного металу і залежить від діаметра дроту та його питомого електричного опору. При великому вильоті сопло пальника віддаляється від поверхні деталі і захист зони наплавлення погіршується, внаслідок чого з'являються дефе-

кти у наплавленому шарі - електродний дріт перегрівається і перегорає, при малому — сопло закупорюється бризками металу і обгорає.

Виліт електродного дроту дорівнює

$$H = (10...15)d_e, \text{ мм}$$

і приймається рівним від 10 до 25 мм.

Крок наплавлення вибирають у залежності від необхідної товщини шару наплавлення, а також від величини сили струму й напруги [табл. 8] у межах 3...6 мм.

Зміщення електрода від zenіту у бік, протилежний напрямку обертання деталі (рис. 10), дозволяє попередити стікання металу й флюсу

$$a = (0,05...0,07)D_d.$$

Особливо це стосується деталей малого діаметра. Зміщення встановлюють у залежності від діаметра деталі: для деталей діаметром від 50 до 150 мм воно повинно бути в межах 3...8 мм.

Тривалість процесу автоматичного наплавлення визначають за формулою

$$t_0 = \frac{60G}{k_H I} \text{ хв,}$$

де G – маса наплавлюваного металу, кг; k_H – коефіцієнт наплавлення, кг/А · год ($k_H = 0,014 \dots 0,016$ кг/А · год); I – величина зварювального струму, А.

Розрахувавши режими наплавлення, їх порівнюють з рекомендованими і дослідним шляхом уточнюють.

Оцінюючи автоматичне наплавлення під флюсом як спосіб компенсації зносу деталей при їхньому відновленні, слід зазначити такі його переваги: високу продуктивність процесу за рахунок застосування великих густин струму і у 1,5 рази більш вищого, ніж при ручному зварюванні, коефіцієнта наплавлення; економічність процесу у відношенні витрати електроенергії (відсутність втрат на випромінювання світла і тепла) і електродного металу; можливість одержання шарів наплавленого металу великої товщини (від 1,5 до 5 мм і більше); рівномірність шарів і невеликі припуски на наступну обробку; можливість одержання в результаті легування наплавлюваного металу з необхідними фізико-механічними властивостями; незалежність якості наплавлюваного металу від кваліфікації виконавця; поліпшення умов праці зварювальників завдяки відсутності ультрафіолетових випромінювань.

До недоліків цього процесу варто віднести: високе нагрівання деталі при наплавленні; неможливість наплавлення деталей діаметром менше 40 мм через стікання наплавленого металу і неможливість утримання флюсу на поверхні деталі; необхідність і визначені труднощі у видаленні жужільної кірки; необхідність застосування термічної обробки наплавленого металу для підвищення зносостійкості.

Наплавлення під флюсом застосовують при відновленні шийок колінчастих валів двигунів, шліцевих поверхонь на різних валах, півосях і інших деталях.

3.5 Наплавлення у середовищі захисних газів

Розплавлений метал можна захищати від дії кисню і азоту повітря струменем газу, який витискає повітря із зони горіння електричної дуги.

При зварюванні і наплавленні застосовують такі захисні гази, як аргон, гелій (для всіх металів), азот (для міді та її сплавів), вуглекислий газ, водяну пару (для сталі і чавуну).

У ремонтному виробництві використовують зварювання і наплавлення у середовищі вуглекислого газу, які забезпечують високу якість при низькій собівартості відновлення деталей (рис.12).

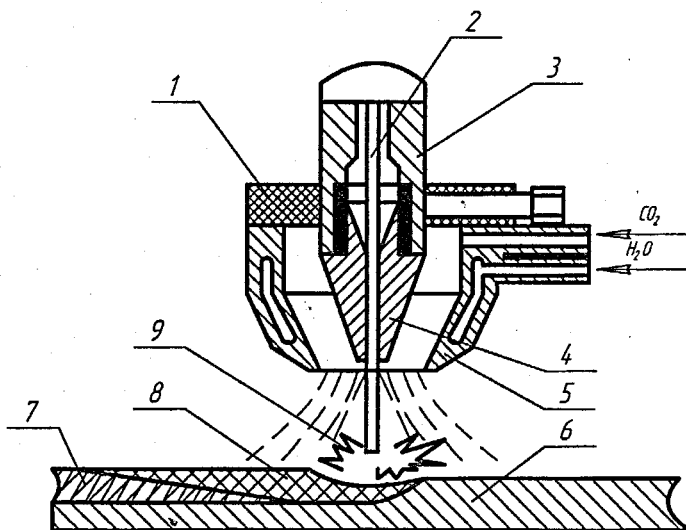


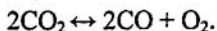
Рисунок 12 — Схема наплавлення у середовищі вуглекислого газу: 1 — мундштук; 2 — електродний дріт. 3 — мундштук; 4 — наконечник. 5 — сопло; 6 — деталь; 7 — наплавлений шар; 8 — зварювальна ванна рідкого металу; 9 — електрична дуга

Механізоване зварювання і наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Цей спосіб значною мірою відрізняється від інших способів відновлення деталей - не потрібно ні флюсів, ні електродних покриттів. При цьому в зону наплавлення через сопло пальника надходить вуглекислий газ, який захищає рідкий метал від контакту з киснем і азотом повітря (рис. 12).

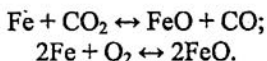
Вуглекислий газ надійно ізолює зону наплавлення від навколишнього середовища і забезпечує одержання наплавленого металу високої якості з мінімальною кількістю пор і окислів.

Зварювальний дріт безперервно подається у зону наплавлення. Струм до дроту підводиться через наконечник, розміщений у середині мундштука. Під дією високої температури електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, в якій перемішуються метали електрода і деталі.

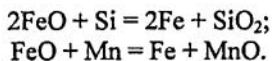
Однак у процесі наплавлення частина вуглекислого газу попадає в зону горіння електричної дуги і піддається дисоціації. Кисень, що утворюється при цьому, може викликати окислювання металу.



Під час наплавлення високовуглецевої сталі окислення відбувається від взаємодії вуглекислого газу і кисню з залізом:



Для того щоб виключити появу окислів при наплавленні і зварюванні деталей у середовищі вуглекислого газу, застосовують електродний дріт з підвищеним вмістом елементів розкислення (кремнію і марганцю), за допомогою яких відбувається розкислення наплавленого металу й видалення окислів із зварювальної ванни:



При наплавленні використовують токарний верстат, у патрон якого встановлюють деталь, а на супорті кріплять наплавлювальну головку. Подача вуглекислого газу в зону наплавлення здійснюється за схемою (рис. 13): балон з вуглекислим газом – підігрівник – осушувач – понижуючий редуктор – витратомір – пальник.

При виході з балона CO_2 за рахунок різкого розширення переохолоджується. Щоб підігріти CO_2 , його пропускають через електричний підігрівник. Воду, що міститься у вуглекислому газі, видаляють за допомогою осушувача, який являє собою патрон, наповнений зневодненим мідним купоросом чи силікагелем. Тиск газу знижують за допомогою кисневого редуктора, а витрату його контролюють ротаметром.

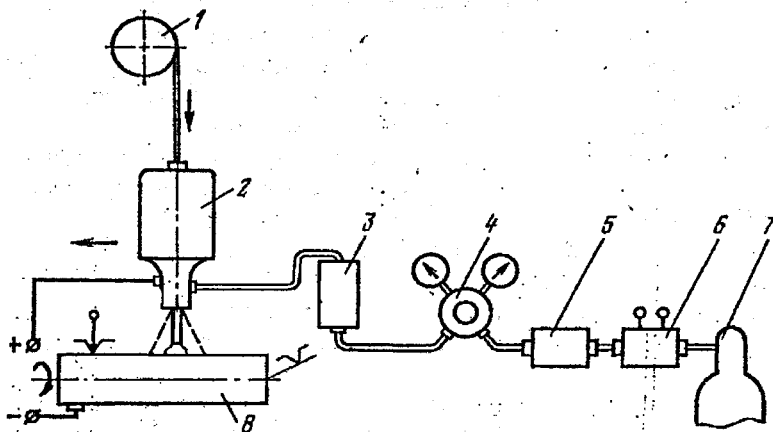


Рисунок 13 – Принципова схема установки для электродугового наплавлення в середовищі вуглекислого газу: 1 – касета з дротом; 2 – наплавловальний апарат; 3 – ротаметр; 4 – редуктор; 5 – осушувач; 6 – підігрівник; 7 – балон із вуглекислим газом; 8 – деталь

Технічні характеристики деякого обладнання для наплавлення в середовищі вуглекислого газу наведені в таблиці 9.

Для наплавлення у середовищі вуглекислого газу застосовують наплавловальні головки (АБС, А-384, А-580 тощо), джерела живлення повинні мати жорстку зовнішню характеристику і швидкість наростання сили струму короткого замикання 70...110 кА/с (ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500 тощо), підігрівач та осушувач газу редуктор-витратомір (ДРЗ-1-5-7) або ротаметри (РС-3, РКС-65). До комплекту газової апаратури входить балон із вуглекислим газом (тиск 7,5 МПа), який містить 25 кг вуглекислоти. За нормальних умов ($t=0\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P_{\text{атм}}=670\text{ мм.рт.ст.}=101,3\text{ КПа}$) після випарування 1 кг вуглекислоти утворюється близько 500 л вуглекислого газу.

Витрата вуглекислого газу залежить від діаметра електродного дроту. На витрату газу також впливають швидкість наплавлення, конфігурація виробу й наявність руху повітря. Для нормального захисту зони наплавлення від повітря необхідно витратити близько 600 л вуглекислого газу на годину при струмі зварювання $I_{\text{ЗВ}}=200\text{ А}$.

При зварюванні деталей застосовують електродний дріт марок Св 08ГС, Св 08М2С, Св 12ГС, а при напавленні деталей легований дріт марок Св 18ХГСА, Нп-30ХГСА, Нп-65Г.

Напавлення дротом Нп-30ХГСА забезпечують одержання напавленого металу твердістю НRC 30...35. При використанні дроту Нп-65Г твердість напавленого металу підвищується до НRC 50.

Таблиця 9 – Технічні характеристики обладнання для наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Модель обладнання	Зварювальний струм, А		Електродний дріт		Модель джерела живлення (рекомендована)
	Номинальне значення	Межі регулювання	Діаметр, мм	Швидкість подачі, м/год	
А-547У	250	60—300	0,8—1,2	100—340	ВС-300
А-825М	300	80—300	0,8—1,2	120—620	ВСЖ-303
ПДІП-500	500	50—500	0,8—2,0	150—720	ПСГ-500-1
А-929	350	60—500	1,0—2,0	120—620	ПСГ-500-1
УД-209	500	60—500	1,2—2,0	100—350	ВДУ-504-1
ПДГ-502	500	60—500	1,2—2,0	120—1200	ВДУ-504-1
ПДГ-601	630	100—700	1,6—2,5	120—1200	ВДГ-601УЧ
У-653	500	100—500	1,0—2,0	50—500	ВДУ-504-1
ПДГ-301	500	60—500	0,8—1,2	90—720	ПСГ-500-1
1197С	500	100—500	1,6—3,2	90—900	ВДУ-504-1
ПДГ-508	500	60—500	1,6—2,0	105—738	ПСГ-500-1
А-1503	500	100—700	1,2—3,5	120—780	ВДГ-601
ПДГІ-302	300	40—300	0,8—1,4	120—1200	ВДГ-301
А-1230М	500	60—500	0,8—1,2	140—670	ПГС-500-1

Недостатня кількість вуглекислого газу у зоні наплавлення призводить до появи пор у наплавленому шарі. Витрата вуглекислого газу в залежності від діаметра електрода наведена у табл. 10.

