

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження операцій технологічного процесу відновлення
деталей типу «вал»»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 5
Чувпенюк Андрій Олександрович
Керівник: Ветохін В. І.
Рецензент: Шейченко В. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

З питанням порушення функціональних властивостей технічних пристроїв, у тому числі деталей сільськогосподарської техніки, приходиться зіштовхуватися постійно. У процесі експлуатації машин відбуваються зміни показників працездатності, що приводять до зниження їх надійності і довговічності. Рівень технічного стану техніки характеризується здатністю машин виконувати задані функції й оцінюється зіставленням фактичних значень параметрів із заданими в технічній документації.

Необхідність досліджень у даному напрямку впливає, насамперед, з економічних витрат. В умовах обслуговування великої кількості сільськогосподарської техніки потрібне створення дешевого методу відновлення деталей, при якому забезпечувалися б вимоги технічних умов.

Процес експлуатації сільськогосподарської техніки завжди зв'язаний з необхідністю відновлення деталей. У свою чергу, продуктивність роботи машин, забезпечення заданих експлуатаційних характеристик залежать не тільки від удосконалення конструкцій машин, але і від якості ремонтно-відновлюваних робіт.

Актуальність досліджень обумовлена необхідністю вибору ефективного методу відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки і розробки технологічного процесу їх відновлення методом наплавлення та обґрунтування основних параметрів і режимів.

Задачею даної роботи є вибір оптимального методу відновлення деталей типу «вал», з найменшими витратами ресурсів і матеріалів. Необхідний метод повинний забезпечувати високі показники їх якості і необхідний термін служби, забезпечити найбільший економічний ефект.

Мета роботи - підвищити якість і надійність відновлених деталей.

Для рішення поставленої мети вирішували наступні задачі:

- проаналізували існуючі методи відновлення валів;
- вибрали найбільш оптимальний наплавочний матеріал;

- зіставили методи і матеріали для вибору найбільш оптимального варіанту відновлення;
- розрахували напруги валів після відновлення;
- вивчили властивості валів з використанням неруйнівних методів контролю (по коерцитивній силі).

У результаті виконаної роботи були проаналізовані існуючі методи відновлення валів, проведені розрахунки температурного поля при відновленні їх методом зварювання й оцінена економічна ефективність розробок.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Обґрунтування використання відновлюваних операцій

Збиток, що кожен рік наноситься сільському господарству в результаті передчасного виходу з ладу деталей сільськогосподарських машин, особливо в період посівної і збирання врожаю, оцінюється сотнями мільйонів гривень. Витрати металу на запасні частини таких машин досягають високого рівня. У таких умовах доцільним і економічно виправданим є, у першу чергу, відновлення, найбільш навантажених, відповідальних і дорогих деталей, що істотно обмежують ресурс техніки, що експлуатується [1].

Методи відновлення деталей, передбачають компенсацію втрачених у процесі експлуатації поверхневих шарів основного конструкційного матеріалу (відновлення номінальних розмірів і експлуатаційних властивостей) шляхом нанесення на зношені ділянки нових мас (шарів) матеріалу тієї ж або іншої марки. У ряді випадків при відновленні використовують метод розточування на наступний ремонтний розмір. Також потрібне проведення спеціальних обробок - відпалювання для зняття напружень, зміцнення для підвищення зносостійкості.

У різних галузях народного господарства, у тому числі і при ремонті сільськогосподарської техніки, застосовується велика кількість методів і способів відновлення деталей [2-6]. Основні з них приведені на рис. 1.1. Аналіз даних [7-10] дозволяє зробити висновок, що відновлення деталей на підприємствах агропромислового комплексу проводиться наплавленням, газотермічними, електрохімічними й іншими методами (рис. 1.2).



Рисунок 1.1 – Способи відновлення деталей сільськогосподарської техніки

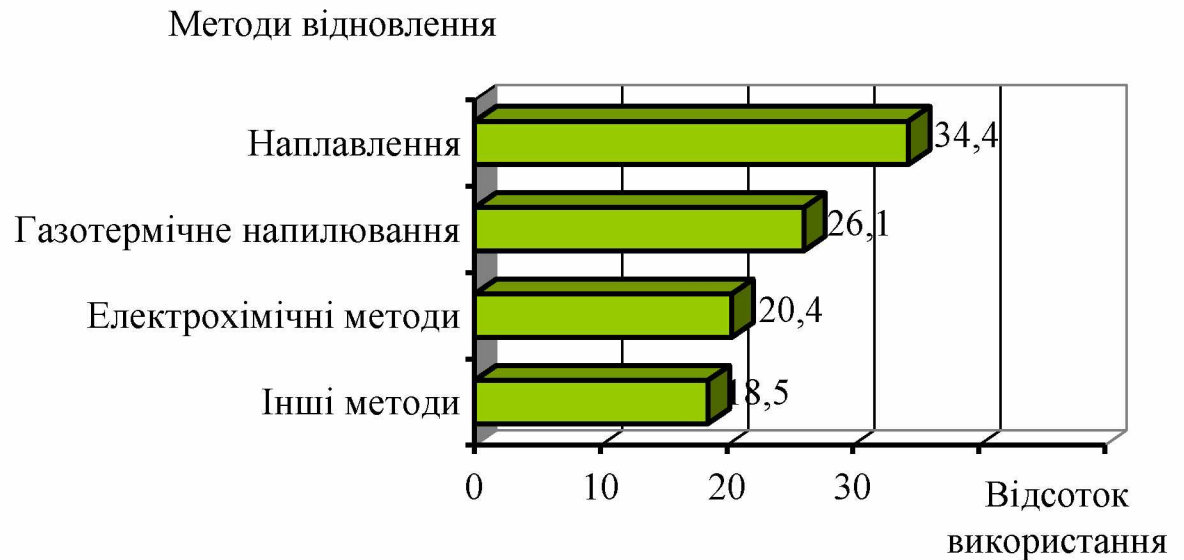


Рисунок 1.2 - Розподіл використання методів відновлення

При відновленні деталей досягається підвищення ресурсу роботи машин, збільшення терміну служби найбільш зношуваних деталей і вузлів сільськогосподарської техніки. Важливим є зниження витрати запасних частин можуть бути забезпечені з використанням різних найбільш ефективних технологій відновлення.

До їхнього числа можуть бути віднесені: газотермічні методи, електролітичне осадження металу, наплавлення, пайка, зварювання, електрофізичні способи, заливання рідким металом. Цей перелік може бути доповнений способами відновлення деталей з використанням висококонцентрованих джерел енергії. До них, у першу чергу, відносяться лазерна, плазмова, електроіскрова і електроннопучкова технології.

Для відновлення використовують електрошлакове, газове, індукційне, плазмове, електродугове наплавлення. При цьому електродугове наплавлення може бути здійснена одним зі способів: ручними електродами, у середовищі водяної пари, у середовищі захисних газів, під шаром флюсу, порошковими дротами, у вібродуговому або електроімпульсному режимах.

Газотермічний спосіб обробки розділяється на газоплазмове і газоелектричне напилювання. При цьому газоплазмове напилювання може бути реалізоване як газокисневе або газоповітряне, а газоелектричне як плазмове, високочастотне, електродугове або детонаційне.

Спосіб електролітичного осадження містить у собі нікелювання, залізнення, створення електролітичних покриттів.

1.2. Аналіз методів та технологічних процесів для відновлення деталей

1.2.1. Відновлення методом наплавлення

Одним з найбільш простих і розповсюджених способів відновлення деталей є електродугове наплавлення електродами. Його перевага в тому, що воно не вимагає великої витрати часу на підготовчі роботи. Однак даний спосіб має низьку продуктивність і впливає за рахунок розігріву на серцевину деталі. Так, при напавленні електродом діаметром 4...5 мм зі швидкістю 2...6 м/год продуктивність складає 0,5...0,7 кг/год [11]. Крім того, для цього способу характерні: неоднорідність структури напавленого металу, наявність мікротріщин у відновленому шарі, витрата електричної енергії, наявність внутрішніх напружень, що знижують втомлювану міцність деталі і, що приводять до її короблення.

Наплавлення здійснюють нанесенням розплавленого металу на поверхню виробу, нагрітого до оплавлення або до температури надійного змочування рідким напавленим металом. Напавлений шар утворює одне ціле з основним металом (металевий зв'язок). При цьому, як правило (крім випадків ремонтного напавлення, що використовується для відновлення вихідних розмірів деталей), хімічний склад напавленого шару може значно відрізнятись від складу основного металу. Товщина напавленого металу, утвореного одним або декількома шарами, може бути від 0,5 до 10 мм.

Необхідні властивості металу наплавленого шару залежать від його хімічного складу, що, у свою чергу, визначається складом основного і додаткового металів і частками їхньої участі в утворенні шва. Вплив розведення шарів основним металом тим менше, чим менше частка основного металу у формуванні шару. У зв'язку з цим для випадків, коли потрібно мати в наплавленому шарі склад, що максимально наближається до складу наплавленого металу, необхідно прагнути до мінімального проплавлення основного металу, тобто до зменшення частки основного металу в металі шва.

При багатшаровому наплавленні склад кожного шару різний, тому що різна частка участі основного металу (на який наплавають) в утворенні наплавленого шару. Якщо при наплавленні 1-го шару основний метал безпосередньо бере участь у формуванні шва, то при наплавленні 2-го і наступних шарів він бере участь побічно, визначаючи склад попередніх шарів.

Частка участі основного металу у формуванні наплавленого металу залежить як від прийнятого способу, так і від режиму наплавлення. Різні дугові методи наплавлення відрізняються один від одного тепловою підготовкою основного і наплавленого металів.

Забезпечення в наплавленому металі (особливо при одношаровому наплавленні) необхідного складу в певних випадках може вимагати використання додаткових (присадочних електродних) металів таких складів, при яких погіршується їх деформованість. Тому виявляється неможливим з таких сплавів виготовити електродний дріт, прокатати стрічку. У цьому випадку наплавочні матеріали можуть бути отримані в порошкоподібному або зерноподібному виді. Використання порошків і зерен утрудняє наплавлення, зокрема в зв'язку з можливим роздуванням порошків і відсутністю стабільності легування по довжині наплавлення через сепарацію часток. Для цього найбільше часто як джерело нагрівання використовують дугу що не плавиться, вольфрамовим, електродом, плазму або струми

високої частоти. При правильному підборі режиму основний метал, що одержує підігрів за рахунок теплопередачі через наплавочний метал, може розплавлятися частково.

Якість відновлення деталей можна підвищити, якщо застосувати автоматичне наплавлення. Воно має ряд переваг у порівнянні з ручним електродуговим і вібродуговим наплавленням: угар металу не перевищує 5%, забезпечуються кращі умови праці, досягається значна однорідність структури наплавленого металу і можливість одержання покриття з заданими властивостям. Як показують дослідження [12], автоматичне наплавлення під шаром флюсу є найбільш якісним способом відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів. Однак автоматичне наплавлення під шаром флюсу вимагає використання досить складного устаткування, а для деталей, що мають діаметр менший 50 мм, його застосування не ефективно через наскрізний прогрів при обробці і підвищеній схильності до короблення. Для даного способу наплавлення характерне утворення тріщин у наплавленому металі й у самій деталі.

Автоматичне наплавлення в середовищі захисних газів таких як аргон, гелій, вуглекислий газ, водяна пара, використовується у випадках, коли наплавлення під флюсом неможливе або складне у використанні. Для автоматичного наплавлення в середовищі захисних газів характерні: високий коефіцієнт ефективності, гарне формування поверхні, економічність процесу, висока продуктивність. Однак даний спосіб не задовольняє вимогам простоти в організації технологічного процесу. Для нього потрібне використання складного і дорогого устаткування. Крім того, реалізація способу супроводжується вигорянням вуглецю в наплавленому металі, що приводить до зниження втомлюваної міцності.

