

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка до дипломної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Підвищення довговічності деталей сільськогосподарської
техніки з використанням технологій електроіскрової обробки»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «магістр» групи __
Горщорук Богдан
Керівник: Іванкова Олена

Рецензент: _____

Полтава – 2022 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки з використанням технологій електроіскрової обробки»: 60 с., 23 рис., 9 табл., 40 джерел.

Об'єктом даного дослідження є зношені поверхні валів агрегатів трансмісії і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – зноси та дефекти валів, що можливо відновити технологіями відновлення з використанням висококонцентрованих джерел енергії.

Мета роботи: визначення сучасного економічно вигідного способу відновлення валів агрегатів сучасних тракторів для підвищення їх довговічності.

Для вирішення наявних задач було використано такі типи досліджень: аналіз зносів та дефектів деталей і способів їх відновлення; металографічний аналіз; математична статистика; випробування відновлених деталей на зносостійкість; порівняння і узагальнення отриманих результатів досліджень.

Результати проведених досліджень: проведений аналіз характерних дефектів та зносів валів та способів відновлення їх; обґрунтовано можливість обраного способу відновлення; здійснено вибір технологічного обладнання та матеріалу електродів, режимів обробки; розроблено заходи з охорони праці та екологічного захисту; зроблено техніко-економічне обґрунтування використання електроіскрового нарощування. Визначена собівартість відновлення валу при електроіскровому нарощуванні 2271,8грн., що значно нижче ціни нової деталі.

Ступінь впровадження результатів роботи: результати використовувалися при розрахунку режимів відновлення валів агрегатів тракторів та іншої техніки.

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: ТРАКТОР, ТРАНСМІСІЯ, ВАЛ, ЗНОС ВІДНОВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРИСКРОВЕ НАРОЩУВАННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ.

ВСТУП

У сучасному аграрному виробництві велике значення займає своєчасний ремонт техніки, який дає можливість використовувати її без простоїв, забезпечити безперервний виробничий процес, котрий впливає на фінансовий стан аграрного сектору та країни в цілому.

В наш час важливо раціонально використовувати наявні ресурси, тому необхідно своєчасно виконувати ремонтні роботи окремих агрегатів та вузлів, не чекаючи повного виходу з ладу усієї робочої одиниці. Також важливо ще те, що ремонтні роботи мають відбуватися не лише за принципом заміни агрегату, який вийшов з ладу, а й за принципом відновлення його деталей, якщо вони придатні.

Сучасні методи відновлення зношених деталей машин спрямовані на досягнення максимального післяремонтного ресурсу роботи машини, не поступаючись, а іноді і перевищуючи ресурс роботи нової деталі за ту саму вартість або і набагато меншу. Важливе і актуальне завдання галузі технічного сервісу - впровадження таких технологій відновлення деталей машин.

Отже, основним напрямком забезпечення довговічності сільськогосподарської техніки є відновлення зношених деталей, а для ресурсозбереження та здешевлення ремонтних робіт в агропромисловому комплексі – розробка та впровадження інноваційних технологій відновлення зношених деталей.

Однією з основних причин неправильної роботи і як наслідок виходу з ладу автотракторних двигунів є знос робочих поверхонь деталей агрегатів трансмісії.

Для ремонту дефектів та зносів валів використовуються: наплавлення, гальванічне покриття, газотермічне нарощування та інші способи. Покриття зміцнюючим шаром дозволяє суттєво підвищити надійність та довговічність машин та обладнання, відновити зношений робочий поверхневий шар і

збільшити термін експлуатації дороговартісних деталей. Вони швидко розвиваються та вдосконалюються, бо ці методи дозволяють отримати шари необхідної товщини, міцності та якості покриття і разом з цим – не змінюють основний шар матеріалу.

В кваліфікаційній роботі на тему «Підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки з використанням технологій електроіскрової обробки» ми розглянули основні способи відновлення даного типу деталей. Дана тема була обрана через актуальність у наш час.

Мета дослідження – підвищення довговічності деталей шляхом відновлення сучасним економічно – вигідним способом відновлення основних дефектів.

Для досягнення мети роботи ми маємо розв'язати комплекс наукових завдань:

- провести аналіз характерних зносів деталей агрегатів тракторів та способів їх відновлення;
- обґрунтувати можливість застосування електроіскрової обробки для відновлення дефектів та зносів деталей;
- обґрунтувати вибір обладнання для нанесення покриття;
- дослідити вплив матеріалу електрода на якість відновленої поверхні;
- дослідити параметри режиму електроіскрового відновлення;
- провести металографічні дослідження та дослідження зносостійкості відновлених зразків;
- обґрунтувати ефективність обраного способу відновлення;
- узагальнити результати досліджень та сформулювати рекомендації по їх впровадженню у виробництво.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні валів і розробка способів їх відновлення.