Таблиця 10 – Витрата вуглекислого газу в залежності від діаметра електрода

Діаметр електродного дроту	Виліт електрода	Внутрішній діаметр спіралі для підводу дроту	Витрата вуглекислого газу, л/хв
мм			
0,5—0,8	7—10	1,0—2,0	6—8
1,0—1,4	8—15	1,6—2,5	8—10
1,6—2,0	15—25	2,2—4,0	10—15
2,5—3,0	18—30	3,0—5,0	14—18

Режим наплавлення визначається тими ж параметрами, що і при наплавленні під шаром флюсу.

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу виконують на постійному струмі зворотної полярності. Сила струму наплавлення визначається діаметром електродного дроту (площею поперечного перерізу електрода)

$$I_H = 40 \cdot \sqrt[3]{D_D}, \text{ А};$$

напруга

$$U = 21 + 0,04I_H, \text{ В};$$

коефіцієнт наплавлення

$$\alpha_H = 2,3 + 0,065 \frac{I_H}{d_e}, \text{ г/А год},$$

де d_e – діаметр електродного дроту, мм (приймається з таблиці);

швидкість подачі електродного дроту встановлюють з таким розрахунком, щоб у процесі наплавлення не було короткого замикання й обриву дуги

$$v_e = \frac{4 \cdot \alpha_F \cdot I_H}{\pi \cdot d^2 \cdot \gamma_e}, \text{ м/год},$$

де γ_e - питома маса електродного дроту, г/см³ (для дроту із суцільним перерізом $\gamma_e = 7,8$ г/см³); α_p - коефіцієнт розплавлення дроту ($\alpha_p = \frac{\alpha_H}{\eta}$); η - коефіцієнт врахування втрат металу на випалювання і розбризування (для наплавлення в середовищі вуглекислого газу $\eta = 0,88 \dots 0,92$).

Виліт електродного дроту

$$H = (6 \dots 10) d_e, \text{ мм};$$

зміщення електрода від zenіту

$$a = (0,05 \dots 0,1) D_0, \text{ мм};$$

швидкість наплавлення встановлюють залежно від товщини і якості формування наплавлюваного шару

$$v_H = \frac{\pi \cdot d_e^2 \cdot v_e}{4 \cdot S_H \cdot h_H} \eta, \text{ м/год}$$

де $S_H = (2 \dots 2,5) d_e$ - крок наплавлення, мм. Кожний наступний валик повинен перекривати попередній не менше ніж на 1/3 його ширини. Частота обертання деталі

$$n = 5,31 \frac{v_H}{D_0}, \text{ хв}^{-1}.$$

Режими процесу наплавлення уточнюються з рекомендованими в таблиці 10 та коригуються при пробному напавленні.

Режими наплавлення у вуглекислому газі в порівнянні з напавленням під шаром флюсу мають деякі розходження за величиною. Діаметр електродного дроту рекомендується застосовувати не більш 0,8...2 мм. Силу зварювального струму встановлюють у залежності від діаметра електродного дроту в межах 70...220 А, а напруга дуги в межах 18...22 В. Швидкість наплавлення може бути значно підвищена в порівнянні з напавленням під шаром флюсу до 80...100 м/год і більше. Витрата вуглекислого газу залежить від сили струму зварювання і встановлюється в межах 8...15 л/хв.

Напавлення деталей у середовищі вуглекислого газу в порівнянні з автоматичним напавленням під флюсом має такі переваги: можливість напавлення при будь-якому просторовому положенні деталі; вища за площею покриття продуктивність процесу (на 20...30%); відсутність трудомісткої операції по відокремленню шлакової кірки, висока продуктив-

ність (не нижча наплавлення під шаром флюсу); високий ступінь щільності дуги, що сприяє незначним нагріванню деталі і її деформації; можливість наплавлення шару невеликої товщини (0,8...1,5 мм); видимість місця зварювання, низька вартість вуглекислого газу в порівнянні з флюсом і можливість накладення незручних і складної конфігурації швів аж до стельових. Застосування тонкого електродного дроту товщиною 0,5...1,2 мм при малих струмах у поєднанні з видимістю процесу дало можливість широко використовувати цей спосіб при ремонті тонколистових деталей, механізувати наплавлення, виконуване на дрібних деталях (валах діаметром 10 мм і більше).

Таблиця 11 – Режим наплавлення циліндричних поверхонь в залежності від діаметра деталі і необхідної товщини наплавлюваного шару металу

Діаметр деталі	Товщина наплавлюваного шару	Діаметр електрода	Сила струму, А	Напряга, В	Швидкість наплавлення м/год	Зміщення електрода		Виліт електрода	Витрата вуглекислого газу, л/хв
						мм			
10—20	0,5—0,8	0,8	70—90	16—18	40—45	2—4	2,5—3,0	7—10	6—8
20—30	0,18—1,0	1,0	85—110	18—20	40—45	3—5	2,8—3,2	8—11	6—8
30—40	1,0—1,2	1,2	90—150	19—23	35—40	5—8	3,0—3,5	10—12	6—8
40—50	1,2—1,4	1,4	110—180	20—24	30—35	6—10	3,5—4,0	10—15	8—10
50—60	1,4—1,6	1,6	140—200	24—28	30—20	7—12	4,0—6,0	12—20	8—10
60—70	1,6—2,0	2,0	280—400	27—30	20-15	8—14	4,5—6,5	18—25	10—12
70—80	2,0—2,5	2,5	280—450	28—30	10—20	9—15	5,0—7,0	20—27	12—15
80—90	2,5—3,0	3,0	300—400	28—32	10—20	9—15	5,0—7,5	20—27	14—18
90—100	0,8—1,0	1,0	100—300	18—19	70—80	8—10	2,8—3,2	10—12	6—8
100—150	0,8—1,0	1,2	130—160	18—19	70—80	8—12	3,0—3,5	10—13	8—9
200—300	0,8—1,0	1,2	150—190	19—21	20—30	18—20	3,0—3,5	10—13	8—9
200—400	1,8—2,8	2,0	350—420	32—34	25—35	18—22	4,5—6,5	25—40	15—18
200—400	2,6—3,2	3,0	380—450	32—34	25—35	20—25	5,0—7,5	25—50	16—18

До числа недоліків цього способу наплавлення варто віднести: підвищене розбрикування металу, підвищену схильність наплавленого шару

до утворення тріщин, необхідність застосування легованого дроту для одержання наплавленого металу з необхідними властивостями.

Іноді замість вуглекислого газу для захисту зони зварювання застосовують пар. У цьому випадку виготовляють нове сопло пальника, що відрізняється тим, що у внутрішній частині зроблена кільцева порожнина для збору конденсату. Пара значно дешевша від флюсу і вуглекислого газу, але наплавлений шар може мати пори і тріщини. Тому пар застосовують для наплавлення невідповідальних деталей: для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків, натяжних коліс тощо.

3.6 Вібродугове наплавлення

Суть способу полягає в тому, що між деталлю і присадним електродним дротом, який вібрує вздовж осі з амплітудою 1,5...5 мм і частотою 50...100 коливань в секунду, періодично збуджується дуга.

Електродний дріт подається до поверхні деталі, яка знаходиться під напругою з коливаннями, за рахунок яких відбувається періодичне замикання і розмикання електричної дуги між електродом і поверхнею деталі. Процес наплавлення складається з трьох фаз: короткого замикання, горіння дуги і холостого ходу.

Оплавлення поверхні деталі, плавлення електрода і формування зварного шва відбуваються на етапі горіння дуги. Для зменшення імпульсів струму, стабілізації горіння дуги, скорочення холостого ходу до зварного ланцюга підключають індуктивний опір. Вібрація електрода зменшує тепловий вплив на деталь.

Процес вібродугового наплавлення відбувається в середовищі захисного газу, охолоджувальної рідини, під шаром флюсу і без захисту.

Вібродугове наплавлення забезпечує малу зону термічного впливу, покриття різної товщини з високою твердістю, зносостійкістю і незначними деформаціями поверхні деталі. Недоліком способу є неоднорідність структури, нещільність і пористість металу шва, які зменшують міцність і спричиняють втомленість деталі.

Вібродугове наплавлення застосовують при відновленні зношених поверхонь багатьох деталей. Її використовують при відновленні деталей зі сталі, ковкого й сірого чавуну при нарощуванні зношених зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, а також різьбових поверхонь і шліців. Вібродуговим наплавленням можна одержати порівняно тонкі і дуже міцні покриття товщиною 0,1...2,5 мм на круглих деталях діаметром від 15 мм і більше. Спосіб розроблений для наплавлення зношених поверхонь з високою твердістю: посадочних поверхонь під підшипники, шківів, шестерень тощо.

Схема устансовки для вібродугового наплавлення показана на рис.14. Наплавлювану деталь 3 встановлюють у патроні чи центрах токарного верстата. На супорті верстата монтують наплавлювану головку, що містить у

собі механізм 5 подачі дроту з касетою 6, електромагнітний вібратор 7 із мундштуком 4. Вібратор коливає кінець електрода з частотою 50...100 Гц і забезпечує замикання й розмикання зварювального кола. Живлення установки здійснюється від джерела струму напругою 12...24 В. У зварювальне коло включений індуктивний опір 9 для стабілізації величини струму зварювання. Реостат 8 служить для регулювання сили струму в колі. У зону наплавлення насосом 1 із бака 2 подається охолоджувальна рідина. У процесі наплавлення електрод, що вібує, періодично замикає зварювальне коло, змінюючи в ньому напругу й струм.

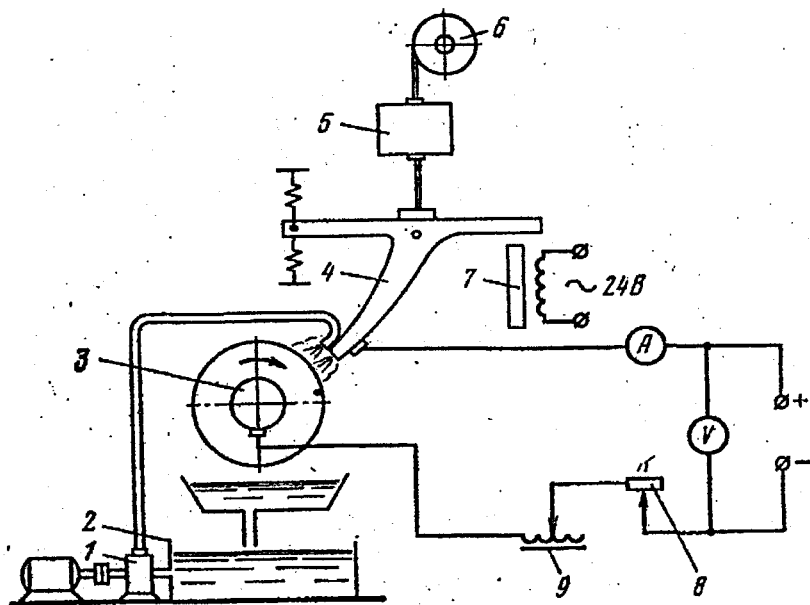


Рисунок 14 – Схема установки для вібродугового наплавлення: 1 – насос, 2 – бак, 3 – наплавлювана деталь, 4 – мундштук, 5 – механізм подачі дроту, 6 – касета, 7 – електромагнітний вібратор, 8 – реостат, 9 – індуктивний опір

У кожному циклі вібрації можна виділити три періоди: короткого замикання, дугового розряду і холостого ходу. У момент короткого замикання напруга на дузі падає майже до нуля, а сила струму підвищується до максимального значення. При відході електрода від деталі напруга у колі миттєво підвищується до 18...24 В, внаслідок дії електрорушійної сили самоіндукції і виникає короточасний дуговий розряд. Електродний дріт розплавлюється і краплі розплавленого металу переносяться на деталь. При подальшому відході електрода від деталі горіння дуги переривається й

настає період холостого ходу, який продовжується до наступного короткого замикання, після чого цикл повторюється.

