

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення зносостійкості деталей відновлених
електроконтактним способом»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1
Рябенко Володимир Васильович
Керівник: Попов С. В.
Рецензент: Іванкова О. В.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Основною умовою ефективного використання будь-якої техніки є підтримання її в постійному працездатному стані шляхом технічно грамотного обслуговування і ремонту.

На фоні розвитку науково-технічного прогресу, пов'язаного зі створенням нової техніки і технологій, особливого значення набувають проблеми надійності і довговічності машин і механізмів, економного використання матеріалів, енергії і трудових ресурсів. Їх рішення нерозривно пов'язане із забезпеченням ефективного захисту поверхні деталей і конструкцій від корозії і зношування, а також з необхідністю відновлення зношених деталей. Відновлення зношених деталей не тільки економічно доцільно, а й життєво необхідно, тому що при цьому максимально використовується раніше вироблений метал, що дозволяє економити матеріальні та енергетичні ресурси, а також витрати праці [1].

Умови роботи деталей машин в багатьох випадках характеризуються високими механічними і тепловими навантаженнями, що обумовлює необхідність розробки конструкційних матеріалів типу високолегованих сталей і сплавів, а крім цього, розробку прогресивних методів поверхневого зміцнення з нанесенням покриттів, що мають певні задані властивості. Застосування високолегованих сталей призводить до поліпшення експлуатаційних характеристик сплавів, але такий шлях орієнтований на використання в значних кількостях вкрай дефіцитних матеріалів, таких як хром, нікель, молібден, ванадій, вольфрам [2].

Нанесення покриттів на нові деталі машин, з метою збільшення їх ресурсу, дещо збільшує вартість виробів, при відновленні уже зношених, що окупили себе деталей відсутні витрати на матеріал, виготовлення заготовки, зменшуються витрати на механічну обробку і зміцнення. При відновленні зношених деталей машин застосовуються різні присадочні матеріали, однак

для електроконтактного приварювання на сьогоднішній день найбільш технологічним присадним матеріалом є металева (сталева) стрічка.

Мета роботи. Підвищення надійності деталей типу «вал» шляхом вдосконалення технологічних процесів і розробки обладнання для зміцнення відновлених деталей електроконтактним методом.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес електроконтактного приварювання при відновленні деталей машин.

Предмет дослідження. Закономірності формування металопокриття при електроконтактному приварюванні присадних матеріалів.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження виконані з використанням положень термічного циклу і термічного впливу. Експериментальні дослідження в лабораторних і польових умовах виконані з використанням стандартних методик.

Теоретична і практична значущість досліджень полягає в тому, що запропонований технологічний процес відновлення деталей електроконтактним приварюванням присадних матеріалів рекомендується для відновлення зношених поверхонь деталей на ремонтно-технічних підприємствах АПК та інших галузях промисловості.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз присадних матеріалів для електроконтактного приварювання

З огляду на різноманітність умов роботи деталей сільськогосподарських машин і обладнання переробних підприємств, а також велику кількість матеріалів, що використовуються при виготовленні цих деталей, значна кількість матеріалів, придатних для формування покриття, а також доцільність модернізації деталей в процесі їх відновлення, виникає необхідність розглянути максимально можливу кількість матеріалів, застосовуваних для відновлення деталей електроконтактним приварюванням. Це дозволить з великої кількості матеріалів вибрати найбільш підходящі за критеріями оптимальної довговічності відновлюваних деталей, вартості матеріалів, технологічних характеристик отриманих покриттів і їх фізико-механічних властивостей.

Застосування присадочного матеріалу у вигляді сталеві стрічки для електроконтактного приварювання спрощує технологічний процес. Сталева стрічка приварюється до відновлюваної деталі незалежно від пропусків між витками зварювання, відсутність перекриття між точками і помилок оператора установки електроконтактного приварювання при виборі: режиму джерела струму, частоти обертання деталей, зносів механічної частини приводів в установці. Причиною цього є те, що стрічка як листовий матеріал має суцільну структуру.

Вітчизняна металургійна промисловість випускає стрічки з високовуглецевих сталей наведених в таблиці 1.1. Їх застосування при відновленні деталей електроконтактного приварювання дозволяє отримати металопокриття з високою твердістю до 62 HRC, а значить високу

зносостійкість, але ускладнене високим тріщиноутворенням і як наслідок цього низькою втомної міцністю.

Таблиця 1.1 – Відносна твердість загартованих сталей [3]

Мара сталі	Хімічний склад					Твердість покриття, HRC
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Cr</i>	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	
Ст 3	0,14...0,22	0,05...0,15	≤0,03	0,4...0,65	≤ 0,30	
40	0,37...0,45	0,17...0,37	≤ 0,25	0,5...0,8	≤ 0,30	≥ 45
60	0,57...0,65	0,17...0,37	≤ 0,25	0,5...0,8	≤ 0,30	≥ 55
У7	0,65...0,74	0,17...0,33	0,12...0,4	0,17...0,33	0,12...0,25	≥ 62
У8	0,75...0,84	0,17...0,33	0,12...0,4	0,17...0,33	0,12...0,25	≥ 62
У9	0,85...0,94	0,17...0,33	0,12...0,4	0,17...0,33	0,12...0,25	≥ 62
У10	0,95...1,09	0,17...0,33	0,12...0,4	0,17...0,33	0,12...0,25	≥ 62
У12	1,1...1,29	0,17...0,33	0,12...0,4	0,17...0,33	0,12...0,25	≥ 63
70	0,67...0,75	0,17...0,37	≤ 0,25	0,5...0,8	≤ 0,30	≥ 60
65Г	0,62...0,7	0,17...0,37	≤ 0,25	0,9...1,2	≤ 0,25	56...62
60С2А	0,58...0,63	1,6...2,0	≤ 0,30	0,6...0,9	≤ 0,25	46...49
70С2ХА	0,65...0,75	1,4...1,7	0,2...0,4	0,4...0,6	≤ 0,25	44..48

В роботі [3] описано використання сталевих катаних стрічок з високою пружністю в якості присадочного матеріалу при електроконтактному приварюванні, наприклад стрічок з високовуглецевих сталей марки 70С2ХА, 50ХФА, 65Г.

Попередня об'ємна термічна обробка високовуглецевих металевих (сталевих) стрічок дозволяє зняти наявні внутрішні напруження, підвищити їх пластичність і додатково зробити структуру металу дрібнозернистої, що найбільш сприятливо для проведення приварювання і подальшого гартування.

У сталевій холоднокатаній стрічки є залишкові напруження стиску, які під час приварювання перекривають гартівні. Після приварювання розтягуючі напруження в поверхневому шарі за величиною близькі до межі текучості металопокриття [4]. З урахуванням високої твердості поверхні привареної стрічки, ймовірність утворення тріщин в таких покриттях висока. Для зменшення схильності привареного покриття до утворення мікротріщин

необхідно знизити внутрішні напруження в стрічці. З цією метою проводиться попередня об'ємна термічна обробка (високотемпературний відпуск або повний відпал), що дозволяє зняти залишкові внутрішні напруження в сталевій стрічці і підвищити її пластичність.

Вибір матеріалів обов'язково повинен надалі враховувати не тільки умови роботи відновлюваної деталі, але також і умови миття обладнання. Відомо, що переробне обладнання, особливо працююче з продуктами харчування, дуже часто промивають, щоб виключити виникнення мікрофлори – небезпечних бактерій, що утворюються при розкладанні продуктів. Для промивання застосовують, залежно від матеріалу продукту, що переробляється, вельми агресивні рідини, систематичного впливу яких покриття відновленої деталі повинно протистояти також добре, як дії зовнішнього середовища при експлуатації.

Одним з видів застосовуваних як присадних матеріалів, для відновлення деталей контактним приварюванням, є сталеві стрічки (листи) з різних марок сталей. Перевага таких матеріалів – дуже мала початкова пористість. Необхідно враховувати також, що матеріали, одержувані прокаткою, особливо холодною, завжди в 3...15 разів дешевші різних порошкових сплавів (якщо мова йде про матеріали близькі за своїм складом). Залежно від властивостей сталей і сплавів та умов роботи виготовлених з них деталей матеріали поділяються на такі три групи:

1 – корозійностійкі сталі і сплави, що володіють стійкістю проти електрохімічної та хімічної корозії – кислотою, лужною, атмосферною, ґрунтовою, сольовою, міжкристалітною, під напругою та ін.;

2 – жаростійкі (окалиностійкі) сталі і сплави, що володіють стійкістю проти хімічного руйнування поверхні в газових середовищах при температурах вище 823°K для деталей, що працюють в умовах навантаження або при її повній відсутності;

3 – жароміцні сталі та сплави для деталей, що працюють при високих температурах і великих навантаженнях, тобто володіють і жароміцністю і жаростійкістю.

За хімічним складом корозійностійкі сталі діляться на хромисті, хромонікелеві, хромонікелемарганцеві. Крім основних легуючих елементів в зазначених сталях містяться додаткові легуючі елементи: молібден, вольфрам, титан, кремній, бор, ванадій, алюміній, кобальт, азот, ніобій, церій і ін.

Для виготовлення деталей, що працюють в середовищах слабкої агресивності (група 1), застосовують переважно корозійностійкі сталі марок: 08X13, 12X13, 20X13, 25X13Щ 12X17, 08X17Т, 10X14АГ15, 10X14Г14Щ, 10X14П4Н4Т, 08X22Н5Т, 12X1719АН14, 15X17АП4, 12X18W, 08X18Н7Г, 10X18Н9Т, 12X18ЕОТ і ін. Для виготовлення деталей, що працюють в середовищах підвищеної агресивності застосовують сталі: 15X25Т, 15X28, 08X37Н5МЗ, 08X21Н6М2Т, 10X17Н13М2Т, 08X17Н15М3Т, 03X17Щ4М2, 03X16Н15МЗ, 15X18Н12С4ТЮ, 04X1ЩЩ 03X18Н11 та ін. Найбільш поширені дві марки сталі вказані в переліку останніми. Оскільки контактна приварка є по суті процесом зварювальним, виділимо особливо марки сталі з хорошою зварюваністю: 08X17, 08X17Т, 20X13Н4Г9, 08X18Г8Н2Т, 08X22Н6Т, 12X21Н5Т, 15X18Н12С41Ю, 07X21Г7АН5, 12X18Н9Т, 08X18Н10Т. Для деталей, що працюють при високих температурах і при малих навантаженнях (тисках), наприклад, сепараторів, турбін і т.п., застосовують жаростійкі сталі 15X15, 12X13, 12X17, 08X17Т, 15X18СЮ, 15X25Т, 15X28, 12X18Н12Т, 09X14Н16Б, 20X23Н13 та ін. Деталі, що працюють при високих температурах і великих навантаженнях, виготовляють зі сталі 12ХВФ, 10ХПН2ОГЗР, 11Х11Н2В2МФ, 15Х12ВНМФ, 16Х11Н2В2МФ, 13Х14Н3В2ФР, 45Х14Н14В2М, 45Х22Н4МЗ, 55Х30Г9АН4 і ін. Особливо високу корозійну стійкість в агресивних середовищах мають сплави на основі заліза і нікелю, які додатково леговані хромом, вольфрамом, міддю, титаном, бором та ін. До таких сплавів можна віднести наступні:

ХН35ВТ, 06ХН28МДГ, Н70МФ, ХН60НГ, ХН65МВ, ХН70Ю, ХН70БТЮ, ХН77ТЮР, ХН70МВТМЮБ та ін. Переважна область застосування таких сплавів – виготовлення жаростійких і жароміцних деталей, наприклад, що працюють при температурах до 1000°C – жарових труб, дисків і лопаток турбін, і центрифуги тощо [5].

У більшості випадків з перерахованих вище сталей і сплавів можливе виготовлення листового прокату, дроту або порошку потрібної грануляції. У кожному конкретному випадку при наявності достатнього попиту такі присадні матеріали можуть бути замовлені відповідним заводам.

У вигляді порошоків для цілей нанесення покриттів електроконтактного приварювання або виготовлення виробів методами порошкової металургії в даний час випускається досить велика кількість сплавів, що дозволяють отримувати покриття з високими експлуатаційними властивостями.

Існуючі порошкові матеріали для покриттів в основному наносяться газополумєним, газодинамічним напиленням або наплавленням. Хімічний склад порошкових виробів можна дізнатися по маркам, наприклад, порошок марки ПР-Х23Н28МДЗ в своєму хімічному складі має наступне: основа – Fe; 23% – Cr; 3% – Cu; 0,06% – C; 28% – Ni; 1% – Mo; порошок марки ПР-БрОЦС5-5-5 має: основа – Cu; 5% – Zn; 5% – Sn; 5% – Pb.

Вартість порошкових виробів дуже різна. Так, наприклад найбільш дешеві залізни феромагнітні порошки продаються за ціною приблизно 40...65 грн./кг, а порошки з високовуглецевих сплавів марок (ПГ-С1, ПГ-УС25 ФБХ6-2, ПГ-С27 і ін.) За ціною 125...250 грн./кг і вище.

Серед продукції, що випускається на ринку є як багатоконпонентні, так і одноконпонентні порошкові вироби (сплави), які забезпечують отримання необхідних експлуатаційних властивостей.

Аналізуючи літературні джерела [4 ... 10] можна зробити висновок, що використання різних сумішей (порошкових композицій) забезпечує отримання найрізноманітніших властивостей: антифрикційних, зносостійких, фрикційних, корозійностійких, жаростійких, ерозійностійких, а також їх

різних комбінацій. Корозійностійкі покриття для сільського господарства, можуть знайти застосування в переробній промисловості для відновлення плунжерів, валів, колінчастих валів насосів, штоків, а жаростійкі покриття можуть використовуватися для захисту конструкційних виробів від дії підвищених температур, наприклад, виробів металургійного устаткування, деталей камер згоряння і т. п.

Слід зазначити, що в даний час для підвищення терміну служби машин і агрегатів при їх виготовленні або відновленні знаходять застосування біметалеві деталі, що дозволяють істотно підвищити антифрикційні властивості рухомих спряжень. Це в повній мірі відноситься і до деталей, що входять до складу рухомих спряжень автотракторної техніки, та обладнання переробних галузей застосовуваного в агропромисловому комплексі.

Найпершим присадним матеріалом для контактного зварювання була металева (сталева) дрiт [6]. Діаметр і марка сталевого дроту призначалися товщиною покриття і необхідними властивостями. Для поверхонь деталей машин, до яких не висуваються високі вимоги щодо якості, рекомендується застосовувати дрiт з низьким вмістом вуглецю в складі. Для відновлення виробів, поверхні яких повинні отримати зносостійкі властивості слід застосовувати леговані або вуглецеві присадочні дроти марок Нп-65Г, Нп-80, Нп-50, Нп-30ХГСА по ГОСТ 10543-98 і ін., а також пружинний дрiт ПК-2 по ГОСТ 9389-75. Приваркою дроту діаметром від 1,8 мм можна відновлювати деталі із зносом на сторону до 0,20 ... 0,25 мм. При великих значеннях зносу застосовуються дроти ще більшого діаметру або проводиться багат шарова приварка дроту. Перевагою цього присадочного матеріалу служить його невисока вартість і доступність, він не вимагає розкрою або попередньої підготовки. Однак даний присадний матеріал (сталевий дрiт) застосовується для відновлення зношених деталей машин типу «вал» рідше, ніж порошки або сталева стрічка. Це пояснюється цілою низкою суб'єктивних і об'єктивних причин, перш за все недосконалістю технології відновлення цим способом.

