

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допущено до захисту
“ ” 2025 р.
Завідувач кафедри к.т.н., доцент
_____ Войтік А.В.

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
Перший (бакалаврський)

Тема проекту: **«Підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плуга шляхом напівавтоматичного вібрودугового наплавлення для забезпечення рівномірного зношування робочої поверхні.»**

Виконав: студент 3 курсу, групи 32 к-ім
Спеціальність Н7
«Агроінженерія»
Жеребцова О.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник: Головатюк А.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Прокопенко Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: Єремєєва О. А.
(прізвище та ініціали)

м. Умань - 2025 рік

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА

інженерно-технологічний факультет

Кафедра агроінженерії

Освітня програма Бакалавр

Спеціальність Н7 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Войтік А.В.

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)**

студенту Жеребцовій Олені Миколаївні

Тема роботи «Підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плуга шляхом напівавтоматичного вібродугового наплавлення для забезпечення рівномірного зношування робочої поверхні.»

керівник проекту: Головатюк Анатолій Анатолійович, к. с-г. н.
затверджено наказом Уманського НУС №01-06/62 від 01квітня 2025 р.

2. Строк подання студентом прєкту «20» _05_____ 2025_р.

3. Вихідні дані до проекту літературні джерела, технологічні та технічні рішення, методичні вказівки, методики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: Вступ. 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проекту. 2. Теоретичні та/або експериментальні дослідження за темою дипломного проекту. 3. Охорона праці. 4 . Обґрунтування досягнутих результатів. Загальні висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е. В.		

6. Дата видачі завдання – «___» _____ 20__ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел		
2.	Розділ 1		
3.	Розділ 2		
4.	Розділ 3		
5.	Розділ 4		
6.	Виконання ілюстративної частини роботи		
7.	Представлення роботи керівнику на перевірку		

Студент _____ **Жеребцова О.М.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ **Головатюк А.А.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проєкту	8
РОЗДІЛ 2. Технологія відновлення і ремонту деталі	18
2.1 Економічна ефективність відновлення деталі	27
РОЗДІЛ 3. Теоретичні та експериментальні дослідження за темою дипломного проєкту	30
3.1 Напіваавтоматичне вібродугове наплавлення	32
РОЗДІЛ 4. Охорона праці	38
4.1 Організація умов та заходів з охорони праці на підприємстві	38
4.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час вібродугового наплавлення	38
4.3 Розробка організаційно-технічних заходів з ОП при роботі з удосконаленим механізмом чи процесом	40
4.3.1 Вибір хімічного складу зварювальних матеріалів	41
4.4 Аналіз виробничих небезпек під час виробництва певної продукції чи проведенні робіт	43
3.5 Висновки	44
РОЗДІЛ 4. Обґрунтування досягнутих результатів	45
Загальні висновки	47
Список використаних джерел	49
Додатки	51

ВСТУП.

Вібродугове наплавлення застосовується при відновленні деталей із вуглецевих і низьколегованих сталей, сірого, ковкого та високоміцного чавуну.

Актуальність теми дослідження. В процесі експлуатації кромки і площини відвалів плугів піддаються нерівномірному зношуванню це викликає необхідність додаткового зміцнення найбільш навантажених зон.

Такий підхід дозволяє, з одного боку мінімізувати площу зон, що піддаються зміцненню, а з іншого боку виключити додаткові витрати на формування зміцнених шарів із надмірною зносостійкістю. Одним з ефективних способів підвищення зносостійкості деталей плугів є дугове наплавлення валиками, що не перекриваються.

При напавленні тонколистових деталей, до яких відносяться відвали плугів, з метою зниження тепловкладання в основний метал, запобіганню зварювальним деформаціям і пропалюванню крайок доцільно застосування вібродугове наплавлення в струменях води. Однак складна геометрія відвалів ускладнює їх механізоване наплавлення, а існуючі конструкції вібродугових головок виключають можливість ручного маніпулювання зварювальним пальником.

Це викликає необхідність розробки способу та технологічного обладнання для напівавтоматичного вібродугового наплавлення. На підставі вищевикладеного, можна зробити висновок розробка технології зміцнення відвалів плугів напівавтоматичною вібродуговою наплавкою є актуальним завданням.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є підвищення ефективності поверхневого зміцнення відвалів плугів за допомогою напівавтоматичного вібродугового наплавлення для підвищення рівномірності зношування робочої поверхні відвалу найбільш навантажених зон

Відповідно до мети досліджень передбачено рішення наступних задач:

- розробити механізм подачі і спосіб напівавтоматичного вібродугового наплавлення і дослідити вплив режимів напівавтоматичного вібродугового наплавлення на формування валиків наплавленого металу;
- розробити методику визначення зон робочої поверхні відвалу, які потребують зміцнення;
- розробити технологічні рекомендації щодо зміцнення відвалів плугів напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.
- дослідити вплив схеми накладання валиків на зносостійкість відвалів плугів;

Об'єкт дослідження: відвали корпусів плугів

Предмет дослідження: формування рівної зносостійкості поверхні відвалів корпусів плугів при зміцненні напівавтоматичним вібродуговим наплавленням.

Методи дослідження. Основні завдання роботи вирішувалися з урахуванням поєднання теоретичних і експериментальних методів дослідження. Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики та землеробської механіки.

Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики.

Наплавлення характеризується коливанням зварювального дроту з частотою 50...100 Гц і низькою напругою. Обладнання: переобладнаний токарний верстат, який забезпечує повільне обертання деталі, наплавочна головка і джерело зварювального струму. Наплавлення виконується у середовищі рідини (10...20 % розчин гліцерину) зварювальним дротом 1,2...3 мм. Суть процесу вібродугового наплавлення полягає у періодичному замиканні та розмиканні електродного дроту, який знаходиться під струмом і поверхні деталі (рис. 1.).

Перевагами вібродугового наплавлення в рідині є відсутність нагріву і деформації деталі, можливість загартовування наплавленого шару, що часто виключає необхідність в наступній термічній обробці, менше вигорання вуглецю.

Недоліками наплавлення є значне зниження втомної міцності деталей, нерівномірна твердість наплавленого шару, неоднорідність мікроструктури металу.

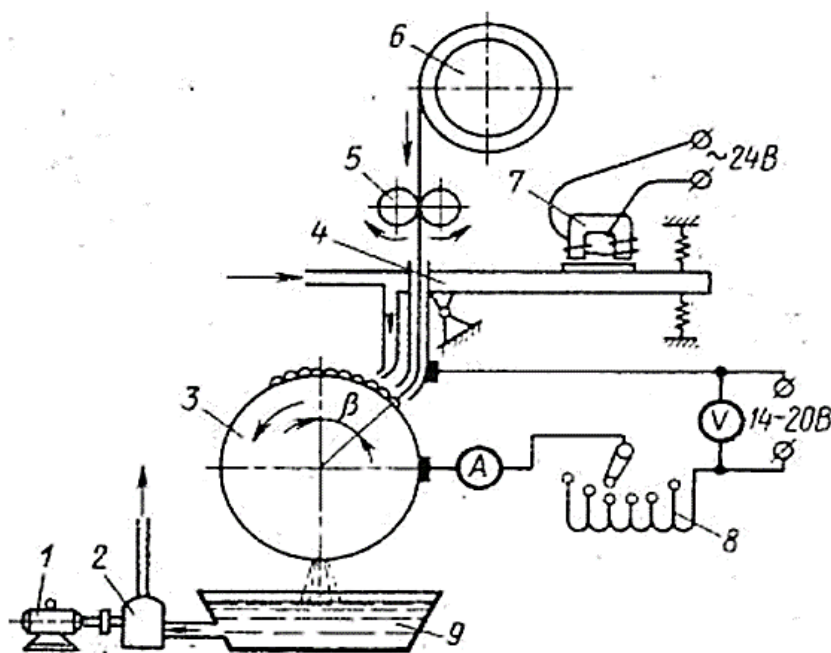


Рис. 1. – Схема установки для автоматичного вібродугового наплавлення:

1 – електродвигун; 2 – насос для перекачування охолоджуючої рідини;
3 – відновлювана деталь; 4 – вібрируючий мундштук; 5 – механізм подачі дроту; 6 – касета; 7 – вібратор; 8 – індуктивний опір; 9 – бак для збирання охолоджуючої рідини

РОЗДІЛ 1. Аналіз стану питання за темою дипломного проєкту.

Техніко-економічна доцільність відновлення деталей шляхом наплавлення. Відновлення та наплавлення деталей, а також повторне використання різних матеріалів пов'язане з певними матеріалами та трудомісткістю. Ці роботи необхідно оцінити, наскільки доцільно з техніко-економічної точки зору їх виконання.

Технічна можливість проведення реставрації враховує:

- 1) унікальність відновлюваної частини;
- 2) серійність відновлювальних робіт для рядових деталей;
- 3) ступінь зносу;
- 4) наявність умов для збирання, підготовки та реставрації деталей;
- 5) доступність матеріалів;
- 6) ресурс відновлюваної частини.

Наплавлення – алгоритм нанесення шару розплавленого металу або сплаву на верхній виріб. Наплавлення застосовують для відновлення зношених деталей і одержання виробів із заданими властивостями поверхні: стійкістю до тертя, жароміцністю, термо- і кислотостійкістю, антифрикційними та ін. Застосування наплавлення дозволяє зменшити витрату дорогих і дефіцитних легованих сталей, спеціальних сплавів, збільшити надійність і термін служби машин (механізмів).

Застосовуються: ручна дугова наплавка плавкими і неплавкими електродами; автоматичне та напівавтоматичне наплавлення під флюсом та в захисних газах; плазмова, вібродугова, електрошлакова, індукційна, імпульсно-дугова та газова наплавлення. Найчастіше наплавлення виконується електричною зварювальною дугою. На відміну від зварювання, наплавлення передбачає використання невеликої кількості основного металу, який розплавляється на невелику глибину. Тому внутрішні навантаження і деформації, а також схильність виробу до утворення тріщин незначні. Задані якості наплавленого шару досягаються введенням до його складу легуючих

компонентів. Легування здійснюється за рахунок взаємодії металу і шлаку, поглинання елементів із газового середовища, додавання металевих домішок до зварювальної ванни. Головне при напавленні – отримання однорідного хімічного компонента напавленого металу і заданих властивостей виробу.