У період дугового розряду виділяється 80...85 % тепла, яке витрачається на розплавлення електрода й утворення зварювальної ванни. Збільшити кількість виділеного тепла, а значить, і продуктивність наплавлення, можна за рахунок скорочення або виключення періоду холостого ходу, що досягається певним поєднанням величини напруги, індуктивності та амплітуди вібрації електрода.

Як джерела живлення використовують такі ж перетворювачі й випрямлячі, як при звичайному автоматичному наплавленні.

Наплавляти можна на постійному та змінному струмі. Постійний струм забезпечує кращу стабільність процесу. Полярність струму впливає на якість наплавленого шару і його зчеплення з основним металом. Ці показники кращі при наплавленні вібродуговим способом на струмі оберненої полярності.

Зварювальні головки принципово обладнані так само, як і автоматичні зварювальні головки, але на відміну від останніх не мають бункера для флюсу і обладнані вібратором. Великий вплив на якість наплавлення деталей має конструкція наплавочної головки. В ремонтному виробництві застосовують наплавочні головки УАНЖ-5, УАНЖ-6, ВДГ-5 з електромагнітним вібратором і головки ОКС-1252 А (ГМВК-2), КУМА-5М з механічним вібратором. Головка ВГ-8М призначена для вібродугового наплавлення в середовищі вуглекислого газу.

Як джерела живлення для вібродугового наплавлення застосовують низьковольтні генератори НД 500/250, НД 1000/500 із послідовним включенням у зварювальне коло, як індуктивний опір, дроселя низької частоти РСТЭ-34, зміна індуктивності якого досягається вмиканням чи вимиканням витків котушки. Як джерела струму можуть бути використані також випрямлячі ВСТ-3М, ВСА-600/300, ВАСС-15/600 і інші.

Наплавлення ведуть з охолодженням струменем рідини (3...5%-ний водяний розчин кальцинованої соди, або 12...20%-ний водяний розчин технічного гліцерину), у середовищі вуглекислого газу, водяного пару і у відкритому просторі. Наплавлення деталей віброуючим електродом із застосуванням охолоджувальної рідини одержали найбільш широке застосування. Основною перевагою цього процесу наплавлення є невелике нагрівання деталей (близько 100° С), мала зона термічного впливу і можливість одержання наплавленого металу з необхідною твердістю й зносостійкістю без додаткової термічної обробки. При тому самому матеріалі дроту можна одержати різні структури наплавленого металу в залежності від кількості рідини й способу її підведення. При підведенні рідини безпосередньо в зону наплавлення підвищується твердість наплавленого металу і його зносостійкість, але знижується втомлювальна міцність деталей на 30...40%. Зниження втомлювальної міцності буде менш значним, якщо охолоджувати наплавлений метал на деякій відстані від зони наплавлення, але при

цьому буде знижуватися твердість і зносостійкість металу. Рідину подають на відстані 10...40 мм від електрода. При зменшенні вказаної відстані підвищується швидкість охолодження наплавленого шару, збільшується середня твердість наплавленого металу, виникає велика кількість мікротріщин. Витрати рідини не перевищують 0,5 л/хв.

Для вібродугового наплавлення застосовують зварювальний вуглецевий або легований дріт діаметром 1...3 мм. Вибір дроту здебільшого залежить від потрібної твердості наплавленого шару. При використанні дроту, до складу якого входить до 0,4 % вуглецю, можна одержати шар твердістю до HRC 40+45. Із збільшенням у дроті вмісту вуглецю і легованих елементів твердість наплавленого шару зростає і може досягати HRC 55. Металопокриття має твердість 14...19 HRC при використанні маловуглецевого дроту Св-08 і Св-08ГА, а при напавленні дротом Нп-30ХГСА, Нп-65 і Нп-80 валик в охолоджувальній рідині загартовується до твердості 26...55 HRC. Наступний валик наплавленого металу частково розплавляє попередній і створює зону відпалення. Це призводить до неоднорідності структури й твердості наплавленого шару, що ускладнює механічну обробку деталі. Здебільшого для вібродугового наплавлення використовують зварювальні дроти Св-08А, Св-08ГА, Св-10Г2, Св-08ГС, леговані Св-10ХМ, Св-18ХГСА, Св-08Г2СА, а також дроти із конструкційних високовуглецевих сталей 70, 75, 80 і пружинних сталей I і II класів.

Для ліквідації негативних явищ, пов'язаних з розкладом вуглекислого газу при високій температурі під час наплавлення в середовищі вуглекислого газу, слід надавати перевагу дротам з розкислювачами Св-08ГС, Св-10ГС, Св-18ХГСА, Нп-30ХГСА та іншим.

Для деталей, що працюють в умовах знакозмінних навантажень, можна застосовувати ті ж марки електродного дроту, але наплавлення варто вести в середовищі вуглекислого газу чи в атмосфері повітря. Однак при цьому твердість наплавленого металу буде не вищою НВ 160...450.

Якість з'єднання наплавленого металу з основним залежить від декількох факторів. Основними з них є полярність струму, крок наплавлення (подача супорта верстата на один оборот деталі), кут підведення електрода до деталі, амплітуда вібрації електрода, виліт електрода, якість очищення й підготовки поверхні, що підлягає напавленню, товщина шару наплавлення та інші.

Параметри режимів при вібродуговому напавленні аналогічні параметрам процесу наплавлення у середовищі CO₂. Крім того, вібродугове наплавлення характеризує також частота й амплітуда коливань електродного дроту, додаткова індуктивність і режим подачі охолоджувальної рідини.

Режим вібродугового наплавлення визначається електричними й механічними параметрами, правильне призначення яких визначає якість одержуваних металопокриттів.

До електричних параметрів режиму відносять полярність струму, напругу й силу струму зварювання, індуктивність зварювального ланцюга.

Діаметр електродного дроту вибирають залежно від товщини наплавляваного шару і потужності джерела струму. Для шару товщиною до 1 мм беруть дріт діаметром $1 \div 1,6$, для шару 2 мм – діаметром до 2,5 мм.

Сила струму. Вібродугове наплавлення проводять при постійному струмі зворотної полярності (плюс до електрода, мінус до деталі). Силу струму визначають за густиною, користуючись формулою

$$I = F_{op} D_a = 0,785 d^2_{op} D_a ,$$

де F_{op} – площа перерізу дроту, мм^2 ; $D_a = 60\text{--}90 \text{ А/мм}^2$ – густина струму.

Напруга. Оптимальна напруга для вібродугового наплавлення – $14 \div 22 \text{ В}$. Для малих товщин (до 1 мм) і деталей малих розмірів беруть менші значення, для більших – більші значення напруги. Для товстих шарів на великих деталях напругу збільшують до $24\text{--}28 \text{ В}$.

Вібродугове наплавлення ведуть при струмі зворотної полярності при напрузі холостого ходу $12\text{--}24 \text{ В}$, сила струму зварювання залежить від діаметра електродного дроту й швидкості її подачі. При діаметрі дроту $1,6\text{--}2 \text{ мм}$ і зміні швидкості подачі дроту в межах $1,0\text{--}3,5 \text{ м/хв}$ сила струму змінюється від 100 до 200 А. Індуктивність зварювального кола приймають такою, яка відповідає включенню шести-восьми витків дроселя РСТЭ-34.

Дуже важливим механічним параметром режиму є швидкість наплавлення, від якої залежить продуктивність процесу наплавлення й товщина шару наплавленого металу. Найбільшу швидкість наплавлення визначають із дослідної залежності:

$$V_n = (0,4 - 0,7) V_{op} , \text{ м/хв},$$

де V_{op} – швидкість подачі електродного дроту.

Швидкість подачі електродного дроту V_{op} і швидкість наплавлення V_n (м/хв) визначають за формулами

$$V_{op} = \frac{I \alpha_n}{60 \cdot 0,785 \cdot d^2_{op} \gamma} ;$$

$$V_n = \frac{0,785 \cdot d^2_{op} v_{op}}{t S} K_1 K_2 ,$$

де $\alpha_n = 6,5 \div 8,5 \text{ г/(А} \cdot \text{год)}$ – коефіцієнт наплавлення; $\gamma = 7,6 \div 7,9 \text{ г/см}^3$ – густина розплавленого металу; t – товщина наплавленого металу, мм; $K_1 = 0,8 \div 0,9$ – коефіцієнт переходу електродного матеріалу в наплавлений метал; $K_2 = 0,8 \div 0,95$ – коефіцієнт відхилення площі перерізу наплавленого шару від розрахункової.

Швидкість подачі дроту може змінюватися в межах $0,5\text{--}3,5 \text{ м/хв}$.

Знаючи швидкість подачі дроту, можна визначити *продуктивність процесу наплавлення* за формулою

$$G_n = 0,367d_e^2V_{др}\psi, \text{ кг/год,}$$

де G_n – маса наплавленого металу; d_e – діаметр електродного дроту, мм;
 $V_{др}$ – швидкість подачі дроту, м/хв; ψ – коефіцієнт втрат металу, %
(приймають $\psi = 8 \dots 12\%$).

Витрати матеріалів на наплавлення поверхні деталі визначають за формулами

$$G_{др} = 0,785d_{др}^2v_{др}T_m\gamma; \quad Q_{CO_2} = qT_mK_e,$$

де $K_e = 1,15 \dots 1,25$ – коефіцієнт перевитрати газу за рахунок того, що подачу газу вмикають раніше, ніж дроту, а вмикають після закінчення наплавлення, а також витрати газу на продування системи.

Крок наплавлення залежить від діаметра дроту і змінюється в межах 2,5...3,5 мм при діаметрі дроту 1,6...2 мм. *Крок наплавлення S* визначають за формулою

$$S = (1,6 \dots 2,2) v_{др}.$$

Амплітуда вібрації електрода

$$A = (0,75 \dots 1)d_{др}.$$

Виліт електрода

$$L = (5 \dots 8)d_e, \text{ мм.}$$

Товщина наплавленого шару металу при зазначених параметрах режиму може бути отримана в межах 0,8...3,5 мм. При багат шаровому наплавленні можна одержати шари будь-якої товщини. Підготовка поверхонь для наплавлення складається в очищенні їх від бруду й іржі. Всі отвори й пази, які необхідно зберегти, заповнюють мідними чи графітовими вставками так, щоб вони виступали над поверхнею на величину, що перевищує товщину наплавленого шару, що дозволяє легше видалити їх після наплавлення. Центри деталей перевіряють і виправляють.

Значення товщини наплавленого шару металу може бути визначене за формулою

$$h = \frac{d^2 V_{sp} (1 - \psi)}{V_n b}, \text{ мм,}$$

де b — ширина валика, мм.