Недоліками контактної приварки металевого дроту є значна залежність міцності отриманого зварного з'єднання від хімічного складу приварених сталевих дротів і самих режимів процесу приварки; підвищений знос інструменту (дискового електрода) в результаті якого на поверхні дискового електрода утворюється всілякі канавки зносу, які ускладнюють приварення; проблеми забезпечення гарної якості з'єднання між суміжними витками привареного дроту; випадки повного відриву привареного дроту під час процесу приварки.

Деякі недоліки використання в якості присадочного матеріалу металевого дроту при контактній приварці вирішені в роботі [11]. У цій роботі вивчені процеси отримання зварного з'єднання, розглянуті кінетика процесу, сформульовані основні умови утворення зварного з'єднання. В результаті даних досліджень виявлено кількісні зв'язки між осьовою деформацією і міцністю зчеплення покриття з основним металом деталі. Розроблено оперативні способи визначення показників якості зварного з'єднання. Також визначені основні умови формування зварного з'єднання в межах контактних майданчиків електродів. Тільки викладені в роботі дослідження і висновки не вирішили всіх існуючих проблем, пов'язаних з використанням в якості основного присадочного матеріалу сталевих дротів. Швидше за все, це пов'язано з технологією приварки самого металевого дроту, при якій її приварка здійснюється по гвинтовій лінії, що говорить про точне розташування металевого дроту відносно виробу, що звичайно ж важко при використанні серійних установок.

Ці установки як відомо призначені для контактного приварювання металевих (сталевих) стрічок і смуг, але після невеликої модернізації установки – механізму подачі металевого дроту вони також можуть використовуватися і для контактного приварювання дроту. Наступним недоліком контактного приварювання дроту можна відзначити незначну товщину покриття (до 0,3 мм), яку можна збільшити тільки застосуванням

металевих дротів більшого розміру і діаметру, проте їх використання викликає зниження міцності контактного зчеплення з основою.

Підходи до виборів присадних матеріалів для відновлення або виготовлення нових деталей, що входять до складу рухомих сполук, сформувався досить давно [12, 13]. Основними критеріями підходу до вибору матеріалу покриття є підвищення ресурсу деталей машин і виробів та економічна доцільність використання обраного присадочного матеріалу в технологічних процесах відновлення або виготовлення деталей.

1.2. Аналіз існуючих способів електроконтактного приварювання різних присадних матеріалів

Основа технологічного процесу контактної приварки полягає в пропусненні імпульсів зварювального струму через ланцюжок «робочий електрод – присадний матеріал – виріб», в результаті цього присадний матеріал через підвищений опір сильно нагрівається і під тиском електрода приварюється до основи.

Електроконтактні методи, в порівнянні з іншими способами відновлення, мають цілу низку переваг і переваг. До переваг можна віднести наступне: можливість формування рівних і тонких шарів покриття; несуттєвий нагрів основного металу вала і мінімальні припуски на подальшу механічну обробку (шліфування) наплавлених поверхонь; відсутність світлового випромінювання і низьке виділення газу, тобто найбільш сприятливі умови для роботи зварника; практично повна відсутність вигорання легуючих елементів; простота технологічного процесу; універсальність способу і можливість застосування різних присадних матеріалів в формах (дроти, сталеві стрічки і металеві порошки); високі показники якості відновлених виробів, що пояснюється термомеханічним впливом на присадний метал і виріб з боку інструменту – дискового

електрода; істотне зменшення витрати металу (в порівнянні з електродуговим наплавленням) майже в 2 ... 4 рази; висока продуктивність процесу.

Методи контактного приварювання різних присадних матеріалів відрізняються один від одного способами подачі присадочного матеріалу, розташуванням роликів електродів і конструкціями, способами формування металопокриття на поверхні виробу і методами попередньої підготовки самого присадочного матеріалу.

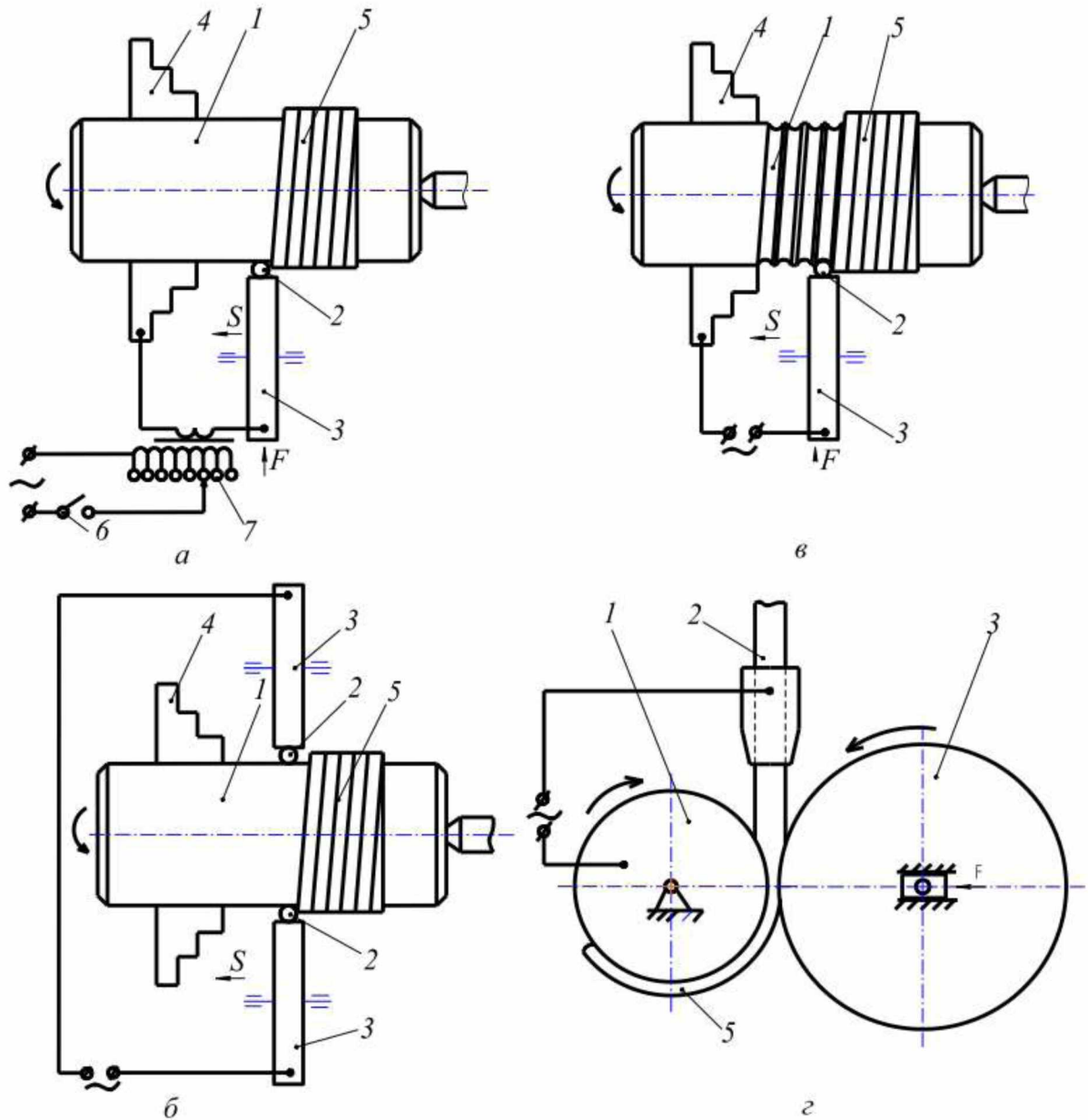
Для зміцнення або відновлення різних деталей машин електроконтактного приварювання можуть використовуватися різні форми і розміри робочих дискових електродів: найпоширеніші – роликові (дискові) електроди; роликові електроди зі сферичною поверхнею одного торця контактної зони; призматичні з конічною поверхнею контактної зони; плоскі електроди; конічні електроди; складні дискові електроди і електроди за формою поверхні відновлюваної деталі [14, 15].

Різні схеми електроконтактного приварювання дроту показані на рисунку 1.1.

До зношеного валу 1 притискається присадний дріт 2 роликівим електродом 3. Пропускаючи через контакти «деталь – дріт – електрод» імпульси великої сили струму, що чергуються з паузами, і при одночасному тиску електрода присадний дріт сильно нагрівається, осаджується і приварюється до поверхні відновлюваного вала. Суцільне покриття 5 на зношеній поверхні утворюється за рахунок подачі зварювального візка і одночасного обертання валу, яке забезпечує приварювання дроту по гвинтовій лінії. Живлення струмом установки проводиться від трансформатора зварювання 7, яким керує електронний переривник струму 6.

Основна технологічна схема – однороликове приварювання найбільш надійне і просте, тому вважається найбільш прийнятною для відновлення великої різноманітності виробів [16]. Однак при приварюванні по основній схемі відповідно переміщенню ролика уздовж деталі змінюються розміри

контуру електричного кола, тому значення сили струму на початку і в кінці поверхні відновлення виходять різними.



а – основна схема; *б* – двошариковая схема; *в* – в попередньо отриману канавку; *г* – нейтральним роликком; 1 – зношений вал; 2 – присадний дріт; 3 – дисковий електрод; 4 – патрон; 5 – отримане покриття; 6 – переривник струму; 7 – трансформатор зварювальний

Рисунок 1.1 – Схеми електроконтактного приварювання дроту

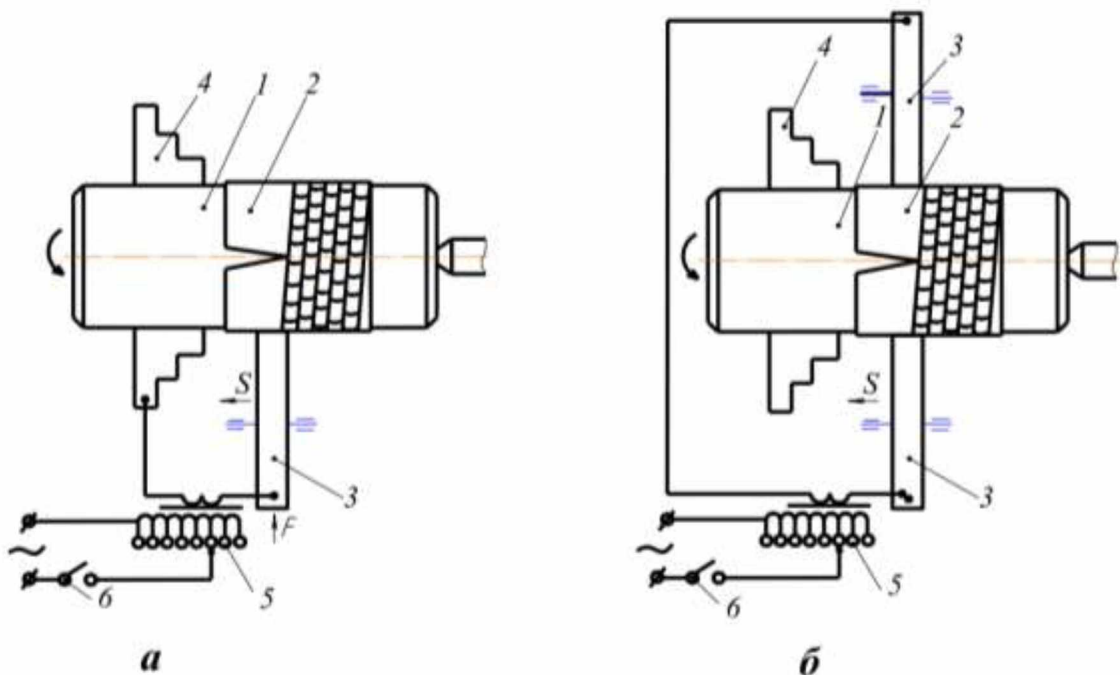
Такого недоліку позбавлені схеми приварювання з двома роликковими електродами (рис. 1.1, *б*). При цьому першим роликком можна сформувати спіралевидний валик покриття з зазором (без перекриття) суміжних витків,

другим роликem вже заплавляти утворені зазори. Ця схема на 70 ... 80% продуктивніша попередньої, але трохи складніша.

Трудомісткість технології відновлення зростає через попередню механічну висадку спіралевидної канавки на циліндричній поверхні (рис. 1.1, в) і подальшого електроконтактного приварювання самого присадного дроту в сформовану канавку.

На рис. 1.1, з показана схема приварювання нейтральним роликem. В якому підведення струму в зону формування покриття здійснюється через присадний дріт і відновлювану деталь. Однак через присадний матеріал можна підводити досить маленьку потужність, недостатню для утворення якісного зварного з'єднання.

Найбільшого поширення набула двороликова схема струмопідведення (рис. 1.2).

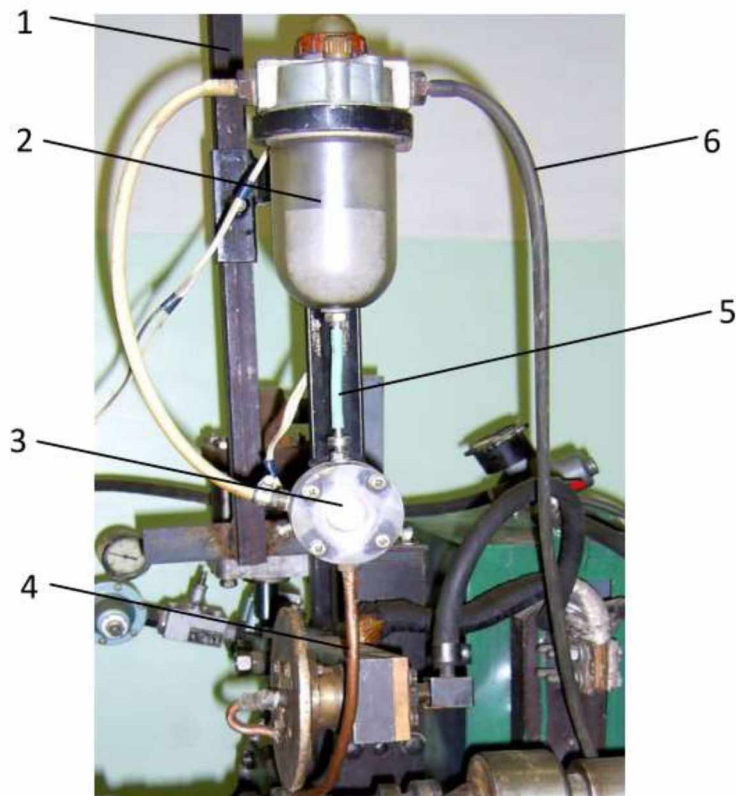


a – однорولیкова схема; *б* – двохролікова схема приварювання;

1 – відновлюваний вал; 2 – сталева стрічка; 3 – роликem (дисковий) електрод; 4 – патрон; 5 – трансформатор зварювальний, 6 – переривник струму

Рисунок 1.2 – Схеми відновлення деталей електроконтактним приварювання металевих стрічок

Дослідженню різних способів електроконтактного приварювання порошкових матеріалів присвячено достатню кількість робіт. Ці способи можна розділити на методи приварювання металевих порошоків з вільною подачею (рис. 1.3) або розміщенням на поверхні вала, в які входять контактна приварка подачею самопливом в зону приварювання, електроконтактна приварка на локальні ділянки деталі, контактна приварка вологих порошоків і електроконтактна приварка металевого порошку електродинамічним стисненням [17].