Механічний спосіб напавлення відрізняється від ручного безперервного процесу дротами або стрічками і спеціальним устаткуванням для подачі електродного матеріалу і механізмами для переміщення джерела тепла або виробу, що напавляється.

За способом виробництва напавлювальні матеріали поділяють на покриті електроди, суцільні напавлювальні дроти та стрічки, флюси, порошкові дроти та стрічки, прутки та гранульовані порошкові сплави. Матеріали для напавлення вибирають в залежності від призначення і необхідної твердості напавленого шару. Для оновлення форми і розмірів деталей використовуються звичайні зварювальні дроти та електроди, які забезпечують низьку твердість напавленого металу. Відповідно до ГОСТ 10543-82 випускають сталевий напавлювальний дріт діаметром від 0,3 до 8 мм. Стандарт передбачає дріт вуглецевий 9 марок (Нп-25, Нп-85 та ін.), дріт легований 11 марок (Нп-40Г, Нп-30ХГСА та ін.), дріт високолегований 10 марок (Нп-20Х14, Нп-30Х10Г10Т, Нп-30Х10Г10Т, Нп-30Х10Г10Т).

Напавлення - це нанесення різними методами на поверхні деталей шару необхідної товщини і необхідного хімічного складу із заданим комплексом властивостей (підвищеної міцності, зносостійкості, корозійної стійкості тощо), а також відновлення зношеної поверхні.

Напавлення є одним з основних процесів відновлення деталей, що дозволяє економити природні та енергетичні ресурси і значно поліпшити стан навколишнього середовища.

Чорна металургія це галузь, яка є найбільш відновлюваною, як з розрахунку фактичного обсягу відновлених деталей, так і з розрахунку перспектив його розширення.

Укріплення способом наплавлення допускає збільшити термін використання деталей в 2-3 рази.

У загальному обсязі робіт з відновлення деталей на ремонтних підприємствах різні методи становлять, %:

- наплавлення під шаром флюсу - 31;
- вібродугове - 12;
- в середовищі вуглекислого газу - 20;
- порошковим дротом без флюсу і газового захисту - 10;
- плазмове - 1,5
- електроконтактний - 6;
- гальванічні методи - 5;
- електромеханічна обробка - 1;
- електрошлакове наплавлення - 1,5
- наплавлення рідкими металами - 2;
- відновлення полімерами - 5;
- інші методи - 5. 7.

Ефективно та економічно метод наплавлення включає в себе.

- наплавлення одного кілограма металу при реставрації замінює виготовлення 15-25 кг нових деталей, а при зміцненні - 60-75 кг;

- один кілограм наплавленого металу зміцнює або відновлює в середньому 20 кг деталей, зменшує витрати металу на виготовлення нових деталей;

- після зміцнення наплавлення термін служби деталей збільшується в 2-5 разів;

- одна гривня, вкладена в наплавлення, дозволяє заощадити від 5 до 10 грн.

Переваги та недоліки технології відновлення деталей.

Переваги:

- мобільність;

- реалізація у всіх просторових положеннях;
- можливі всі види зварних з'єднань.
- менші вимоги до підготовки краю;
- додаткове видалення дефектного шару потоком рідкого металу.

Проблеми

- продуктивність праці знижується;
- необхідні спеціальні методи утримання рідкого металу;
- якщо нагрів по товщині матеріалу нерівномірний і, може бути, великий об'єм рідкого металу, що викликає напругу і деформацію;
- розвиток дифузійних процесів і не завжди бажаних хімічних реакцій.

Порошковий дріт використовується для наплавлення деталей під флюсом, в середовищі захисних газів і відкритою дугою. Для наплавлення під флюсом деталей з вуглецевої сталі застосовують порошкові дроти наступних марок ПП-АН120, ПП-АН121, ПП-АН122, для наплавлення високомарганцевих сталей -- ПП-АН105, для наплавлення високохромистих сталей -- ПП-АН170. Для наплавлення під флюсом і відкритою дугою застосовують універсальні порошкові стрічки марок ПЛ-АН101, ПЛ-АН102. При напавленні порошковим дротом використовуються струми менші, ніж при зварюванні. Це зменшує глибину проплавлення металу виробу, і метал шва менше змішується з основним металом, а твердість шару шва підвищується. Для наплавлення в аргоновому і кисневому полум'ї використовують стрижні з литих твердих сплавів. Вони випускаються діаметром 6-8 мм і довжиною до 400 мм. Для наплавлення застосовують також спеціальні гранульовані (порошкоподібні) сплави: Вокар — гранульована суміш подрібненого вольфраму і вуглецю, що використовується для наплавлення свердлильного інструменту. Твердість першого шару 50-58 HRC, другого - 61-63 HRC.

Вісхом складається з 5% ферохрому, 15 феромарганцю, 74 чавунної стружки і 6% графіту. Використовується для наплавлення лемехів, дисків,

зубів та інших деталей сільськогосподарських машин. Твердість наплавлення становить 250-320 HB.

Боридна порошкова суміш БХ складається з 50% боридів хрому і 50% залізного порошку. Твердість наплавленого шару становить 82-84 HRA.

Карбідно-боридна порошкова суміш KBX (5% хрому, 5 бориду хрому, 60 ферохрому, 30% залізного порошку).

Сталініт М виготовляється з порошків вуглецевого ферохрому, феромарганцю, нафтового коксу з додаванням чавунної крихти. Застосовується для наплавлення ковшів екскаваторів, бульдозерних відвалів тощо. Твердість загартованої кулі 52HRC.

Для автоматичного і ручного наплавлення використовують ті ж флюси, що і для зварювання. Хромонікелеві сталі зварюють флюсом марки АН-26, високохромисті чавуни - АН-28. Електрошлакове наплавлення виконують флюсами АН-8, АН-25. Колеса мостових кранів, опорні колодки і катки гусеничних тракторів зварюють керамічним флюсом АНК-18. Робочі поверхні бульдозерів і грейдерів наплавляються флюсом АНК-19.

Розроблено і випробувано в промислових умовах цілу гаму оригінальних порошкових безвольфрамових наплавочних матеріалів з регламентованими властивостями, призначених для зміцнення і відновлення робочих органів техніки, яка працює в умовах інтенсивного абразивного зношування.

На відміну від традиційних наплавочних матеріалів, де тверді хімічні спори присутні в готовому вигляді, в матеріалах класу СВС вони синтезуються в електроді безпосередньо в процесі наплавлення з вихідних компонентів, які додаються в шихту.

Переваги такої технології:

1. Висока твердість та зносостійкість. Наплавлювальні матеріали класу СВС, розроблені на базі ТОВ «Епсилон», являють собою мікрокомпозити, в яких розмір твердої фази (карбідів і боридів d-перехідних металів) лежить в

межах 2-10 мкм і співрозмірний з розміром абразивних частинок. Це дозволяє цим матеріалам успішно працювати в будь-яких умовах абразивного впливу.

Традиційні наплавочні матеріали типу «Сорміт» (електроди Т-590, Т-620), які по суті є зносостійкими сплавами, мають ряд суттєвих недоліків, а саме: недостатню твердість (50-60 HRC), низьку зносостійкість, а також значний термічний вплив на поверхню, що наплавляється і перемішування з основним металом через концентрацію всієї потужності дуги наплавлення на стрижні електрода.

Електроди класу СВС дозволяють отримати захисне покриття з твердістю 63-70 HRC, зносостійкість якого при терті по жорстко закріпленому абразиву в 1,2-1,5 рази вище зносостійкості твердих сплавів типу ВК і ацетиленового наплавлення стрічковим релітом (карбід вольфраму) і в 2,5-3,5 рази вище зносостійкості електродів типу «Сормайт» (див. порівняльну діаграму зносостійкості матеріалів).

Технологічна простота і висока продуктивність. Зміцнення здійснюється електродуговим наплавленням із застосуванням серійного зварювального обладнання типу ВДУ, ВДГ і стандартних пристосувань, електродотримачів тощо.

Цей наплавлювальний матеріал може випускатися як у вигляді порошкових електродів довжиною 400 мм для ручного електродугового наплавлення, так і у вигляді смуги 8х3 мм для механізованих способів наплавлення. Для використання смуги придатні будь-які моделі серійних зварювально-наплавочних автоматів (типу А 1416) після незначної модифікації вузла подачі електродів, а також спеціальні напівавтомати типу «Орбіта-НП», розроблені на нашому підприємстві.

Зношування робочих органів ґрунтообробних машин відбувається в процесі безперервної взаємодії з ґрунтом. На інтенсивність і характер зношування впливають характер і властивості ґрунту, а також умови

взаємодії ґрунту з робочими органами. В процесі експлуатації в деталях ґрунтообробних машин і агрегатів відбуваються значні конфігурації технологічних і конструктивних особливостей. Ці процеси відбуваються переважно на найбільш навантажених поверхнях деталей внаслідок тертя в абразивному середовищі.

При вивченні опублікованих робіт основними факторами, що визначають знос робочих органів ґрунтообробних машин, називають механічну складову, вологість, ущільненість і однорідність ґрунту, швидкість переміщення і форму робочих органів, а також властивості матеріалів, з яких вони виготовлені. Внаслідок прискореного зношування робочих поверхонь відвалів плуга знижується якість обробітку ґрунту, підвищується тяговий опір агрегатів, виникають додаткові експлуатаційні витрати за рахунок збільшення витрати палива і простоїв машин, пов'язаних із заміною зношених деталей, а також скорочується термін служби плуга.

Швидкість зношування деталей робочих органів ґрунтообробної техніки, в тому числі і відвалів плуга, на різних ґрунтах буде суттєво відрізнятися, що пов'язано з різницею ступеню зносу ґрунтів. За даними Боракова К.В., середній коефіцієнт зносу відвальних кузовів може становити від 10 до 100 га, крил відвальних – від 40 до 270 га. Аналіз літературних джерел показав, що деталі відвалів плуга зношуються нерівномірно. Найбільш типовими зонами зносу відвалів корпусу плуга є зріз поля та площа.