Крім описаних вище основних способів наплавлення, досить широко застосовуваних у промисловості, є ряд інших, що мають обмежене застосування. Це наплавлення з розділеними процесами теплової підготовки наплавлювального металу і наплавлювальної деталі: наплавлення струмами

високої частоти, вібродугове, дугове наплавлення лежачим електродом, вакуумно-дугове наплавлення електродом, що випаровується, газотермічне наплавлення з використанням гнучких шнурових матеріалів.

Наплавлення з розділеними процесами теплової підготовки застосовують в основному при наплавленні більш легкоплавкого сплаву (наприклад, на основі міді) на сталь.

Наплавлення струмами високої частоти здійснюється розплавлюванням накладеної на наплавлювальну поверхню суміші флюсу і порошку наплавочного сплаву (наприклад, зернистого сормайт) за допомогою індуктора, що забезпечує виділення достатньої теплової потужності. Сормайт нагрівається до температури його плавлення (-1150°C). Товщина одержуваного шару більш ніж 0,4 мм.

Різновидом електродугового процесу плавлення металевго електрода є вібродугове наплавлення. Під час плавлення електродові надається коливальний рух (близько 100 коливань/с) з періодичним замиканням дугового проміжку і примусовим переносом електродного металу в наплавочну ванну.

Оплавлення поверхні деталі і плавлення електрода досягається при напрузі 12...28 В. При цьому забезпечується нанесення покриттів великих шарів 1,5...3 мм і використовується для великогабаритних деталей. Низьку напругу 14...16 В застосовують при наплавленні тонкостінних деталей більшого діаметра, де потрібна висока твердість і не допускається значне нагрівання деталі [13].

Наплавлення здійснюється на постійному струмі зворотної полярності. Як джерело струму використовують різні типи генераторів або випрямлячів з баластовим реостатом. При вібродуговому наплавленні використовують зварювальний вуглецевий або легований дріт діаметром від 1 до 1,5 мм Св-08, Св-08ГА, Св-10Г2С, Св-18ХГСА, Св-10ХМ, Св-18ХМА.

За останні роки широко впроваджуються в промисловість різні способи електродугового зварювання в захисних газах: аргоні, гелії, вуглекислому

газі [14]. При цьому значно збільшується продуктивність праці і знижується собівартість зварювальних робіт.

Метод зварювання плавким електродом в атмосфері вуглекислого газу дав можливість одержувати щільні шви при зварюванні маловуглецевих, низьколегованих і високолегованих аустенітних сталей.

Сутність способу полягає в тому, що повітря відтискується від зони зварювання струменем вуглекислого газу, а окислювання самим вуглекислим газом металу, що переплавляється дугою, компенсується за рахунок підвищеного вмісту елементів - розкислювачів - в електродному дроті.

Процес зварювання у вуглекислому газі необхідно вести на короткій дузі. При зварюванні на струмах 200...250 А довжина дуги повинна бути в межах 1,5...4,0 мм, тому що збільшення довжини дуги підвищує розбризкування рідкого металу і втрату легуючих елементів.

Для зварювання у середовищі вуглекислого газу найбільш широко використовується напівавтомат А-547-Р для електродугового зварювання тонким електродним дротом у захисному середовищі вуглекислого газу спроектований і виготовлений в Інституті електрозварювання імені Е. О. Патона. Напівавтоматом можна виконувати зварювання різних з'єднань листового металу товщиною до 3 мм і кутових з'єднань при катетах шва до 4 мм.

На ремонтних підприємствах найбільшого розповсюдження отримало вібродугове наплавлення в середовищі вуглекислого газу. Цей технологічний процес використовують для відновлення деталей типу «вал».

Відновлення цих деталей здійснюють на стендах АА-4947 і АА-4947/1. Напівавтоматичні стенди для наплавлення в середовищі захисних газів оснащені зварювальним напівавтоматом, складається з окремих приводів шпинделя і подовжнього супорта, електрода з електронним регулюванням швидкості, задньої бабки з пневмогідролічним висуванням втулки, поперечного супорта з кронштейном для кріплення, вібратора і патрона з електродом. Установка оснащена системою керування модульного типу, що

забезпечує ручне керування операціями і процес автоматичного наплавлення на заданій ділянці деталі.

Недоліками даного методу можна вважати складність забезпечення стабільного протікання процесу, можливість деформації відновлюваних деталей, метод не використовується для деталей складної форми, високу вартість устаткування, низький ККД, а також, потреба в робітників високої кваліфікації.

На процес електрошлакового наплавлення і формування покриття впливає швидкість подачі електрода, напруга, виліт електрода, глибина зварювальної ванни й інші параметри. Збільшення швидкості подачі електрода більш 178 м/год приводить до зниження глибини проплавлення основного металу. Підвищення напруги на електроді від 28 до 48 В викликає збільшення тепловиділення в зварювальну ванну, ріст температури. Це сприяє поліпшенню процесу формування наплавленого шару і збільшенню глибини проплавлення основного металу. Зі збільшенням вильоту електрода від 80 до 190 мм зменшуються площа проплавлення і частка основного металу у шві, а також площа наплавлення.

Основним розроблювачем устаткування і технології електрошлакового наплавлення є інститут електрозварювання ім. Е.О.Патона. Для прискорення процесу наплавлення в якості електрода використовують дріб, пруток або трубу.

Електрошлакове зварювання та наплавлення в порівнянні з усіма відомими способами зварювання товстого металу мають ряд переваг:

а) можливість зварювання металу без попереднього оброблення кромки, тому що процес здійснюється при наявності рівномірного зазору між деталями, що зварюються, у межах 30 мм при прямих кромках;

б) високий коефіцієнт наплавлення, що дорівнює 25...35 г/А год, у порівнянні з 12...15 г/А год при автоматичному дуговому зварюванні під шаром флюсу;

в) симетричне розташування шва щодо його осі, що усуває при зварюванні та наплавленні кутові деформації, а отже, спрощує збирання виробів під зварювання і виключає необхідність їхнього наступного виправлення;

г) виконання шва за один прохід, що виключає трудомістку операцію по видаленню шлаку, проміжну термообробку виробів значної товщини, що зварюються, і ряд інших операцій.

Електрошлакове зварювання і наплавлення можуть бути здійснені:

1) дротовими електродами з однієї, двома, трьома і більшою кількістю дроту з нерухомою віссю, тобто подача здійснюється з постійною швидкістю тільки до зварювальної ванни; електродами з однієї, двома, трьома і більшою кількістю дроту, що, поряд з подачею з постійною швидкістю до зварювальної ванни, робить другий зворотно-поступальний рух у напрямку товщини деталей;

2) пластинчастими електродами, що мають подачу тільки до зварювальної ванни;

3) мундштуком, що плавиться; пластинчастий електрод, що має форму кромки деталі, що зварюються, встановлюють у стик нерухомо, а для компенсації недоліку електродного металу через спеціальний канал у пластинчастому електроді до зварювальної ванни подають дріт;

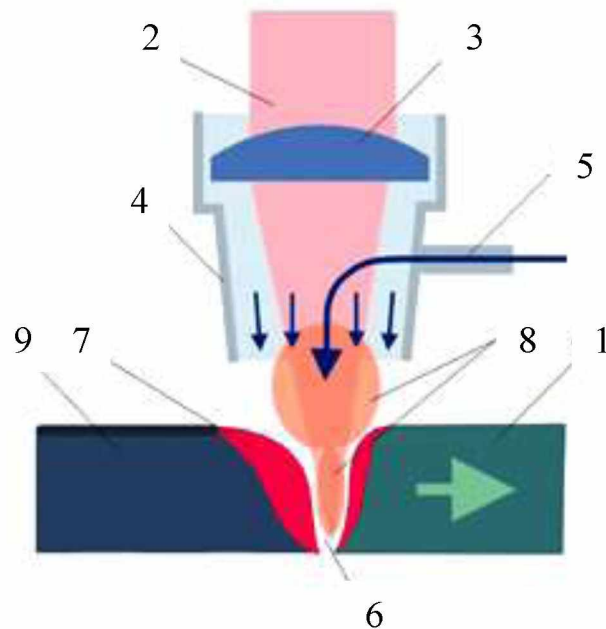
Термітне наплавлення використовує тепло, що виділяється в процесі горіння термітної суміші, що складає зі здрібненого порошку алюмінію і залізної окалини. Температура термітного розплаву досягає 2500...3000°C. Забезпечити високу зносостійкість можливо при застосуванні Fe-Mn-Al терміту. Витрата терміту складає 25% на 1 см³ наплавленого шару.

Доцільно термітне наплавлення застосовувати для відновлення сильно зношених великогабаритних деталей, а от для невеликих деталей і складної форми воно не використовується.

Лазерне наплавлення являє собою метод відновлення зношених деталей і полягає в оплавленні порошкових або інших матеріалів на

відновлюваній поверхні. Схема процесу лазерного наплавлення приведена на рис. 1.3. Найбільш широко застосовується лазерне наплавлення з використанням порошків.

Порошковий матеріал подається на поверхню, де розплавляється лазерним променем, утворюючи рідку ванну, і компоненти з розплаву частково дифузують в основний матеріал. Покриття після кристалізації утворює рівний наплавлений шар товщиною 1...2 мм із твердістю 60 HRC. Міцність зчеплення покриття з підкладкою досягає 300 МПа. Перегрів і деформація деталей відсутні завдяки високій швидкості наплавлення.



1 – метал, що наплавається; 2 - лазерний пучок; 3 - фокусуюча лінза; 4 - сопло з потоком захисного газу; 5 - подача захисного газу (He+Ar); 6 - парогазовий канал у металі; 7 - кристалізаційна ванна рідкого металу; 8 - лазерна плазма; 9 - метал шва, що кристалізується

Рисунок 1.3 – Схема лазерного наплавлення

Переваги наплавлення: висока адгезія, мінімальні енергетичні витрати і гарна оброблюваність лазерного наплавлення. Дані переваги створюються при використанні порошків типу СГН і ПГСР зернистістю 50...150 мкм.

Застосовуючи зазначені порошки, відновлюють деталі, що мають знос 0,1...0,5 мм. При цьому продуктивність наплавлення складає 50...100 мм/хв, втрати порошку не перевищують 1%, поверхня після наплавлення має нерівності, що не перевищують 0,05 мм, які легко піддаються механічній обробці шліфуванням [14].

Дугове наплавлення лежачим електродом або пластиною здійснюють за допомогою запалювання дуги між виробом і пластиною, накладеної на нього над прошарком гранульованого флюсу товщиною 3...5 мм. Дуга після оплавлення пластини переміщається, викликаючи її розплавлювання і наплавлювання відповідної кількості металу на виріб. При належній підготовці процес відбувається досить стійко. За аналогічною схемою можливе наплавлення у внутрішніх порожнинах деталей по твірній.

На сучасному етапі розвитку для рішення питань захисту поверхні деталей від зносу, а також ремонту зношених деталей з одночасним поліпшенням експлуатаційних властивостей поверхні знайшли широке застосування захисні покриття, що наносяться на оброблювану поверхню різними методами газотермічного наплавлення. Забезпечення заданих властивостей покриття для конкретних умов експлуатації деталей можливо при напавленні як окремих композиційних порошкових матеріалів, так і багатокомпонентних механічних сумішей порошків різного складу.

Недоліками будь-якого методу газотермічного наплавлення, що використовує для нанесення покриття порошкові матеріали, є складність забезпечення стабільності властивостей і належного рівня якості покриття, одержуваних з багатокомпонентних механічних сумішей порошків, що викликано сегрегацією компонентів при змішуванні і транспортуванні суміші з дозуючих пристроїв у струмінь. Сегрегація приводить до нерівномірності формування структури, збільшенню пористості, зниженню міцності і погіршенню експлуатаційних характеристик покриття.