Тривалість процесу наплавлення у хвилинах підраховують за формулою

$$t_0 = \frac{l}{ns} i, \text{ хв,}$$

де l — довжина наплавлюваної поверхні деталі, мм; n — частота обертання деталі, об/хв; s — подовжня подача наплавочної головки, мм/об ($s = 2,5 \dots 3,5$ мм/об); i — кількість шарів наплавлення, що залежить від товщини наплавленого шару металу.

Таблиця 12 — Режими вібродугового наплавлення

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлюваного шару, мм	Діаметр електрода, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення, м/год	Крок наплавлення, мм	Амплітуда вібрації електрода, мм	Швидкість подачі електрода, м/год	Витрата охолоджувальної рідини, л/хв
20	0,3	0,8	100	132	1,0	1,5	36	0,2
40	0,7	1,0	120	72	1,3	1,8	24	0,4
60	1,1	1,6	150	60	1,6	2,0	48	0,5
80	1,5	2,0	180	36	1,8	2,0	60	0,6

Частоту обертання деталі визначають у залежності від швидкості наплавлення

$$n = \frac{1000V_n}{\pi d}, \text{ об/хв,}$$

де d — діаметр наплавлюваної поверхні деталі, мм.

Рекомендовані режими вібродугового наплавлення сталей струмом зворотної полярності при напрузі вібродугового наплавлення 12...15 В наведені у таблиці 12.

Оцінюючи автоматичне вібродугове наплавлення як спосіб відновлення зношених поверхонь деталей, можна відзначити такі його переваги: незначне нагрівання й деформація деталей, одержання високої твердості й стійкості наплавленого шару без термічної обробки, можливість нанесення тонких шарів металу (до 0,1 мм), висока продуктивність, яка за площею покриття складає 8...10 см²/хв, при відносній простоті обладнання і технологічного процесу.

Поряд з перевагами вібродугове наплавлення має і цілий ряд недоліків: наплавлений шар часто пористий і неоднорідний за твердістю й структурою металу, втрати на розбризування й чад високі і досягають 6...8%. В результаті обробки втрати міцності деталей знижується майже в 2 рази. У зв'язку з цим застосування вібродугового наплавлення для відновлення відповідальних деталей, що піддаються великим знакозмінним і циклічним навантаженням (цапфи, колінчасті вали тощо), дуже обмежене.

Таким чином, використовувати вібродугове наплавлення доцільно для відновлення спрацьованих деталей (спрацьовання – менш як 1 мм) і не підлягають знакозмінним навантаженням (шійки валів коробок передач і задніх мостів, штовхачі тощо).

3.7 Дугове наплавлення з газополуменевим захистом

Широкі технологічні можливості при відновленні деталей великої номенклатури в умовах ремонтного виробництва має дугове наплавлення з газополуменевим захистом. Спосіб дозволяє наплавляти на деталі щільні шари, застосовуючи доступні і відносно дешеві вуглецеві дроти. Метал, наплавлений високовуглецевими дротами на сталеві деталі, добре загартовується. Можна також наплавляти сталевим низьковуглецевим дротом на чавунні деталі. Наплавлений шар у цьому випадку має гарну оброблюваність.

Особливістю способу є те, що захисні гази в зварювальну зону подаються двома концентричними (рис. 15) потоками: у зовнішньому потоці — природний газ (ГОСТ 5542—78) чи пропан-бутанова суміш (ГОСТ 20447—80) і у внутрішньому потоці — кисень (ГОСТ 5583—78). При цьому природний газ і продукти його згоряння захищають зварювальну зону від проникнення азоту з повітря. Однак вуглецеводневий газ викликає при зварюванні пористість. Шкідливий вплив газу на щільність наплавленого металу придушується киснем, що подається вузьким внутрішнім потоком у зону дуги. По виходу з пальника газ згоряє, утворюючи полум'я. Таким чином, дуга горить у середовищі газокисневого полум'я.

Для наплавлення з газополуменевим захистом застосовується двоспловий пальник. Газовий пальник кріплять до мундштука таким чином, щоб вісь його збігалася з кінцем електрода на відстані від наконечника, рівній вильоту електрода.

Для захисту від перегріву в процесі наплавлення газовий пальник і головка мундштука мають сорочки водяного охолодження, які включаються послідовно в систему постачання водою.

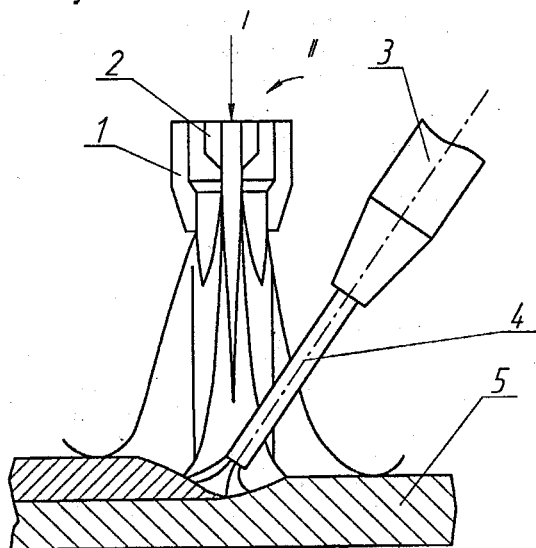


Рисунок 15 – Схема наплавлення з газополуменевим захистом : 1 – сопло для природного газу; 2 – сопло для кисню; 3 – мундштук; 4 – дріт; 5 – деталь; I і II – подача відповідно кисню і природного газу (пропан-бутану)

Наплавлення виконують на наплавлювальних установках УД-209, У-653, створених на базі токарного верстата, а також наплавлювальних верстатах. Для створення газополуменевого захисту установку оснащують пальником, системою живлення пальника газами і системою охолодження пальника і наплавлюваної деталі. Для живлення дуги застосовують джерела з положоспадною чи жорсткою характеристикою: ВР-600, ВДУ-505, ВДУ-50, ВДУ-601, ПСГ-500 і ін. «Плюс» джерела живлення підключають до пальника.

Щільні шари на сталеві і чавунні деталі наплавляють різними сталевими, зварювальними і наплавлювальними дротами такими, як, наприклад, Св-08, Св-08ГА, Св-08М2С, Нп-30ХГСА, вуглецевими і низьколегованими дротами, наприклад зі сталі 08кп, 10, 20, 45, 65М, 80. Присутність розкислювачів у складі дроту не обов'язкова. Більшість сталевих деталей доцільно наплавляти пружинним дротом II класу (ГОСТ 9378—75). Можуть застосовуватися й інші дроти, що містять до 0,7 % вуглецю і леговані до 1 % марганцю.

Для наплавлення чавунних деталей застосовують зварювальні дроти Св-08 і Св-08А чи низьковуглецеві дроти зі сталей 08кп і 10. Можна застосовувати інші дроти, близькі за складом до зазначеного раніше.

Примусове охолодження деталей дозволяє задовільно формувати наплавлений шар при наплавленні з використанням струму більшої сили, ніж при наплавленні у вуглекислому газі. Завдяки цьому в порівнянні з наплавленням у середовищі вуглекислого газу можна наплавляти деталі меншого діаметра, не побоюючись їхнього перегріву, застосовувати дроти великих діаметрів, і більш продуктивно вести процес. Об'єднуючи процес наплавлення з інтенсивним охолодженням наплавленого металу струменем охолоджувальної рідини (чотирипроцентним розчином кальцинованої соди чи водою), при наплавленні пружинним дротом II класу можна одержати наплавлені шари з твердістю 56—64 HRC.

3.8 Електроконтактне наплавлення

Електроконтактне наплавлення відноситься до термомеханічного класу. Усі способи контактного зварювання ґрунтуються на нагріванні і пластичному деформуванні заготовок у місці з'єднання. Нагрівання здійснюється теплом, яке виділяється під час проходження електричного струму через з'єднані деталі, що знаходяться у контакті. При цьому способі наплавлення металопокриття на поверхні відновлюваної деталі утворюється в результаті навивання дроту або стрічки і контактного приварювання їх до деталі за рахунок потужних імпульсів струму. У процесі наплавлення відбувається деформація дроту до необхідної товщини шару покриття.

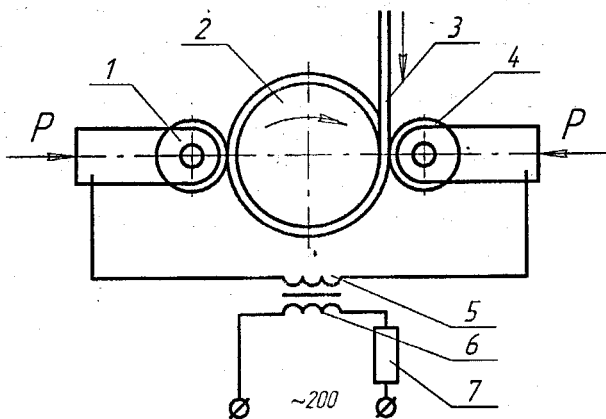


Рисунок 16 – Схема електроконтактного наплавлення: 1 – контактний ролик; 2 – деталь; 3 – дріт; 4 – наплавлювальний ролик; 5 – вторинна обмотка трансформатора; 6 – первинна обмотка трансформатора; 7 – переривач струму

Принципова схема електроконтактного наплавлення показана на рис.16. При наплавленні деталь 2 встановлюють у патроні чи в центрах то-

карного верстата, а наплавлювальний пристрій з контактним 1, наплавлювальним 4 роликками і завантажувальним механізмом – на супорті верстата. Наплавлювальний ролик притискає дріт 3 до деталі і деформує її. Струм до контактної і наплавлювальної роликків підводиться від вторинної обмотки 5 трансформатора. У коло первинної обмотки 6 трансформатора включений переривач струму 7, що забезпечує необхідну тривалість імпульсів струму й пауз між ними.

Наплавлювальний і контактний роликки конструктивно нічим не відрізняються від зварювальних роликків машин для електроконтактного зварювання. Роликки виготовляють із хромистої бронзи чи зі сплаву МЦ-55.

Навантажувальним механізмом можуть служити гідравлічні циліндри з максимальним зусиллям 1,5 кН, пневматичні діафрагмові камери, а також механізми, що складаються з пружин і силового гвинта для зміни величини прижимного зусилля.

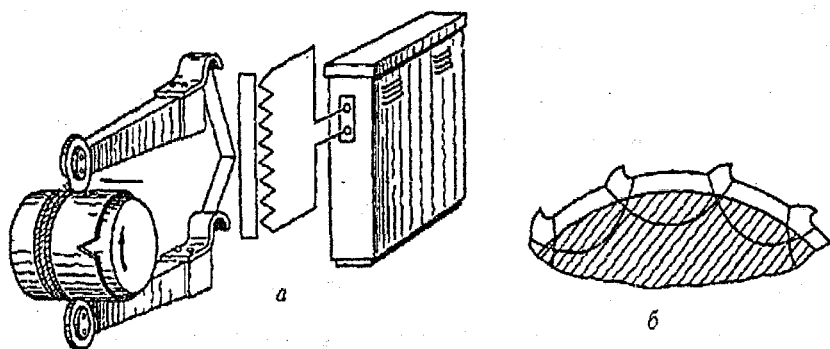


Рисунок 17 – Схема приварювання металевої стрічки до поверхні вала: а – джерело живлення; б – перекриті імпульси

Відмінними рисами електроконтактного наплавлення є: висока продуктивність процесу, яка при товщині шару в 1 мм досягає 60...100 см²/хв; незначні втрати присадочного металу; невелика зона термічного впливу (менш 0,5 мм); можливість одержання наплавленого металу з будь-якими властивостями; незначне зниження втомлювальної міцності деталі через пластичне деформування наплавлюваного металу в гарячому стані; сприятливі санітарно-виробничі умови роботи операторів.