Характерні зони зносу відвалів. Огляд відвалів плугів після експлуатації показав, що зносу піддаються як площа відвалу, аж до наскрізного стирання, так і кромки. Знос відвалів і пов'язане з цим ослаблення болтових кріплень може призвести до появи щілин. Недоліки відвалів після використання:

- а) знос потайних головок болтів в місці кріплення відвалу до корпусу;
- б) поперечна тріщина в носовій частині відвалу.

Особлива важливість натиску ґрунту діє на грудну частину відвалу, що призводить до значно інтенсивнішого зношування цієї частини відвалу, ніж крил відвалу. Для плугів, що працюють в особливо важких умовах, можуть використовуватися корпуси зі змінними відвалами.

Для зменшення сили тертя ґрунту і полегшення ковзання шару ґрунту робочу поверхню відвалу полірують. Наявність нерівностей, вм'ятин, тріщин, корозійних ділянок на робочій поверхні призводить до забивання таких місць ґрунтом і, як наслідок, до порушення процесу оранки та збільшення тягового опору плуга. Як правило, польова кромка відвалу інтенсивно зношується.

У нормальному відвалі лінія польового зрізу повинна виступати від стовпа на 18 мм, у зношених відвалах виступ зазвичай становить 2-6 мм.

Борак К.В. пропонує бракувати відвали:

за критерієм утворення наскрізної абразії - на піщаних, супіщаних і легкосуглинкових ґрунтах,

за критерієм зносу польового зрізу - на глинистих і важкосуглинкових ґрунтах.

В даний час розроблено велику кількість технологічних процесів підвищення зносостійкості деталей ґрунтообробних машин, часто з нерівноцінними техніко-економічними показниками.

Основними методами зміцнення лемешів плугів є:

ручне дугове наплавлення - суцільне або у вигляді сітки;

встановлення керамічних пластин;

нанесення композиційних покриттів.

Різновид методів зміцнення відвалів плугів:

а - суцільне дугове наплавлення;

б - дугове наплавлення у вигляді сітки;

в - зміцнення керамічними пластинами;

г - зміцнення композитними матеріалами.

Ручне дугове наплавлення в основному виконується електродами Т-590 і Т-620 на змінному або постійному струмі. Воно дозволяє збільшити термін служби деталі в 1,5-2,0 рази. Однак велика зона термічного впливу, що виникає при використанні цього методу, може призвести до підгоряння кромки, викривлення поверхні лопатки, а також до зниження опору основного металу на вигин, поломок лопатки.

При використанні композитних матеріалів і керамічних накладок їх встановлюють в найбільш зношуваних місцях. Проте слід зазначити відносну складність технологічного процесу при фрезеруванні гнізд на грудці відвалу через цементацію верхнього шару і геометричну поверхність, а також те, що при роботі на засмічених і кам'янистих ґрунтах найбільш вирогідно псування пластин під час використання.

Для відновлення відвалів плугів науковці ХНТУСГ пропонують використовувати абразивостійкий дисперсно-зміцнений композит на основі епоксидної смоли. Цей метод дозволяє усунути наскрізний знос зі збереженням механічних властивостей і форми відновлюваної деталі без термічних і деформаційних впливів в період формування покриття. Водночас, вищезгадані вчені пропонують використовувати метод армування для поверхонь виливниць з радіальним зносом.

Метод полягає в наклеюванні на поверхню леза сталевих пластин, загартованих до твердості HRC 50-53. Цей метод також передбачає термічні та деформаційні впливи під час формування покриття. На сьогодні розроблено значну кількість технологій для збільшення ресурсу інших робочих органів плугів. ІМЕСГ запропонував технологію зміцнення нових лемешів плугів наплавленими валиками, які наносяться в найбільш зношуваних місцях ручним дуговим наплавленням.

Відмічається, застосунок цього методу підвищує роботу укріплених деталей в 1,8-2 рази в порівнянні з тими що йдуть серійними. Технологія лазерного зміцнення і наплавлення поверхонь тертя культиваторних лап

оброблена в ЦНТУ. У стримуванні променем лазера завширшки до 30 мм. Ця технологія показує зростання зносостійкості укріплених лап в 3-4 рази в порівнянні з випущеним серійно.

РОЗДІЛ 2. Технологія відновлення і ремонту деталі

Характеристика деталі:

- назва зношеної деталі – вал;
- матеріал – сталь 45 ГОСТ 1050-88;
- маса – 8 кг.
- основний дефект деталі - зношення поверхні 1 до діаметра менше 49,7 мм по довжині 2х56 мм;
- спосіб відновлення - вібродугове наплавлення зношеної поверхні.

Порядок робіт по відновленню деталі.

Операція 1. Токарна

Проточити поверхню 1 з діаметра $\varnothing 49,7$ мм до діаметра $\varnothing 49$ мм.

Операція 2. Вібродугова наплавка.

Наплавити поверхню 1 з діаметра $\varnothing 49$ мм до діаметра $\varnothing 53$ мм.

Операція 3. Токарна

Проточити поверхню 1 з діаметра $\varnothing 53$ мм до діаметра $\varnothing 50,35$ мм.

Операція 4. Шліфувальна

Прошліфувати поверхню 1 з діаметра $\varnothing 50,35$ мм до діаметра $\varnothing 50,0$ мм.

Вибираємо обладнання та інструменти:

- токарно-гвинторізний верстат 1К62;
- установка для вібродугової наплавки;
- круглошліфувальний верстат 316М.

Вибираємо інструмент:

- прохідний різець Р18;
- наплавлювальний дріт НП-45 ГОСТ 10543-75;

- шліфувальний круг ПП-400х20х305ЭБ ГОСТ 2675-80.

Вибираємо вимірювальний інструмент:

- штангенциркуль ШЦ I-125-0,1 ГОСТ 166-73;
- мікрометр МК25-50 ГОСТ 6507-78.

Операція 1. Токарна

Призначаємо режим різання.

Визначаємо припуск на обробку деталі по формулі:

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{49,7-49}{2} = 0,35 \text{ мм.} \quad (2.1)$$

Назначаємо глибину різання $t = 0,35$ мм тобто змінюємо весь припуск за 1 прохід $i = 1$.

Визначаємо подачу: $S = 0,6$ мм/об, [2], табл.8, ст. 56

Визначаємо швидкість різання: $V_T = 37$ м/хв, [2], табл. 11, ст. 57

Вводимо поправочний коефіцієнт на швидкість різання в залежності від матеріалу і характеру заготовки та матеріалу ріжучої частини різця:

$$V = V_m \cdot k_m \cdot k_x \cdot k_{mp}, \text{ м/с} \quad (2.2)$$

де: k_m – коефіцієнт, який враховує марку оброблюваного матеріалу, [2], табл. 12, ст. 57;

k_x - коефіцієнт, який враховує характер заготовки, [2], табл. 14, ст. 58;

k_{mp} – коефіцієнт матеріалу різця, [2], табл. 15, ст. 59

$$V = 37 \cdot 1,70 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 27,9 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання деталі:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{27,9}{49} = 181,3 \text{ об/хв} \quad (2.3)$$

Визначаємо найближче паспортне значення частоти обертання для верстата 1К62 [2], табл. 37, ст.72: $n = 185$ об/хв.

Визначаємо розрахункову довжину проточування:

$$L = l + y, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де: l – розрахункова довжина заготовки (по карті ескізів), мм;

y – величини врізання і перебігу різця, мм;

$$l = 112 \text{ мм};$$

$$y = 2 \text{ мм}, [2], \text{ табл. 38, ст. 74};$$

$$L = 112 + 2 = 114 \text{ мм};$$

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{114 \cdot 1}{185 \cdot 0,6} = 1,03 \text{ хв.} \quad (2.5)$$

Визначаємо допоміжний час, який пов'язаний з встановленням і зняттям деталі:

$$T_{\text{доп}} = T_d' + T_d'' \quad (2.6)$$

де: T_d' – час на встановлення і знімання деталі, хв;

T_d'' - час зв'язаний з проточкою поверхні, хв;

$$T_d' = 0,48 \text{ хв}, [2], \text{ табл. 43, ст. 77};$$

$$T_d'' = 0,5 \text{ хв}, [2], \text{ табл. 44, ст. 77};$$

$$T_{\text{доп}} = 0,48 + 0,5 = 0,98 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}} = 1,03 + 0,98 = 2,01 \text{ хв.} \quad (2.7)$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{\text{доо}} = \frac{T_{\text{он}} \cdot k}{100} = \frac{2,01 \cdot 8}{100} = 0,16 \text{ хв.} \quad (2.8)$$

де: k – процентне відношення додаткових робіт до основних, при токарних роботах $k=8\%$ [2]

Визначаємо підготовчо-заклучний час:

$$T_{\text{пз}} = 9 \text{ хв, [2].}$$

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_n = T_o + T_{\text{дон}} + T_{\text{доо}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,03 + 0,98 + 0,16 + 9 = 11,17 \text{ хв.} \quad (2.9)$$

Розряд роботи - III;

Умови роботи – верстатні, нормальні.

Операція 2. Вібродугова наплавка.

Визначаємо основний час, для чого установлюємо режим наплавки з [2]

- число проходів $i = 1$;
- товщина наплавленого шару не більше 2 мм;
- діаметр електродного дроту – 2,0 мм;
- сила струму - 180 А;
- крок наплавки – 2,3 мм/об;
- швидкість наплавки деталі – 0,8 м/хв;
- швидкість подачі електродного дроту – 1,3 м/хв.