Терміни експлуатації деталей машин, механізмів, як правило, визначаються зносостійкістю робочих поверхонь. Відомий ряд методів

збільшення зносостійкості шляхом обробки поверхневих шарів (цементация, хромування, поверхнєве гартування, наплавлення й ін.), найбільш ефективним з яких є метод наплавлення твердими сплавами.

Наплавлення виконуються як при виготовленні деталей, коли деталь виготовляється з вуглецевої, легованої сталі або чавуна, так і при відновленні зношених у процесі експлуатації поверхонь і робочих кромek. Тривалість терміну служби відновлених за допомогою твердих сплавів деталей збільшується в порівнянні з новими у три рази. Вартість же відновлення не перевищує 25...30% від вартості нової деталі.

Наплавлення деталей твердими сплавами проводиться різними методами. Наплавлення ацетиленокисневим полум'ям є найбільш розповсюдженим і раціональним способом наплавлення литих сплавів (сормайту № 1 і № 2). Воно забезпечує одержання щільної і чистої напавленої робочої поверхні деталі, допускає наплавлення шару значної товщини без перемішування з основним металом. Характерною рисою цього способу є те, що основний метал на ділянці поверхні, що наплавляється перед напавленням не доводиться до повного розплавлення з утворенням ванни, а тільки до появи запотівання металу, після чого проводиться процес напавлення сплавів.

Напавлений шар при мінімальній його товщині має усі властивості, властивому твердому сплаву: високу твердість і високу зносостійкість. Основними недоліками цього методу є незначна продуктивність, неоднорідність хімічного складу напавленого шару і неможливість його застосування для напавлення деталей значної товщини (50...60 мм).

Напавлення електричною дугою вугільним електродом виконується з застосуванням литих і порошкових твердих сплавів постійним струмом прямої полярності і вугільних електродів діаметром 8...20 мм при силі струму відповідно 140...200 А. Напавлення може виконуватися на деталі практично необмеженої товщини з низковуглецевої, легованої сталі і чавуну з урахуванням технологічних особливостей металу деталі.

До недоліків цього методу наплавлення відносяться сильне вигорання вуглецю й інших елементів, незначна продуктивність, а при наплавленні порошкових твердих сплавів наявність пор і тріщин у наплавленому шарі.

Автоматичне дугове наплавлення під шаром флюсу порошковим і суцільним дротом дозволяє різко підняти продуктивність, економічність, поліпшити якість наплавлення й умови праці. Підвищення продуктивності досягається насамперед за рахунок збільшення сили зварювального струму, а також безперервності процесу. Однак збільшення сили струму супроводжується збільшенням глибини проварювання і частки основного металу в наплавленому шарі, що при наплавленні зносостійких сплавів небажано.

При автоматичному дуговому наплавленні під шаром флюсу стрічковими електродами зварювальний автомат обладнують спеціальною приставкою для подачі стрічки.

Автоматичне наплавлення стрічковими електродами має ряд переваг.

1. Значно спрощується апаратура в порівнянні з багатоелектродним наплавленням або з наплавленням при зигзагоподібному русі електрода.
2. Глибина проплавлення основного металу досить мала при забезпеченні надійного проварювання по всій поверхні.
3. Висока продуктивність.
4. Мається можливість наплавлення рівномірного тонкого шару на велику поверхню (мінімальна товщина 2 мм).

Поряд з нанесенням твердих сплавів автоматичні установки зі стрічковими електродами використовують для наплавлення спеціальних сталей або кольорових металів.

1.2.2 Аналіз методів напилення

Відомо, що знос деталей техніки, використовуваної в сільському господарстві, і працюючих у спряженні знаходиться в межах до 1,0 мм. За

даними [1] кількість таких деталей більш 90 %. У зв'язку з цим особливе місце серед методів відновлення займають такі, які забезпечують компенсацію зношеного шару без інтенсивного прогріву деталі, що порушує її прямолінійність або зміну фізико-механічних властивостей серцевини при обробці.

До числа таких методів відносяться всі технологічні процеси нанесення покриття. Це різні види напилювання.

Вибір способу створення покриття визначається вимогами експлуатаційного характеру. Так, певні деталі виконують різні функції, що вимагає зміни технологічних параметрів напилювання, а також відрізняються методами контролю і досліджень на надійність покриття.

Процес експлуатації сільськогосподарської техніки має цілком визначену специфіку: інтенсивний і сезонний характер навантаження, вплив абразивного тертя, налипання глини, вібраційні і циклічні навантаження, удари. Найбільш важливою особливістю є неодмінна вимога до простоти організації процесу відновлення деталей, дешевизні вихідних матеріалів, приладів і агрегатів, мобільності устаткування.

При електродуговому напилюванні два дроти служать електродами, між якими виникає електрична дуга постійного струму (рис. 1.4). Розплавлені дугою краплі здуваються на підкладку струменем стиснутого повітря. Даний метод може забезпечити високу швидкість осадження товстих покриттів і використовується для нанесення їх на великі вироби.

Дуговий метод не дає такого тонкого напилювання як газоплазмовий. Спосіб відновлення деталей машин електродуговою металізацією відрізняється високою продуктивністю нанесення покриттів (до 21 кг/год), одержанням товщини покриттів в кілька міліметрів, високою зносостійкістю робочих поверхонь, простотою і технологічністю процесу. Метод дозволяє наносити покриття на поверхні деталей, виготовлених з різних матеріалів. Областю раціонального застосування електродугової металізації є антикорозійний захист алюмінієм і цинком труб, цистерн, деталей вихлопної

системи автомобілів, металоконструкцій тваринницьких комплексів, ферм, кормоприготівельних цехів, птахофабрик [15].

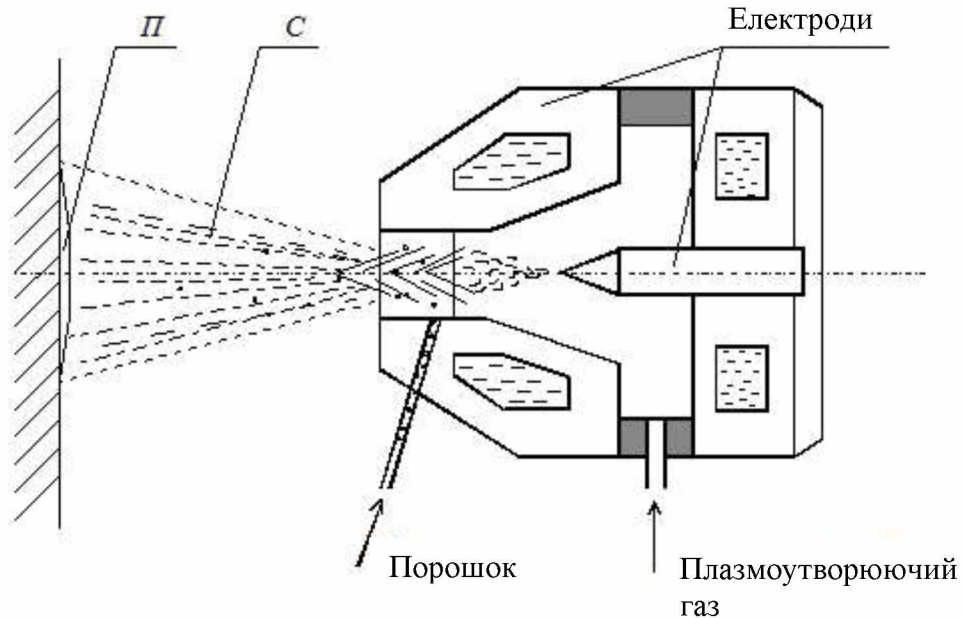


Рисунок 1.4 – Схема процесу напилення

Для нанесення покриттів використовують дрот діаметром 1,5...2 мм. Сталеві і чавунні деталі металізують дротом Св-0,8А, Св-0,8Г2С, Нп-65Г. Для підвищення міцності зчеплення, покриття з основним металом поверхня відновлюваної деталі обробляється різними способами: нарізування рваного різьблення і кільцевих канавок, піскоструминне обдування, нанесення підшару. Металізаційний шар має високу твердість. Так, при вмісті вуглецю в дроті 1,1... 1,2% забезпечується твердість до 540 НВ [16].

Основними недоліками електродугової металізації є:

1. Низька міцність зчеплення покриття з деталлю (нижче, ніж при газополуменевому, плазмовому і детонаційному напилюванні).
2. Значне вигорання легуючих елементів, підвищене окислювання металу.

3. Наявність у нанесеному покритті великої кількості окислів, що додає йому крихкість і неоднорідність властивостей, а також сприяє зниженню втомлюваної міцності відновлюваної деталі.

При газоплазмовому напилюванні матеріал покриття подається у виді дроту або порошку у полум'я кисню і горючого газу. Дріт подається з контрольованою швидкістю, що забезпечує розплавлення її кінця і розпилення розплаву потоком стиснутого повітря. Напилювання з використанням дроту більш економічно, чим з використанням порошку. Однак, технічна реалізація дротового методу більш складна. Товщина покриття при газоплазмовому напилюванні може складати 50 мкм і вище [17]. Покриття використовуються для захисту від корозії при звичайних і підвищених температурах, відновлення зношених частин, а також покриття, стійких до ерозії. Для захисту від окислювання замість стиснутого повітря може застосовуватися інертний газ. Для кращої адгезії зношена деталь може піддаватися незалежному нагріванню.

Широкому поширенню способу відновлення зношених деталей газоплазмовим напилюванням сприяли простота і технологічність методу.

Використання дроту, що включає компоненти Ni й Al, сприяє дуже високому розігрівові полум'я через екзотермічну реакцію, що поліпшує адгезію і зменшує пористість у порівнянні зі звичайними покриттями.

Технологія газоплазмового напилювання має наступні переваги:

- забезпечується висока продуктивність (до 40 кг/год);
- досягається можливість одержання шарів у великому діапазоні товщини (0,1...3 мм) із широким спектром властивостей;
- реалізуються найважливіші технологічні властивості: простота нанесення покриття на деталі різних геометричних форм і розмірів; універсальність використовуваних матеріалів як за формою (порошки, дроти), так і фізико-механічним характеристикам (метали, сплави, окисли, карбіди, пластмаси і т.д.);

- можливість застосування дешевих енергоносіїв як джерело теплової енергії (воднево-кисневе полум'я за розробленою технологією), а також створення будь-якої атмосфери при напилюванні (окисної, нейтральної, відновлюваної).
- забезпечуються мінімальний рівень газонасичення і вигорання легуючих добавок у сплавах; малі значення залишкових напруг у покриттях;
- реалізується можливість нанесення покриття в різних виробничих умовах (від крупносерійного до одиничного відновлення деталей), у тому числі й у польових умовах;
- досягається можливість механізації процесу, у результаті чого підвищується якість покриття. Напилювання з наступним оплавленням дозволяє значно підвищити якість і експлуатаційні властивості відновленої деталі.

Разом з тим, існують і недоліки газоплазмового напилення в порівнянні з плазмовим так як напилювання протікає при значно більш низьких температурах і швидкості ведення процесу, а також неможливості вести процес розігрівши ділянку і підігрівши підкладки без їхнього окислювання під час напилювання. До недоліків розглянутої технології можна віднести також те, що при нанесенні покриття на невеликі деталі процес напилювання є малоефективним через великі втрати матеріалів, що витрачаються. Крім того, при підготовці поверхні до відновлення застосовують піско- і дробоструменеву обробку кварцовим піском, корундом, сталеву крихтою або іншими матеріалами, що забруднюють ділянку і погіршують умови роботи персоналу. У процесі напилювання частки матеріалу можуть утворювати різні шкідливі з'єднання з повітрям, що приводить до необхідності використання потужних вентиляційних установок.

У процесі газоплазмового напилювання використовуються порошкові матеріали, що задовольняють при відновленні деталей практично будь-яким умовам роботи деталей машин і механізмів.