Для зменшення нагрівання деталі і поліпшення загартування шару, який приварюється, у зону зварювання подають охолоджувальну рідину. На рисунку 17 показана схема приварювання металевої стрічки до поверхні вала.

Таблиця 13 – Твердість привареного шару в залежності від матеріалу стрічки

Марка сталі	Твердість привареного шару HRC	Марка сталі	Твердість привареного шару HRC
20	22—27	55	51—56
40	41—46	40X	51—61
45	46,5—51	65M	61—66

При контактному зварюванні метал прогрівається на малу глибину, що забезпечує незмінність його хімічного складу і відпадає необхідність у застосуванні флюсів і захисних газів.

Таблиця 14 – Установки для електроконтактного приварювання металевих шару (стрічки чи дроту)

Установка	Відновлювані поверхні
011-1-02М	Шийки валів
011-1-05	Різи валів
011-1-06	Отвори гільз циліндрів
011-1-10	Стакани підшипників
011-1-11	Корінні опори блоків циліндрів
01.11-022	Великогабаритні деталі
011-1-08	Шатуни
01-01-169	Вали і отвори (контактне приварювання порошкових матеріалів)

Таблиця 15 – Режими приварювання металевої стрічки

Параметр	Деталі	
	корпусні	типу вала
Сила струму зварювання, кА	7,8—8	16,1—18,1
Тривалість зварювального циклу, с	0,12—0,8	0,04—0,08
Тривалість паузи, с	0,08—0,1	0,1—0,12
Швидкість зварювання, м/хв	0,5	0,7—1,2
Подача електродів, мм/об	вручну	3—4
Сила стиску електродів, кН	1,70—2,25	1,3—1,6
Ширина робочої частини електродів, мм	8	4
Діаметр електродів, мм	50	150—180
Марка сталі стрічки	20	40, 45, 180
Матеріал деталі	Чавун	Сталь
Витрата охолоджувальної рідини, л/хв	0,5—1	1,5—2

Електроконтактне приварювання успішно застосовується для відновлення посадочних місць під підшипники в корпусних деталях і валах із чорних і кольорових металів, для наплавлення на деталі з кольорових металів сталльної стрічки, а також різьбових частин валів. Для відновлення й зміцнення деталей перспективною є приварювання до зношених поверхонь порошкових твердих сплавів.

3.9 Електрошлакове наплавлення

Для виготовлення біметалевих деталей зі зносостійким шаром значної товщини (більш 10 мм) застосовують електрошлакове наплавлення. У цьому процесі використовують теплоту, що виділяється при проходженні

електричного струму через розплавлений шлак. Електрошлакове наплавлення забезпечує найбільшу продуктивність у порівнянні з усіма іншими способами наплавлення. За допомогою легованих присадок одержують наплавлений шар потрібного хімічного складу.

Наплавлення можна виконувати на плоских поверхнях, а також на поверхнях тіл обертання. Особливість електрошлакового наплавлення полягає в тому, що можна одержувати гладенькі, рівні поверхні наплавленого шару. Це дає можливість використовувати деталі без наступної механічної обробки. Якість наплавленого металу висока — відсутні пори, тріщини й інші дефекти.

Електрошлакове наплавлення полягає у тому, що присадний метал розплавляється за рахунок тепла, яке виділяється при проходженні струму через розплавлений електропровідний шлак від електроду до деталі.

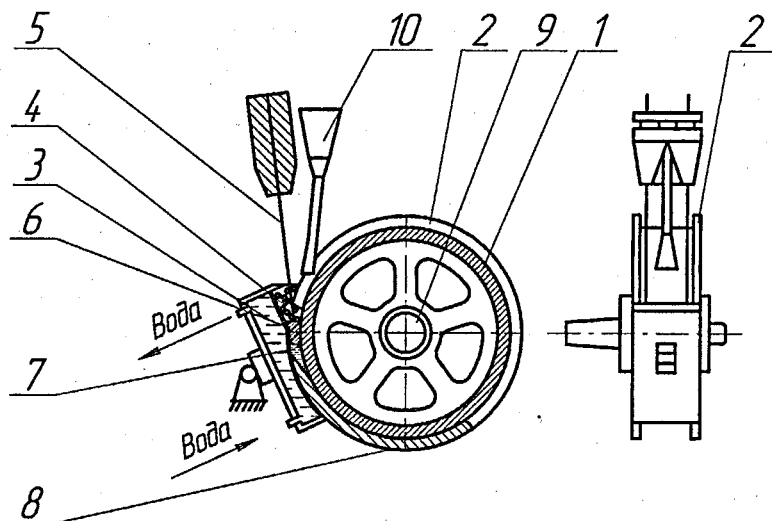


Рисунок 18 – Електрошлакове наплавлення: 1 – наплавлювана деталь; 2 – габаритні диски; 3 – кристалізатор; 4 – флюс; 5 – електрод; 6 – шлакова ванна; 7 – ванна розплавленого металу; 8 – наплавлений шар; 9 – оправка; 10 – дозатор

Наплавлювану деталь 1 (рис. 18) встановлюють на пристрій для обертання між габаритними дисками 2. Диски виготовлені з міді за габаритами нової (не зношеної) деталі і мають канали та порожнини для проходження охолоджувальної рідини. До них щільно прилягає мідний кристалізатор металу 3, також охолоджуваний проточною водою. У простір між деталлю, габаритними дисками і кристалізатором засипається флюс 4 і подається електрод 5. У початковий момент між електродом і технологічною планкою збуджується електрична дуга. Тепло, що виділяється, розплавляє

флюс і утворюється електропровідна шлакова ванна яка шунтує і гасить дугу. Температура ванни на 200...300 °С вища температури плавлення електрода. Електрод розплавлюється і під дією сили тяжіння осідає вниз, утворюючи ванну 7 розплавленого металу. При охолодженні метал кристалізується, утворюючи наплавлений шар 8 за формою кристалізатора.

Особливістю цього способу є те, що електрод розплавляється не електричною дугою, а за рахунок безпосереднього переходу електричної енергії в теплову при проходженні електричного струму через ванну розплавленого електропровідного флюсу. Втрати тепла на випромінювання суттєво зменшуються і, відповідно, майже в два рази знижується витрата електричної енергії. Крім того, відсутні угар і розбризкування металу. Витрата флюсу не перевищує 5 % маси наплавленого металу.

Наплавлення найчастіше виконують на вертикально розташованих поверхнях при примусовому формуванні наплавленого шару мідними, керамічними і графітовими водоохолоджуваними формами.

На початку процесу в зазор між деталлю і водоохолоджуваною формою заливають розплавлений флюс і збуджують дугу між електродним дротом і деталлю. Після утворення шлакової ванни достатньої глибини дуга гасне, і струм проходить через розплавлений шлак — починається електрошлаковий процес. Витрата флюсу при цьому способі в 15...20 разів менша, ніж при електродуговому. Зварювальний дріт, електродні стрічки, пластини чи стрижні великого перерізу, а також високолегований дріт і порошки можна застосовувати як присадочний матеріал.

Установки для електрошлакового наплавлення комплектуються, як правило, спеціальними трансформаторами з номінальним зварювальним струмом до 1000 А і напругою 30...45 В та пристроями автоматичного регулювання рівня ванни рідкого металу, наприклад ОКС-7755.

Флюси повинні мати високу температуру кипіння і електропровідність у рідкому стані, добрі захисні властивості. Випускаються спеціальні флюси АН-8, АН-22 і АН-348А.

Фізико-механічні властивості наплавленого металу залежать від матеріалу електродного дроту. Інколи застосовується легування металу введенням додатково в зварювальну ванну порошків. Режими наплавлення вибирають з умов стійкого процесу і розмірів наплавлених поверхонь.

При наплавленні зносостійких поверхонь найбільш придатний флюс АН-22. Наплавлення здійснюють спеціальними зварювальними апаратами. В міру заповнення зазору наплавленням металом деталь переміщують відносно апарата вниз.

Режими електрошлакового наплавлення при відновленні опорних котків тракторів мають такі (оптимальні) значення:

напруга 36...40 В; сила струму 800...900 А; швидкість подачі дроту 3...3,5 м/хв; глибина шлакової ванни 80 мм; число електродів 2; швидкість подачі сормайта 50...85 г/хв; діаметр електродного дроту, який використо-

вусться у цьому випадку, 3 мм; марка електродного дроту Св-08; флюс АН-348А, АН-8.

Процес відновлення починають із підготовки деталей до ремонту: очищення від мастильних матеріалів, обрізання зношених частин виробів. Відновлення виконують на установці для електрошлакового переплаву з використанням електрода з того ж металу, що і виріб, чи металу, близького за хімічним складом.

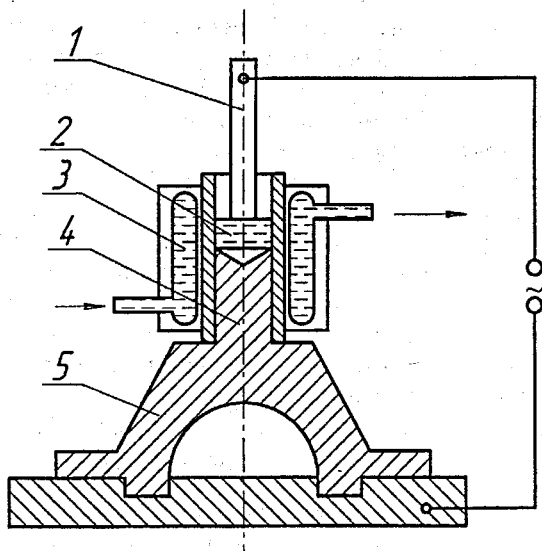


Рисунок 19 – Принципова схема відновлення поперечного вала вирівнювальної муфти електрошлаковим методом: 1 – електрод; 2 – флюс; 3 – кристалізатор; 4 – відновлена частина деталі; 5 – деталь

Відновлювану деталь 5 (поперечний вал вирівнювальної муфти) поміщають на плиті, до якої приєднаний струмопідвід (рис. 19). На основу деталі в місці вилученої зношеної частини встановлюють мідний водоохолоджувальний кристалізатор 3, внутрішня конфігурація якого відповідає відновлюваному елементу. Електрод 1 плавиться під дією теплоти, що виділяється в рідкому електропровідному флюсі 2. У кристалізаторі під шаром флюсу відбуваються безупинне наплавлення металу й формування відновленої частини 4 деталі.

Відновлені електрошлаковим методом деталі піддаються відповідній термічній і механічній обробці.

Електрошлакове наплавлення — високопродуктивний процес. Наплавлений шар одержують рівний і якісний. Використовують для відновлення сильно зношених деталей ходової частини тракторів тільки на спеціалізованих підприємствах.

3.10 Плазмово-дугове наплавлення

Плазмово-дугове наплавлення полягає у використанні плазмового струменя для плавлення присадного матеріалу і транспортування його частинок на поверхню деталі. Плазмою називають високотемпературний частково або повністю іонізований газ.

Іонізація викликається дією високої температури електричної дуги, або дією електричного поля високої частоти. В залежності від виду збудження розрізняють дугу і високочастотну плазму. На ремонтних підприємствах найбільше використовується дугова плазма.

Пристрій, у якому одержують плазмовий струмінь (стиснуту дугу), називають плазмовим пальником або плазмотроном. Принципові схеми плазмових пальників (плазмотронів) зображені на рисунку 20. За способом підключення до джерела струму плазмові пальники умовно поділяються на пальники із залежною (прямою) і незалежною (побічною) дугою та змішаним підключенням.