Встановлюємо частоту обертання деталі:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{0,8}{49} = 5,19 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{112 \cdot 1}{5,2 \cdot 2,3} = 9,38 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, який пов'язаний з встановленням і зняттям деталі:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{д}}' + T_{\text{д}}''$$

де: $T_{\text{д}}'$ – час на встановлення і знімання деталі;

$T_{\text{д}}''$ - час зв'язаний з проточкою поверхні;

$$T_{\text{д}}' = 0,5 \text{ хв, [2], табл. 108, ст. 141;}$$

$$T_{\text{д}}'' = 0,9 \text{ хв, [2], ст. 141;}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_{\text{о}} + T_{\text{д}} = 9,38 + 1,4 = 10,7 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час ($k = 15 \% [2], \text{ ст. 141}$):

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot k}{100} = \frac{10,78 \cdot 15}{100} = 1,62 \text{ хв;}$$

Визначаємо підготовчо-заклучний час при вібродуговій наплавці:

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв [2], ст. 141.}$$

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{доп}} + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 9,38 + 1,4 + 1,62 + 16 = 28,4 \text{ хв.}$$

Розряд роботи – IV, умови роботи - шкідливі.

Операція 3. Токарна

Проточити наплавлену поверхню з діаметра $\varnothing 53$ мм до діаметра

$\varnothing 50,35$ мм по довжині 112 мм.

Обладнання беремо з першої операції, різець прохідний P18.

Вибираємо та розраховуємо режим обробки та припуск на обробку.

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{53,0-50,35}{2} = 1,325 \text{ мм.}$$

$t = 1,325$ мм тобто змінюємо весь припуск за 1 прохід $i = 1$

З [2], вибираємо подачу $S = 0,6$ мм/об, швидкість різання

$$V_T = 37 \text{ м/хв};$$

$$V = V_m \cdot k_m \cdot k_x \cdot k_{mp} \cdot k_{ox}, \text{ м/хв}; \quad (2.10)$$

$$k_m = 1,70, [2];$$

$$k_x = 0,7, [2];$$

$$k_{mp} = 0,8, [2];$$

k_{ox} - коефіцієнт охолодження, $k_{ox} = 1,0, [2];$

$$V = 37 \cdot 1,7 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 1,0 = 24,45 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання деталі:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{24,45}{50,35} = 154,4 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо найближче паспортне значення частоти обертання для верстата 1К62 ([2]: $n = 150$ об/хв.

Визначаємо розрахункову довжину проточування:

$$L = l + y, \quad (\text{мм})$$

де: l – розрахункова довжина заготовки (по карті ескізів), мм;

y – величини врізання і перебігу різця, мм;

$$l = 112 \text{ мм};$$

$$y = 3,5 \text{ мм, [2];}$$

$$L = 112 + 3,5 = 115,5 \text{ мм.}$$

Визначаємо основний час по формулі:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{115,5 \cdot 1}{150 \cdot 0,6} = 1,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час, який пов'язаний з встановленням і зняттям деталі:

$$T_{\text{доп}} = T_d' + T_d''$$

де: T_d' – час на встановлення і знімання деталі, хв;

T_d'' - час пов'язаний з проточуванням поверхні, хв;

$T_d' = 0,48$ хв, [2], табл. 43, ст. 77;

$T_d'' = 0,5$ хв, [2], табл. 44, ст. 77;

$T_{\text{доп}} = 0,48 + 0,5 = 0,98$ хв.

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 1,28 + 0,98 = 2,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot k}{100} = \frac{2,26 \cdot 8}{100} = 0,18 \text{ хв.}$$

де: k – процентне відношення додаткових робіт до основних, при токарних роботах

$k = 8\%$ [2].

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$T_{\text{пз}} = 9$ хв, [2].

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_n = T_o + T_{\text{доп}} + T_{\text{доо}} + \frac{T_{nz}}{n} = 1,28 + 0,98 + 0,18 + 9 = 11,44 \text{ хв.}$$

Операція 4. Шліфувальна

Прошліфувати зношену поверхню з діаметра $\varnothing 50,35$ мм до діаметра $\varnothing 50$ мм по довжині 112 мм.

Визначаємо припуск на обробку:

$$h = \frac{D - d}{2} = \frac{50,35 - 50}{2} = 0,175 \text{ мм.}$$

Визначаємо число проходів $i = \frac{h}{t} = \frac{0,175}{0,034} = 5$.

де: t - глибина різання, $t=0,034$ мм ([2].

Визначаємо швидкість різання: $V = 14$ м/хв, [2].

Визначаємо частоту обертання деталі:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{14}{50} = 89,04 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо паспортне значення частоти обертання деталі для верстата 316М:

$$n = 75 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} K_3 \quad (2.11)$$

де: K_3 – коефіцієнт зачисних ходів $K_3 = 1,2 \dots 1,7$;

S – поздовжня подача, мм/об;

$$S = \beta \cdot B_k \quad (2.12)$$

де: β – подача, виражена в долях ширини шліфувального круга $\beta = 0,3$, [2],
табл. 88, ст. 120;

$$S = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ мм/об};$$

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} K_3 = \frac{115 \cdot 5}{75 \cdot 6} \cdot 1,5 = 2,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час:

$$T_{\text{доп}} = T_d' + T_d''$$

де: T_d' – час на встановлення і знімання деталі, хв;

T_d'' - час зв'язаний з проточкою поверхні, хв;

$$T_d' = 0,6 \text{ хв, [2];}$$

$$T_d'' = 1,16 \text{ хв, [2];}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,6 + 1,16 = 1,76 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 2,21 + 1,76 = 3,97 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot k}{100} = \frac{3,97 \cdot 9}{100} = 0,36 \text{ хв};$$

де: k – процентне відношення додаткових робіт, при шліфувальних роботах
 $k = 9 \%$, [2];

Визначаємо підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{пз}} = 9 \text{ хв, [2].}$$

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_n = T_o + T_{доп} + T_{доо} + \frac{T_{нз}}{n} = 2,21 + 1,76 + 0,36 + 9 = 12,33 \text{ хв.}$$

2.1 Економічна ефективність відновлення деталі

Для розрахунку економічної ефективності відновлення деталі визначаємо її собівартість відновлення, яка розраховується за формулою:

$$C_B = C_3 + C_M + C_{нв}, \text{ коп;} \quad (3.1)$$

де: C_3 – заробітна плата робітників, коп;

C_M – вартість матеріалів, коп;

$C_{нв}$ – вартість накладних витрат, коп.

3.1 Заробітна плата робітників визначається за формулою:

$$C_3 = П_3 + Д_3 + Н_{соц}, \text{ коп;} \quad (3.2)$$

де: $П_3$ – пряма заробітна плата, коп;

$Д_3$ – додаткова заробітна плата, коп;

$Н_{соц}$ – відрахування у фонд зайнятості, у фонд соціального страхування, у пенсійний фонд та профвнески, коп.

Пряма заробітна плата розраховується за формулою:

$$П_3 = З_o + З_п, \text{ коп.} \quad (3.3)$$

тут: $З_o$ – основна зарплата робітника згідно тарифної ставки;

$З_п$ – премії робітникам; $З_п = (0,25 \dots 0,4) \cdot З_o$;

Основна заробітна плата визначається за формулою:

$$З_o = \frac{T_n \cdot t_c}{60}, \text{ коп;} \quad (3.4)$$

де: T_n – технічна норма часу, хв;

t_c – тарифна ставка відповідного розряду, коп., $t_c = 520$ коп для робітників III-го розряду і $t_c = 600$ коп для робітників IV-го розряду.

Розраховуємо технічну норму часу для робітників з нормальними умовами праці:

$$T'_n = T_{н1} + T_{н3} + T_{н4} = 11,17 + 11,44 + 12,33 = 46,28 \text{ хв.}$$

Технічна норма часу на гарячих та важких роботах $T''_n = T_{н2} = 28,4 \text{ хв.}$

Розраховуємо основну заробітну плату для робітників з нормальними умовами праці:

$$З_{o1} = \frac{T_n' \cdot t_c}{60} = \frac{46,28 \cdot 520}{60} = 401,1 \text{ коп.}$$

Розраховуємо основну заробітну плату для працівників на важких та гарячих роботах:

$$З_{o2} = \frac{T_n'' \cdot t_c}{60} = \frac{28,4 \cdot 600}{60} = 284,0 \text{ коп.}$$

Загальна основна заробітна плата працівників:

$$З_o = З_{o1} + З_{o2} = 401,1 + 284,0 = 685,1 \text{ коп.} \quad (3.5)$$

Премії робітникам $З_{п} = 0,25 \cdot З_o = 0,25 \cdot 685,1 = 171,3 \text{ коп.}$

Пряма зарплата: $П_з = 685,1 + 171,3 = 856,4 \text{ коп.}$

Визначаємо додаткову заробітну плату, яка затрачається на оплату під час відпусток, доплата в нічний час і т.д.:

$$Д_з = \frac{П_з \cdot K_{доп}}{100}; \quad (3.6)$$

де: $K_{доп}$ – процентне відношення прямої заробітної плати до допоміжної;

$K_{доп} = 10\%$ ([12], ст. 301;

$Д_з = 856,4 \cdot 0,1 = 85,6 \text{ коп.}$

Соціальні відрахування розраховується по формулі:

$$H_{соц} = \frac{(П_з + Д_з) \cdot k_{нор}}{100} = \frac{(856,4 + 85,6) \cdot 4,5}{100} = 42,4 \text{ коп.} \quad (3.7)$$

де: $k_{нор}$ – процентне відношення соціальних відрахувань від основної і додаткової заробітної плати, $k_{нор} = 4,5\%$.

Тоді заробітна плата робочих становить:

$$С_з = П_з + Д_з + H_{соц} = 856,4 + 85,6 + 42,4 = 984,4 \text{ коп.}$$

3.2 На відновлення деталі затрачається в основному електродний дріт, флюси та інші матеріали.

Розраховуємо затрати електродного дроту при наплавленні деталі.