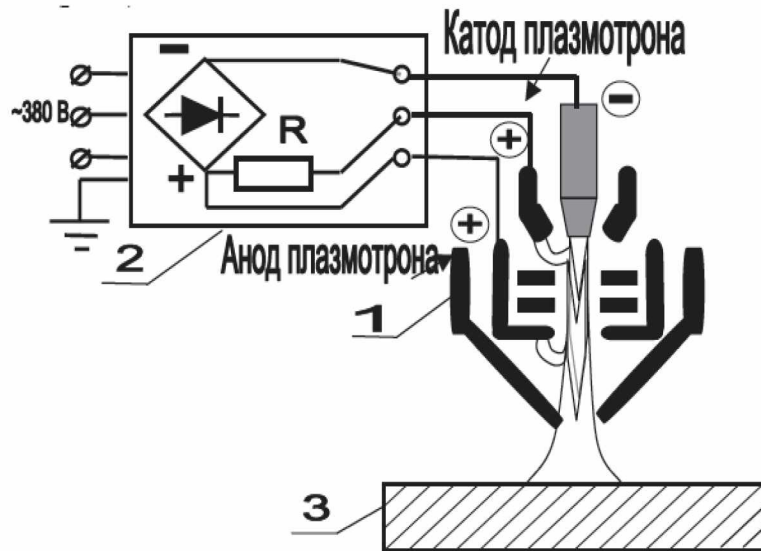
Вибір порошкового матеріалу і технологічної схеми формування для кожної складової композиційного покриття функціонального призначення визначають наступні показники:

- висока адгезія підшару з матеріалом основи і покриття;
- відповідні значення модулів пружності основи і покриття в залежності від експлуатаційних навантажень і глибини концентрації максимуму головних дотичних напружень;
- близькість значень коефіцієнта лінійного термічного розширення матеріалу покриття, основи і підшару;
- наявність необхідного рівня спеціальних властивостей (корозійної стійкості, жаро- і термостійкості і т.д.), що відповідають аналогічним властивостям наступних шарів;
- максимально можливий рівень спеціальних властивостей (зносоустійкості, стійкості проти налипання, корозійної і хімічної стійкості і т.д.)
- необхідні параметри стану робочої поверхні (показники шорсткості);

Останнім часом одержують поширення спеціальні механічні суміші порошкових сплавів, що дозволяють більш ефективно і гнучко забезпечувати необхідні параметри нанесених покриттів [18].

При плазмовому напилюванні металевих покриттів для розплавлення і переносу порошку на поверхню деталі використовується плазмовий струмінь, що утворюється в малогабаритному дуговому плазмотроні (рис. 1.5).

Використання плазмового струменя побічної дії зумовлює теплопередачу в оброблюваний метал шляхом променистого і конвективного теплопереносу, локальність дії в поєднанні з широкою зоною захвату, можливість обробки деталей в будь-якому просторовому положенні, а також гнучкість в управлінні.



1 - плазмотрон; 2 - зварювальний випрямляч; 3 – деталь

Рисунок 1.5 - Схема плазмотрона з джерелом струму

Плазмотрон має повітреоходжувальний мідний анод і вольфрамовий катод. Аргон або інший газ протікає навколо катода і через сопло анода. Дуга постійного струму іонізує газ, і виникає плазма з температурою 6000...12000°C, що виходить із сопла приблизно на 10 мм. На відстані 100 мм від сопла температура падає до 3000°C і нижче через контакт із повітрям [19]. При виході із сопла швидкість газу складає 200...600 м/с, у той час як швидкість часток тільки 20 м/с. Частки розміром до 18 мкм розганяються до 275 м/с на відстані 60 мм від сопла. Частки більшого розміру досягають менших швидкостей, у результаті чого вони мають більше часу на нагрівання. Частки матеріалу з низькою щільністю досягають великих швидкостей, однак вони сильніше гальмуються. Плазмовий струмінь має довжину близько 50 мм, а відстань від підкладки до сопла складає -150 мм.

У якості плазмоутворюючих газів використовують аргон, азот, гелій або суміші цих газів. Попередня обробка поверхні перед напилюванням включає: мийку деталей, дробеструменеву обробку. При плазмовому напилюванні використовують порошки на основі нікелю: ПН85Ю15 ТУ 14-1-

3282-81, ПН 55Т45 ГОСТ 21448-75, ПН 70ЮЗО 14-1-3282-81 і ін. [20]. Твердість формованих покриттів складає 25...60 HRC. У деяких випадках, коли деталі потрібно додати підвищену зносостійкість, а також збільшити міцність зчеплення покриттів, роблять його оплавлення.

Плазмове напилювання призначене для одержання зносостійких покриттів, підвищення довговічності швидкозношуваних деталей і має наступні переваги: можливість одержання покриття з більшості матеріалів, відносно малий тепловий вплив на підкладку, зміну товщини покриття в широких діапазонах від 0,1 до 6 мм, можливість використання для плазмового струменя різні газів. Продуктивність установок досягає 3...8 кг/год.

До недоліків методу відносяться: значні втрати напилюваного металу при нанесенні покриття на невеликі деталі; низький коефіцієнт використання енергії плазмового струменя на розігрів порошку; утворення шкідливих для здоров'я летучих газів і з'єднань, підвищений шум і світлове випромінювання; низька надійність і велика вартість застосовуваного устаткування.

1.2.3. Аналіз інших способів обробки

Для відновлення деталей електронним променем використовують прискорювачі, що забезпечують зміцнення деталей як у вакуумі, середовищі інертного газу, так і на повітрі. При обробці на повітрі застосовують прискорювачі, що формують електронні пучки з енергією електронів більш 1 МеВ. Доцільність обробки у вакуумі або на повітрі визначається розмірами зміцнюваних деталей і маніпулятора, а також продуктивністю вакуумної системи. Електронно-променеві установки за рівнем створення розрідження в робочій камері поділяються на три класи: високовакуумні з робочим тиском 10^{-2} ... 10^{-3} Па і нижче, а також проміжного вакууму 1...10 Па (для поза вакуумної обробки).

В установках з робочою камерою проміжного вакууму електронна пушка має окрему відкачку на відміну від високовакуумних установок, і її камера приєднується до оброблюваної заготовки тільки в процесі обробки.

До прискорювачів з виходом електронного пучка в атмосферу відносяться високовольтні і резонансні. У високовольтних прискорювачах (або прискорювачах прямої дії) прискорення електронів роблять у потенційному електричному полі. Основними елементами таких прискорювачів є: високовольтний генератор, що прискорює пристрій і система випуску пучка.

Високовольтні прискорювачі мають високий ККД, що досягає 90-95% з потенційним полем, що прискорює, при постійній в часі напругою. Високовольтні прискорювачі в основному формують електронний пучок потужністю понад 5 кВт з енергією електронів до 3...4 МеВ. Для одержання більш високих енергій електронів використовують прискорювачі з високочастотними електричними полями.

Робота прискорювачів такого типу заснована на принципі резонансної взаємодії електронів з полем електромагнітної хвилі. Джерелом електромагнітних коливань служать потужні магнетрони, що модулюються високовольтними імпульсами, вироблюваними лінійним модулятором. Електрони в атмосферу випускаються через алюмінієву або титанову фольгу товщиною 15...100 мкм. Питомі втрати енергії електронів у фользі майже не залежать від енергії, починаючи з 0,5 МеВ.

Для виключення можливості появи залишкової радіації в оброблюваних виробах енергія електронів не повинна перевищувати 12 МеВ. Серійно випускається резонансний прискорювач електронів «Електроніка». При необхідності енергію електронів можна регулювати в межах 4...8МеВ. Максимальна середня потужність пучка складає 5 кВт. Найбільше часто використовується електронний пучок діаметром 5...10мм. На таких установках можна обробляти вироби в повітряному середовищі на відстані до 100мм від вихідного вікна прискорювача.

Під час експлуатації прискорювачів виникає гальмове рентгенівське випромінювання (при взаємодії прискорених електронів з матеріалом виробу), тому обробку електронним пучком проводять у спеціально відведеному приміщенні, що має залізобетонні стіни для зниження рівня іонізуючих випромінювань до допустимих значень. Вплив на обслуговуючий персонал озону й окислів азоту, концентрація яких зростає при опроміненні, виключається шляхом створення вентиляції.

Перевагою електронно-променевої обробки є висока швидкість нагрівання і безпосередня передача енергії проміннями поверхні, що нагрівається, при мінімальних її втратах у навколишнє середовище. Електронно-променева обробка використовується як для відновлення фізико-механічних властивостей металу, так і для нарощування шару.

Застосування електронного променя дозволяє використовувати електроенергію майже на 75%, що значно підвищує ефективність використання теплової енергії. Так, для зміцнення деталі за допомогою електронного променя затрачається лише 20 ккал, у той час як при цементації такої ж деталі близько 930 ккал.

Енергія електронного променя, що впливає на оброблювану поверхню, не повинна бути постійною величиною. У початковий момент, коли поверхня деталі холодна, потрібна велика потужність, а потім її необхідно знижувати щоб уникнути розплавлювання металу.

При обробці електронний промінь сканує оброблювану поверхню, переходячи від ділянки до ділянки [21]. При програмуванні процесу використовується програма, що і для верстатів із ЧПУ. Потужність використовуваних міні-комп'ютерів дозволяє задавати на оброблюваній поверхні до 500 ділянок сканування, при цьому промінь у кожній крапці знаходиться частку секунди. Обробка ведеться з високою повторюваністю результатів.

Для термообробки використовують установки, що застосовуються для електропроменевого зварювання, у яких вакуум створюється лише в зоні впливу променя на поверхню деталі, а вся вона розташовується на повітрі.

У залежності від потужності потоку електронів (від 2 до 5 MeV) формується загартований шар глибиною до 2,5...5,0 мм [21]. При цьому зі збільшенням його глибини істотно зростає неоднорідність. Це добре видно по структурі і розподілу твердості деталі з чавуна. Структура відрізняється ступенем дисперсності складових, появу нових фаз у зоні плавлення залишкового аустеніту і карбідів. Крім того, опромінення викликає появу радіаційних дефектів. Така неоднорідність і особливість структури природно позначаються і на рівні мікротвердості складових.

Зміцнення істотно підвищує середній рівень пластичності і в'язкості матеріалів у 2...20 разів, зносостійкість у 2...10 разів при незначному підвищенні міцності на 10...20%.

Різноманітність властивостей залежить не тільки від параметрів зміцнення, але і від вихідного матеріалу, способу його попередньої термічної обробки.

Установки для електроіскрової обробки деталей підрозділяють на ручні і механізовані. Застосування ручних установок доцільно при обробці деталей з малою площею робочої поверхні зі складним профілем, при використанні електродів з дорогих матеріалів. Генератори електричних імпульсів, що використовуються в даний час для електроіскрового легування, підрозділяються на нероз'єднані і роз'єднані. Принцип дії нероз'єднаних джерел полягає в наступному: від джерела постійного струму через струмообмежувальний резистор заряджається накопичувальний конденсатор, що накопичує електричну енергію. Ця енергія миттєво звільняється в момент пробію міжелектродного проміжку. Комутація електричного ланцюга здійснюється вібруючим або обертовим електродом. У роз'єднаних генераторах імпульсів здійснюється постійний механічний контакт між катодом і анодом або підтримується міжелектродний зазор. Комутація

розрядного ланцюга відбувається при періодичному спрацьовуванні напівпровідникових приладів. Період спрацьовування тиристорів визначає частоту проходження імпульсів. Електроіскрове нарощування металу являє собою сукупність короткочасних дугових розрядів, одержуваних при обертанні електродів, що стикаються з наплавляючою поверхнею деталей. Як електроди використовують пучок з 100...150 дротів [21] діаметром 0,5...0,8мм або диски, виготовлені з листового металу діаметром до 200 мм.