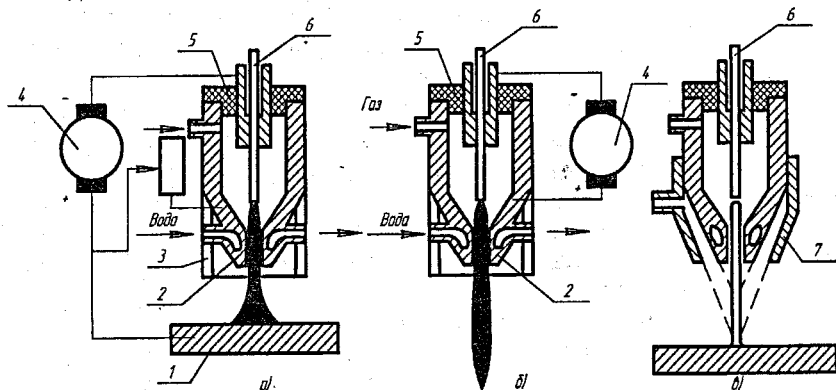


Рисунок 20 – Схеми плазмових пальників: а – залежною (прямою) дугою; б – незалежною(побічною) дугою; в – мікро плазмовий; 1 – деталь; 2 – водоохолоджувальне сопло; 3 – газозахисне сопло; 4 – джерело живлення; 5 – камера для плазмоутворювального газу; 6 – електрод; 7 – фокусує сопло

У пальниках із прямою дугою струм протікає між вольфрамовим (неплавким) електродом (катодом) і деталлю (анодом). Дуга, що горить між неплавким вольфрамовим електродом 6 (рис. 20) і підключеною до анода деталлю 1, стискується вузьким каналом водоохолоджуваного сопла 2 і плазмоутворювальним газом, що надходить у камеру 5. Частина газу, проходячи через стовп стиснутої дуги, іонізується і виходить із сопла у вигляді плазмового струменя. Температура плазмового струменя, що утвориться в пальнику прямої дії, може досягати більше 30 000°С. Таку схему застосовують при різанні металів і інших операцій, які вимагають підвищеного нагрівання деталі.

У пальниках з незалежною дугою катодом є вольфрамовий електрод 6, а анодом водоохолоджуване сопло 2 – плазмоутворювального пальника. Нагрітий і значною мірою іонізований газовий потік виходить із сопла у вигляді яскравого полум'я температурою до 16000°C. Тут велика частина енергії витрачається на нагрівання газового потоку, але інтенсивність його теплового впливу нижча, тому що зі зростанням струму збільшуються поверхня стовпа вільної дуги і теплопередача в навколишнє середовище. У цьому випадку температура плазми перед виходом із сопла пальника на 25—30 % вища, ніж біля зовнішнього плазмового струменя. Пальники з незалежною дугою застосовують для поверхневого загартування, металізації і напилювання тугоплавких металів і сполук.

При змішаному підключенні пальника між вольфрамовим електродом і соплом запалюється допоміжна побічна дуга, а між вольфрамовим електродом і деталлю – пряма дуга. Незалежне регулювання сили струму обох дуг дозволяє у широкому діапазоні змінювати кількість тепла, що витрачається на розплавлення поверхневого шару деталі і присадного матеріалу. Ця схема одержала поширення при наплавленні деталей порошком, який вдувається в струмінь плазми. Пальники, що випускаються, можуть працювати по кожній з описаних трьох схем.

У пальниках із прямою дугою утруднене порушення дуги між електродом і деталлю через вузький канал сопла. Тому в таких випадках за допомогою осцилятора чи вугільного стержня збуджують допоміжну дугу між електродом і соплом (рис. 20, а), що живиться через обмежувальний опір R від того ж джерела 4, що й основна дуга. Як тільки розігріта допоміжна дуга торкнеться деталі, автоматично загоряється основна дуга і вклучається допоміжна.

Витікання плазмового струменя із сопла з високою швидкістю збільшує приплив газів з навколишнього повітря в зону зварювання, і тому пальника постачають газозахисними соплами 3. Крім того, їх застосовують для повторного обтиснення засоплової ділянки плазмового струменя, а іноді і для фокусування струменя (рис. 19, в). Такі пальники називають мікроплазмовими, тому що вони дозволяють одержати гостру дугу в області малих струмів порядку 0,5 ... 30 А.

У якості плазмоутворювального газу використовують аргон, азот, гелій і ін. Кращим вважається аргон, а найбільш дешевим - азот. Для захисту зони наплавлення застосовують ці ж газу, їхні суміші, а також вуглекислий газ.

Як неплавкі електроди у пальниках усіх типів використовують вольфрамові стержні. Більш стійкі – вольфрамові стержні з присадкою 1...2% оксиду лантану.

Наплавочними матеріалами можуть бути дроти і металеві порошки усіх видів. Плазмовий струмінь дозволяє одержувати тонкі наплавлені шари з мінімальним проплавленням основного металу, тобто мінімальним перемішуванням з основним металом, і хорошу якість поверхні. Це дає

можливість застосовувати дорогі, але зносостійкі матеріали. Мінімальний припуск на механічну обробку (після наплавлення відразу шліфування) значно скорочує втрати матеріалу. Тому при плазмовому напавленні успішно застосовують дорогі порошки на нікелевій основі ПГ-СР2, ПГ-СР3, ПГ-СР4, твердосплавні порошки на залізній основі ПГ-ФБХ-6-2, КБХ, ПГ-УС25 і інші, а також суміші різних порошків.

Устаткування для плазмового напавлення включає в себе джерело живлення, плазмовий палик, пульт керування і контролю, баластові реостати, дросель, балони з плазмоутворювальним та захисним газами, верстат для переміщення деталі і плазмового палика. При використанні порошків застосовують спеціальні порошкові живильники, а при напавленні дротом - механізми, аналогічні механізмам подачі дроту в звичайних зварювальних автоматах. Охолоджують плазмові палики від водогінної мережі з подачею води не менш 5 л/хв. Циліндричні й інші деталі напавляють на переобладнаних токарних чи спеціальних напавлювальних верстатах, аналогічних верстатам, на яких ведуть автоматичне дугове зварювання. Для нанесення покриттів за допомогою плазми розроблені установки УМП-6 і УПУ-3Д, призначені для одержання стійких проти зношування, корозії і високих температур покриттів шляхом напилювання металевих і керамічних порошкових матеріалів.

Таблиця 16 – Режими плазмового напавлення

Вид плазмової обробки	Струм, А	Напруга, В	Плазмоутворювальний газ і його витрата, л/год	Транспортуючий газ і його витрата, л/год	Швидкість подачі електродного дроту, м/год	Швидкість напавлення, м/год	Відстань від сопла палика до поверхні деталі, мм
Напавлення із застосуванням присадного дроту	180-260	40-45	Аргон, 120-180	—	6-24	9,6	10-20
Напавлення порошку сормайт №1	180-260	40-45	Аргон, 90	Азот, 240-360	—	9,6	10-12
Напилювання порошку	250-350	80-90	Аргон, 1500	Аргон, 1500	—	9,6	120-150
Оплавлення порошку	300-320	80-90	Азот, 1500	—	—	9,6-12,0	65-70

Як джерела живлення використовують спеціальні напівпровідникові, випрямлячі типу ИПН-100/600, а також зварювальні перетворювачі постійного струму і випрямлячі з напругою холостого ходу не нижче 120 В і

крутоспадною характеристикою. Для регулювання струму використовують баластові реостати типу РБ-300.

Якість нанесеного шару при плазмовому наплавленні залежить від якості підготовки (очищення) поверхні під наплавлення і робочих режимів процесу. Режими наплавлення підбирають дослідним шляхом. Рекомендовані режими плазмового наплавлення з використанням різних присадних матеріалів наведені у таблиці 16.

Технологічні можливості плазмового наплавлення дуже широкі. Цим способом наносять тонкі шари металу при незначному розплавлюванні поверхні виробу. Мінімальна ширина одношарового валика 5...6 мм. Для одержання широких валиків плазмовому пальнику надають поперечні коливання (за один прохід можна наплавляти валик шириною до 60 мм). Плазмові наплавлення застосовують для відновлення деталей із зносом 0,1...1,5 мм. На ремонтних підприємствах наплавленням із застосуванням плазми відновлюють зношені посадочні місця під підшипники на валах і осях, зовнішні шліци, колінчасті вали, фаски клапанів автотракторних двигунів і інші деталі, а також наносять стійкі антифрикційні покриття.

Переваги плазмового наплавлення — добре зчеплення наплавленого шару із основним металом, малі припуски на механічну обробку, якісний наплавлений шар; недоліки — потреба у плазмоутворювальному газі, відносно висока вартість обладнання та матеріалів.

3.11 Наплавлення порошковим дротом

Порошкові дроти марок ПП-АН122 (ЗОХ5М2МО) і ПП-АН128 (35Х4М2СМ) при наплавленні відкритою дугою мають за фізико-механічними властивостями наплавленого металу і технологічністю деякі переваги перед іншими матеріалами: можна збільшити силу струму, тобто продуктивність процесу в 2 рази і більше, відпадає операція відділення шлакової кірки від деталі після наплавлення, мікроструктура металу при наплавленні на сталь 45 (матеріал колінчастих валів) трооститно-мартенситна, твердість 51...57 HRC, зносостійкість у 1,6...2 рази більша, ніж у сталі 45, загартованої струмами високої частоти (ТВЧ). Використання порошкового дроту дозволяє знизити витрату зварювального дроту. Так, для одержання 1 кг наплавленого металу, витрачається 1,6 кг електродів, а при наплавленні порошковим дротом відкритою дугою і під шаром флюсу — 1,15...1,25 кг.

Хороші результати при наплавленні дає використання порошкового дроту, до складу якого входять ферохром, феротитан, феромарганець, графітовий і залізний порошки. Електродним матеріалом у цьому випадку є згорнута з маловуглецевої сталльної стрічки безперервна труба, заповнена порошковою сумішшю — шихтою (рис. 21). До складу шихти входять легуючі, газо- і шлакоутворювальні, розкислювальні та інші компоненти.

При горінні дуги шихта відстає від оболонки, що понижує якість наплавленого шару. Щоб підвищити електропровідність шихти, до неї додають до 30 % залізного порошку або розділяють осердя дроту металевими перегородками, електрично зв'язаними з оболонкою (рис. 21 в, г, д). Використовують два типи порошкового дроту: із зовнішнім захистом (під шаром флюсу або у середовищі CO_2) і самозахисні.

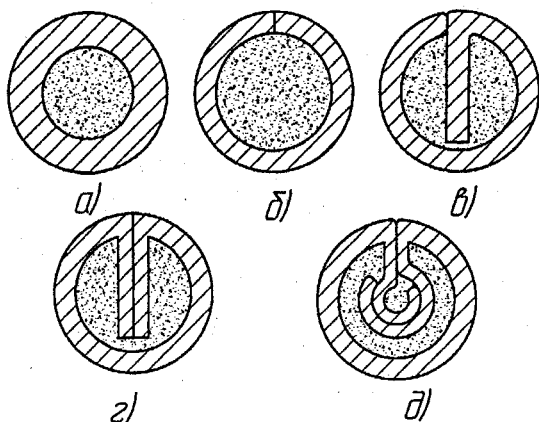


Рисунок 21 – Поперечний переріз порошкових дротів: а, б — трубчастий; в — однозагинний; г — двозагинний; д — двошаровий

Наплавлення порошковим дротом виконують при постійному струмі оберненої полярності. Діаметр електрода залежить від товщини наплавленого шару, а силу струму вибирають залежно від швидкості наплавлення і підбраного діаметра електрода. Режими наплавлення залежно від марки електрода і діаметра деталі наведені в таблиці 17.