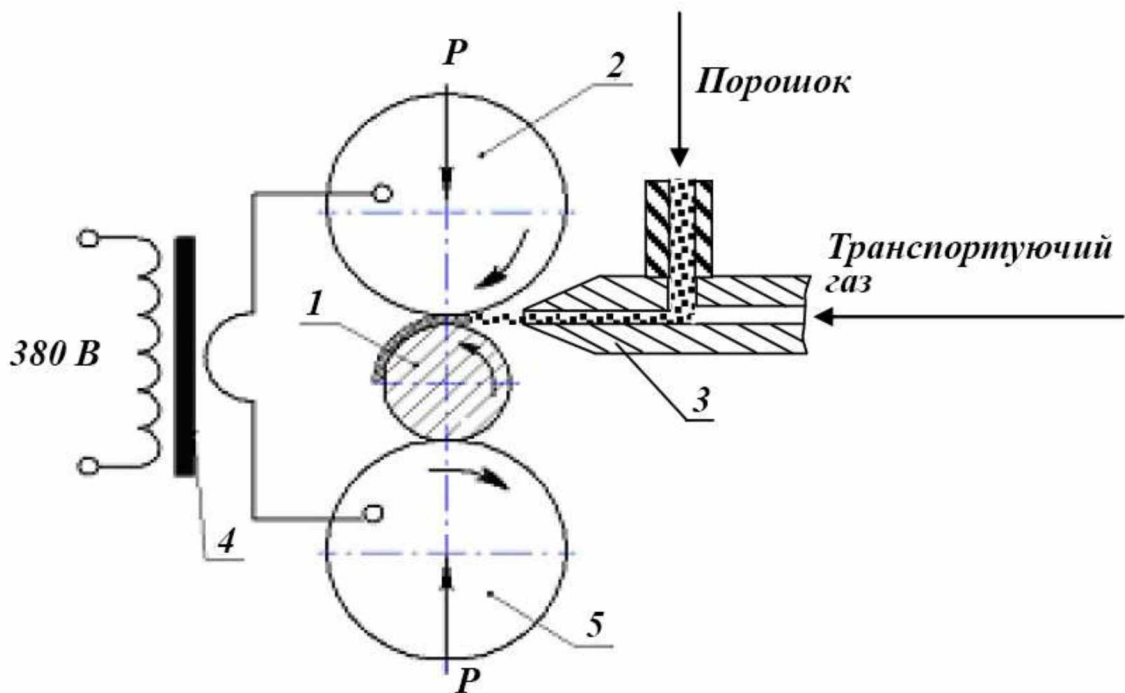


1 – стійка; 2 – бункер; 3 – дозатор; 4 – порошкопровід; 5 – живильна трубка; 6 – повітропровід

Рисунок 1.3 – Пристрій дозованої подачі порошку

Ще існують методи приварювання з примусовою подачею порошоків, способи приварки порошоків в різних оболонках (контактна приварка порошкових стрічок і дротів, контактна приварка порошоків частково укладених в оболонку, контактна приварка порошоків укладених в полімерну оболонку, контактна приварка порошку в формі; способи приварки порошоків

сформованих в дріт або стрічку (контактна приварка попередньо спечених порошків, електроконтактна приварка механічно скріплених порошків у вигляді стрічки, контактна приварка порошковополімерних стрічок, контактна приварка порошків закріплених на підкладці – рис. 1.3, контактна приварка порошків напечених на сталевий дріт); методи приварки порошків закріплених на поверхні вала (контактна приварка паст, контактна приварка порошків нанесених на вал тонким шаром за допомогою клею, контактна приварка спресованого на поверхні вала порошку, контактна приварка раніше нанесеного покриття); методи приварки порошків в магнітному полі; методи приварки порошку, що знаходиться в псевдозрідженому стані [18].



1 – деталь; 2, 5 – роликові (дискові) електроди; 3 – мундштук; 4 – зварювальний трансформатор

Рисунок 1.4 – Схема контактної приварювання з примусовою подачею металевого порошку

Основні вимоги до методів приварки порошків це:

- зменшення або виключення втрат порошку при приварюванні;
- забезпечення регулювання товщини одержуваного покриття;

- можливість приварювання як феромагнітних, так і неферомагнітних порошків, простота реалізації в умовах будь-якого виробництва;
- приварювання як циліндричних, так і плоских поверхонь;
- можливість охолодження зони приварки;
- можливість отримання як одношарових, так і багатшарових покриттів;
- мінімізація ручної праці;
- зменшення трудомісткості підготовчо-заключних операцій.

Аналіз всіх способів електроконтактного приварювання порошків показав, що немає жодного способу, який би задовольняв всім наведеним вище вимогам, тому для кожного конкретного випадку необхідно підбирати відповідний спосіб приварки. Але все ж можна виділити перспективний спосіб, який задовольняє більшості наведених вище вимог. Це електроконтактна приварка металевих порошків вільною подачею на магнітну поверхню, яка дозволяє сконцентрувати порцію порошку. Спосіб дозволяє охолоджувати зону приварювання, вести її на циліндричних поверхнях, практично виключаючи втрати порошку. До недоліків же цього способу можна віднести труднощі регулювання товщини покриття і використання тільки феромагнітних металевих порошків, але одним з головних достоїнств способу є мінімальна підготовка порошків до процесу приварки і простота технологічного обладнання для її реалізації.

Висновки і завдання досліджень

Аналіз існуючих способів електроконтактного приварювання присадних матеріалів показав, що найбільш ефективним способом контактної приварки при відновленні деталей машин є приварка порошків і сталеві стрічки, одним з недоліків якого є зниження межі витривалості відновлених деталей.

Тому для підвищення межі витривалості деталей, відновлених електроконтактним приварюванням необхідне проведення додаткових технологічних впливів, одним і яких може бути електроконтактні зміцнення з використанням обладнання для електроконтактного приварювання присадних матеріалів.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Теоретично дослідити термічний цикл при електроконтактному приварюванні сталеві стрічки і порошоків для визначення розподілу температури по глибині відновлюваної деталі.
2. Експериментально дослідити вплив електроконтактного приварювання на якісні показники відновленої деталі: припуски на механічну обробку, залишкові напруги, межа витривалості, твердість.
3. Розробити технологічний процес відновлення конкретної деталі електроконтактним приварюванням і визначити економічний ефект від модернізації технології.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика вимірювання температури в поверхневому шарі деталі при електроконтактному приварюванні

Існує багато методів експериментального визначення температур, але в більшості випадків для вимірювання температур при зварюванні використовують термопари у вигляді двох тонких (0,1 ... 0,4 мм) провідників з різних матеріалів, з'єднаних між собою на кінцях зварюванням. Один спай термопари поміщають в точку, де необхідно виміряти температуру, інший перебуває при відомій постійній температурі. Чим вище різниця температур між ними, тим більше термоелектрорушійна сила термопари. Діапазон вимірюваних температур дуже широкий: від температур плавлення найбільш тугоплавких металів до температур, близьких до абсолютного нуля. У діапазонах температур до 1900 К термопари – є одним із засобів вимірювання температури твердих металів і матеріалів. Точність процесу вимірювання залежить від щільності спаювання з металом, що забезпечує однакову температуру металу і пайки. За допомогою термопар можна вимірювати і температуру рідкого металу.

Для вимірювання температури по глибині відновлюваної деталі використовувалися термопари і цифровий осцилограф. Термопари використовували типу ПП, з діаметром дроту 0,2 мм, рис. 2.1 (необхідність такого тонкого дроту пояснюється тим, що при швидкій зміні температури в металі температура у пайці може бути іншою, тому доцільно застосовувати тонкий дріт).

Підготовка зразків полягала у висвердлюванні на торці сталевого кола (сталь 45) отворів діаметром 0,5 мм на глибину 3 мм (рис. 2.2). Після закріплення скрученого кінця термопари в отворі на торці зразка

проводилося пресування отвору з термопарою в зразку ударами зверху, внаслідок чого на циліндричній поверхні зразка утворювався майданчик. Для додання зразкам первісної циліндричності вони обточували на токарному верстаті до діаметра 70 мм (як заготовки для зразка використовувався круглий прокат діаметром 75 мм). Всього було підготовлено п'ять зразків, тому кількість повторів випробувань становила 5.



Рисунок 2.1 – Термопара для визначення температури

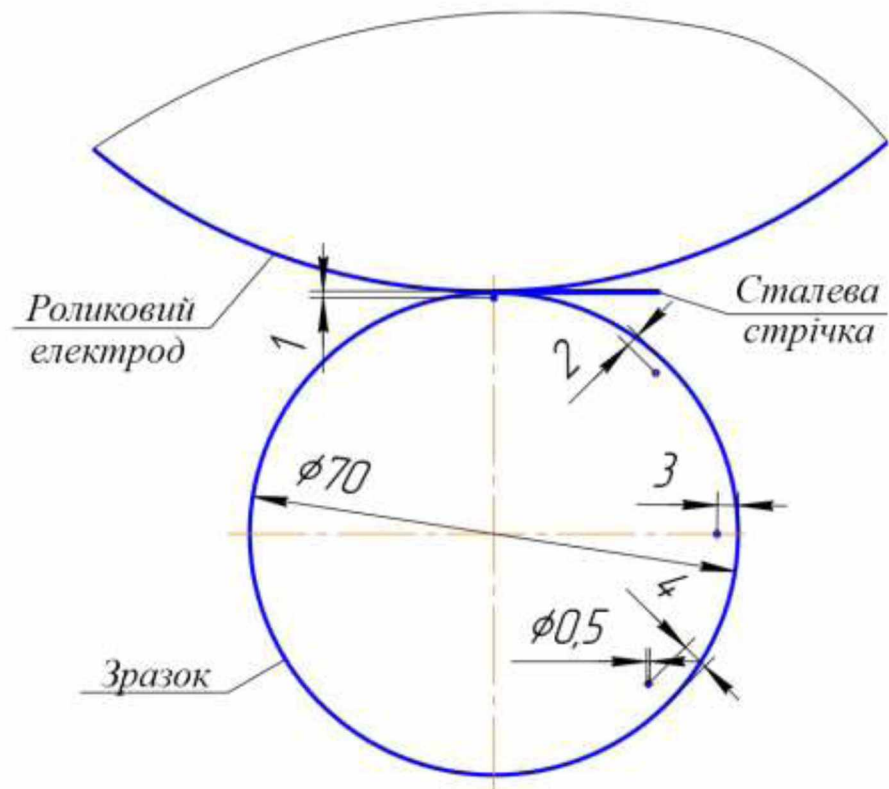


Рисунок 2.2 – Схема розташування отворів в зразку

Для визначення абсолютної температури використовували градууювальні таблиці для термопар.

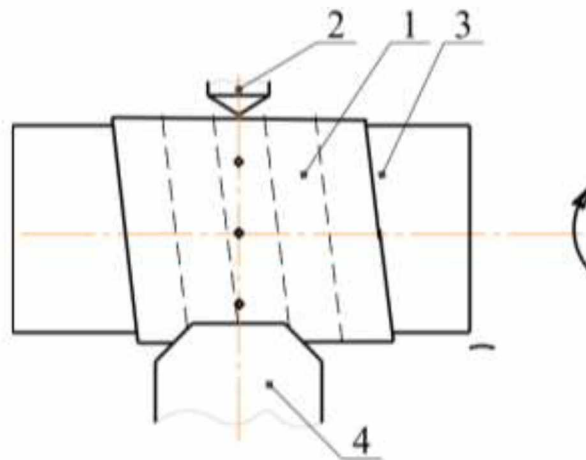
2.2. Методика вимірювання твердості та залишкових напружень

Під твердістю розуміють здатність металу або матеріалу чинити опір пластичній і пружній деформації, а також руйнування при вдавлюванні в нього більш твердого тіла.

Відомо кілька способів вимірювання твердості: впровадження (вдавлення) і дряпання, спосіб пружного відскоку.

Найбільш продуктивним і простим є спосіб пружного відскоку, на ньому заснований твердомір ТДМ-2, однак труднощі позиціонування його на певній ділянці відновленої поверхні утрудняє вимірювання. У наших дослідженнях ми використовували твердомір Роквелла моделі ТК-2 і твердомір Віккерса, що працюють за способом впровадження індентора.

Вимірювання на твердості методом Роквелла проводили при навантаженні 150 кг за схемою, зображеною на рис. 2.3. Ця методика дозволила вимірювати твердість за один оборот валу, як в зонах стику, так і на решті поверхні по ширині отриманого валика. Виміри проводилися відповідно до загальноприйнятої методики [19].



1 – отримане покриття; 2 – наконечник твердоміра (алмазний); 3 – випробуваний матеріал; 4 – стіл-призма

Рисунок 2.3 – Схема визначення твердості поверхні зразка

Твердість по Віккерсу вимірювали на моделі твердоміра ТП-7р-1. Сутність цього методу полягає у вдавлюванні у випробуваний зразок алмазної піраміди з кутом 136° між протилежними гранями правильної чотиригранної форми. Твердість за методом Віккерса обчислюється шляхом ділення вдавлюваного навантаження P на площу поверхні отриманого відбитка. При цьому спостерігається збіг значень твердості в межах від 100 до 450 HV по методам Брінелля і Віккерса. Основними показниками при вимірюванні твердості за методом Віккерса є час витримки 10 ... 15 с і навантаження P до 980,7 Н (100 кгс). Число твердості по Віккерсу HV підраховується як відношення навантаження до площі поверхні пірамідального відбитка:

$$HV = \frac{P}{M} = \frac{2P \sin \frac{\alpha}{2}}{d_1^2} = 1,854 \frac{P}{d_1^2}. \quad (2.1)$$

Електроконтактне зварювання різних присадних матеріалів внаслідок нерівномірності температури і пластичних деформацій призводить до виникнення внутрішніх залишкових напружень [20].

Залежно від конкретних умов експлуатації залишкові напруження можуть впливати на довговічність і надійність деталей машин, їх динамічну і статичну міцність, зносостійкість і корозійну стійкість. При цьому величезну роль в зниженні ресурсу відновлених деталей машин грають розтягуючі залишкові внутрішні напруження в поверхневому шарі металу [21].

Вимірювати залишкові напруження в поверхневому шарі відновлених деталей машин необхідно, в першу чергу, для визначення їх розподілу в конкретному виробі, яке в подальшому використовується для визначення працездатності виробу і визначення технології його відновлення або виготовлення.

Дослідження по визначенню залишкових напружень в отриманих електроконтактним приварюванням покриттях, засновані на використанні

пружно контактної взаємодії. Принцип цього методу полягає у використанні тарувальних залежностей, що пов'язують величини залишкових напружень в поверхневому шарі матеріалу з нормальними деформаційними переміщеннями, які виникають при точковому (локальному) пружнопластичній взаємодії на поверхню матеріалу деталі [22].

Особливістю визначення залишкових напружень в заготовках з покриттями, виконаними електроконтактним зварюванням присадних матеріалів, є відсутність самої можливості визначення експериментальним шляхом початкових умов побудови діаграм вдавнення $W_{0d}(d)$ для матеріалу отриманого покриття. Для отримання даних діаграм розроблена методика, що припускає використання діаграми, отриманих для основного матеріалу деталі і експериментально отриманих механічних властивостей матеріалу покриття і основного матеріалу.

На рис. 2.4 наведені геометричні розміри зразків і її загальний вигляд.