Електроди, виготовлені у виді пучка дротів, найчастіше використовують для нарощування внутрішніх посадочних поверхонь великогабаритних базисних деталей, таких як: коробка передач, ведучих мостів, редукторів.

У процесі нарощування частота обертання електрода складає $5...10\text{ с}^{-1}$ (наприклад, за допомогою електродриля). Використовують постійний струм напругою 9...10 В і силою струму 150...200 А.

Електроди, виготовлені у виді диска, доцільно застосовувати для обробки тіл обертання або плоских поверхонь. При необхідності відновлення великогабаритних або довгомірних деталей для прискорення обробки використовують конструкцію, що складається з безлічі електродів. У процесі обробки здійснюється обертання і переміщення деталі, що встановлюють на токарному верстаті. Обробка деталі виробляється всіма електродами одночасно.

Сутність методу полягає в тому, що крапельки металу електрода (анода) відокремлюється і швидко кристалізуються, сплавляючись з металом деталі (катод). Метал, викинутий з анода імпульсом електричного струму, легує поверхневий шар деталі з формуванням високотвердих включень нітридів, карбонітридів, цементиту і гартівних структур матриці.

У період електроіскрового розряду через електроди проходить потужний (до $10^5...10^6\text{ А/мм}^2$) імпульс струму. Температура в міжелектродному зазорі досягає 10000...15000 °С. Наявність у зоні обробки високих температур, азоту повітря і різних легуючих елементів, що входять

до складу електрода-анода, дозволяє не тільки формувати покриття деталі, але і легувати її, поліпшуючи фізико-механічні й експлуатаційні властивості поверхні.

Структура поверхневого шару складається з двох зон: зони кристалізації і перехідної зони. Величина нарощуваного шару залежить від кількості і потужності імпульсів.

При використанні грубих режимів можна одержати нарощування металу до 0,5...0,7мм, а при м'яких - до 0,2 мм. Для більшості металів максимальна швидкість переносу складає 100...150 мкм/с. Глибина зони термічного впливу, як правило, змінюється в межах 0,2...0,8 мм.

Ця технологія знаходить застосування при нарощуванні посадочних поверхонь під підшипники кочення на валах і в корпусних деталях; для підвищення довговічності різців; ріжучих частин сільськогосподарських машин і інших деталей.

В останні роки знайшов застосування детонаційно-газовий метод нанесення покриття [22]. Даним способом передбачається використання детонаційної пушки. Він є різновидом методу термічного напилювання, з нагріванням і спрямованим викидом часток порошку на підкладку з камери згоряння потоком газу, що виникає при детонаційному згорянні. Метод має ряд переваг: конструкція детонаційної пушки досить проста, надійна і має тривалий термін служби у відмінність, наприклад, від плазмово-дугових пристроїв; покриття, отримані даним методом, мають низьку пористість і гарний зв'язок з підкладкою (особливо при підігріві в процесі осадження); попередня обробка поверхні не обов'язкова; відношення швидкості порошку до температури може змінюватися в широких межах; метод забезпечує високу швидкість нарощування товщини покриття.

Детонаційні покриття (у порівнянні з плазмовим напилюванням) мають меншу пористість, що не перевищує 1%. Тому вони не мають потреби в спіканні. Це пояснюється тим, що кінетична енергія часток при детонаційному способі в 25 разів більше, ніж при плазмовому напилюванні.

Детонаційні покриття можуть досягати твердості 1300 HV (при плазмовому напилюванні твердість складає 700 HV, а при газоплазмовому напилюванні - ще менше). Детонаційні покриття мають дуже гарне зчеплення з підкладкою.

Сутність методу полягає в наступному. У пушці використовується суміш C_2H_2 і O_2 . Необхідна кількість кисню й ацетилену вводиться в камеру згоряння через зовнішні клапани, а необхідна кількість порошку - струменем азоту з нагрітої судини під тиском. Запальна свіча підпалює суміш. У результаті вибуху порошок розганяється до 720 м/с і розплавляється [22]. При температурі $4200^{\circ}C$, що виникає при детонаційному згорянні, розплавляється більшість матеріалів. Швидкість руху часток набагато перевищує швидкість при плазмовому напилюванні. За 1с створюється 4...8 вибухових імпульсів із проміжним очищенням азотом. За кожен імпульс осаджується шар матеріалу діаметром 25 мм і товщиною в кілька мікрометрів, що складається з безлічі лусочок, що перекриваються.

До недоліків методу можна віднести: складність забезпечення стабільного протікання процесу; необхідність ізоляції процесу і забезпечення безпечних умов через високий рівень шуму; утворення при детонаційному процесі великого числа продуктів згоряння. При цьому відбувається утворення газів CO_2 , CO , H_2O , H_2 , O_2 , N_2 , а також радикалів і атомів, таких, як OH , H , O , NO і N , що ускладнює роботу персоналу, вимагає вживання додаткових заходів забезпечення безпеки; можлива деформація деталей, що висуває підвищені вимоги до їх міцності для того, щоб витримувати удар при детонаційному напилюванні; погана застосовність методу для деталей складної форми; висока вартість устаткування, велика витрата газів.

Висновки, мета та завдання досліджень

Виходячи з аналізу літературних джерел та вивчення практичного досвіду використання сучасних технологій в ремонтному виробництві можна зробити наступні висновки:

- найбільш розповсюдженим методом відновлення зношених деталей типу «вал» є наплавлення з подальшою механічною обробкою;
- недостатньо вивчений метод відновлення деталей шляхом зварювання двох частин валу встик;
- з метою обґрунтування оптимального методу відновлення деталей типу «вал» з найменшою витратою ресурсів і матеріалів і забезпеченням високих показників якості.

Перед даними дослідженнями була поставлена мета:, який би забезпечував, а також забезпечувати високі показники їх якості, необхідний термін служби і забезпечити найбільший економічний ефект.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішення наступних завдань:

- зіставили методи і матеріали для вибору найбільш оптимального варіанту відновлення;
- провели дослідження температурного поля відновленого валу;
- розраховали напруги валів після відновлення та їх механічні властивості;
- вивчили механічні властивості валів з використанням неруйнівних методів контролю;
- визначити техніко-економічну ефективність вибраних методів відновлення;

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Обґрунтування проведення відновлюваних операцій

В дослідженнях використовували два типу валів: шліцьовий вал приводу гідронасосу роздаточної коробки трактору Т-150К; гладкий вал ступиці шківна комбайна CASE. Обидва вали сприймають навантаження на кручення, згинання, а також знакоперемінні навантаження.

Гладкий вал може отримувати масляне голодування і тому на ньому з'являються задири та інші пошкодження поверхні. Вали зношуються на поверхнях під підшипники.

У шліцьового валу зношуються шліци, з'являються відколи, зрізи і зминання. Відновлення валу проводимо методом зварювання двох частин валу встик.

Гладкий вал виготовляється зі сталі С40Е (EN 100 27), шліцьовий вал виготовляється зі сталі 45 (ГОСТ 1050-88).

Досліджувані вали приведені на рис. 2.1.

Із аналізу літературних джерел [10-15] відновлення гладкого валу проводили способом наплавлення за схемою: перший і останній валок по кільцю, всі інші по гвинтовій лінії. Для вибору найбільш оптимального методу відновлення валу наплавлення проводили наступними способами:

- наплавлення порошковим дротом ПП – АН 128;
- наплавлення стальним дротом Нп-30ХГСА в середовищі CO₂;

Режими наплавлення приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Режими наплавлення

Найменування параметру та його розмірність	Значення параметру
Сила струму, А	100 ... 180
Напруга, В	17 ... 18
Швидкість подачі дроту, м/хв.	2,4
Виліт дроту, мм	10
Зміщення дроту з zenіту, мм	15
Швидкість наплавлення, м/хв.	0,6... 1,0
Крок наплавлення, мм/об	1,5
Витрата газу, л/год	24...28

Конструкційна міцність в більшості залежить від стану матеріалу в поверхневих шарах деталі. Тому для підвищення твердості поверхневих шарів відновлюваних валів з одночасним підвищенням опору стиранню і межі витривалості проводимо термообробку нагріванням струмами високої частоти (СВЧ).

Метод обробки полягає в тому, що відновлений вал поміщається в змінне магнітне поле, яке створюється провідником індуктором. За рахунок чого у валу індуктуються вихрові потоки, які нагрівають деталь. При підвищенні частоти обробки, зменшується товщина загартованого шару.

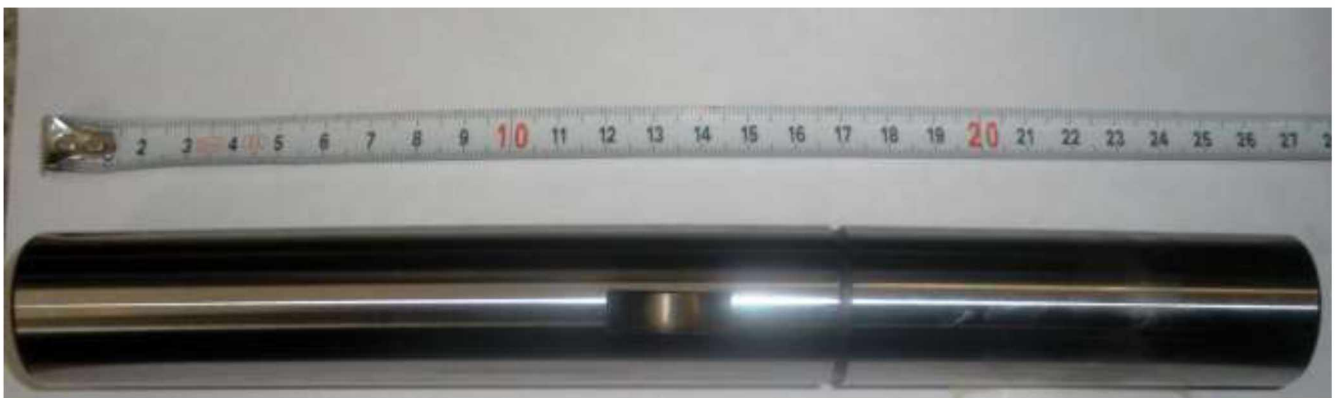
Індуктор виготовляється із мідних трубок, всередині яких циркулює вода, яка охолоджує трубки.

Після нагрівання протягом 3...5 с індуктором, вал поміщається в спеціальний охолоджувальний пристрій – спреєр, через отвір якого на поверхню валу розбризкується рідина.

Висока швидкість нагрівання зміщує фазові перетворення в область більш високих температур і після охолодження отримуємо структуру дрібноголкового мартенситу.



а)



б)

Рисунок 2.1 – Вал шліцьовий приводу гідронасосу роздаточної коробки трактору Т-150К (а) та гладкий вал ступиці шківів комбайна CASE (б)

2.2. Методика вимірювання твердості

Твердість матеріалу валів визначали методом Роквелла на приладі ТК-2М. Вимірювання твердості проводили при використанні навантаження, яке дорівнює:

$$P = P_0 + P_1, \quad (2.1)$$

де $P_0 = 100$ Н - попереднє навантаження;

$P_1 = 1400$ Н - основне навантаження для алмазного конуса (шкала С)

[28].

Вимірювання твердості робили по всій довжині валу від першої різьбової частини до другої, у чотирьох взаємно перпендикулярних площинах (рис. 2.2):

1. у частині 1;
2. у частині 2;
3. біля частини 1;
4. біля частини 2;
5. вал в 4-х перерізах.