Маса затраченого металу:

$$Q = \left(\frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} \right) \cdot l \cdot \gamma \quad (3.8)$$

де: D – діаметр після наплавки, см;

d – діаметр поверхні, що наплавляється, см;

l – довжина поверхні, що наплавляється, см;

γ – питома вага матеріалу; $\gamma = 7,63$ г/см³ для сталі;

$$Q = \left(\frac{3,14 \cdot 5,3^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 4,9^2}{4} \right) \cdot 11,2 \cdot 7,63 = 273,7 \text{ г.}$$

Розраховуємо вартість матеріалів:

$$C_{\text{м}} = \frac{C_{\text{м}} \cdot Q}{10} K_{\text{в}}; \quad (3.9)$$

$C_{\text{м}}$ – ціна електродного дроту, $C_{\text{м}} = 25$ грн/кг;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, який враховує втрати матеріалу на розбризкування,

$K_{\text{в}} = 1,2 \dots 1,3$ ([12], ст. 304;

$$C_{\text{м}} = \frac{25 \cdot 273,7}{10} \cdot 1,25 = 855,3 \text{ коп.}$$

3.3 Розраховуємо вартість накладних витрат, які включають загальногосподарські витрати та загальновиробничі витрати:

$$C_{\text{нв}} = C_{\text{нв1}} + C_{\text{нв2}}; \quad (3.10)$$

$$C_{\text{нв1}} = 0,15 \cdot C_{\text{з}} = 0,15 \cdot 984,1 = 147,7 \text{ коп} \quad (3.11)$$

$$C_{\text{нв2}} = 0,8 \cdot C_{\text{з}} = 0,8 \cdot 984,1 = 787,5 \text{ коп} \quad (3.12)$$

$$C_{\text{нв}} = 147,7 + 787,5 = 935,2 \text{ коп.}$$

Собівартість відновлення деталі:

$$C_{\text{в}} = 984,1 + 855,3 + 935,2 = 2774,9 \text{ коп.}$$

3.4 Розраховуємо економічну ефективність відновлення деталі:

$$E_{\phi} = \frac{C_{\text{в}}}{C_{\text{н}}} \cdot 100 \leq 60 \dots 65; \quad (3.11)$$

$$E_{\phi} = \frac{2774,9}{11500} \cdot 100 = 24,1 < 65\%$$

Деталь по прийнятій технології відновлювати економічно вигідно.

РОЗДІЛ 3. Теоретичні дослідження за темою дипломного проєкту.

Вибір методу відновлення є складним техніко-економічним завданням, складність якого полягає в тому, що необхідно порівнювати не тільки вартісні показники, а й враховувати вплив зносостійкості деталі на термін її служби після відновлення.

Правильний вибір методу відновлення деталей дозволяє збільшити термін їх служби, знизити загальну трудомісткість ремонту і простої машин. Продуктивність різних і характеристика методів наплавлення наведена в таблиці 2.1. Вибір методу відновлення деталей зазвичай здійснюється в два етапи. Попередньо розглядають технологічні варіанти, що забезпечують відновлення службових якостей деталей, а потім з них вибирають найбільш оптимальні варіанти за одним або декількома узагальнюючими показниками.

Одним з таких показників є відносна собівартість - собівартість відновлення деталі, віднесена до її терміну служби після ремонту:

$$\frac{\sum_{tp1} C_{в1} \geq \sum_{tp2} C_{в2}}{(1.1)}$$

де $C_{в1}$ і $C_{в2}$ – собівартість відновлення деталі відповідно першим і другим способами; t_{p1} і t_{p2} – міжремонтний ресурс деталі, відремонтованої першим і другим способами. Таким чином, відносна собівартість є основним критерієм при оцінці доцільності та виборі методу ремонту деталі.

Економічна ефективність розробленого технологічного процесу відновлення деталі визначається шляхом порівняння собівартості відновлення деталі з вартістю деталі за преїскурантом та вартістю деталі за різними методами.

Таблиця 2.1. Продуктивність різних і характеристика способів
наплавлення

Спосіб наплавлення	Продуктивність , кг/год.	Частка основного металу в наплавленому, %	Товщина наплавленого шару (один прохід), мм
Газове з присадкою дротиків або дроту	0,5 – 1,5	1 – 3	0,8 – 5,0
Газопорошкове	0,5 – 3,0	1 – 3	0,3 – 3,0
Аргонодугове неплавким електродом	1,0 – 7,0	10 – 30	2,5 – 5,0
Плавким електродом у захисному газі	1,5 – 9,0	30 – 60	3,0 – 5,0
Ручне дугове покритими електродами	0,8 – 3,0	20 – 50	2,0 – 5,0
Під флюсом одним дротом	2,0 – 12,0	30 – 60	3,0 – 5,0
Під флюсом багатоелектродне	5,0 – 40	15 – 30	5,0 – 8,0
Під флюсом стрічкою	5,0 – 40	10 – 20	2,5 – 5,0
Дугове самозахисним дротом	2,0 – 9,0	25 – 50	2,5 – 5,0
Дугове самозахисною стрічкою	10 – 20	15 – 40	2,5 – 5,0
Електрошлакове двома електродними стрічками	10 – 60	5 – 15	1,5 – 50
Електрошлакове електродними дротами	20 – 60	10 – 20	6,0 – 50
Електрошлакове зернистими присадним матеріалом	20 – 200	5 – 10	15 – 50
Плазмово-порошкове	0,8 – 6,0	5 – 15	0,3 – 6,0
Індукційне	2,0 – 15	5 – 15	0,4 – 3,0

3.1. Напівавтоматичне вібродугове наплавлення

Напівавтоматичне вібродугове наплавлення в потоці охолоджувальної рідини має велике застосування при відновленні деталей. Воно відрізняється від звичайного автоматичного зварювання тим, що здійснюється електродом, що коливається. В результаті деталь прогрівається на глибину до 2 мм і температуру 40 - 80 ° С. Це дозволяє майже не змінювати фізико-механічні властивості деталі. Це дозволяє практично без зміни фізико-механічних властивостей і хімічного складу металу відновлювати зношені поверхні деталей.

Для отримання тонких і дуже міцних покриттів товщиною 0,8 - 2,5 мм на круглих деталях діаметром 15 - 300 мм використовується вібродугове наплавлення.

Схема процесу наплавлення приведена на рис. 2.1.

Цей спосіб відновлення застосовується для наплавлення зношених плоских, циліндричних, конічних і сферичних поверхонь деталей з товщиною від 0,5 до 3 – 3,5 мм. 44.

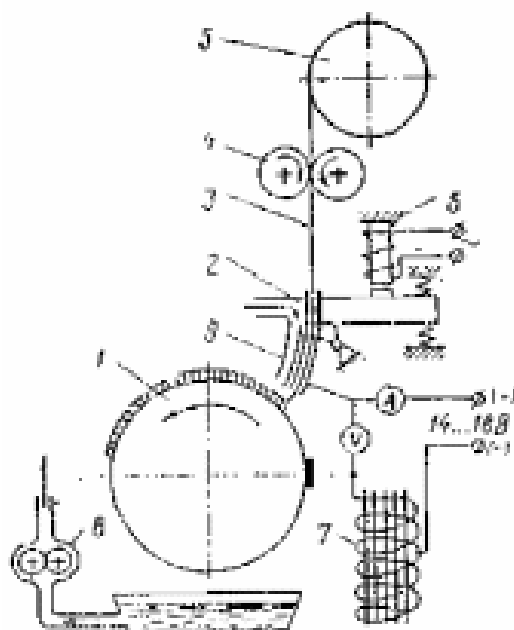


Рис. 2.1. Схема установки для автоматичного вібродугового наплавлення: 1 – електродвигун; 2 – насос; 3 – деталь; 4 – вібрируючий

мундштук; 5 – механізм подачі дроту; 6 – касета; 7 – вібратор; 8 – індуктивний опір; 9 – бак

Наплавлення здійснюється за допомогою свердла з в'язким електродом та охолоджувального стрижня, на токарних верстатах для деталей циліндричної форми та на спеціальних приставках для деталей плоскої форми, встановлених на опорі наплавлювальної головки, яка подає деталі, що плавляться, дріт та охолоджуються.

Обладнання для наплавлення.

Комплект обладнання для автоматичного вібродугового наплавлення деталей у середній зоні охолодження включає токарний верстат або спеціальну приставку, оснащену приставками для вібродугового зварювання, пристроєм для його переміщення та системою трубопроводів для забезпечення зони охолодження та гартування наплавленого металу на кулі.

Як джерела струму використовують низьковольтні генератори НД 1500/750, НД 1000/500, випрямлячі ВСГ-3А. У ремонтному виробництві при автоматичному вібродуговому напавленні використовують наступне наплавлювальні голівки:

- УАНЖ- 5,
- УАНЖ- 6,
- КМ- 5,
- ВК- 2,
- ВГ- 3,
- КУМА-5М,
- ГМВК- 2.

Режими наплавлення.

Напівавтоматична вібродугова наплавка здійснюється переважно постійним струмом, оскільки змінний струм не забезпечує стабільності процесу. Швидкість подачі електродного дроту діаметром 1,6-2,5 мм при напрузі кола до 15 В становить 30-45 м/год, а при напрузі понад 15 В - 45-100

м/год. Частота обертання шпинделя при наплавленні 0,5 - 20 об/хв. Крок наплавлення при напрузі кола 12 - 15 В встановлюють 1,2 - 1,5 мм, а при напрузі 15 - 20 В - від 1,5 до 2,0 мм.

Дискретний режим горіння дуги та широкі можливості керування швидкістю охолодження наплавленого металу під час вібраційно-дугового наплавлення визначають основні переваги цієї технології – низький нагрів та мінімальна деформація деталі, мала зона термічного впливу, можливість отримання наплавленого металу з необхідною твердістю. Як було сказано раніше, наразі вібрація дроту під час наплавлення забезпечується використанням пристроїв з електромагнітним або електромеханічним приводом, при цьому коливальний рух передається через коромисло до сопла наплавлювальної головки.

Недоліком цих пристроїв є їх значні габарити та вага, що призводить до необхідності розміщення їх на наплавлювальних верстатах та реалізації лише механізованого варіанту процесу наплавлення.

Наплавлення ведуть з використанням електродного дроту і рідини, що охолоджує, на токарних верстатах для деталей циліндричної форми і на спеціальних пристосуваннях для деталей плоскої форми, з установкою на супорті наплавлювальної голівки, що подає до деталі, що наплавляється, проволочку і рідину, що охолоджує.

Устаткування для наплавлення.