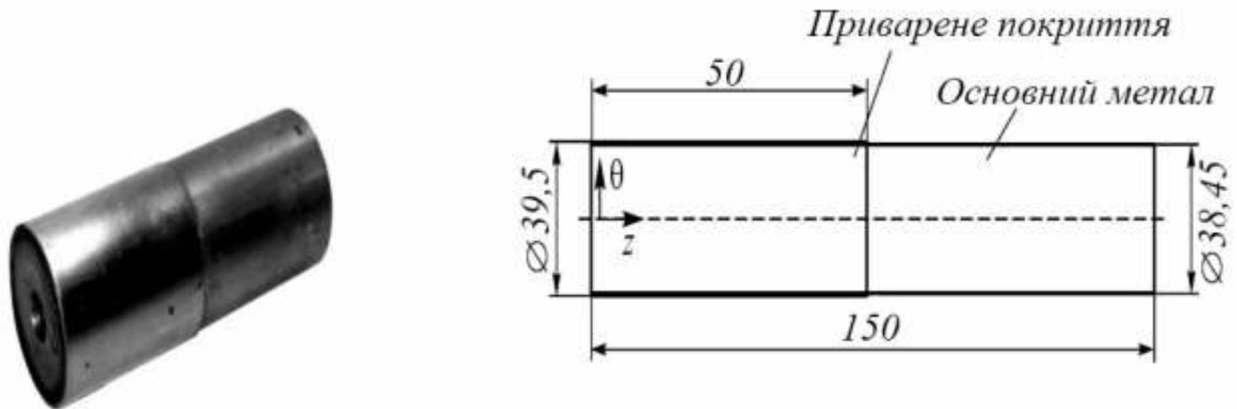


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд і ескіз використовуваних зразків

Методика складається з наступних пунктів:

1) визначення експериментальним шляхом залежності діаметра відбитка d для основного матеріалу від зусилля вдавнення індентора F

$$d = d_0 \cdot F^{0,43}; \quad (2.2)$$

для індентора діаметром $D = 10$ мм;

2) за отриманою формулою $d(F)$ визначення значень границі текучості матеріалу зразка σ_{m1}

$$\sigma_T = \frac{0,016}{d^{3,3}} \cdot F^{1,43}; \quad (2.3)$$

3) визначення експериментальним шляхом діаметра відбитка індентора $D = 10$ мм при вдавлюванні з постійним зусиллям F в матеріал покриття і основний матеріал;

4) визначення відхилення границі текучості покриття по відношенню до основного металу по відхиленню діаметра відбитка d_1/d_2

$$\frac{\sigma_{T2}}{\sigma_{T1}} = \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^{3,3}, \quad (2.4)$$

де індекс 2 відносимо до матеріалу покриття, а індекс 1 до основного матеріалу;

5) на підставі значення межі текучості основного матеріалу σ_{m1} визначення величини – матеріалу покриття;

6) визначення експериментальним шляхом діаграми вдавнення для основного матеріалу:

$$W_{0d} = W_0 \cdot d^n; \quad (2.5)$$

при різних значеннях діаметра індентора d і обраному діаметрі D ;

7) розрахунок параметра W_0 діаграми для індентора $D = 10$ мм з виразом:

$$\frac{W_0(D_1)}{W_0(D_2)} = \frac{D_2}{D_1}; \quad (2.6)$$

описує зв'язок між величиною параметра і діаметром індентора;

8) скориставшись отриманими даними про значення параметра діаграми вдавнення W_0 і межі плинності σ_{m1} для основного матеріалу, визначення показника пластичних властивостей основного металу покриття E_T і показника ступеня n діаграми по залежностям виду $W_0(\sigma_T, E_T)$ і $n(\sigma_T, E_T)$;

9) визначення параметра W_0 діаграми матеріалу отриманого покриття на основі виразу, яке описує вплив зміни механічних властивостей матеріалу

покриття (умовного показника пластичних властивостей і межі текучості) на зміну величини W_0 ;

10) обчислення показника ступеня n діаграми матеріалу покриття на основі виразу, яке описує вплив зміни механічних властивостей матеріалу (умовного показника пластичних властивостей і межі текучості) на зміну величини показника n ;

11) використовуючи отримані дані про значення показника ступеня n , межі текучості металу покриття і значеннях параметра W_0 і уточнення величини показника пластичних властивостей E_T матеріалу з використанням вище наведених виразів.

В результаті застосування описаної вище методики є отримання діаграми вдавнення:

$$W_{0d} = W_0 \cdot d^n; \quad (2.7)$$

для металу покриття, тобто початкові умови методу пенетрації при вимірюванні залишкових напружень.

2.3. Методика дослідження впливу профілю робочої поверхні роликів електродів на формування покриття

Експерименти з отримання та відпрацювання технологічних процесів відновлення зношених деталей машин проводилися на установці для електроконтактного приварювання. Дана установка представлена на рис. 2.5.

На установці застосовується дводискова схема струмопідведення з горизонтальним, опозитним розташуванням дискових електродів, в яких струм зварювання проходить через ланцюжок: електрод – деталь – електрод. Тривалість часу пауз і імпульсів струму задаються регулятором циклу зварювання, а тиск дискових електродів встановлюється за показаннями манометра установки. Сила струму визначалася вимірювачем струму зварювання з датчиком-тороїдом.



Рисунок 2.5 – Установка для електроконтактного зварювання

Для дослідження впливу профілю робочої поверхні роликового електрода на формування покриття були зроблені експерименти по впливу радіуса заокруглення поверхні дискового електрода на товщину покриття і втрати порошку при електроконтактного зварювання.

Приварювання проводили на наступних режимах: величина струму 5 кА, час імпульсів і паузи 0,10 с., частота обертання шпинделя – 1,61 об/хв., зусилля на роликах 670 Н. Використовували дисковий електрод шириною 12 мм і діаметром 150 мм.

Приварювання проводили на вали зі сталі 45 ГОСТ 1050-88 після чистового точіння діаметром 45 мм, в якості присадочного матеріалу використовували порошок (з розмірами гранул 100...160 мкм) феромагнітної марки ПД-ЖН4Д2М (Н). Порошок подавався з бункера-дозатора самопливом по порошкопроводу в зазор між дисковим електродом і деталлю.

Для певного значення радіусу R (рис. 2.6) заокруглення поверхні дискового електрода (12 мм, 10 мм, 8 мм, 6 мм і для випадку з плоскою

поверхнею дискового електрода, без охолодження і з зовнішнім охолодженням вимірювалося наступне: розміри отриманого покриття (середня товщина шару по центру h_u і по краях h_k відповідно, середня ширина l за один прохід), маса привареного порошку (грам), втрати металевого порошку по масі (грам).

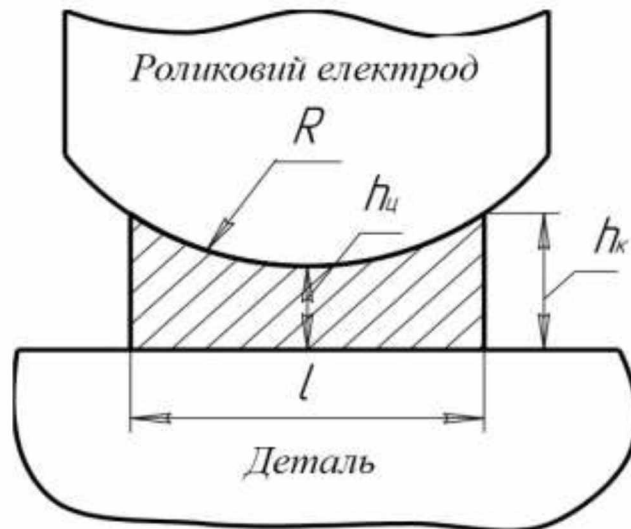


Рисунок 2.6 – Схема перерізу шару отриманого покриття

Втрати порошку вимірювали наступним чином. Охолоджуюча рідина (проточна вода), яка змиває неприварений порошок, збиралася в певну ємність, далі відстоювалася і виливалася. Порошок, що залишився на дні проціджувався, висушувався, і далі вимірювалася його маса. Маса привареного порошку оцінювалася як різниця між масою зразка з покриттям і без. Для вимірювання розмірів використовувався штангенциркуль ШЦ-1 і мікрометр МК-50, маса порошку вимірювалася на електронних вагах марки ВК-300.

2.4. Методика дослідження межі витривалості відновлених деталей

Одним з показників для визначення оптимальності технологічного процесу електроконтактного зварювання, що застосовується при відновленні деталей сільськогосподарського призначення та автотракторних деталей, що

піддаються впливу напружень стиску і розтягування, слугує межа витривалості деталей. Втома є поширеною причиною руйнування механізмів і деталей машин в результаті дії на них напружень стиску і розтягування в період тривалої експлуатації техніки.

Дослідники в роботах [22] відзначають, що говорити про опір втоми зварних з'єднань за властивостями вихідного металу не можливо, так як в них зниження втомої міцності відбувається не тільки внаслідок концентрації напружень, але і в ряді інших несприятливих умовах, специфічних для самого зварювального процесу. За їх словами, опір втоми зварних виробів можна надійно визначити тільки на основі натуральних випробувань.

Це також відноситься і до з'єднань, отриманим електроконтактним зварюванням і приварюванням. Як відомо, втомна міцність таких з'єднань в значній мірі залежить від самих умов здійснення процесу електроконтактного приварювання, що визначають як знак залишкових напружень так і її розмір.

Експериментальні дослідження проводили на машині згинання і крутіння марки У20. Випробування проводили на зразках (рис 2.7), виготовлених зі сталі 45 ГОСТ 1050-88, на які приварювали вибрані присадочні матеріали. Контактне приварювання здійснювали за один прохід на режимах приварювання, які забезпечують найкращу міцність зчеплення присадочного матеріалу.

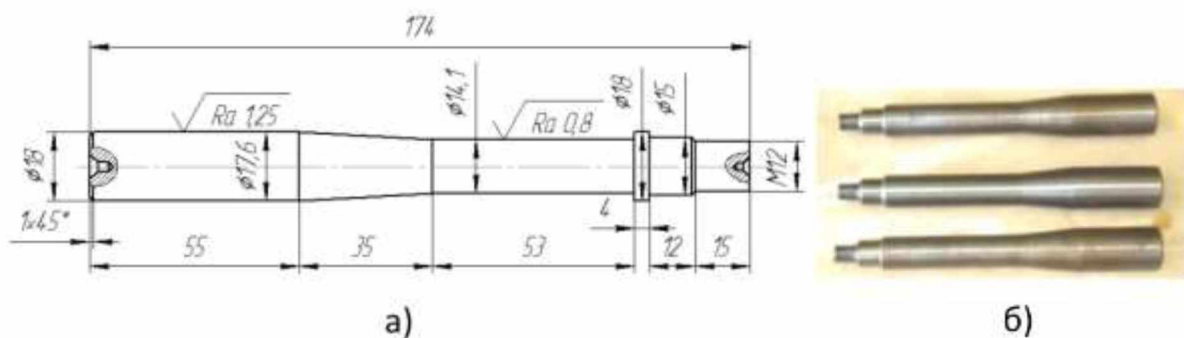


Рисунок 2.7 – Ескіз зразка (а) і загальний вид (б) для втомних випробувань

Після електроконтактного приварювання проводили механічну обробку заготовок на універсальному круглошліфувальному верстаті марки 3М151 до отримання відповідної шорсткості і номінального розміру.

Порівняння наварених заготовок проводили зі зразками, виготовленими зі сталі 45 ГОСТ 1050-88 і загартованими до твердості HRC 48..50. Випробування заготовок проводилося навантаженням за симетричною схемою згину двох заготовок з постійним обертанням 75 (рис. 2.8) на машині У20. При цьому розрахункове внутрішнє напруження визначалося за формулою:

$$\sigma_a = \frac{M_{II}}{W_O} = \frac{32Fl}{\pi d^3}, \quad (2.7)$$

де $M_{II} = Fl$ – момент, що вигинає в небезпечному перерізі, Н·м;

$W_O = \pi d^3/32$ – момент осевого опору розрахункового перерізу, м³;

F – навантаження, прикладене до заготовки, Н;

l – плече (відстань від небезпечного перерізу зразка до точки прикладання навантаження), м;

d – діаметр заготовки, м

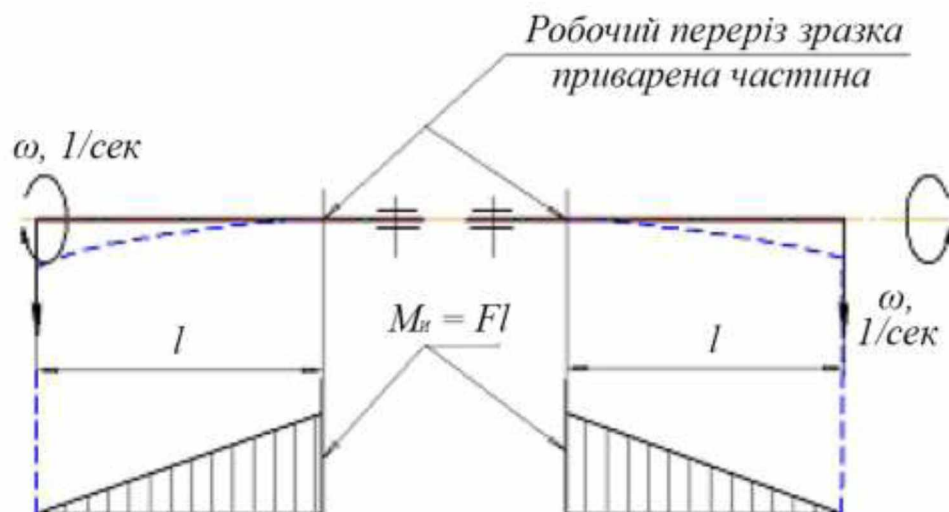


Рисунок 2.8 – Епюра згинальних моментів і схема навантаження при втомних випробуваннях

Випробувальна машина марки У-20 дозволяє випробовувати заготовки діаметром 20 ... 22 мм. Зазначені розміри відрізняються від розмірів реальних деталей, відновлюваних контактним приварюванням, однак, при порівняльних випробуваннях нам важливо одержати не абсолютні значення витривалості тієї чи іншої деталі, а вплив режиму електроконтактного приварювання і виду присадочного матеріалу на опір втомного руйнування заготовок.

Висновки

1. Приведена методика вимірювання температури в поверхневому шарі деталі при електроконтактному приварюванні.
2. Використана методика вимірювання твердості та залишкових напружень.
3. Оптимізована методика дослідження впливу профілю робочої поверхні роликowego електрода на формування покриття та проведено дослідження межі витривалості відновлених деталей.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Аналіз структурної неоднорідності при електроконтактному приварюванні присадних матеріалів

Внутрішньоструктурні перетворення при електроконтактному зварюванні підпорядковані термомеханічним закономірностям електроконтактного процесу, проте цей процес має і характерну специфіку, яку потрібно враховувати при вивченні самого формування покриття даним методом.

- При нагріванні електричним опором теплова енергія виділяється як в місцях контакту привареного матеріалу з поверхнями вала і дискового електрода, так і в самому привареному матеріалі. При нагріванні самим внутрішнім джерелом тепла відбувається більш прискорене перетворення в вуглецевих сталях перліту в аустеніт.

- Процес нагріву і охолодження відбуваються з великими швидкостями. При електроконтактному зварюванні тривалість перебування металу при температурі вище A_{c3} дуже мала, тому метал має різко виражену неоднорідність структури внаслідок обмеженого протікання дифузійних процесів.