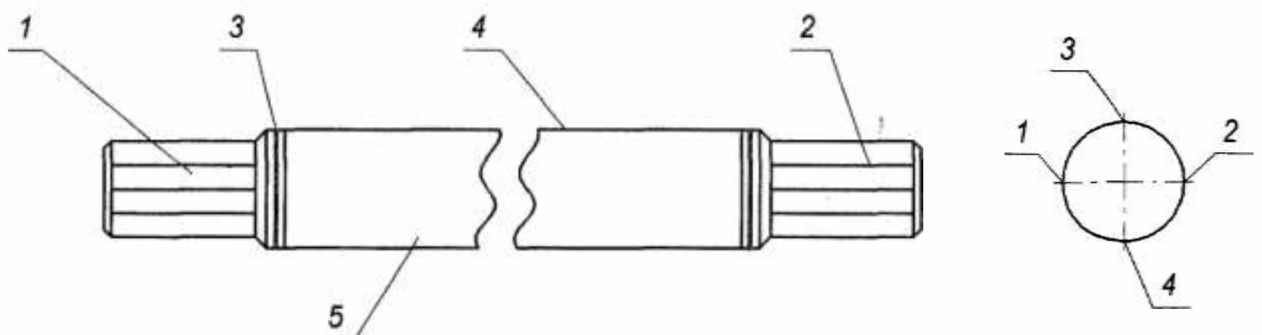


Рисунок 2.2 - Напрямок вимірювання твердості зразку, що досліджується

Число твердості визначали по наступній залежності:

$$HRC = 100 - \frac{h}{0,002}, \quad (2.2)$$

де перша цифра - число поділок по шкалі приладу;

h - глибина проникнення наконечника;

0,002 - точність відліку вимірювальної шкали.

Для порівняльного аналізу твердість вимірювали також портативним електронним твердоміром динамічної дії ТД-32. Принцип вимірювання твердості якого заснований на визначенні відношення швидкостей удару і відскоку ударника, що перетворюється електронним блоком в умовну одиницю твердості, яка автоматично переводиться в необхідні одиниці твердості HB, HRC, HV, HSD.

2.3. Методика вимірювання коерцитивної сили

Коерцитивну силу H_c оцінювали по ступеню намагнічування зразка, коерцитиметром КРМ-Ц виготовленим НППФ "Спеціальні наукові розробки".

Принцип дії приладу оснований на обчисленні коерцитивної сили по вимірюваному струмі компенсації залишкової магнітної індукції в замкнутому магнітному ланцюзі. Ланцюг утвориться магнітною системою перетворювача, полюса якої замкнуті контрольованим зразком.

Цикл виміру приладів містить у собі наступні етапи:

- магнітна підготовка (2с);
- компенсація залишкової намагніченості (2с);
- обчислення коерцитивної сили;
- індикація і сигналізація результатів виміру.

У процесі магнітної підготовки область досліджуваного виробу між полюсними наконечниками магнітної системи перетворювача періодично

намагнічується до насичення імпульсами струму з амплітудою не менш 3,0 А.

Порядок проведення досліджень, при вимірюванні коерцитивної сили:

1. Вал із вимірювальною котушкою поміщається в центральну частину соленоїду.

2. Реостатом встановлюється намагнічувальний струм, який відповідає напруженості магнітного поля для досягнення технічного насичення матеріалу.

3. Плавно зменшується струм до розрахункового значення. Для напруженого магнітного поля $H \leq 20$ А/м струм розраховується по формулі:

$$I = \frac{H}{K_c}, \quad (2.3)$$

де H – напруженість магнітного поля, А/м;

K_c – постійна соленоїду, m^{-1} .

Виключається струм. Змінюється напрямок струму і записується його значення.

4. Знімається з валу котушка і фіксується показання гальванометра α_1 .

5. Далі повторюється операція 2 і 3 поступово збільшуючи намагнічувальний струм. Визначається позитивне відхилення гальванометру по відношенню до вихідного і негативне показання гальванометру α_2 .

При вимірюваннях котушка не повинна виходити із зони однорідного поля соленоїду.

Коерцитивна сила розраховується по формулі:

$$H_c = K_c \left[I_1 + \frac{\alpha_1}{\alpha_1 + \alpha_2} (I_2 - I_1) \right], \quad (2.4)$$

де I_1 і I_2 – значення сили струму, що відповідають показанням гальванометра α_1 і α_2 .

Похибка вимірювання коерцитивної сили H_c не повинна перевищувати $\pm 3\%$.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Теоретичне дослідження розрахунку температурного поля при відновленні валів

Температурний стан матеріалу у місці зварювання і розподіл температур у виробі в певній мірі впливає на якість з'єднання - міцність, пластичність, ударна в'язкість металу, а в ряді випадків також і на інші спеціальні властивості деталі (корозійна стійкість, жароміцність і ін.). Не оптимальний для відповідного металу режим нагрівання й охолодження виробу в умовах зварювання може привести до появи різних дефектів у з'єднанні - тріщин, непроварювання, підрізів, а також до підвищених деформацій і напружень у відновлених деталях.

Теплові стани і процеси при зварюванні в значній мірі визначають і такі характеристики, як продуктивність і техніко-економічну ефективність відновлення. Таким чином, ряд основних процесів, що супроводжують виконання зварювання, пов'язані з тепловим станом металу на різних стадіях одержання з'єднань.

При експлуатації валу приводу гідронасоса одна шліцьова частина його, що працює в сполученні із шестірнею насоса, зношується більше чим - у сполученні з перехідною втулкою. Тому одним з варіантів відновлення може бути прийнята технологія ремонту, при якій відбувається зварювання встик різних частин валу.

Для існуючих методів відновлення шліцьових валів відсутня інформація про рівень виникаючих напружень при їхньому відновленні. Важливим критерієм оцінки стану відновленої деталі є розрахунок температурних полів.

Розраховували температуру для області, симетричної щодо звареного шва, як показано на рис. 3.1. Половина самого шва приблизно апроксимувалася ламаною 2-3-4-5-6. Область 1-9-7-8 відповідає області валу після зварювання. Лінія 1-8 є віссю валу.

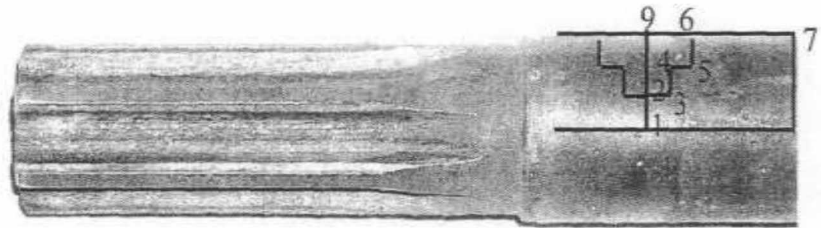


Рисунок 3.1 - Схема області зварювання при розрахунку температурного поля

Таким чином, довжини ліній 1-9 і 8-7 дорівнюють радіусові валу. Довжина ліній 1-8 і 9-7 дорівнювала 199 мм. При розрахунку температурного поля область 1-9-7-8 була розбита квадратною сіткою з розміром лунок 1 x 1 мм. Таким чином, по висоті було 12 ліній, а по ширині 200 ліній. ($m = 12$; $n = 200$). Лінія 2-3 відповідала $m = 6$. Лінія 4-5 відповідала $m = 9$. Довжина ліній 2-3 і 4-5 дорівнювала 2 мм. Відповідно, довжина лінії 9-6 дорівнювала 4 мм. Задачу такого типу можна назвати задачею із змінною областю. У перший момент область 2-3-4 стає більше по висоті на 1мм, температура металу електрода дорівнює $T_z = 1800...2000^\circ\text{C}$ (в роботі прийняте перше значення, тому що при ньому виходять менші напруги). Потім через рівні проміжки часу нарощуються шари згідно приведеного рисунка 3.1.

Розрахунок температури при зварюванні двох частин валу виконували за допомогою рішення рівняння теплопровідності [23]:

$$c \cdot \lambda \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (3.1)$$

де r - відстань від центра вала до будь-якої крапки по радіусі, м;

z - відстань від центра зварного шва до тієї ж крапки, м;

τ - час від початку розрахунку, год;

$T = T(r, z, \tau)$ - температура в крапці з координатами r, z у момент часу τ , °C;

γ - щільність, кг/м³;

λ - теплопровідність, $\frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{год} \cdot \text{град}}$, залежить від температури і розраховується по наближеній формулі [32]:

$$\lambda = 45 + 25 \frac{T - 1200}{1180}, \quad (3.2)$$

де 45 - теплопровідність при температурі 1200°C;

25 - теплопровідність при 20°C;

У проміжку між 20 і 1200°C теплопровідність змінювалася по лінійному закону.

c - коефіцієнт питомої теплоємності, $\frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$, який залежить від фазового стану металу і розраховували по формулі [23]:

$$c = \frac{c_g - c_t}{2} + \frac{\rho}{T_l - T_s}, \quad (3.3)$$

де T_l - температура ліквідусу;

T_s - температура солідуса;

\tilde{n}_g - питома теплоємність металу в рідкій фазі;

c_i - питома теплоємність металу у твердій фазі;

ρ - схована теплота плавлення, яка для сталі дорівнює 65 ккал/г.

При цьому c визначається в межах від рідкої до твердої фази.

Початкова умова для області 1-2-3-4-5-6-7-8:

$$T(r,z,0) = T_0, \quad (3.4)$$

де T_0 - температура валу до зварювання.

Початкова температура в області 2-3-4-5-6-9 мінялася пошарово й у загальному виді виглядає так:

$$T(r(\tau_r), z(r(\tau_r)), \tau_r) = T_z, \quad (3.5)$$

де T_z - температура металу електрода;

τ_r - час, при якому для заданого радіуса в області шва відбувається зварювання;

$z(r(\tau_r))$ - ширина зварного шва.

Граничні умови:

На границі з повітрям 2-3-4-5-6-7 тепловий потік у виді випромінювання:

$$-Q = \frac{\partial T}{\partial r} \lambda, \quad (3.6)$$

де тепловий потік Q розраховували по формулі [24]:

$$Q = k_{kv} \cdot 3,8 \left[\left(\frac{T + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_{cp} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (3.7)$$

де k_{kv} - коефіцієнт, що враховує конвекцію і взаємне відображення від стінок шва;

3,8 - коефіцієнт, що залежить від теплоємності і ступеня чорноти;

T - температура біля поверхні вала або зварного шва;

T_{cp} - температура навколишнього середовища.

На границях 1-9 і 7-8 передбачається умова симетрії, тобто відсутність теплових потоків:

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0. \quad (3.8)$$

На границі 1-8 також передбачається умова симетрії:

$$\frac{\partial T}{\partial r} = 0. \quad (3.9)$$

Поставлену задачу вирішували методом кінцевих різниць по явній різницевої схемі [23]. Як уже відзначалося, область була розбита на квадратні ділянки розміром 1x1мм. Кожній крапці такої сіткової області установили 3 індекси:

i - номер лінії по горизонталі (по радіусі);

j - номер лини по вертикалі (по довжині);

k - номер розрахунку за часом (номер тимчасового шару).

Тоді рівняння теплопровідності (3.1) у остаточному варіанті має вигляд:

$$c_{ijk} \cdot \lambda_{ijk} \frac{T_{ijk+1} - T_{ijk}}{\Delta r} = \lambda_{ijk} \left(\frac{T_{i-1jk} - 2T_{ijk} + T_{i+1jk}}{\Delta r^2} + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{T_{i+1jk} - T_{i-1jk}}{2\Delta r} + \frac{T_{ij-1k} - 2T_{ijk} + T_{ij+1k}}{\Delta z^2} \right). \quad (3.10)$$

Із даного рівняння температура в точці i, j на наступному $k+1$ кроці по часу T_{ijk+1} складе:

$$T_{ijk+1} = T_{ijk} \frac{\lambda_{ijk} \cdot \Delta \tau}{c_{ijk} \cdot \gamma_{ijk}} \cdot \left(\frac{T_{i-1jk} - 2T_{ijk} + T_{i+1jk}}{\Delta r^2} + \frac{1}{r_i} \cdot \frac{T_{i+1jk} - T_{i-1jk}}{2\Delta r} + \frac{T_{ij-1k} - 2T_{ijk} + T_{ij+1k}}{\Delta z^2} \right). \quad (3.11)$$

Ця формула може використовуватися для усіх внутрішніх ділянок області. У ділянках, що прилягають до границі, враховуються граничні умови в кінцевих різницях.