Для наплавлення порошковим дротом використовують токарні верстати з головками А-580М, ОКС-1252М, А-765, А-1197, а також спеціальні верстати УД-139, УД-140, УД-143, УД-144, УД-209, УД-233, У-651, У-653, ОКС-11200, ОКС-11236, ОКС-11238, ОКС-14408.

Джерелами живлення дуги є перетворювачі ПСГ-500, випрямлячі ВДУ-504, ВДУ-301 ВДУ-1001, ВС-600, ВДМ-1001.

Наплавлення порошковим дротом застосовують для відновлення деталей з відносно великим зносом, які працюють при знакозмінних навантаженнях або в агресивних середовищах (колінчасті вали, тарілки клапанів тощо). Поширення порошкових електродів стримується через їх високу вартість.

Разом з цим наплавлення порошковим дротом має деякі переваги перед іншими способами наплавлення: більш висока продуктивність про-

цесу, відсутність необхідності видалення шлаку при наплавленні самозахисним електродом, широкі можливості керування фізико-механічними властивостями наплавленого шару (твердість HRC 60) за рахунок хімічного складу шихти.

Таблиця 17 – Режими наплавлення порошковим дротом

Електрод	Діаметр, мм		Сила струму, А	Напруга, В	Швидкість наплавлення, м/год
	деталі	електрода			
ПП-АН1	40 – 60	2,8	260–320	22 – 24	18 – 25
ПП-АН4	45 – 50	2,2	180–220	20 – 22	20 – 25
	50 – 60	2,5	200–250	22 – 24	20 – 28
ПП-АН106	40 – 55	2,6	160–180	22 – 24	25 – 35
	50 – 65	2,6	160–180	22 – 24	20 – 25
ПП-5Х5ФМС	45 – 55	2,6	160–180	22 – 24	35 – 40
	50 – 65	3,6	200–220	22 – 24	30 – 40

3.12 Заливання рідким металом

Заливання рідким металом використовують для відновлення деталей із значним зносом (ланок гусениць, опорних котків, ведучих і напрямних коліс тощо). Суть способу полягає у тому, що очищену від забруднень і корозії деталь, покривають флосом, підігрівають до 200...250 °С і вставляють у підігріту до цієї ж температури металеву форму — кокіль. Рідкий метал (чавун або сталь) через ливникову систему заповнює проміжок між поверхнею зношеної деталі і стінкою кокилю (рис. 22). Цей спосіб дозволяє одержати високу точність розмірів, що особливо важливо для деталей складної конфігурації, які не потребують наступної механічної обробки, наприклад ведучих коліс гусеничних тракторів, зірочок тощо.

У зоні контакту розплавленого металу з кокілем за рахунок швидкого охолодження можна одержати шар відбіленого чавуну з високою твердістю і стійкістю проти зношування.

На міцність зчеплення покриття з основним металом суттєво впливає попередня підготовка поверхонь, температура металу, що заливається, спосіб заливання і застосування флосів.

Якість сплавлення поліпшується при збільшенні шорсткості поверхні. Для цього на відновлюваних поверхнях нарізають канавки або різь,

піддають їх піскоструминній обробці, інколи травлять у 30% -ному розчині сірчаної кислоти.

Флюси складаються із суміші порошоків міді, нікелю, бури і борного ангідриду (АНШ-100, АНШ-200 тощо). Їх наносять шаром товщиною 1...2 мм. Для зв'язування призначений лак № 302.

Для заливання застосовують сірий чавун СЧ-15, СЧ-18, СЧ-21, сталі 45Л і 50Л, які мають достатню рідкотекучість. Температура металу повинна бути на 100...500 °С вищою початку кристалізації.

Найефективніше використовувати цей спосіб на спеціалізованих підприємствах із великою програмою відновлення деталей.

Якщо деталь має рівномірний знос, то кокіль можна не використовувати. Такий спосіб одержав назву «наморожування» металу. Наплавлену поверхню, як і в попередньому випадку, очищують, наносять шар флюсу і підігрівають до 200—250°С. Після цього деталь на певний час опускають у розплавлений метал. На поверхні деталі «наморожується» шар заохололого і закристалізованого металу. Таким способом відновлюють поверхні деталей, які працюють в умовах абразивного зношування.

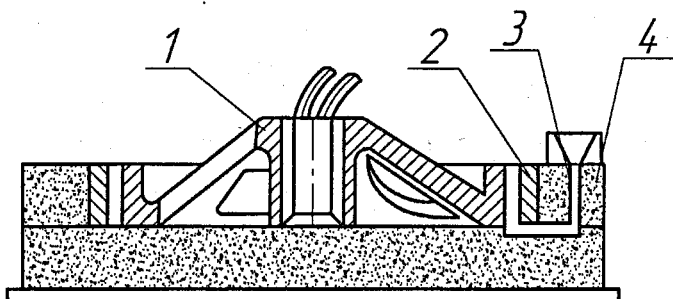


Рисунок 22 – Відновлення зношеного шару деталі заливанням рідким металом: 1 – опорний коток; 2 – кокіль; 3 – ливникова система; 4 – опока

3.13 Індукційне наплавлення

Розплавлений метал можна отримати безпосередньо на поверхні наплавлюваних деталей. Для цього присадний метал у вигляді суміші порошоків наносять на поверхню деталі і нагрівають СВЧ.

Цей спосіб має високу продуктивність при високій однорідності хімічного складу і щільності наплавленого шару. Основний метал проплавлюється на глибину, яка дорівнює 10...15% товщини наплавленого шару. Поверхня стає гладенькою і рівною.

Для індукційного наплавлення застосовують матеріали з низькою магнітною проникністю і температурою плавлення на 150...200 °С ниж-

чою температури плавлення матеріалу відновлюваної деталі. Крім того, ці матеріали повинні мати добру рідкотекучість, а після кристалізації — високу стійкість проти зношування (сормайт № 1, ХБК-6-2, УС-25, сталініт, ПС-4, ПС-5, ПС-6).

При наплавленні використовують плавлені флоси з високою швидкістю розкислення (60% борної кислоти, 34% бури, 6% силікокальцію або 50% борного ангідриду, 30% бури і 11 % силікокальцію).

Індукційне наплавлення застосовують в основному для відновлення деталей ґрунтообробних машин — лемешів, плугів, лап культиваторів, ножів плоскорізів, які швидко зношуються. При наплавленні утворюється біметалеве з'єднання, яке забезпечує ефект самозаточування деталей у процесі роботи, що суттєво підвищує строк їх служби.

Для індукційного наплавлення використовують генератори з робочою частотою 8...1800 кГц і потужністю 4...200 кВт (В2ГІ-60/0,066, В2И-2-100/0,066, В2ГІ-100/0,066 тощо) та індуктори, які мають повітряне охолодження і форму, що відповідає наплавленій деталі.

Частота генерованого струму f , Гц, залежить від товщини наплавленого шару S , см:

$$f = 3,6 \cdot 10^5 / S.$$

Глибина проникнення індуктивного струму у метал деталі δ мм, визначається за формулою:

$$\delta = 5,03 \cdot 10^4 \sqrt{\rho / (\mu \cdot f)},$$

де ρ — питомий опір металу, Ом·м; μ — магнітна проникність металу, Г/м.

Для практичних цілей глибину проплавлення можна знайти за формулою:

$$\delta = 700 / \sqrt{f}.$$

3. 14 Основні дефекти і контроль якості зварних з'єднань і наплавленого металу

Дефектами у зварних швах, а також у наплавленому і напиленому металі називаються відхилення від норм, передбачених стандартами і технічними умовами на зварні з'єднання та наплавлення. До основних дефектів належать: напливи, підрізи, пропалини, непровар, шлакові включення, тріщини, пористість.

Напливи — натікання рідкого металу на недостатньо нагріті кромки зварюваного металу. Напливи утворюються в разі повільного переміщення електрода і коли зварювання ведуть на малому струмі.

Підрізи — зменшення перерізу у вигляді заглиблення (канавки) в основному металі. Основна причина утворення підрізів—зварювання на підвищеному струмі і напрузі дуги.

Пропалини — витікання металу зварювальної ванни на зворотний бік шва.

Непровар — відсутність сплавлення основного металу з розплавленим електродним. Непровар утворюється внаслідок неправильної підготовки кромок або коли малий зварювальний струм і велика швидкість зварювання, а також за наявності іржі, окалини та бруду на поверхні металу.

Шлакові (неметалеві) включення — це макро- і мікроскопічні частинки з'єднань металу з киснем, азотом, фосфором, а також окисли, що утворюються як побічний продукт під час зварювальних процесів.

Тріщини — основний і найнебезпечніший дефект зварних з'єднань та наплавленого металу. Вони можуть виникати в металі шва або в пришовній зоні. Основна причина утворення тріщин — недодержання технології та режимів зварювання і наплавлювання, застосування зварювальних матеріалів з підвищеним вмістом вуглецю, сірки й фосфору.

Пористість у металі зварного шва виникає в результаті того, що гази, розчинені в рідкому металі, не встигають вийти в атмосферу до того, як затвердне поверхня наплавленого металу. Основна причина утворення пор — погане зачищення виплавленої поверхні від бруду, іржі, масла. Причиною пористості може бути велика довжина дуги, невідповідність полярності зварювального струму.

Контроль зварних швів, наплавленого металу і паяних з'єднань може здійснюватись з руйнуванням і без руйнування цілісності деталей. Виявлення зовнішніх дефектів візуальним оглядом або через лупу і перевірку відповідності розмірів швів та наплавленого металу проектним нормам здійснюють зовнішнім оглядом. Цим контролем можна виявити непровар кореня шва, напливи, підрізи, зовнішні тріщини та інші дефекти.

Щільність зварних швів зварних з'єднань, які можна герметизувати, перевіряють гідравлічним випробуванням. Випробувальний тиск в 1,5...2 рази має перевищувати робочий тиск. Після витримування під випробувальним тиском протягом 5 хв його зменшують до робочого і пришовну зону обстукують молотком. Нещільності зварних швів виявляють в разі появи підтікання або потіння.

Для виявлення внутрішніх дефектів — раковин, тріщин, шлакових включень та газових пор застосовують просвічування рентгенівським та гамма-випромінюванням, ультразвукову та магнітну дефектоскопію. У контролі рентгенівським та гамма-випромінюванням використовують їх здатність проникати крізь метал, непрозорий для променів світла. Під час просвічування зварного шва у ньому видно всі внутрішні дефекти.

Систематичний контроль якості виконання операцій включає: вхідний контроль спрацьованих деталей, операційний та приймальний контроль відновлених деталей. До методів контролю зварних швів і наплавленого металу належать механічні випробування, визначення хімічного складу та металографічні дослідження.

Перераховані методи випробувань проводять у різних комбінаціях. Під час вхідного контролю визначають також якість основного металу зварювальних матеріалів, показників зварюваності металів та сплавів.