У комплект устаткування для напівавтоматичного вібродугового наплавлення деталей в середовищі рідини, що охолоджує, входять токарний верстат або спеціальне пристосування, оснащені вібронаплавлювальним пристосуванням, пристроєм для його переміщення і системою трубопроводів для підведення рідини, що охолоджує, для охолодження і загартування наплавленого шару металу.

Твердість зміцнених поверхонь деталей визначається методом Роквелла на приладі ТК–2 відповідно до вимог ISO.

Мікротвердість зразків, вирізаних з відвалу, вимірюється приладі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 1Н. Результати вимірювань обробляються за допомогою програми Microsoft Excel.

Для вивчення зміни геометрії відвалів у процесі експлуатації та розробки схем зміцнення були проведені виміри товщини у відвалів плугів розробленим пристроєм за попередньою розміткою. Для визначення величини зносу визначали різницю між вихідною товщиною відвалу та товщиною після експлуатації. Для вимірювання були обрані відвали після напрацювання 100...200 га після оранки на дерново-підзолистих легко- та середньосуглинкових ґрунтах.

Вимірювання товщини проводилося по семи горизонтальним лініям, розташованим з відривом 30 мм й у трьох – з відривом 60 мм друг від друга. На грудях відвалу вимірювання проводилися з відривом 30 мм друг від друга, а в крилі і робій поверхні відвалу – з відривом 60 мм друг від друга.

Для визначення характеру зносу відвалів плугів найкращим способом є проведення польових випробувань. Вони дають достовірні результати в умовах реальних процесів.

Для отримання достовірних результатів під час польових випробувань необхідно виконати низку вимог:

- достатня повторюваність експериментів, що визначається кількістю відвалів одного типу, що випробовуються;
- порівняльний характер випробування, тобто одночасне використання посиленних та непосилених відвалів;
- однакові вимоги до умов випробувань, включаючи експлуатаційні характеристики орного агрегату, агрономічні вимоги до обробки ґрунту, схеми та методи вимірювань; - ідентичність методу оцінки результатів вимірювань зносу та визначення інтенсивності зносу відвалів, що випробовуються, як посиленних, так і непосилених.

Підготовка відвалів до натурних випробувань полягає в наплавленні присадковим дротом зон з коефіцієнтом інтенсивності локального зношування більше одиниці, напівавтоматичному вібродуговому наплавленні з нанесенням суцільного валика по краях і точках на прилеглу поверхню. При цьому на одному рівні повинні підтримуватися параметри режиму наплавлення: зварювальний струм, напруга дуги, швидкість наплавлення.

Зношення відвала плуга визначають під час весняної та осінньої оранки.

Оранку здійснювали на дерново-підзолистих легко- та середньосуглинкових ґрунтах на полях з рівним рельєфом. Дослідні відвали встановлюються на плуги. Плуги оснащуються зміцненими і незміцненими відвалами.

Зношення оцінюється за різницею між відповідними розмірами відвала плуга до експлуатації та після експлуатації. Значення зносу визначається у виділених зонах I, II, III, IV з коефіцієнтом локальної інтенсивності зносу 2,00 і більше, від 1,50 до 2,00, від 1,00 до 1,50 та менше 1,00 відповідно.

Вимірювання проводяться: для відвалів у стані постачання після експлуатації близькому до граничного за критерієм наскрізного зносу робочої поверхні, для загартованих - з незагартованими вимірами, а також при досягненні експлуатації, що відповідає прогнозованому збільшенню ресурсу. Дані, отримані в результаті вимірювань, порівнюються з розмірами деталей до початку експлуатації.

РОЗДІЛ 4. Охорона праці

4.1 Організація умов та заходів з охорони праці на підприємстві.

Належні умови праці під час робочого процесу, безпечні технологічні процеси, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан захисних засобів колективного та індивідуального захисту, що

використовуються робітником, а найголовніше санітарно-гігієнічні умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Керівник підприємства повинен використовувати найсучасніші засоби техніки безпеки, що попереджують травматизму на виробництві, і гарантувати санітарно-побутові умови, що запобігають виникненню хронічних професійних захворювань у працівників.

Керівник немає права змушувати працівника виконувати роботу, що несе небезпеку для життя робітника, а також в умови, що не відповідають законодавству про охорону праці. **Робітник має право відмовитися від виконання дорученої роботи,** якщо виникла виробнича ситуація, що становить небезпеку для життєдіяльності такого працівника або людей, які з ним співпрацюють, і навколишнього середовища.

Якщо нема можливості для повного усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я умов праці керівник підприємства повинен поставити до відома про це центральний орган виконавчої служби, що запроваджує державну політику у сфері охорони праці, який може надати тимчасову згоду під відповідальність керівника на роботу в таких умовах.

4.2 Аналіз умов та заходів з охорони праці під час вібродугового наплавлення.

Сучасні технології використовують багато речовин, які можуть потрапляти в повітря в місцях перебування працівників та становити небезпеку для їхнього здоров'я. Для визначення небезпеки санітарна служба досліджує вплив цих речовин на організм людини та визначає безпечні концентрації та дози для людини, які можуть потрапляти в організм людини різними шляхами. На підприємствах машинобудування середовище робочої зони може бути забруднене токсичними речовинами, що виникають в результаті технологічного процесу при виготовленні різних машинобудівних виробів, обладнання, конструкцій та елементів до них (зварювання, термічна обробка заготовок, фарбування тощо) та містяться в металах, з яких

виготовляються ці вироби. Ці сполуки потрапляють у повітря у вигляді пилу та газоподібних речовин і шкодять організму людини. Залежно від їхньої токсичності та концентрації в повітрі, вони можуть спричиняти хронічні, професійні захворювання або отруєння.

Шкідливі речовини, що утворюються під час зварювання та забруднюють повітря, присутні в повітрі у вигляді газоподібної речовини, яку зазвичай називають зварювальним аерозолем (ЗА), та газів. Загальні фізико-хімічні властивості пилу (аерозолі): хімічний склад, дисперсність (ступінь подрібнення), молекулярна структура, густина, розчинність, питома вага, нижня та верхня межі концентрації легкозаймистої суміші з повітрям, електричні властивості тощо. Важливість усіх цих показників дозволяє кваліфікувати ступінь небезпеки та шкідливості пилу, пожежо- та вибухонебезпечність. Технічний пил розрізняють за такими ознаками: - рослинного походження, тваринного та штучного (органічного), мінерального та металевих (неорганічного) та змішаного (наявність певного відсотка органічного та неорганічного походження); - за способом утворення - розпаду (шліфування, різання, шліфування тощо), диму (сажа та легкозаймисті частинки) та конденсації (скупчення гарячої металевої пари в повітрі); - за токсичною дією на організм людини - нешкідливий (нетоксичний для людини пил) та токсичний (отрує організм людини).

За токсичною дією шкідливі речовини поділяються на кров'яні отрути, які взаємодіють із гемоглобіном крові та пригнічують його здатність насичуватися киснем (окис вуглецю); нервово-паралітичні отрути, що впливають на збудливість нервової системи, її ослаблення та руйнування нервових тканин (наркотики - ацетилен, спирти, сірководень та ін.); подразнюючі отрути - вражають верхні дихальні шляхи та легені (оксиди азоту, озон, аміак, сірчистий газ, пари кислот та ін); їдкі та дратівливі шкіру та слизові оболонки (сірчана та соляна кислоти, луги); печінкові отрути, дія яких змінює та викликає запалення тканин печінки (цинк у вигляді

зварювального аерозолю, спирти, дихлоретан, чотирихлористий вуглець); алергени, що змінюють реактивність організму (нікель у вигляді зварювального аерозолю, алкалоїди та інші речовини); канцерогени, що сприяють утворенню злоякісних пухлин (шестивалентний хром у вигляді зварювальних аерозолів, кам'яновугільна смола); мутагени, що діють на генетичний апарат клітин (сполуки ртуті, етилен та ін.).

4.3 Розробка організаційно-технічних заходів з ОП при роботі з удосконаленням механізмом чи процесом.

Для спеціалістів у галузі зварювання особливу зацікавленість становлять технологічні засоби зниження рівня виділення ЗА, які полягають в покращенні (у гігієнічному розумінні) зварювальних матеріалів, технологій, устаткуванні та виборі найсприятливіших режимів зварювання. Ці засоби обґрунтовані на використанні логічності процесів утворення ЗА. В таблиці 1. Ми спостерігаємо фактори, що встановлюють хімічний склад та рівень виділення ЗА при використанні найпоширеніших видів дугового зварювання. Головним способом покращення гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів, як ми бачимо з таблиці, безумовно, є зміна хімічного складника зварювального матеріалу (складу покриття та електродного стрижня, флюсу, зварювального дроту), захисного газу, а також вибір оптимального режиму зварювання. Ця умова не з легких, оскільки головною необхідністю зварювального процесу лишається забезпечення відповідності та необхідних якостей зварного шва. Тому в матеріалах що зварюються завжди існують токсичні хімічні речовини (марганець, хром, нікель, фтор та ін.), без складу яких неможливо забезпечити необхідні якості зварних з'єднань. Проте, можливості вдосконалення гігієнічних характеристик зварювальних матеріалів визначеним способом все ж існують.

4.3.1 Вибір хімічного складу зварювальних матеріалів

Хімічна складова ЗА на 80-90% визначена складом зварювального матеріалу. Тому доцільно вивчити вплив складу зварювальних матеріалів на

формування ЗА та визначити можливості зменшення їх виділень за рахунок вдосконалення складових цих матеріалів. Адже осередком утворення ЗА є металевий та шлаковий розплави, для гарантування мінімального виділення ЗА загальне значення мають такі три моменти: – оболонка електрода, флюс або серцевина порошкового дроту (ПД) вповільнюють утворення ЗА з металевого розплаву; – оболонка електрода, флюс або серцевина ПД самі по собі є основами ЗА; – аерозоль, що утворюється із оболонки електрода, флюсу або серцевини ПД, хімічно взаємодіє з аерозолем із металевого розплаву.