Границя 1-9 і 7-8:

$$\frac{T_{ij-1k} - T_{ij+1k}}{2\Delta z} = 0. \quad (3.12)$$

Для лінії 1-9 у рівнянні (3.11) при $j = 1$ замість $T_{i,-1,jk}$ підставляється з рівняння (3.12) T_{i2k} .

Аналогічно, для лінії 7-8 у рівнянні (3.11) при $j = n$ замість T_{in+1k} підставляється з рівняння (3.12) T_{in-1k} .

Границя 1-8:

$$\frac{T_{i-1jk} - T_{i+1jk}}{2\Delta r} = 0. \quad (3.13)$$

У формулу (3.11) при $i = m$ замість T_{m+1jk} підставляється з (3.13) T_{m-1jk} .

Аналогічно описуються граничні умови і на інших ділянках, так гранична умова (3.6) з тепловим потоком (3.7) на лінії 6-7 описується так:

$$\frac{T_{1jk} - T_{2jk}}{\Delta r} \lambda_{2jk} = -k_{kv} \cdot 3,8 \left[\left(\frac{T_{2jk} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_{ep} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (3.14)$$

Звідси у формулу (3.11) замість T_{1jk} записується його вираження з (3.14):

$$T_{1jk} = T_{2jk} - \frac{\Delta r}{\lambda_{2jk}} k_{kv} \cdot 3,8 \left[\left(\frac{T_{2jk} + 273}{100} \right)^4 + \left(\frac{T_{cp} + 273}{100} \right)^4 \right], \quad (3.15)$$

Обчисливши по рівнянню (3.11) всі значення T_{ijk+1} з врахуванням (3.12), (3.13) і (3.15), а також враховуючи зміни області, для наступного кроку за часом ці значення пересилаються на місце T_{ijk} і розрахунок повторюється заново відповідно заданого часу: $\tau_{загал} : \Delta\tau$.

Також необхідно відзначити, що величина кроку за часом з умови стійкості різницевої схеми (3.11) згідно [23] вибирається по формулі:

$$\Delta r \leq \max \left(\frac{\gamma_{ijk} \cdot c_{ijk}}{\lambda_{ijk}} \Delta r^2 \right). \quad (3.15)$$

Як показують дослідження найбільш помітна зміна температур характерна в перший момент для відстані 34 мм. Потім температура вздовж осі валу через 10...15 мм падає до 450°C на відстані від місця зварювання до 18...20 мм.

У результаті проведених теоретичних досліджень запропонована методика розрахунку температурних полів при проведенні операції по зварюванню в стик двох частин валу, а також оцінені температурні поля в часі при такій обробці.

Результати досліджень планується використовувати для оцінки температурних напружень при різних способах відновлення валів. Це дозволить вибрати найбільш раціональний метод відновлення.

3.2. Дослідження твердості відновлених валів

Наплавлення валів як відновлювальної операції є ефективним методом продовження терміну їхньої служби, але потрібно приділяти велику увагу вимогам, що пред'являються до ефективності відновлених деталей.

Це у свою чергу вимагає рішення технічних проблем і створення нових технологічних процесів. Для контролю якості відновлених деталей можна використовувати вимірювання твердості і коерцитивної сили. Виникаючі в зоні наплавлення несприятливі залишкові напруги, зміни мікроструктури і механічних властивостей можуть істотно знижувати характеристики.

Після відновлення валів були виконані вимірювання твердості як до обробки СВЧ, так і після, за схемою, що приведена в розділі 2 даної роботи. Дані досліджень вимірювання твердості до обробки струмами високої частоти занесені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Вимірювання твердості відновленого валу (до проведення термообробки СВЧ)

Частина валу, на якій проводилися вимірювання	Значення твердості, HRC					Середнє
Твердість частини 1	39	38	31	36	35	35,8
Твердість частини 2	35	37	36	34	31	34,6
Твердість зварювального шва біля 1 частини	46	47	45	50	52	48
Твердість зварювального шва біля 2 частини	47	49	46	50	50	48,4

Після проведення термообробки додатково проводили вимірювання твердості відновленого валу в чотирьох площинах. Дані вимірювань приведені в табл. 3.2

Таблиця 3.2 - Вимірювання твердості відновленого валу (після проведення термообробки СВЧ)

Частина валу, на якій проводилися вимірювання		Значення твердості, HRC					Середнє	
Твердість частини 1		56	58	59	62	60	59	
Твердість частини 2		67	61	65	62	60	63	
Твердість зварювального шва біля 1 частини		64	53	61	49	48	55	
Твердість зварювального шва біля 2 частини		62	64	65	66	63	64	
Тіло	В площинах	1	39	40	40	38	41	39,6
		2	38	41	40	37	40	39,2
		3	40	39	39	40	41	39,8
		4	37	37	40	39	40	38,6

За результатами вимірювань була отримана залежність розподілу твердості на поверхні валу (рис. 3.2)

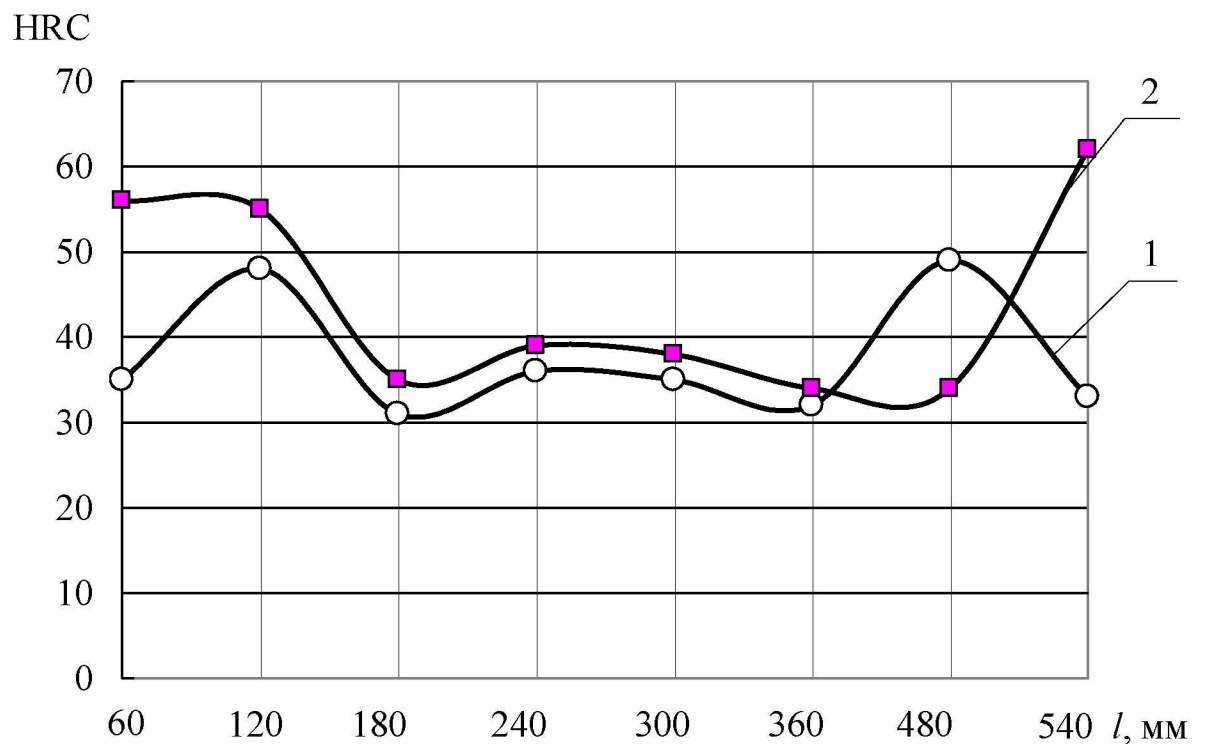


Рисунок 3.2 - Розподіл твердості по довжині валу:

1 – твердість до обробки СВЧ; 2 - твердість після обробки СВЧ

Як показали дослідження найбільші значення твердоті 58...62 HRC отримали в перехідних зонах, а найменші 34...35 HRC в середній частині валу. Коливання твердості після обробки СВЧ досягають в середньому 9 одиниць.

3.3. Дослідження коерцитивної сили в відновлених валах

Для порівняльного аналізу технологій відновлюваних валів проводилися також вимірювання коерцитивної сили (табл. 3.3, табл.3.4).

Таблиця 3.3 - Вимірювання коерцитивної сили у валі (до проведення термообробки СВЧ)

Частина валу, на якій проводилися вимірювання	Величина вимірювання, А/см			Середнє
Наплавлення порошковим дротом				
Частина 1	8,1	7,4	8,0	7,83
Частина 2	6,6	7,2	7,3	7,03
Тіло – частина 1	7,1	6,9	7,2	7,06
Тіло – частина 2	6,8	6,7	7,0	6,83
Тіло валу	9,6	10,0	9,4	9,6
Наплавлення стальним дротом в середовищі CO ₂				
Частина 1	8,7	8,4	8,9	8,7
Частина 2	7,6	7,8	7,9	7,77
Тіло – частина 1	7,9	7,6	7,8	7,8
Тіло – частина 2	7,8	7,7	7,5	7,7
Тіло валу	10,6	11,0	9,8	10,47

Таблиця 3.4 - Вимірювання коерцитивної сили у валі (після проведення термообробки СВЧ)

Частина валу, на якій проводилися вимірювання	Величина вимірювання, А/см			Середнє
Наплавлення порошковим дротом				
Частина 1	21,8	22	22	21,93
Частина 2	22,2	21,6	22,4	22,06
Тіло – частина 1	9,8	10,1	9,4	9,4
Тіло – частина 2	9,2	9,3	10,1	9,76
Тіло вала	9,0	8,8	9,3	9,03
Наплавлення стальним дротом в середовищі CO ₂				
Частина 1	22,1	22,1	20,6	21,6
Частина 2	26,5	27,3	26,6	26,8
Тіло – частина 1	16,7	17,7	19,6	18
Тіло – частина 2	20,1	19,7	19,9	19,9
Тіло вала	14,7	13,7	14,5	14,3

При вимірюванні коерцитивної сили отримані наступні значення (після термообробки СВЧ), в А/см:

при відновленні наплавленням порошковим дротом

- частина 1 – 21,8...22;
- частина 2 – 21,6...22,4;
- перехідна зона – 9,4...10,1;
- перехідна зона – 9,2...10,1;

при відновленні наплавленням стальним дротом в середовищі CO₂

- частина 1 – 20,6...22,1;
- частина 2 – 26,5...27,3;
- перехідна зона – 16,7...19,6;
- перехідна зона – 19,7...20,1.

Висновки

1. Дослідження показують, що мінімальні і максимальні значення знаходяться в межах: при відновленні порошковим дротом на відновлюваних поверхнях – 21,6...22,4 А/см, перехідні зони – 9,2...10,1 А/см; при відновленні сталним дротом в середовищі CO₂ 20,6...27,3 А/см - на відновлюваних поверхнях і 16,7...19,6 А/см – на перехідних зонах.

2. При відновленні валів порошковим дротом на відновлюваних частинах і в перехідних зонах залишкові напруження в 2 рази нижчі, ніж при відновленні сталним дротом в середовищі CO₂ .

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газодимових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;

– державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

4.2. Охорона праці

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [34]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від

неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;

- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;

- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ [34].

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).