3.15 Техніка безпеки при виконанні зварювання і наплавлення

В залежності від застосовуваного методу зварювання і наплавлення залежить організація робочого місця при виконанні робіт з відновлення деталей зварюванням і наплавленням. Комплекс технічно зв'язаного між собою устаткування для виконання зварювально-наплавлювальних робіт називається постом, установкою (верстатом), лінією. У комплекси в залежності від оснащення входять: зварювальне устаткування (джерело живлення, зварювальний апарат із приладами керування і регулювання процесом); технологічні пристосування й інструмент; механічне і допоміжне устаткування (транспортні, навантажувальні і розвантажувальні пристрої); система керування.

Джерела змінного струму — це зварювальні трансформатори (для ручного зварювання і наплавлення ТД-300, ТД-500, СТШ-500, механізованого — ТДФ-1001, ТДФ-1002 і ін.) і спеціалізовані установки на їхній основі, постійного струму — зварювальні (для ручного зварювання і наплавлення ВД-201УЗ, ВД-306УЗ, ВД-401УЗ і ін., механізованого — ВР-600, ВСЖ-303, ВДГ-302 і ін., універсального — ВДУ-1201УЗ, ВДУ-1601 і ін.; для багатопостового зварювання — ВКСМ-100-1-1, ВДМ-1001 і ін.), перетворювачі (ПСО-300-2, ПСО-315М і ін.) і агрегати, спеціалізовані джерела на базі випрямлячів. Зварювальні машини рекомендується встановлювати в окремому приміщенні, а на робочому місці в цьому випадку повинен знаходитися пульт для дистанційного керування.

До складу установки (верстата) для зварювання або наплавлення, крім електрозварювального устаткування, входять: технічні засоби розміщення і переміщення зварювальних автоматів, головок, інструментів; технічні засоби розміщення, закріплення і переміщення виробу (зварювальні маніпулятори, позиціонери, кантувач, поворотні столи); флюсове устаткування (при зварюванні і наплавленні під флюсом); допоміжне устаткування і засоби керування. Обертачі — це шпиндельні пристрої, призначені для обертання деталі навколо осі.

Основною частиною комплексу устаткування для механізованого зварювання і наплавлення є зварювальна і наплавлювальна апаратура — напівавтомати й автомати.

На робочому місці газозварювальника встановлюють зварювальний стіл з підставкою для газозварювального пальника. На відстані 3...4 м від зварювального столу монтують рампу з кисневим і ацетиленовим редукторами і шафу для

збереження шлангів і пальників. Ацетиленовий генератор, а також балони з киснем і ацетиленом зберігаються в окремих приміщеннях.

До електрогазозварювальних і наплавлювальних робіт допускаються робітники не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд і спеціальне навчання, що мають посвідчення на право виконання зазначених робіт. Усі зварники, що виконують дугове і газове зварювання, повинні щорічно проходити перевірку знань.

Робочий пост зварника повинен бути обладнаний місцевою витяжною вентиляцією для витяжки шкідливих парів, газів і аерозолів, що складаються з окислів металів і продуктів згоряння обмазок і флюсів.

Правильне і раціональне розміщення робочого місця зварника має велике значення в підвищенні безпеки зварювальних робіт, продуктивності праці і якості зварювання. З метою захисту зварників, підсобних і допоміжних робітників від променевої енергії, що виникає поблизу зварювальних дуг, у постійних місцях зварювання для кожного зварника влаштовують окремі кабінки площею (2 x 2)...(2 x 3) м (не враховуючи площі, зайнятої устаткуванням) і висотою 1,8...2 м. Для поліпшення вентиляції стіни кабінки не доводять до стіни на 15 - 20 см. Матеріалом стін кабінки може служити тонке залізо, фанера, брезент, покриті вогнестійкою фарбою, або інші вогнестійкі матеріали. Дверний проріз, як правило, закривається брезентовою завісою на кільцях. Стіни фарбують у світлі матові тони. Стіни повинні мати рівну неслизьку поверхню, без вибоїв і порогів. У приміщеннях з холодними стінами, наприклад, цементними на робочих місцях під ноги підкладають дерев'яні решітки або настили.

При ручному дуговому зварюванні в кабінці зварника встановлюють зварювальний стіл, настінну полицю для дрібного інструмента і пристосувань, стілець зі спинкою й інше устаткування. Кабіна обладнується місцевою вентиляцією.

Для захисту очей і особи зварника від шкідливого впливу дуги необхідно використовувати щитки або маски зі спеціальними світлофільтрами в залежності від сили струму зварювання: Э-1 при силі струму до 75 А, Э-2 — при 75...200 А, Э-3 — 200...400 А, а також ЭС-100, ЭС-300, ЭС-500.

З метою виключення ураження від напруги при заміні електродів зварник зобов'язаний користуватися сухими брезентовими рукавицями, що одночасно захищають його руки від розплавленого металу і променевої енергії дуги.

Велике значення для безпеки зварника має перевірка правильності проведення проводів до зварювальних постів і устаткування. Прокладка проводів до зварювальних машин по стіні або землі, а також іншим способом, при якій ізоляція проводів не захищена і провід доступний для дотику, не дозволяється. Струм від зварювальних агрегатів до місця зварювання передається гнучкими ізольованими проводами. Для попередження ураження електричним струмом все устаткування повинно бути заземлене.

Електроустановки, електроустаткування і проводку дозволяється ремонтувати тільки після відключення їх від мережі.

Перед початком робіт електрозварник зобов'язаний одягти спеціальний одяг — брезентовий костюм, черевики і головний убір.

При зварюванні і наплавленні деталей під флюсом режим роботи повинен бути таким, щоб зварювальна дуга була цілком закрита шаром флюсу. Забирають флюс флюсовідсосами, совками і шкребками.

Зварювальну дугу при вібродуговому наплавленні і зварюванні закривають спеціальними пристроями, у яких повинне бути передбачене оглядове вікно зі світлофільтром потрібної щільності.

При виконанні газового зварювання дотримуються тих же правила безпеки, що і при дуговій. Однак при газовому зварюванні необхідно стежити, щоб у радіусі 5 м від робочого місця були відсутні горючі матеріали.

У місцях збереження і розкриття барабанів з карбідом кальцію заборонено курити і застосовувати інструмент, що дає при ударі іскри. Барабани з карбідом зберігають у сухих прохолодних приміщеннях. Розкриття барабана дозволяється тільки латунним ножом. Ацетилен при зіткненні з міддю утворює вибухові речовини, тому застосовувати мідні інструменти при розкритті карбиду і мідні припої при ремонті ацетиленової апаратури не можна. Ацетиленові генератори розташовують на відстані не менше 10 м від відкритого вогню.

Балони з газами зберігають і транспортують тільки з нагвинченими на їхні горловини запобіжними ковпаками і заглушками на бічних штуцерах вентилів. При транспортуванні балонів не допускаються поштовхи й удари. Переносити балони на руках забороняється. До місця зварювальних робіт їх доставляють на спеціальних візках або носилках.

Балони з газом встановлюють у приміщенні не ближче ніж на 1 м від радіаторів опалення і не ближче ніж на 10 м — від пальників і інших джерел тепла з відкритим вогнем.

Заборонено зберігати балони з киснем в одному приміщенні з балонами пального газу, з барабанами карбиду кальцію, лаками, оліями і фарбами.

При виявленні на балоні або вентилі слідів жиру або олії балон негайно повертають на склад. Сусідство оливи і кисню може привести до вибуху.

З метою безпеки кисневі балони фарбують у синій колір, ацетиленові — у білий, а балони з пропанбутановими сумішами — у червоний.

Ацетилен з повітрям утворює вибухонебезпечні суміші, тому потрібно стежити, щоб не було витoku газу і перед початком роботи ретельно провітрювати робоче приміщення.

Підйомно-транспортне устаткування з механічним приводом обов'язково реєструється в інспекції Держтехнагляду, що проводить його технічний огляд.

Піднімальні пристрої з ручним приводом, ланцюги і канати проходять огляд комісією під керівництвом головного інженера ремонтного підприємства. Технічна перевірка містить огляд устаткування, підняття вантажу, маса якого перевищує на 10% вантажопідйомність піднімального пристрою за паспортом, на висоту 100 мм і витримку в піднятому положенні 10 хв. Ланцюги, канати і чалочні пристрої випробовують під подвійним вантажем. Результати випробовування заносяться в спецжурнал, а на кранах і інших піднімальних

пристроях чітко наносять фарбою граничну вантажопідйомність і термін наступного огляду.

До керування кранами допускаються робітники, що мають спеціальні посвідчення на право роботи на вантажопідйомних засобах.

Контрольні запитання

1. Які операції входять до технологічного процесу зварювання і наплавлення?
2. Які джерела живлення використовуються при ручному зварюванні і наплавленні?
3. Дайте характеристику основних способів газового зварювання і наплавлення?
4. Як відбувається легування наплавленого металу через флюс?
5. В чому відмінність наплавлення в середовищі захисних газів від інших методів?
6. У чому суть вібродугового наплавлення?
7. У чому особливість наплавлення з газополуменевим захистом?
8. На чому ґрунтуються способи контактного зварювання?
9. Які оптимальні режими електрошлакового наплавлення?
10. Які технологічні можливості плазмового наплавлення?
11. Які типи порошкового дроту використовуються при наплавленні?
12. В чому полягає суть способу заливання рідким металом?
13. Які матеріали застосовують для індукційного наплавлення?
14. Які основні дефекти при зварюванні і наплавленні?
15. У чому полягають основні заходи з техніки безпеки при зварюванні і наплавленні?

Література

1. Авдеев М.В., Воловик В.Л., Ульман И.С. Технология ремонта машин и оборудования. -М.: Агропромиздат, -1986.
2. Бабусенко С.М. Ремонт тракторов и автомобилей. -М.: Агропромиздат, -1987.
3. Воловик Е.Л. Справочник по восстановлению деталей.- М.: Колос, -1981.
4. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів. У 3 кн. Кн. 3. Ремонт автотранспортних засобів: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець.-К.: Вища школа, -1994.
5. Воробьев Л.Н. Технология машиностроения и ремонт машин. -М.: Высшая школа, -1981.
6. Молодык Н.В., Зенкин А. С. Восстановление деталей машин: справочник. -М.: Машиностроение, -1989.
7. Сидоров А.И. Восстановление машин напылением и наплавкой. -М.: Машиностроение, -1987.
8. О.І. Сідашенко, О.А. Науменко, А. Я. Поліський та ін. Ремонт машин.-К.: Урожай, -1994.
9. Мірошник В. О., Фабровський Є. М. Ремонт меліоративних і будівельних машин. Практикум. - К.: Вища школа, -1995.
10. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Поліський А. Я. та ін. Практикум з ремонту машин. -К.: Урожай, -1995.
11. Тельнов Н.Ф., Бадаров Е.И. Ремонт машин. - М.: Агропромиздат, -1992.
12. Колесник П.А., Шейнин В.А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. -М.: Транспорт, -1985.
13. Руденко П.А., Молодык Н.В. Повышение качества восстановления деталей машин. -К.: Урожай, -1978.
14. Ульман И.Е. Ремонт машин. -М.: Колос, -1976.

Навчальне видання

Валерій Іванович Савуляк,
Володимир Трохимович Івацько

ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН
Частина перша

Навчальний посібник

Оригінал-макет підготовлено авторами

Редактор С.А. Малішевська

Навчально-методичний відділ ВНТУ
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК №746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ

Підписано до друку 3.12.04р.
Формат 29,7×421/4
Друк різнографічний
Тир. 75 прим.
Зам. № 2004 - 199

Гарнітура Times New Roman
Папір офсетний
Ум. друк. арк. 5.14

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
Свідоцтво Держкомінформу України
серія ДК №746 від 25.12.2001
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, ВНТУ