- Утворення зварного з'єднання супроводжується термомеханічним впливом на приварюваний матеріал з боку вала і дискового електрода, що призводить до пластичних деформацій приварюваного матеріалу і отже дроблення структури.

- Під час електроконтактного приварювання деталей по гвинтовій лінії з перекриттям суміжних валиків в покритті чергуються структури повного і часткового відпуску і гартування.

Процес електроконтактного приварювання здійснюється почергово змінними потужними імпульсами зварювального електричного струму. Ці особливості відображаються безпосередньо на структурі привареного і основного металу в зоні термічного впливу. Короткі зварювальні імпульси утворюють перекриваючі точки, які внаслідок обертання деталі і одночасної поздовжньої подачі (переміщення) дискових електродів розташовуються на поверхні вала по спіралі. Нагріта потужними імпульсами зварювального струму невелика ділянка металу (метал стрічки і поверхневий шар деталі) швидко охолоджується через тепловідведення в саму деталь і дисковий електрод, які охолоджуються водою і гартуються на високу твердість. Далі, наступний імпульс зварювання нагріває наступну ділянку металопокриття, що призводить до часткового повного відпуску першої ділянки з вже загартованою структурою. При спіральній подачі дискового ролика з величиною, що дорівнює кроку подачі, деяка частина раніше загартованої ділянки вала повторно нагрівається зварювальним струмом і також далі відпускається. Внаслідок цього в металі зварного шва і в шарі основного металу вала утворюються ділянки відпуску і гартування. Фізичні, механічні та експлуатаційні властивості відновлюваних електроконтактним приварюванням деталей, залежать від розмірів, і взаємного розташування відносно один одного і структури металу на цих ділянках (рис. 3.1).

Однак саме гартування шару є одним з переваг способу відновлення деталей електроконтактним приварюванням стрічки [22].

Загартування здійснюється в сталях, феритного, мартенситно-феритного і мартенситного класу [23]. Сталі аустенітного класу, при контактному зварюванні, внаслідок отримання аустенітної структури отримують найменшу твердість. Тому використаний термін «гартування» до сталей аустенітного класу непридатний.

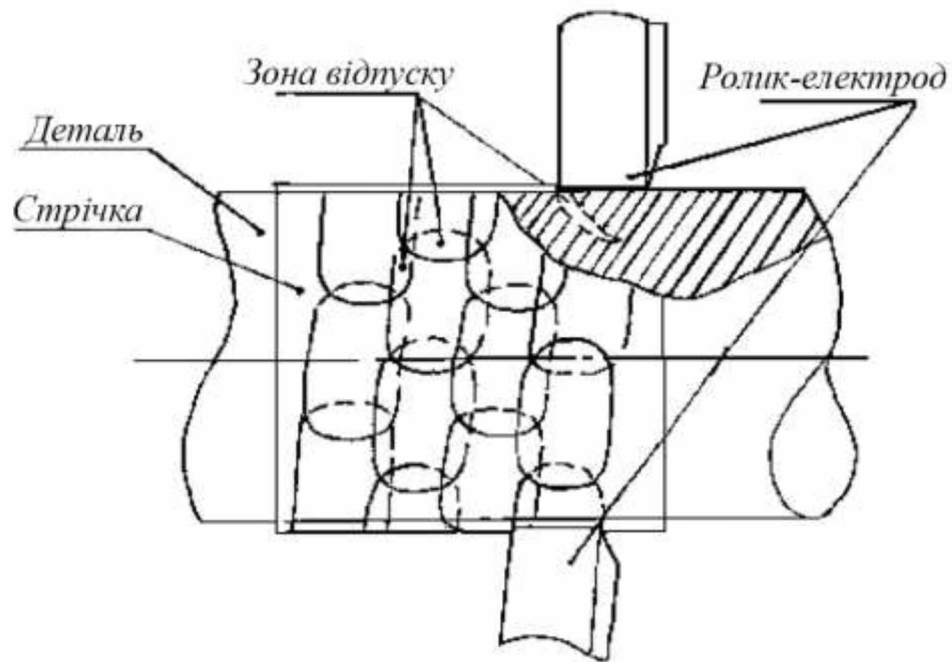


Рисунок 3.1 – Місця розташування зварювальних точок при контактному зварюванні

При температурах відпуску, наприклад, у нержавіючих сталей по межах зерен різко зменшується концентрація хрому в твердому розчині поблизу карбідів, що може привести до міжкристалічної корозії [24]. Збільшення росту карбідів відбувається внаслідок дифузії хрому і вуглецю з твердого розчину до кордонів зерен. Так як при відпуску швидкість дифузії молекул вуглецю набагато вище швидкості дифузії молекул хрому, весь вуглець твердого розчину бере участь в утворенні карбідів, в той час як в реакції утворення карбиду бере участь тільки хром (рисунок 3.2, а). Це призводить до утворення області при температурі відпуску збіднену хромом. Вміст хрому в цій зоні становить менше 12%, тому її стійкість до корозії нижче, ніж тіло зерна, що і визначає підвищену схильність цієї ділянки сталі до міжкристалічної корозії (рис. 3.2, б).

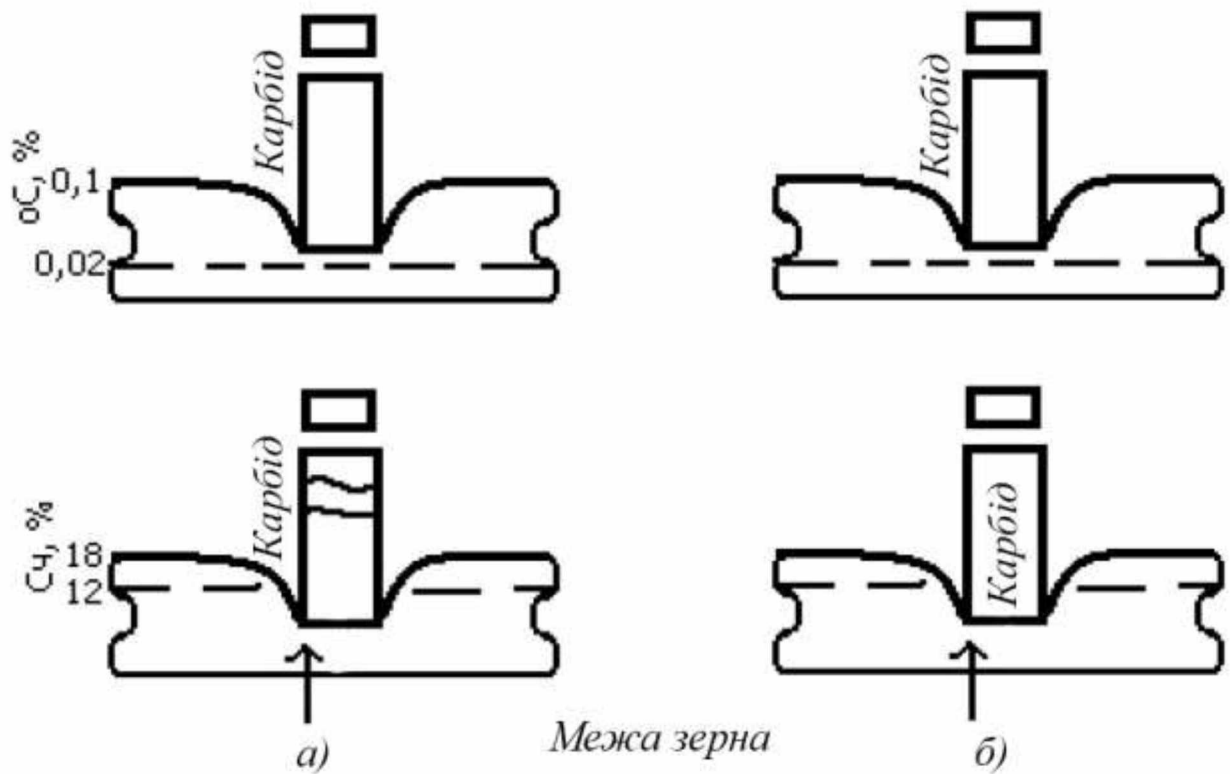


Рисунок 3.2 – Схема збіднення меж зерен хромом для нержавіючих сталей 12X18H10T

У сталей мартенситної групи карбіди хрому виділяються в результаті відпуску вже при температурі 300°C і вище. Найбільш небезпечною температурою для них вважають температуру близько 500°C [24]. А у хромистих сталей феритної групи схильність до міжкристалічної корозії виникає безпосередньо після охолодження від температур вище 920°C.

Отримання ножевої корозії при приварюванні нержавіючих сталей пояснюється з наступних причин [25]. У вузькій навколошовній зоні металу шва нагрітого до температур близько 1300°C, (тобто до температури розплавлення металу) відбувається повне розчинення карбідів хрому або титану. При наступному охолодженні цієї зони за рахунок близького розташування з нагрітим металом ніобій (карбіди титану) не встигають знову виділитися і вуглець залишається в твердому стані. Якщо ця зона буде довго перебувати при температурах близько 600 ... 750°C (провокуючий нагрів), то

при цьому може відбуватися виділення карбідів хрому, а не титану (або ніобію). Пов'язують це з тим, що при зазначених температурах розчинність карбідів хрому приблизно така ж, як і карбідів титану, а сама ж концентрація хрому в порівнянні з титаном значно більше. Внаслідок цього відбувається зниження концентрації молекул хрому в твердому розчині в навколошовній зоні. Це призводить, в умовах підвищеної корозії, до виборчого розчинення міжкристалічного характеру. Нерівномірна структура при електроконтактному приварюванні сприяє підвищенню зносостійкості за рахунок виборчого зносу, рис. 3.3.

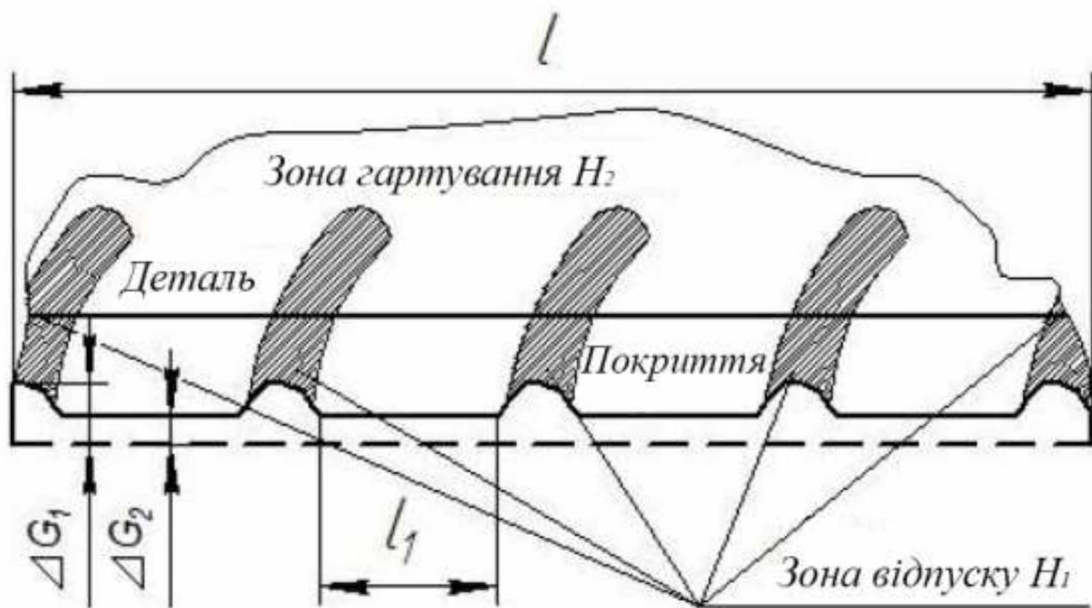


Рисунок 3.3 – Схема виборчого зносу відновленої деталі

Процес зношування сильно залежить від поверхневої твердості деталей. За рахунок електроконтактного приварювання сталевих стрічок відбувається зміцнення поверхневого шару деталі [26]:

$$H = \delta \cdot H_0, \quad (3.1)$$

де: H – твердість отриманого металопокриття;

δ – коефіцієнт пропорційності;

H_0 – твердість основного шару.

Залежність інтенсивності зношування від твердості матеріалу наступна:

$$\frac{\Delta G}{\Delta t} = k \frac{p V_{\text{від}}}{H}, \quad (3.2)$$

де: Δt – основний час в роботі вузла тертя;

$V_{\text{від}}$ – відносна швидкість переміщення деталей.

$$V_{\text{від}} = \frac{\pi \cdot r_1 \cdot n_1}{30 \cdot 1000}, \quad (3.3)$$

З огляду на, що $V_{\text{від}}$ – постійна величина для розрахунку показників зносостійкості відновлених деталей машин можна скористатися показником величини питомого зносу, який характеризує об'ємний або лінійний знос еталонного зразка деталі при швидкості відносного переміщення за час $t = 1$ с, $V_{\text{від}} = 1$ м/с, контактному тиску $p = 1$ МПа і площі тертя $S = 1$ см². Так як знос пропорційний коефіцієнту зношувальної здатності, шляхи тертя, площі тертя, тиску і обернено пропорційний твердості самого матеріалу, то знос еталонного зразка деталі можна виразити рівнянням [26]:

$$\Delta G_{em} = k' \frac{p \cdot V_{\text{від}} \cdot t \cdot S \cdot q_{em}}{H_{em}}, \quad (3.4)$$

де: q_{em} – вага зразка;

H_{em} – твердість зразка.

Знос будь-якого іншого матеріалу при інших умовах визначається за формулою [26]:

$$\Delta G = \Delta G_{em} \varepsilon \frac{k_q}{k_n}, \quad (3.5)$$

де: ε – знос відносний еталонного зразка;

k_q – відношення ваги деталі до ваги еталонного зразка,

$k_q = q/q_{em}$ в разі електроконтактного зварювання $k_q = 1$;

k_n – відношення твердості матеріалу до твердості еталонного зразка, $k_n = H/H_{em}$ для електроконтактного зварювання $H > H_{em}$ і $k_n > 1$.

Отримуємо, що при підвищенні твердості деталі ΔG знижується, так як ε має можливість до зниження, а k_n знаходиться в знаменнику рівняння.

Найбільший вплив неоднорідність структури чинить на витривалість відновлених деталей. В роботі [27] однозначно показано, що в тому числі і неоднорідність структури зменшує межу витривалості відновлених електроконтактним приварюванням деталей. Тому необхідно вирівняти структуру поверхневого шару за допомогою термічної, хіміко-термічної, термомеханічної обробки. У нашому випадку найбільш доцільно використовувати термомеханічну обробку, проведену електроконтактним способом.

На рис. 3.4 зображена схема здійснення способу, для перевірки ефекту термомеханічного зміцнення електроконтактним способом. Два півкільця охоплюють зразок з певним зусиллям, до півкільцями підводять електричний струм від установки електроконтактного приварювання. Для відносного усереднення тиску від півкільць по поверхні зразка, останній здійснює півоберта.