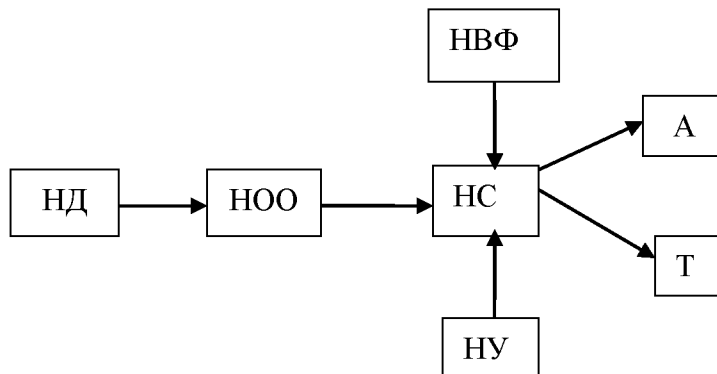


Рисунок 4.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій: НВФ – небезпечний виробничий фактор; НУ – небезпечні умови; НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НС – небезпечна ситуація; А – аварія; Т – травма

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що

виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення деталей

Фактичний річний економічний ефект від використання розробленої технології відновлення шліцьового валу приводу гідронасосу роздаточної коробки трактора Т-150К та гладкого валу ступиці шківів комбайна CASE розраховуємо за формулою:

$$E_P = (B_{1i} - B_i) A_{1i}, \quad (4.1)$$

$$E_P(\text{шл.вал}) = (260 - 68,4) \cdot 50 = 1681,3 \text{ грн.}$$

$$E_P(\text{гл.вал}) = (1255 - 497) \cdot 50 = 13865 \text{ грн.}$$

де E_P – річний економічний ефект, грн;

B_i – приведені витрати на придбання нової деталі (добуток середньої ринкової ціни на нову деталь C_i і коефіцієнта, який враховує транспортно-заготівельні витрати на нові деталі – 1,11), грн;

B_{1i} – приведені витрати на відновлення наплавленням однойменної спрацьованої деталі, або вартість нової деталі, грн;

A_{1i} – кількість відновлених наплавленням спрацьованих деталей.

Приведені витрати B_1 розраховуються за формулою:

$$B_1 = C_2 + E \cdot K, \quad (4.2)$$

$$B_1 \text{ (шл.вал)} = 65,8 + 0,15 \cdot 17,5 = 68,4 \text{ грн};$$

$$B_1 \text{ (гл.вал)} = 484,2 + 0,15 \cdot 85,2 = 497 \text{ грн};$$

де C_2 – собівартість відновлення наплавленням однойменної деталі, грн;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ($E=0,15$ – для механізації сільського господарства);

K – питомі капіталовкладення, які припадають на одну деталь при її відновленні наплавленням, грн/дет:

$$K = \frac{C_{\text{від}} \cdot \Phi}{B_n}, \quad (4.3)$$

де $C_{\text{від}}$ – відпускна ціна відновлених деталей, грн: вал роздаточної коробки – 260 грн, вал приводу ступиці шківів – 1255 грн;

Φ – виробничі фонди цеху по відновленню деталей (сума вартості обладнання, яке використовується при відновленні деталей, вартість його транспортування і монтажу з врахуванням складських витрат) – 10200 грн;

B_n – валова продукція майстерні (по відновленим деталям) – 150210 грн;

$$K \text{ (шл.вал)} = \frac{260 \cdot 10200}{150210} = 17,6 \text{ грн./дет.}$$

$$K \text{ (гл.вал)} = \frac{1255 \cdot 10200}{150210} = 85,2 \text{ грн./дет.}$$

Собівартість відновлення наплавленням однойменної деталі визначаємо за формулою:

$$C_2 = C_{II} + C_H + C_{OB} + C_{EЛ} + H + C_{AM}, \quad (4.4)$$

$$C_2 (\text{шл.вал}) = 1,29 + 22,08 + 9,2 + 2,25 + 6,5 + 24,5 = 65,8 \text{ грн};$$

$$C_2 (\text{гл.вал}) = 1,29 + 370,96 + 49,7 + 4,94 + 32,8 + 24,5 = 484,2 \text{ грн};$$

де C_{II} – вартість підготовки деталі для відновлення, грн;

C_H – вартість наплавлення деталі, грн;

C_{OB} – вартість обробки деталі після наплавлення, грн;

$C_{EЛ}$ – вартість затраченої електроенергії, грн;

H – сума накладних витрат, грн;

C_{AM} – вартість амортизаційних відрахувань, грн.

Вартість підготовки деталі для відновлення:

$$C_{II} = e \cdot T_{шт} \cdot K_1, \quad (4.5)$$

де e – година тарифна ставка зварювальника, $e = 30,25$ грн[36];

$T_{шт}$ – штучний час на підготовку деталі до наплавлення, $T_{шт} = 0,02$ год [28];

K_1 – коефіцієнт, який враховує технічну організацію (для сільськогосподарського машинобудування $K_1 = 2,1$).

$$C_{II} = 30,25 \cdot 0,02 \cdot 2,1 = 1,29 \text{ грн}$$

Вартість наплавлення деталі:

$$C_H = e (T_{z.d} + 0,15) K \cdot K_2 + G \cdot f \cdot Ц_{op} + T_{z.d} \cdot Ц_z \cdot Q_z, \quad (4.6)$$

де $T_{z.d}$ – основний час наплавлення деталі (час горіння дуги), год, $T_{z.d}$ (шл.вал) = 0,012 год; $T_{z.d}$ (гл.вал) = 0,045 год;

K – коефіцієнт врахування основного і додаткового фондів заробітної плати, $K = 1,08$;

K_2 – коефіцієнт, який враховує час на обслуговування робочого місця і відпочинок, $K_2 = 1,1 \dots 1,25$;

G – маса наплавленого металу, кг ($G = F \cdot \gamma$); вал приводу гідронасосу роздаточної коробки трактора Т-150К $G = 0,284$; вал ступиці шківів комбайна CASE $G = 2,481$;

f – витратний коефіцієнт, який враховує втрати на угар, розбризкування і рівний для механізованого наплавлення в середовищі захисних газів $f = 1,20$;

Π_{dp} – вартість 1 кг дроту, грн (для відновлення шліцьового валу $\Pi_{dp} = 27,8$ грн/кг; для відновлення гладкого валу $\Pi_{dp} = 124,6$ грн/кг) [36];

Π_2 – вартість 1 л газу, $\Pi_2 = 15,0$ грн;

Q_2 – витрати газу, $Q_2 = 26$ л/год.

C_H (шл.вал) = $12,25 \cdot (0,012 + 0,15) \cdot 1,08 \cdot 1,1 + 0,284 \cdot 1,20 \cdot 27,8 + 0,012 \cdot 15,0 \cdot 26 = 22,08$ грн;

C_H (гл.вал) = $12,25 \cdot (0,045 + 0,15) \cdot 1,08 \cdot 1,1 + 2,481 \cdot 1,20 \cdot 124,6 = 370,96$ грн;

Вартість обробки деталі після наплавлення:

$$C_{OB} = e \cdot T_{шт.об} \cdot K_3, \quad (4.7)$$

$$C_{OB} \text{ (шл.вал)} = 12,25 \cdot 0,54 \cdot 1,4 = 9,2 \text{ грн};$$

$$C_{OB} \text{ (гл.вал)} = 12,25 \cdot 2,90 \cdot 1,4 = 49,7 \text{ грн};$$

Вартість затраченої електроенергії:

$$C_{EЛ} = \left(\frac{U \cdot I \cdot T_{z.d.}}{100 \eta_{mp}} + 0,2 N_{x.x} \cdot T_{z.d.} \right) S_E, \quad (4.8)$$

де U – напруга на дузі, $U = 18$ В;

I – сила зварювального струму, $I = 180$ А;

η_{mp} – ККД трансформатора, рівний $\eta_{mp} = 0,6 \dots 0,8$;

$N_{x.x}$ – потужність холостого ходу при наплавленні від зварювального генератора, $N_{x.x} = 0,2 \dots 0,4$ кВт;

S_E – вартість 1 (кВт · год), грн (для промислових підприємств в сільській місцевості рівна 1,8).

$$C_{EЛ} (\text{шл.вал}) = \left(\frac{18 \cdot 180 \cdot 0,012}{100 \cdot 0,7} + 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,012 \right) 0,45 = 2,25 \text{ грн};$$

$$C_{EЛ} (\text{гл.вал}) = \left(\frac{18 \cdot 180 \cdot 0,045}{100 \cdot 0,7} + 0,2 \cdot 0,3 \cdot 0,045 \right) 0,45 = 4,94 \text{ грн};$$

Накладні витрати:

$$H = e [(T_{г.д} + T_{доп}) K_2 + (T_{г.д} + T_{доп}) K_2 \cdot K + T_{шт.об}] a/100, \quad (4.9)$$

де a – процент накладних витрат для ремонтних підприємств 200...250;

$T_{доп}$ – допоміжний час на наплавлення деталі, год (0,1...0,22), год.

$$H (\text{шл.вал}) = 12,25 [(0,012+0,1) 1,1+(0,012+0,1) 1,1 \cdot 1,08 + 0,34] 200/100 = 6,5 \text{ грн};$$

$$H (\text{гл.вал})=12,25 [(0,045+0,1)1,1+1,1(0,045+0,1)1,08+0,90]200/100= 32, 8 \text{ грн};$$

Вартість амортизаційних відрахувань:

$$C_{AM} = 0,0024 \cdot S, \quad (4.10)$$

$$C_{AM} = 0,0024 \cdot 10200 = 24,5 \text{ грн.}$$

де S – преїскурантна ціна обладнання для наплавлення, грн – 10200 грн.

Термін окупності капіталовкладень:

$$T = S / E_p \quad (4.11)$$

$$T = 10200 / 47480 = 0,2 \text{ років.}$$

Дані розрахунків приведемо в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники методів відновлення валів

Найменування показника	Значення показника
Капіталовкладення, грн	10200
Собівартість відновлення деталей, грн.	
- вал приводу гідронасосу роздаточної коробки	68,4
- вал ступиці шків комбайна	497
Річна програма відновлення валів, шт.	
- вал приводу гідронасосу роздаточної коробки	50
- вал ступиці шків комбайна	50
Вартість нових деталей, грн.	
- вал приводу гідронасосу роздаточної коробки	260
- вал ступиці шків комбайна	1255
Річний економічний ефект, грн	
- загальний	47480
- вал приводу гідронасосу роздаточної коробки	9580
- вал ступиці шків комбайна	37900
Термін окупності капіталовкладень, років	0,2

Як показують дані таблиці розроблена технологія відновлення шліцьового валу приводу гідронасосу роздаточної коробки трактора Т-150К та гладкого валу ступиці шківа комбайна CASE деталей має економічний ефект 47480 грн. і окупиться за 0,2 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті проведених теоретичних досліджень запропонована методика розрахунку температурних полів при проведенні операції по зварюванню в стик двох частин вала, а також оцінені температурні поля в часі при такій обробці. Результати досліджень рекомендується використовувати для оцінки температурних напружень при різних способах відновлення валів, що дозволить вибрати найбільш раціональний метод відновлення.

2. Дослідження коерцитивної сили показують, що мінімальні і максимальні значення знаходяться в межах: при відновленні порошковим дротом на відновлюваних поверхнях – 21,6...22,4 А/см, перехідні зони – 9,2...10,1 А/см; при відновленні сталевим дротом в середовищі CO₂ 20,6...27,3 А/см - на відновлюваних поверхнях і 16,7...19,6 А/см – на перехідних зонах.

3. При відновленні валів порошковим дротом на відновлюваних частинах і в перехідних зонах залишкові напруження в 2 рази нижчі, ніж при відновленні сталевим дротом в середовищі CO₂.

4. Розроблена технологія відновлення шліцьового валу приводу гідронасосу роздаточної коробки трактора Т-150К та гладкого валу ступиці шківка комбайна CASE деталей має економічний ефект 47480 грн. і окупиться за 0,2 років.