В процесі зварювання покриття електрода, флюс або серцевина ПД плавляться, утворюючи шлак, який, виконуючи основну захисну функцію металевого розплаву від навколишньої атмосфери, в той же час запобігає випаровуванню з нього летючих легованих елементів. Через це ймовірно токсичні метали, що потрібні для забезпечення необхідних фізико-механічних якостей зварного шва, доцільно вводити, коли це можливо, в дріт (електродний стрижень), ніж в електродну оболонку, флюс або серцевину ПД. Певні летючі компоненти зі шлакового джерела (оксиди лужних металів і фтористі сполуки) без зусиль переходять в ЗА, проте як більш тяжкоплавкі оксиди магнію, які сформувалися з карбонату магнію, і оксиди титану переміщуються в ЗА в малих дозах. Певні частини шлакової основи, передусім карбонат кальцію, при зварюванні розпадаються з формуванням вуглекислого газу, є захисним газовим бар'єром між атмосферою, що здійснює окиснення, і металом у розплавленому стані, оберігаючи його від переходу в газоподібне середовище за рахунок окиснення.

Таблиця 1.

Фактори, що впливають на виділення ЗА

Основні матеріали, що беруть участь у зварювальному процесі та режим зварювання	Способи дугового зварювання				Характеристика шкідливих речовин, що утворюються при зварюванні
	Ручне покритими електродами	Автоматичне під флюсом	Механізоване в середовищі захисних газів (CO ₂ , Ar та ін.) плавким електродом	В середовищі аргону неплавким електродом	
Зварювальний матеріал	Хімічний склад покриття та стрижня електрода, діаметр	Хімічний склад флюсу, зварювального дроту, діаметр дроту	Хімічний склад зварювального дроту, діаметр	—	Шкідливі речовини ЗА, що утворюються зі зварювального матеріалу: сполуки Mn, Fe, Cr, Ni, Ca, K, Na, Ti, F та ін.
Зварюваний метал	Хімічний склад металу	Хімічний склад металу	Хімічний склад металу	Хімічний склад металу	Шкідливі речовини ЗА, що утворюються із основного металу: Mn, Fe, Ni, Cr, Ti та ін.
Захисний газ	—	—	Хімічний склад захисного газу (суміші), витрати	Аргон	Шкідливі газоподібні компоненти ЗА, що утворюються із захисного газу та оточуючої дуги атмосфери: CO, NO _x , O ₃
Технологічні параметри режиму зварювання	Зварювальний струм, напруга дуги, вид та полярність струму, швидкість зварювання	Зварювальний струм, напруга дуги, вид та полярність струму, швидкість зварювання	Зварювальний струм, напруга дуги, вид та полярність струму, швидкість зварювання	Зварювальний струм, напруга дуги, вид та полярність струму, швидкість зварювання	Рівень виділення шкідливих речовин ЗА: інтенсивність, г/хв; питома виділення, г/кг зварювального матеріалу; вміст у повітрі робочої зони, мг/м ³

4.4 Аналіз виробничих небезпек під час виробництва певної продукції чи проведенні робіт.

Якщо електрична напруга пробиває на корпус зварювального агрегату потрібно вимкнути тумблер напруги та доповісти про небезпечну ситуацію майстру або начальнику дільниці.

У ситуації якщо хто-небудь опинився під напругою, потрібно від'єднати зварювальний апарат від електромережі, перемістити постраждалого на дерев'яний настил, під голову підкласти ватник, викликати швидку медичну допомогу за телефоном 103 і, за необхідності, надати потерпілому до медичну допомогу (штучне дихання).

У разі займання зварювального агрегату необхідно вимкнути тумблер електро-напруги і розпочати за допомогою вогнегасника, гасіння пожежі.

Кожен працівник і службовець, що виявив осередок займання або пожежу, зобов'язаний:

- терміново повідомити про це в пожежну охорону на території підприємства за телефоном 101;
- розпочати гасіння пожеж, осередок займання наявними в цеху (на дільниці) засобами пожежогасіння (вогнегасник, пісок, пожежний кран тощо);
- викликати до осередка пожежі вповноважених осіб (начальника цеху, дільниці).

У випадку отримання травми потрібно поставити до відома про це майстра, начальника дільниці та звернутися в медпункт.

4.5 Висновки

Категорії виробництв за вибуховою, вогневибуховою та пожежною небезпекою слід приймати за спеціальними відомчими переліками, затвердженими міністерствами в установленому порядку.

Виробничі приміщення та дільниці, де виконуються роботи з електродугового зварювання і киснево-ацетиленового різання металів, за пожежною та вибуховою небезпекою відносяться до виробництв категорії Г. Кількість вогнегасників та інших первинних засобів пожежогасіння для таких виробничих приміщень і дільниць має вибиратися у відповідності з вищезазначеними Типовими правилами.

Приміщення, в яких виконується газове зварювання і різання металів, повинні бути збудовані з елементів конструкцій за IV категорією протипожежної безпеки (протипожежна стійкість – не менше 2 годин).

Місця, призначені для проведення зварювальних робіт та встановлення обладнання мають бути очищені від легкозаймистих матеріалів у радіусі не менше 5 м. Зварювальні роботи за межами виробничого приміщення можуть виконуватися тільки за умови узгодження з заводською протипожежною охороною.

Забороняється виконувати зварювання щойно пофарбованих конструкцій до повного висихання фарби, а також посудин, апаратів, трубопроводів комунікацій, що знаходяться під електричною напругою, підвищеним тиском, заповнених горючими та токсичними матеріалами.

РОЗДІЛ 5. Обґрунтування досягнутих результатів

Були розроблені розрахункові схеми для визначення площі переважно поверхневих пошкоджень. Для виконання розрахунків був створений прилад, оснащений індикатором. Вимірювання зношеної лопаті виявили, що знос може досягати кількох міліметрів. Зона найбільших пошкоджень припадає на передню частину грудки лопаті та в нижній частині крила. При цьому площа пошкодження становить не більше 30% від загальної площі поверхні лопаті. Знос робочих кромek деталі може становити більше десяти міліметрів. У верхній частині польової кромки та верхній частині крила знос лопаті практично відсутній. Це свідчить про доцільність посилення передньої частини грудки лопаті та кромek.

Виходячи з технологічних особливостей напівавтоматичного вібраційно-дугового наплавлення, ефективними є такі схеми армування: для зони I - котками, II та III - точками. Армування відвалів плугів реалізується шляхом нанесення різних типів котків та точок присадного матеріалу в різних зонах поверхні. За результатами розрахунку розмірів, кількості точок, ширини та довжини валиків наплавленого металу маємо значення, представлені в таблиці. Відвали, армовані за розробленими методами, використовувалися в господарствах Черкаської області.

Для забезпечення необхідної точності оцінки величини зносу відвалів плугів, армованих у зонах, в яких коефіцієнт локальної інтенсивності зносу перевищує одиницю, вимірювання необхідно проводити таким чином, щоб точки вимірювання не потрапляли безпосередньо на майданчики наплавлення (точки та котки). За результатами вимірювань визначалися коефіцієнти локальної інтенсивності зносу як відношення значення зносу в точці до середнього зносу по всій поверхні.

Проаналізовані дослідження показали зменшення коефіцієнтів площі інтенсивності зносу в армованих зонах (I, II, III) з одночасним збільшенням коефіцієнта локальної інтенсивності зносу в неармованих зонах (IV).

Коефіцієнт локальної інтенсивності зносу наближається до одиниці по всій поверхні відвала, забезпечуючи більш рівномірну інтенсивність зносу по всій поверхні та збільшення терміну служби відвала плуга в 1,4-1,8 рази.

Вимірювання показали доцільність посилення передньої кромки відвала шляхом наплавлення суцільного бортика. Інтенсивність зносу суміжних площин менша, що дозволяє використовувати «плямисте» армування зі збільшенням відстані між бортиками та вістрями. Як показали експерименти, схема «плямистого» армування повинна запобігати руху ґрунту по поверхні основного металу та утворенню «драпірувального» зносу неармованої поверхні.

Загальні висновки.

1. 1. Область зони та кромки відвалів плугів уражаються під час використання, нерівномірному абразивному зношуванню, що зумовлює доречність додаткового укріплення найбільш уражених зон. Найбільш результативний спосіб підвищення стійкості деталей до зношення плугів є дугове наплавлення валиками, що не перекриваються. Для зменшення тепловкладання в основу металу ефективно застосування вібродугове наплавлення в струменях води.

2. Визначення області поверхні відвалу, що потребують укріплення, рекомендовано виконувати за підсумками розрахунків локального коефіцієнта, не укріпленого відвалу, що неухильно зношується. Коефіцієнт є відношенням інтенсивності зношування в точці виміру до середньої по всій поверхні інтенсивності зношування. Середнє значення інтенсивності зношування слід шукати як середню арифметичну інтенсивність по всій поверхневій площині. Фізичний зміст запропонованого коефіцієнта у тому, що з метою забезпечення рівної зносостійкості всієї поверхні відвалу зміцнювати слід зони, коефіцієнт яких більше 1.

3. Для подачі присадного дроту розроблено механізм напіваавтоматичного вібродугового наплавлення.

4. В ході експерименту встановлено, що при відхиленнях поздовжніх коливань торця присадного дроту більше 3 мм утворюється важко контрольоване переміщення зварювального пальника через її відскоки від поверхні деталі. Тому при напавленні амплітуда поздовжніх коливань торця дроту має становити від 1 до 2 мм. Швидкість наплавлення, визначена із умов стабільного формування валика наплавленого металу, склала 0,2...0,3 см/с.

5. В ході експерименту було доведено, що при зварюванні проводу 65 Г діаметром 1,6 мм, частотою вібрації 10 Гц, амплітудою вібрації 1... 2 мм, можна зменшити зварювальний струм до 80... 100 А зі стабільним

формуванням рулону. При струмах 100-150 А ширина зварювання 4-5 мм, твердість 36 36 осадженого металу становила HRC 55-60. Ширина зони виснаження становила 2. 3 мм з твердістю HRC 40... 45.