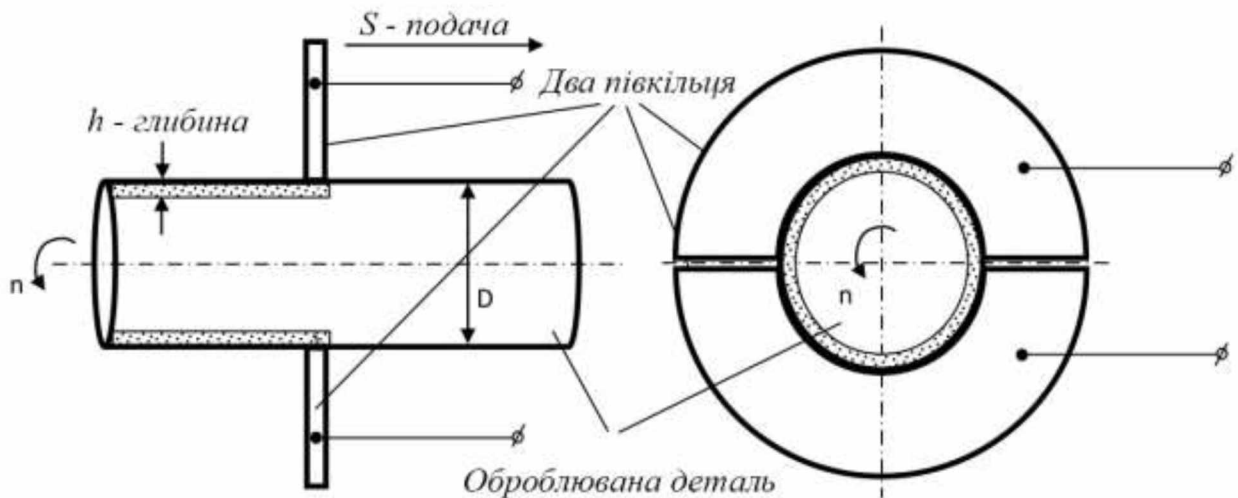


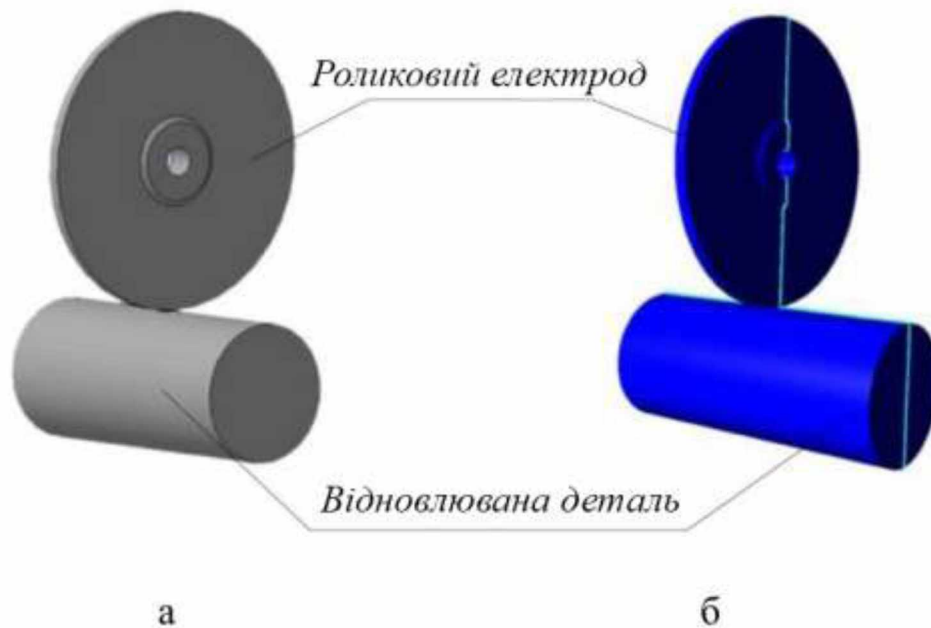
Рисунок 3.4 – Схема електроконтактного зміцнення

Відомо, що установки для контактного зварювання можуть використовуватися і для зміцнення поверхневих шарів деталей машин. Використання установок контактного зварювання, наведених в роботі [27], що стримується низкою недоліків для зміцнення поверхневих шарів деталей, одним з яких є неоднорідність структури отриманого поверхневого шару деталі (чергуються зони відпуску і гартування), як між окремими точками

зварювання, так і між рядами утворених точок. Усунути отриману неоднорідність структури між окремими точками можна при використанні непереривчастого струму, однак чергування зон загартування і відпуску залишиться між витками електроконтактного приварювання.

3.2. Дослідження впливу режимів електроконтактної обробки на розподіл температури по глибині оброблюваної деталі

Для дослідження було побудована представлена тривимірною моделлю процесу відновлення деталі електроконтактним приварюванням стрічки, створена в системі тривимірного моделювання Компас-3D (рис. 3.5, а). Тривимірною моделлю, імпортована в систему моделювання FlowVision представлена на рис. 3.5, б.



а – створена в системі тривимірного моделювання Компас-3D;

б – імпортована в систему моделювання FlowVision

Рисунок 3.5 – Тривимірною моделлю процесу відновлення деталі електроконтактним приварюванням сталеві стрічки

У розрахунковій моделі беруть участь два елементи (ролик і деталь) так як в момент проходження імпульсу струму в зоні контакту виділяється тепло, яке проникає не тільки в деталь, але і відводиться через роликівий електрод. Так найбільша кількість тепла виділяється в місці контакту сталеві стрічки і відновлюваної деталі, а зона термічного впливу визначається щодо поверхні деталі і з огляду на те, що товщина стрічки становить 0,5 мм, то сталеву стрічку можна виключити з розрахунку і розглянути модель тільки з роликівим електродом і відновлюваною деталлю.

Для моделювання процесу ЕКП і визначення зони термічного впливу (ЗТВ) була використана модель тепломасопереносу.

В процесі моделювання розраховуються наступні рівняння енергії і дифузійного масопереносу.

Рівняння енергії записується в такий спосіб:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{\rho} \nabla \left(\frac{\lambda}{C_p} \nabla h \right) + \frac{Q}{\rho}, \quad (3.6)$$

де ρ – щільність, кг/м³;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт·м⁻¹·К⁻¹;

C_p – питома теплоємність, Дж·кг⁻¹·К⁻¹;

h – ентальпія, м²·с⁻²;

Q – джерело тепла анізотропного фільтра опору, Вт·м⁻³;

∇ – оператор Набла.

Дифузійний потік описується наступним рівнянням:

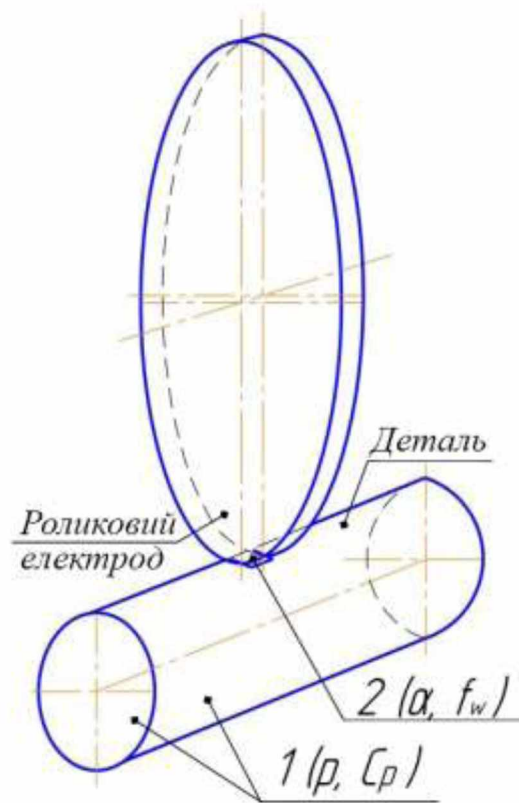
$$D_f \left. \frac{\partial f}{\partial n} \right|_w = \alpha (f_w - f), \quad (3.7)$$

де α – коефіцієнт тепломасовіддачі, Вт·м⁻²·К;

f_w – температура на поверхні підобласті, К;

f – скаляр (температура) розрахункової області, К.

Для чисельної реалізації даної моделі необхідно обґрунтувати область розрахунку (рис. 3.6), в яку входять властивості матеріалів, початкові і граничні умови.



1 – значення на стінці; 2 – дифузійний потік;

Рисунок 3.6 – Розрахункова схема

Властивості матеріалів визначаються наступними параметрами: щільність (кг/м^3), коефіцієнт теплопровідності ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$), питома теплоємність ($\text{Дж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$), ентальпія ($\text{м}^2\cdot\text{с}^{-2}$), коефіцієнт тепломасовіддачі ($\text{Вт}\cdot\text{м}^{-2}\cdot\text{К}$).

Початкові умови для розглянутого прикладу (при $t = 0$) визначаються наступними параметрами: температура на поверхні зони контакту деталь роликовий електрод 1 (ρ, C_p) 2 деталь роликовий електрод 1.

Гранична умова – дифузійний потік (тип границі «стінка») свідчить про те, що на границі поверхні задано фіксоване значення f_w і коефіцієнт тепломасовіддачі α . На інших границях встановлюється початкова температура (293К).

Нижче перераховані параметри, що встановлюються в процесі розрахунку:

- модель – «Твердий матеріал»;

- розраховуване рівняння – енергія;
- початкова температура – 293 К;
- речовина – сталь (тверде тіло);

При створенні граничних умов керуються характером нагрівання і проникнення тепла в деталь, а також його виділення в навколишнє середовище.

Розрахунок буде виконано при п'яти значеннях температур і трьох значеннях часу імпульсу (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Загальні параметри розрахунку

№ розрахунку	Час імпульсу, с	Температура, °С
1	0,08	1100
2		1200
3		1300
4		1400
5		1500
6	0,14	1100
7		1200
8		1300
9		1400
10		1500
11	0,20	1100
12		1200
13		1300
14		1400
15		1500

Так як розподіл температури в ролик не несе інформації про процесі нагрівання деталей, то ці результати не будуть розглянуті

На рис. 3.7 показаний графік розподілу температури по глибині деталі при імпульсі струму 0,08 с, при температурах зварювання 1100, 1200, 1300 і 1400°С.

Дані температури дозволяють вести процес електроконтактного приварювання в твердій фазі, без розплавлення зони зварювання.

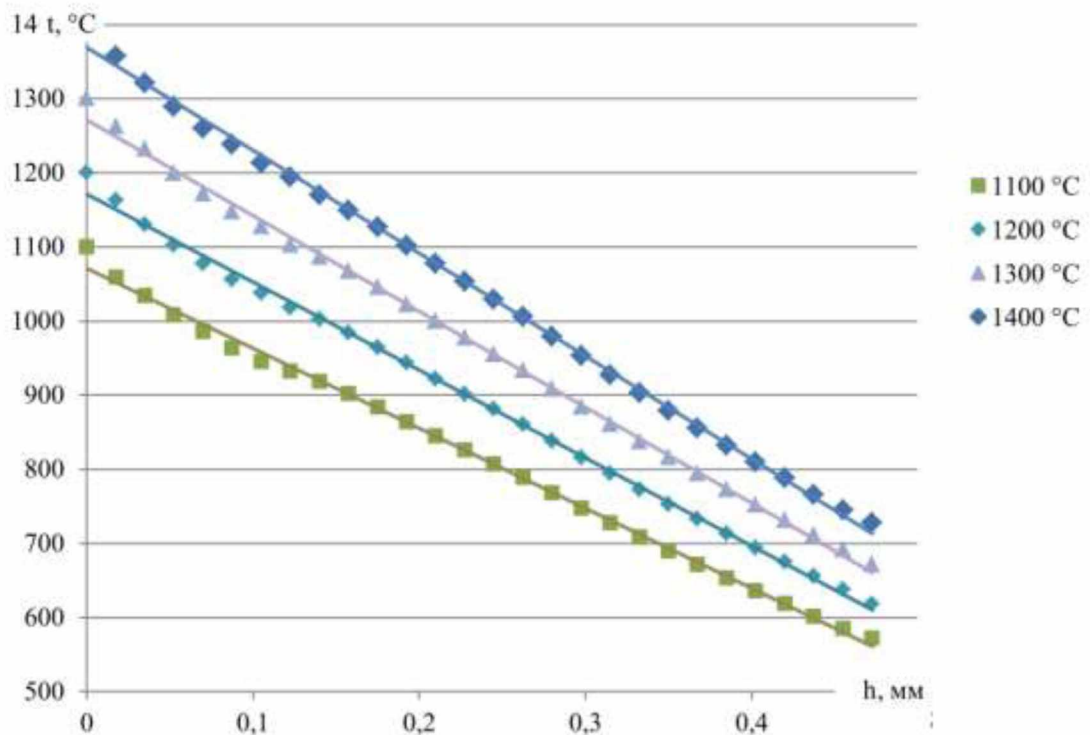


Рисунок 3.7 – Графіки розподілу температури по глибині деталі при імпульсі струму 0,08с при різних температурах електроконтактного приварювання, що здійснюється в твердій фазі

Як видно з рис. 3.7 розподіл температури по глибині деталі наближається до лінійного характеру, а падіння температури по глибині – значне, що в першу чергу відбувається через високу теплопровідність сталеві деталі і відведення частини тепла в бронзовий роликковий електрод.

Температура, при якій відбувається перетворення вихідної структури вуглецевої сталі (ферит + перліт) в аустеніт, лежить в інтервалі від 727°C до 755°C, для сталі 45. Вважається, що інтервал цих температур, при яких відбувається перетворення вихідної структури сталі в аустеніт є межею зони термічного впливу.

Температура в інтервалі 727°C ... 755°C відповідає глибині зони термічного впливу важко, то з високою ймовірністю припустимо, що температура початку аустенітного перетворення є межею зони термічного впливу – 727°C.

З розрахункового графіка (рис. 3.7) видно, що температура 727°C опускається на глибину 0,315 ... 0,472 мм в залежності від температури на поверхні деталі.

На рис. 3.8 показані графіки залежності зони термічного впливу від часу термічної обробки і температури.

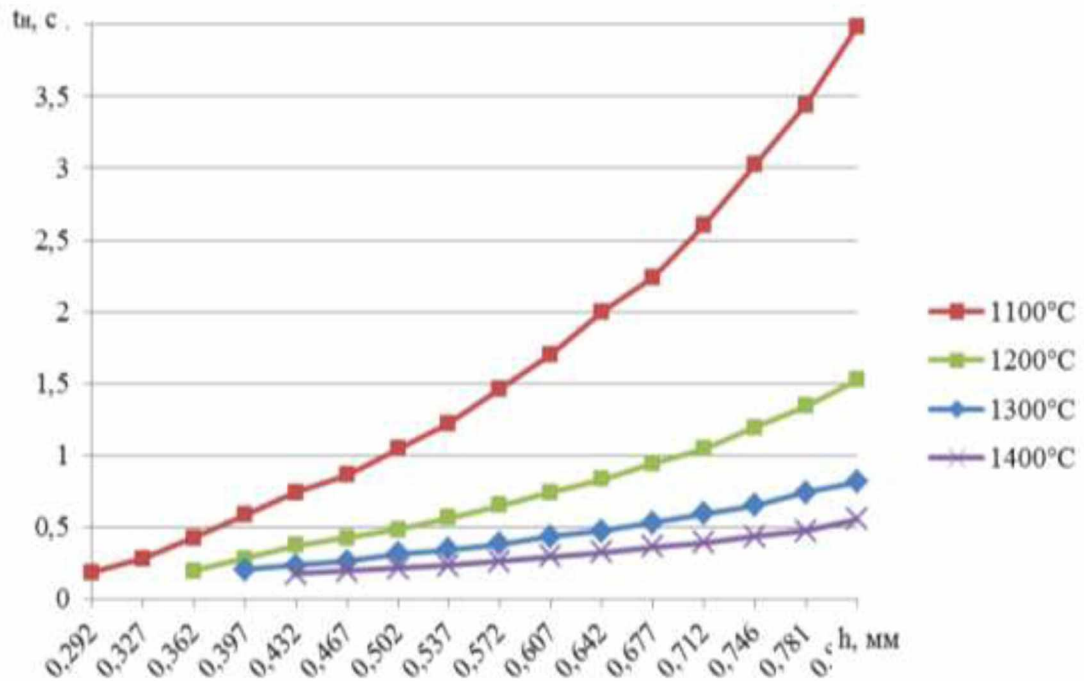


Рисунок 3.8 – Графік залежності зони термічного впливу від часу термомеханічної обробки

За графіком з рис. 3.8 видно, що зміни температури при термомеханічній обробці деталі має висхідний характер на відміну від лінійного характеру при електроконтактному приварюванні. Дані з графіка необхідні для подальшого розрахунку режимів електроконтактного зміцнення.

3.3. Дослідження параметрів поверхневого шару деталі і режимів електроконтактного приварювання присадних матеріалів

Результати дослідження температури поверхневого шару деталі при електроконтактному приварюванні присадних матеріалів представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розподіл температури по глибині циліндричного зразка при електроконтактному приварюванні сталеві стрічки товщиною 0,5 мм

№ п/п	Глибини вимірювання температури	Експериментальні значення		Режими ЕКП		Теоретичні значення
		Сер. значення тем-ри, °С	Відхилення сер. арифм. значення, m	Сер. знач. сили струму, кА	Час імпульсу струму, с	Сер. значення тем-ри, °С
1	0 мм (на поверхні)	1122	20	3,5	1,6	1122
2	1 мм	588	21			606
3	2 мм	362	18			392
4	3 мм	246	12			266
5	4 мм	158	9			183

Як показують дані експериментальні значення температур нижче теоретичних на 13 ... 31°C, що частково можна пояснити більш низькою вихідною температурою деталі в момент експериментів. В цілому різниця між теоретичними і експериментальними значеннями в залежності від глибини вимірювання температури становить від 1 до 19% і в середньому становить 8,6%.

Механічна обробка шару привареної стрічки на деталях відновлених електроконтактним приварюванням сталеві стрічки здійснюється на звичайних круглошліфувальних верстатах нормальними абразивним кругом.

У даній роботі вивчали вплив хімічного складу матеріалу, розмірів стрічки, зразків і режиму приварювання на величину припуску на механічну обробку. Проведені дослідження показали, що припуск на механічну обробку залежить не тільки від товщини приварюваної стрічки, але і від діаметра деталі, марки сталі приварюваної стрічки, величини зварювального струму (табл. 3.2). При одній і тій же марці сталі приварюваної стрічки і різної величини зварювального струму можна отримати різні значення припуску на механічну обробку. При збільшенні величини зварювального струму припуск на механічну обробку збільшується. Не малу роль грає і діаметр самої деталі,

при інших рівних умовах, при великому діаметрі деталі припуск на подальшу механічну обробку менше. Наприклад, при зварюванні стрічки зі сталі 50, товщині стрічки 0,8, зварювальному струмі 10,9 ... 11,2 кА і діаметрі деталі 80 мм отримуємо припуск на механічну обробку на сторону 0,15 мм, а при діаметрі деталі 30 мм – 0,11 мм на сторону.

Дослідження впливу хімічного складу матеріалу, розмірів стрічки, зразків і режиму приварювання на величину припуску на механічну обробку показало, що всі вибрані показники в тій чи іншій мірі впливають на припуск на механічну обробку, але значний вплив мають режими приварювання сталеві стрічки.

Таблиця 3.3 – Вплив хімічного складу матеріалу, розмірів стрічки, зразків і режиму приварювання на величину припуску на механічну обробку (струм зварювальний – 9...11 кА, тривалість часу імпульсу – 0,06 с., тривалість паузи – 0,10 с.; для вала Ø 80 мм частота обертання шпинделя – 2 об/хв., поздовжня подача роликів – 9 мм/об.; для Ø 30 мм частота обертання шпинделя – 6 об/хв., поздовжня подача роликів – 4 мм/об).

Зразки		Стрічка		Режим приварювання		Припуск на шліф., мм (на сторону)
Марка сталі	Діаметр, мм	Марка сталі	Товщина, мм	Ступінь транф.	Зварювальний струм I, кА	
45	80	50	0,3	7	9,0...9,3	0,10
			30	0,4	8	10,9...11,2
		0,8		0,10		
		0,4		0,16		
		0,8		0,10		
		50	50	0,8	7	9,0...9,3
	30			0,3	8	10,9...11,2
		0,4	0,12			
		0,8	0,17			
		0,4	0,14			
20X13	30	50	0,4	8	10,9...11,2	0,11
			0,8			0,11

При вивченні електроконтактного приварювання перспективного присадочного матеріалу, а саме порошкового виявлені такі недоліки – труднощі регулювання значення товщини покриття, концентрація металевого порошку на краях поверхонь дискового електрода, а також підвищена витрата феромагнітних порошоків.

У електрода у якого плоска робоча поверхня нерівномірно розподіляється щільність струму (рис. 3.9). За значеннями кривих щільності струму можна сказати, що велика щільність струму виходить поруч з кордонами контактів матеріалів, що призводить до великої концентрації порошку на краях поверхонь дискового електрода. Яке призводить до того, що накопичений порошок просто змивається з поверхні деталі рідиною для охолодження. Для зменшення цих недоліків пропонується трохи змінити значення радіуса заокруглення поверхонь дискового електрода установки для контактного приварювання різних присадних матеріалів.

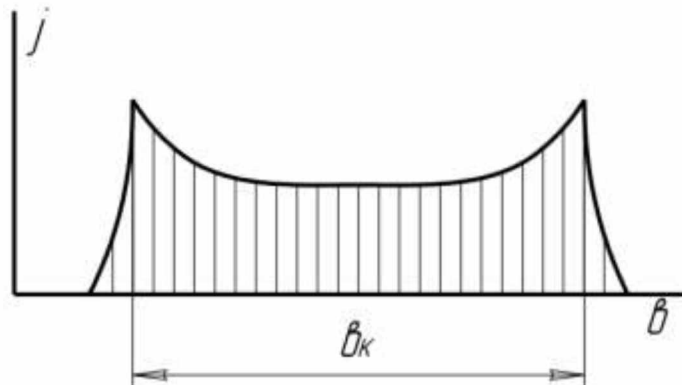
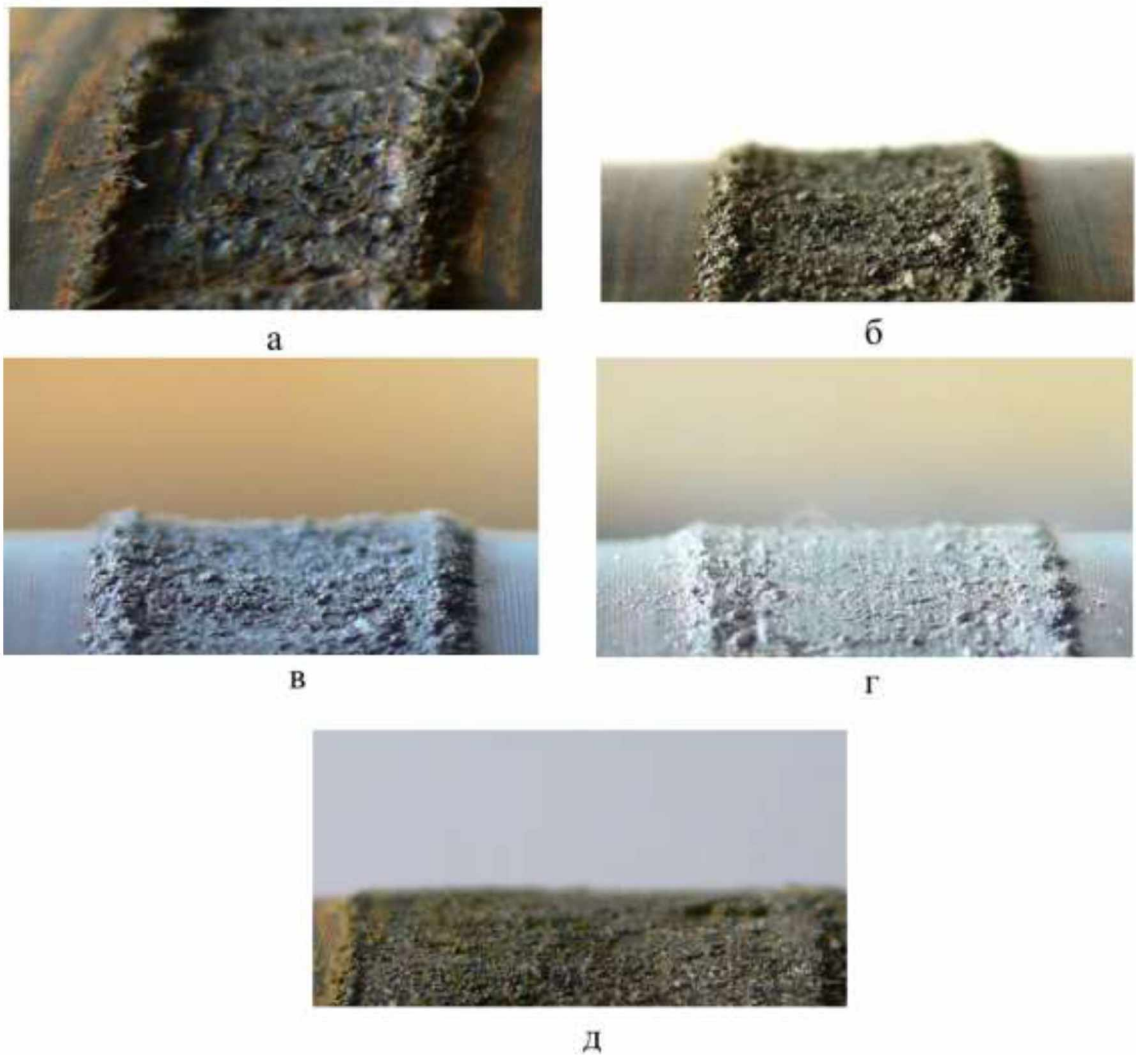


Рисунок 3.9 – Розподіл значень щільності струму: j – щільність струму, b_k – ширина контакту електрода

Були проведені відповідні експерименти по впливу радіуса заокруглення поверхні роликів електрода на формування покриття з порошку при електроконтактному приварюванні металевих порошоків. Порошок самопливом подавався з бункера-дозатора в зазор між деталлю і роликівим електродом по порошкопроводу. Для підбраного значення радіуса R заокруглення поверхні роликів електрода (6 мм (рис. 3.10, а),

8 мм (рис. 1.10, б), 10 мм (рис. 3.10, в), 12 мм (рис. 3.10, г)) і для випадку з плоскою поверхнею роликкового електрода (рис. 3.10, д), з зовнішнім охолодженням зони контакту і без охолодження вимірювалося наступне: розміри покриття (ширина отриманого покриття l за один прохід електрода, середня товщина привареного шару по центру $h_{ц}$ і по краях $h_{к}$).



а – 6 мм; б – 8 мм; в – 10 мм; г – 12 мм; д – 0 мм (при плоскій поверхні дискового електрода)

Рисунок 3.10 – Покриття, отримані при різних значеннях радіуса заокруглення поверхні електрода

У табл. 3.4 показані отримані результати проведених експериментів.

Таблиця 3.4 – Числові результати проведених експериментів

№ зразка	1	2	3	4	5
R	0	6	8	10	12
L	12	6,3	7,3	7,9	8,7
$h_{ц}$	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4
$h_{к}$	0,4	0,6	0,55	0,5	0,5
Втрати використаного порошку, г	25,29	5,48	4,19	6,21	17,56
Маса привареного порошку, г	0,74	0,66	0,90	0,74	0,85

Ці дані показали, що при збільшенні значень радіуса заокруглення поверхні роликів електрода ширина l і середня товщина привареного шару по центру електрода $h_{ц}$ покриття відповідно збільшується, а сама середня товщина шару по краях $h_{к}$ навпаки зменшується. Втрати і маса навареного порошку від збільшення радіуса заокруглення робочої поверхні роликів електрода змінюється по складному закону.

На рис. 3.11 показана залежність товщини покриття $h_{ц}$ від радіуса R заокруглення робочої поверхні роликів електрода при однаковій подачі порошку.

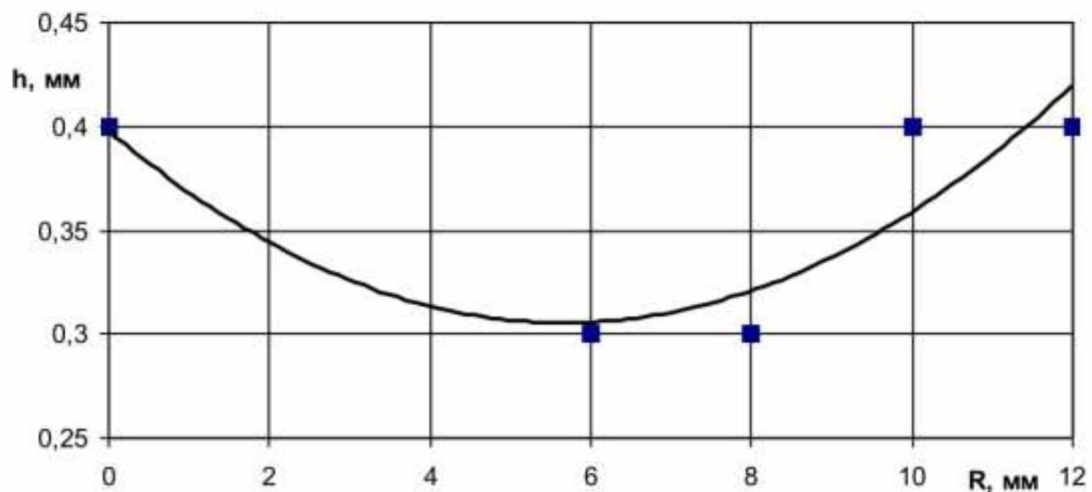


Рисунок 3.11 – Графік залежності товщини покриття $h_{ц}$ від радіуса R заокруглення робочої поверхні роликів електрода при однаковій подачі порошку

Графік залежності товщини покриття h_y від радіуса R заокруглення робочої поверхні роликів електродів при однаковій подачі порошку показує, що при радіусі R заокруглення робочої поверхні роликів електродів дорівнює 6 мм товщини покриття h_y (середня товщина шару по центру) є найменшою, а зі збільшенням радіуса товщина збільшується.

Одним з важливих показників якості деталей машин визначальним їх довговічність і працездатність, є твердість робочих поверхонь.

Поверхня деталей, відновлених електроконтактним приварюванням металеві стрічки, характеризується структурною неоднорідністю, яка проявляється в сильному коливанні значень твердості і мікротвердості. Дослідження проведені на зразках відпаленої сталі марки 45 і деталях з цементованих сталей після електроконтактного приварювання сталеві стрічки товщиною 0,4 мм з вуглецевої сталі марок: 20, 30, 50 і У8А.

Після шліфування та полірування проводилися вимірювання твердості по Вікерсу на твердомірі ТПП-2 з кількістю вимірів 50 на кожному вимірюваному ділянці зразка або деталі. Результати вимірювань наведені в табл. 3.5.