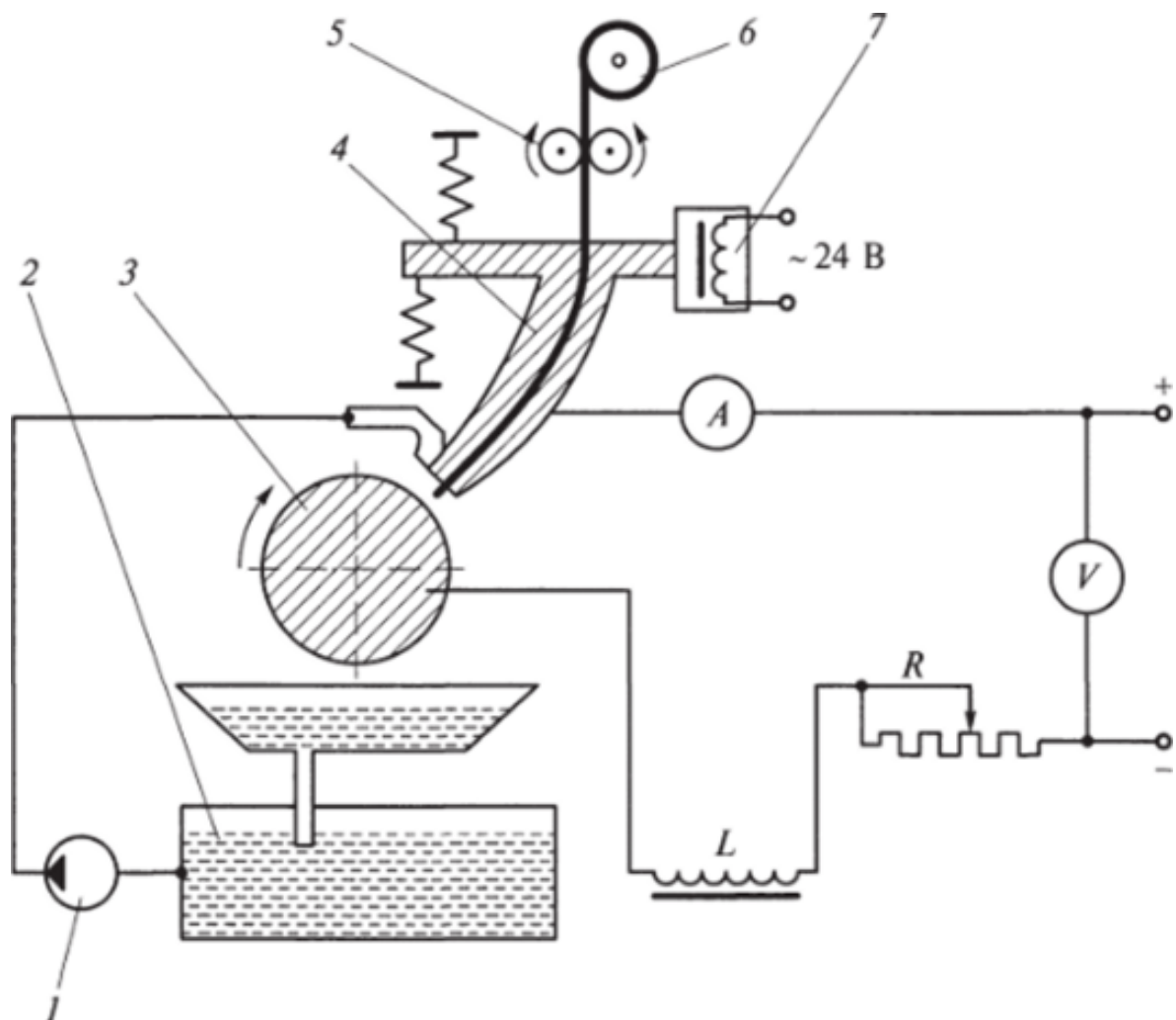
6. . На основі визначення локальних факторів інтенсивності зносу та розрахункової оцінки інтенсивності зносу армованих поверхонь запропоновано визначити три зони з різними схемами укріплення: при $k_u \geq 2,0$ – наплавлення зварними швами, при $1,5 \leq k_u < 2,0$ – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 35 мм, при $1,0 < k_u < 1,5$ – наплавлення зварними точками з відстанями між ними 55 мм.

Список літератури

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
2. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2017. 278 с.
3. Борак К. В. Прогнозування зміни абразивних властивостей ґрунтів для забезпечення надійної експлуатації робочих органів. Технічні науки та технології : науковий журнал. 2020. № 1 (19). С. 53–64.
4. Борак, К. В. Зміна поверхневої твердості лемішно-лапових робочих органів ґрунтообробних машин в процесі експлуатації. Біоресурси і природокористування. 2020. Том 12, № 1-2 – [Електронний ресурс].
5. Rabinowicz E., Dunn L.A., Russell P.G. A study of abrasive wear under three-body conditions. Wear. 1961. Vol. 4. P. 345-355 [https://doi.org/10.1016/0043-1648\(61\)90002-3](https://doi.org/10.1016/0043-1648(61)90002-3).
6. Belousov S. V., Samurganov E. E., Rodionenko A. I. Theoretical justification of the type of a flat-cutting working body of a ploughshare. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 709. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/709/3/033100>.
8. Гуменюк І.В. обладнання та технології зварювальних робіт: навчальний посібник видавництво «Грамота», 2014. – 120 с.
9. Левченко О. Г., Полукаров О. І. Охорона праці у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. К.: Основа, 2014. – 352 с.
10. Левченко О. Г. Гігієна праці та виробнича санітарія у зварювальному виробництві: Навчальний посібник. К.: Основа, 2004. – 98 с.

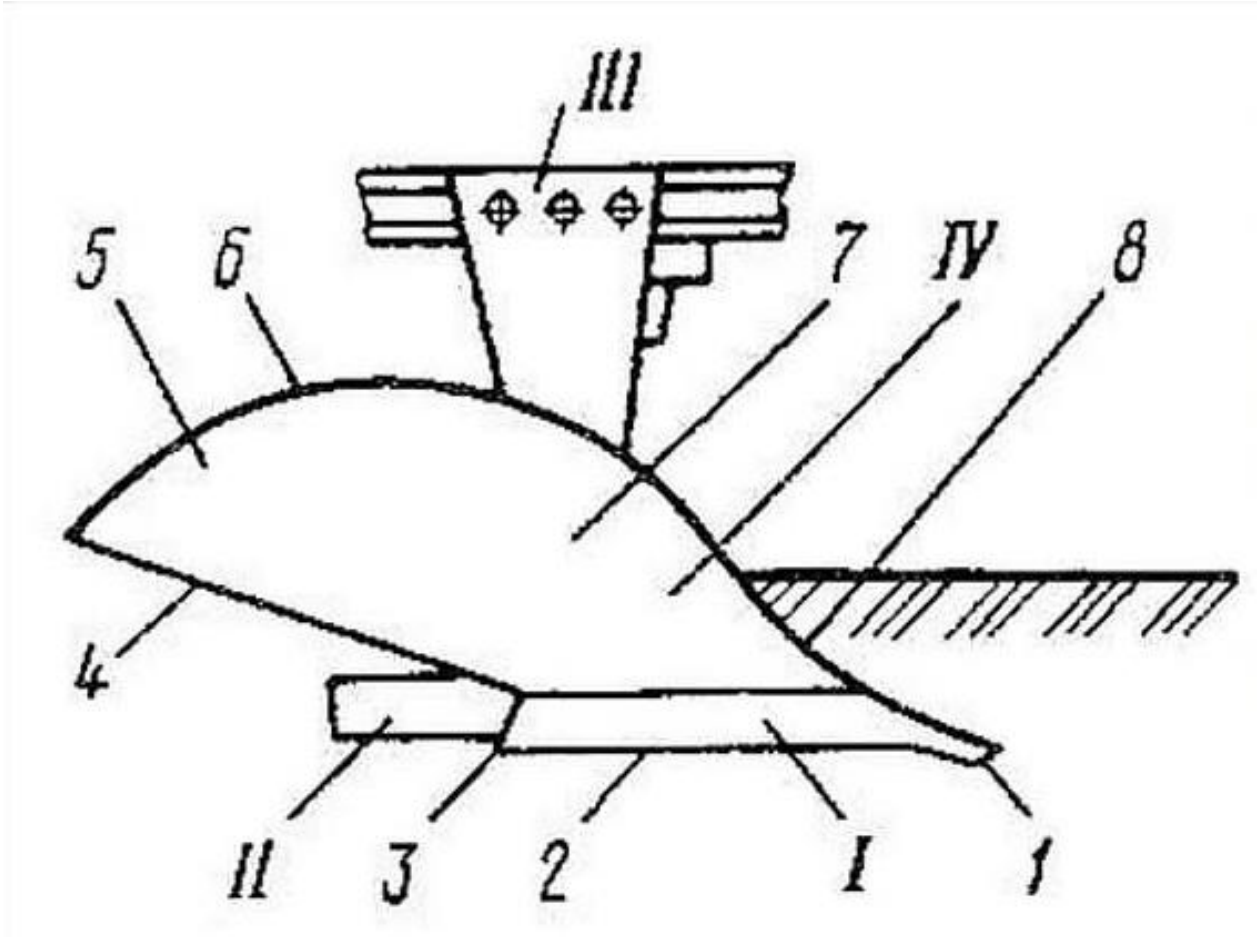
11. Dizdar S., Maroli B. Abrasive wear resistance of thermal surfacing materials for soil tillage applications. International Thermal Spray Conference and Exposition: Innovative Coating Solutions for the Global Economy, ITSC 2013. Busan, South Korea.
12. Kalacska A. Baets P., Fauconnier D., Schramm F., Frerichs L., Sukumaran J. Abrasive wear behaviour of 27MnB5 steel used in agricultural tines. Wear. 2020. Vol. 442-443. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2019.203107>.
13. Zdravecká E., Tkáčová J., Ondáč M. Effect of microstructure factors on abrasion resistance of high-strength steels. Research in Agricultural Engineering. 2014. № 60(3). p. 115-120.

ДОДАТКИ



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.					Схема установки для вибродугового наплавлення		Літ.	Арк.
Перевір.								
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								

[illegible]



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.					Плуг			Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.											
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.											

[illegible]