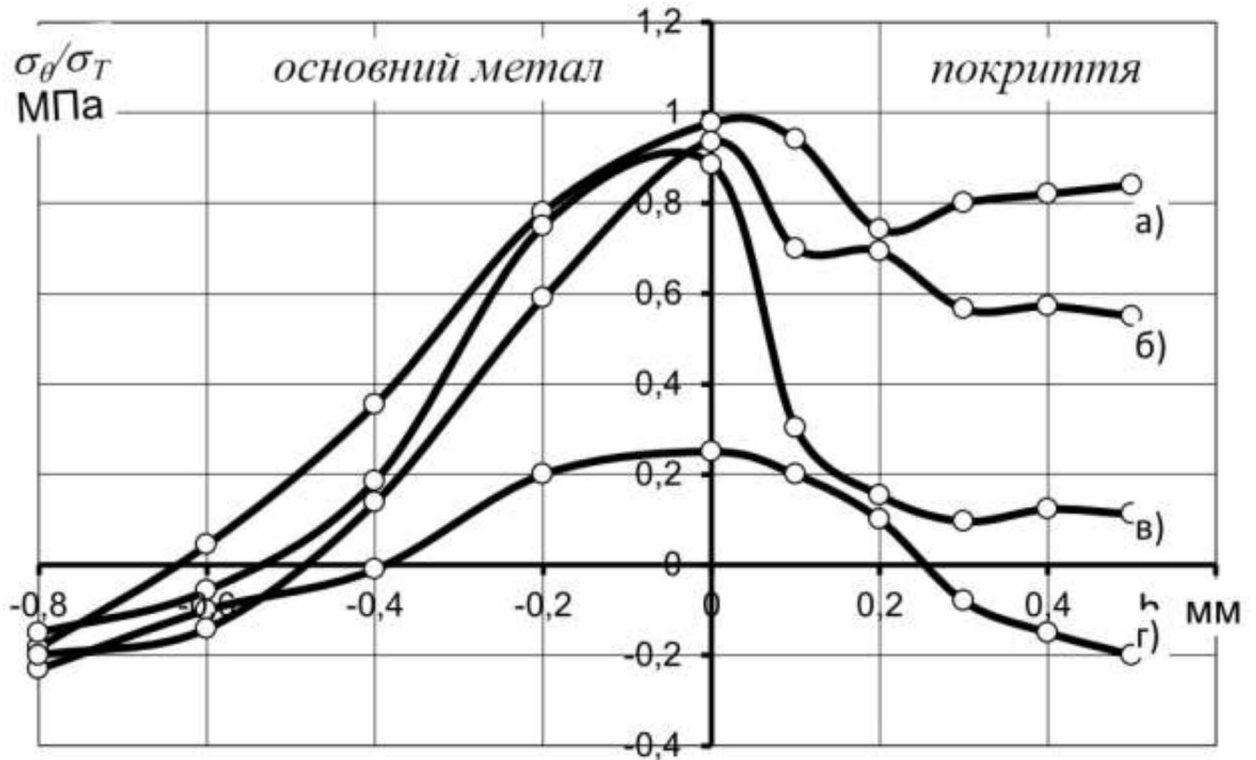
Таблиця 3.5 – Статистичні показники твердості поверхні після контактної приварки металеві стрічки завтовшки 0,4 мм

Статистичні показники твердості	Марка сталі стрічки			
	У8А	20	30	50
Середня арифметична твердість, HV	8829	3110	4218	7828
Значення дисперсії, σ^2	19381	5096	9263	18879
Середньоквадратичне відхилення, σ	139,2	71,4	96,2	137,4
Коефіцієнт варіації, V	1,58	2,30	2,28	1,76

Дослідження отриманих остаточних напружень показали, що після контактної приварювання на поверхні отриманого шару і під ним утворюються окружні і осьові розтягують залишкові напруження.

Показані на графіках рис. 3.12 сприятливі залишкові напруження будуть діяти в покриттях отриманих сталевим дротом, що пояснюється

термомеханічним впливом на деталь роликового електрода при його приварюванні. Найбільші напруги спостерігалися в покриттях з металевої стрічки і порошоків, що досягли відповідно 0,95 і 0,85 межі текучості самого матеріалу покриття.



а) стрічки зі сталі 45 ГОСТ1050-88; б) армована двошарова спінена стрічка: ФБХ-6-2 + ПЖР3.200.28 [25]; в) сталевий дріт Нп-30ХГСА [26]; г) стрічка зі сталі 45 з наступною електроконтактною обробкою

Рисунок 3.12 – Графіки розподілу залишкових напружень по глибині приварених покриттів, отриманих електроконтактним приварюванням

Також заслуговує уваги і покриття після електроконтактного зміцнення (Рис. 3.12, г), як видно з рисунка поверхню отриманого покриття підтверджена напруженням стиснення, що дуже позитивно впливає на витривалість самої деталей, але зі збільшенням глибини впливу напруги стиснення знижуються і на відстані близько 0,25 мм від границі напруги стиснення переходять в напруги розтягнення.

Подальше електроконтактне зміцнення знижує максимальні залишкові напруги в отриманому покритті на 77%, в порівнянні зі зразками відновленими контактною приваркою металевої стрічки без зміцнення.

3.4 Обґрунтування послідовності та режимів технологічного процесу електроконтактної обробки

Результати досліджень лягли в основу технологічного процесу електроконтактного приварювання присадних матеріалів на деталі машин типу «вал».

Технологічний процес електроконтактного приварювання присадних матеріалів включає в себе наступне:

- I. підготовка присадних матеріалів;
- II. підготовка деталі;
- III. приварка самих присадних матеріалів;
- IV. механічна обробка (шліфування) привареного шару.

Для контактної приварки можна використовувати різні присадочні матеріали з різними параметрами, які залежать в основному від зносу відновлюваної деталі. Перед застосуванням присадний матеріал сталеву стрічку необхідно попередньо знежирити бензином або уайт-спіритом. Сталева стрічка нарізується певною шириною, рівній ширині зношеної ділянки вала.

Підготовка деталей типу «вал» до контактної приварки складається з наступного:

1. Механічне очищення деталей від великих забруднень, яке проводиться із застосуванням розчинів миючих засобів: Лабомид-203, МС-15, з концентрацією до 25,0 г/л при температурі обробки 60...100°C або водний розчин кальцинованої і каустичної соди [26].
2. Дефектування деталей по зносу для оцінки його технічного стану.
3. виправлення центровочних отворів деталі.

4. Попереднє шліфування для повного видалення дефектного шару і надання поверхні геометрично правильної форми до діаметра меншого номінального на 0,3...1,5 мм і необхідної шорсткості (R_a 1,25...2,5).

Головною операцією при відновленні є приварка присадочного матеріалу. Приварка цих матеріалів не вимоглива до наявності додаткового обладнання та модернізації існуючих установок для електроконтактного приварювання, наприклад, можуть застосовуватися установки моделей 011-1-05, 011-1-02 і інші.

Одна з найбільш поширених установок для електроконтактного приварювання є модель 011-1-02, яка характеризується наступними параметрами:

потужність трансформатора, номінальна 75 кВА;

- струму зварювання, кА 2,0 ... 20,0;

- тривалості часу імпульсу, з 0,02 ... 6,0;

- тривалості часу паузи, з 0,02 ... 10,0;

Зовнішній діаметр деталі, мм:

- максимальний 200;

- мінімальний 20;

Продуктивність приварювання, максимальна, см²/хв. – 65.

Головним показником при підборі режиму зварювання є зовнішній діаметр деталі і параметри товщини присадочного матеріалу. Знаючи діаметр, визначають обороти шпинделя, силу зварювального струму, тривалості паузи і імпульсу.

На якість процесу величезний вплив справляє величина струму зварювання і тривалість часу імпульсу. Зі збільшенням сили струму процесу зварювання поліпшується міцність зчеплення присадочного матеріалу з основним металом зразка, і в той же час відбувається процес переходу від приварювання в твердій фазі до приварювання – в рідкій фазі, крім того, збільшуються кількість і розміри мікротріщин в привареному шарі і виплеск

металу в зоні приварювання. Підвищення ж тривалості імпульсу призводить до збільшення глибини і розмірів зони термічного впливу.

Збільшується міцність зчеплення, з одночасним збільшенням числа мікротріщин і ерозії привареної поверхні. Витрата рідини, що охолоджує (технічної води) становить приблизно 1,7...1,9 л/хв. для всіх режимів зварювання. Сила притиснення зварювальних електродів 1730...1760 Н (що відповідає тиску в системі установки 0,25...0,45 МПа). При поганому контакті електродів з поверхнею відновлюваного вала спостерігаються виплеск металу із зони контакту, яке призводить до необхідності збільшення припуску на подальшу механічну обробку (шліфування) вала і призводить до прискореного зносу бронзових дискових електродів.

Під час визначення вхідних параметрів приварюється матеріалів пропорційно до збільшення товщини основного привареного шару матеріалу необхідно збільшувати і струм зварювання (при збільшенні розрахункової товщини шару на 0,1 мм зварювальний струм збільшують приблизно на 0,3 кА в порівнянні з даними таблиці).

Регулювання кількості обертів шпинделя установки і розміру поздовжньої подачі безступінчата, вона здійснюється відповідними ручками «візок» і «шпindel».

Інші параметри режиму зварювання встановлюються перемикачами регулятора зварювальних циклів. При необхідності збільшення величину струму зварювання можна регулювати перемиканням ступенів трансформатора.

Контроль якості процесу здійснюють круглим шліфуванням отриманого шару на контрольних деталях або зразках, які обробляють до товщини шару, рівної приблизно 0,02 ... 0,025 мм. Якщо відлущування шару не відбувається або спостерігається, але не більше, ніж на 5% всієї поверхні, то зварюваність з основним металом деталі вважають нормальною.

Висновки

Досліджено показники якості відновлених і зміцнених деталей: твердість поверхні після електроконтактного приварювання гартованих присадних матеріалів HRC 20...60; електроконтактна обробка деталей, відновлених ЕКП присадних матеріалів, знижує максимальні залишкові напруження розтягнення в покритті на 77%; межа витривалості зразків зміцнених електроконтактним способом на 50..52% вище, в порівнянні з незміцненими зразками.

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 газо-димових 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.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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.

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 у світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли

його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через задалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як 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 зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

При відновленні зношених деталей машин сільськогосподарської та автотракторної техніки спочатку необхідно оцінити економічні показники (ефективність) процесу відновлення виробів. Собівартість ремонту і відновлення виробів зазвичай становить близько 15...40% вартості нових виробів [29].

При виборі методу приймаємо за основу економічну доцільність, враховуємо наявність необхідних ремонтних матеріалів і обладнання, технологічні і конструктивні особливості виробу, величину і характер зношування, а також ряд інших важливих чинників:

- характер спряження деталей у виробі (рухома або нерухома посадка);
- умови роботи виробу;
- значення і характер діючих навантажень;
- швидкість і величина переміщення деталей у виробі з рухомою посадкою;
- умови і характер змазування деталей з цієї посадкою.

Проаналізувавши ремонтний фонд підприємств можна сказати, що впровадження в виробничий цикл технологічного процесу контактного приварювання різних присадних матеріалів дозволить істотно розширити можливості цього способу зміцнення і поліпшити якість процесу ремонту виробів. З огляду на непогані отримані результати очікуваний річний економічний ефект від впровадження процесу повинен мати більш високі показники.

Для об'єктивної оцінки показників економічної ефективності процесу відновлення деталей за новою технологією за основну базу порівняння візьмемо технологію відновлення контактною приваркою сталеві стрічки.

Деталі які можна відновлювати даної технологією: вісь підтримуючого ролика 77.33.011А; вісь котка 54.31.402А; вал головного зчеплення 150.21.214-3; втулка шліцьова 150.37.111-1; вал ведучий КПП 130-1701030;

шестерня ведуча конічна 130-2402117; втулка блоку 21678 С8-10; гальмівний кулак 54326-3502111; вал розподільний марки 130-1006015; розподільний вал 60-05101.10.

Техніко-економічна оцінка проведена у відповідності з рекомендаціями щодо визначення економічної ефективності підвищення довговічності сільськогосподарських машин [29].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n k_1) - (c_2 + E_n k_2)] B_T, \quad (4.1)$$

де c_1 і c_2 – собівартість нової та відновленої чавунної деталі плазмовою обробкою їх робочих поверхонь;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [33];

B_T – річний обсяг відновлених деталей за розробленою технологією, шт.

Затрати C_y на виготовлення установки для відновлення чавунних деталей плазмовою обробкою їх робочих поверхонь визначали за такою залежністю:

$$C_y = C_k + C_{od} + C_{nd} + C_{cb} + C_{zv}, \quad (4.2)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

C_{od} – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

C_{nd} – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

C_{cb} – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.;

C_{on} – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції, грн.

Розраховані за вказаною формулою витрати склали 750000 грн.

Питомі капіталовкладення визначали по залежностях [33]:

$\kappa_1 = \frac{C_{O1}}{B_{Г1}}$ де C_{O1} і C_{O2} – вартість основних виробничих фондів за діючої

технології виготовлення і розробленої технології відновлення;

$B_{Г1}$ і $B_{Г2}$ – річна програма виготовлення та відновлення за розробленою технологією.

Питомі капіталовкладення склали $\kappa_1 = 1,69$ грн.; $\kappa_2 = 1,17$ грн.

Собівартість відновлення C деталі визначали по наступній формулі:

$$C = C_{з.п.} + C_m + C_{р.ф.} + C_{н.р.} + C_{i.в.}, \quad (4.3)$$

де $C_{з.п.}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;

C_m – витрати на використанні при відновленні матеріали, грн.;

$C_{р.ф.}$ – вартість ремонтного фонду з урахування витрат на придбання обладнання, грн.;

$C_{н.р.}$ – накладні витрати, грн.;

$C_{i.в.}$ – інші витрати, грн.

Собівартість однієї чавунної деталі складає $C_1 = 850$ грн., а відновленої $C_2 = 260$ грн.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(850 + 0,15 \cdot 1,69) - (260 + 0,15 \cdot 1,17)] \cdot 350 = 206500 \text{ грн.},$$

де 350 – річний обсяг відновлення деталей.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 590 грн.

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення чавунних деталей наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної ефективності	Значення показників	
	Існуюча технологія виготовлення	Розроблена технологія відновлення
1. Річний обсяг виготовлення і відновлення деталей, од.	350	350
2. Капіталовкладення, грн..		750000
3. Собівартість однієї деталі (середня), грн.	850	260
4. Питомі капітальні вкладення, грн.	1,69	1,17
5. Річний економічний ефект, грн.		206500
6. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		590

Висновки

1. Вартість однієї деталі, відновленої по розробленій технології в 3,3 рази нижча ніж вартість нової деталі.

2. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 206500 грн. при річному обсязі впровадження 350 деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз існуючих способів електроконтактного приварювання присадних матеріалів показав, що найбільш ефективним способом контактної приварки при відновленні деталей машин є приварка порошків і сталеві стрічки

2. Теоретично досліджена температура поверхні деталі при електроконтактній обробці. Температура 727°C опускається на глибину $0,315\dots 0,472$ мм в залежності від температури на поверхні деталі.

3. Досліджено показники якості відновлених і зміцнених деталей: твердість поверхні після електроконтактного приварювання гартованих присадних матеріалів HRC 20...60; електроконтактна обробка деталей, відновлених ЕКП присадних матеріалів, знижує максимальні залишкові напруження розтягнення в покритті на 77%; межа витривалості зразків зміцнених електроконтактним способом на 50..52% вище, в порівнянні з незміцненими зразками.

4. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 206500 грн. при річному обсязі впровадження 350 деталей.