Предмет дослідження - зноси та дефекти деталей, які відновлюються зміцнюючими технологіями відновлення.

Методи дослідження:

- 1) аналіз зносів та дефектів деталей і способів їх відновлення;
- 2) математична статистика;
- 3) металографічний аналіз: мікроструктурний аналіз, визначення твердості та мікротвердості;
- 4) випробування відновлених деталей на зносостійкість;
- 5) синтезування: порівняння і узагальнення отриманих результатів проведених досліджень.

Теоретична значущість – підтвердження можливості використання відновлених електроіскровим нарощуванням валів агрегатів трансмісії, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин.

Практична значущість – підтвердження можливості використання даного методу на ремонтних підприємствах задля підвищення довговічності деталей та збільшення надійності машин.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Трактор ХТЗ-241К.20 є однією з найкращих моделей колісних тракторів Харківського тракторного заводу. Практично – це вдосконалена версія тракторів Т-150К [3, 4]. На тракторі ХТЗ-241К.20 встановлений новий двигун - шестициліндровий, рядний, потужність - 250 к.с., обладнаний ТНВТ MOTORPAL (Чехія), Stage II. Коробка передач має вдосконалену систему очищення масла - встановлено новий фільтр зі збільшеним терміном служби з 250 до 500 мотогод. Має покращену трансмісію, гідравлічну систему, а також навісну систему.

Основне застосування трактора - сільське господарство: основний обробіток ґрунту, посів, прибирання сільськогосподарських культур, транспортування вантажів та кормозаготівля.

Зовнішній вигляд трактора приведений на рис.1.1, а у таблиці 1.1 основні технічні характеристики



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд трактора ХТЗ-241К.20

Таблиця 1.1 - Основні технічні характеристики трактора [4]

Виробник	ХТЗ
Країна виробник	Україна
Потужність	250 л. с.
Тип підсилювача керма	Гідропідсилювач
Кількість циліндрів	8
Коробка перемикачів передач	Механічна
Колісна формула	4×4
Тип двигуна	Дизельний
Зчеплення	Двоблокове
Реверс	Є
Кількість передач	8 вперед/8 назад
Витрата палива	250 г/кВт год.
Блокування диференціалу	Так
Тип приводу коліс	Повний

Як бачимо з таблиці, трактор ХТЗ-241К.20 потужний – 250 к.с. Обладнаний шестициліндровим, рядним, з паливним насосом високого тиску MOTORPAL виробництва Чехії, робота якого відповідає вимогам Stage II.

При експлуатації будь якої машини деталі ходової частини та трансмісії сприймають значні динамічні навантаження. Це призводить до зношування місць валів під підшипники, шліцьові, шпонкові та різьбові поверхні.

У кваліфікаційній роботі ми проаналізуємо та відберемо найбільш раціональний та економічно доцільний метод відновлення шліцьових валів тракторів ХТЗ-241К.20.

1.1.2 Аналіз конструкції та умов роботи валів трактора ХТЗ-241К.20

В нашій кваліфікаційній роботі ми розглянемо роботу деталей трансмісії, зокрема коробки передач тракторів українського виробництва, зокрема ХТЗ-241К.20 [3]. На рисунку 1.2 представлено зовнішній вигляд коробок передач.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд коробки передач тракторів ХТЗ [3].

На наступному рисунку – основні вали агрегатів трансмісії тракторів.



Рисунок 1.3 - Основні вали агрегатів трансмісії тракторів виробництва ХТЗ [3, 4].

Як бачимо, вали мають складну конструкцію та високі навантаження при експлуатації.

Основними видами дефектів валів агрегатів трансмісії тракторів є [5,6]:

- пошкодження різьби
- спрацювання посадочних поверхонь під підшипники кочення
- спрацювання шліців
- тріщини, викришування та сколи поверхонь.

1.2 Аналіз існуючих технологій відновлення валів агрегатів трансмісії

1.2.1 Загальна схема існуючої технології відновлення валів [6, 8]

1. Кінці валів з пошкодженою різьбою наплавляють віброконтактним способом наплавочним дротом 1,8Нп-50 2. Обточують наплавлений кінець до нормальних розмірів,

3. Фрезерують лиски і канавки чи свердлять отвори відповідно до конструкції валу

4. Нарізають нову різьбу.

5. У випадку незначного зносу посадкових місць під підшипники (до 0,06 мм на діаметр) їх ремонтують еластоміром ГЗН-150В.

6. При значному спрацюванні (більше 0,06 мм) поверхня наплавляється дротом 1,8Нп-50 віброконтактним методом.

7. Наплавлена поверхня проточується та шліфується до нормального розміру.

8. Після проточки поверхня підлягає пластичному деформуванню через обкатування роликками.

9. Зношені шліци (їх товщина зменшується на 0,5 мм і більше) наплавляють у середовищі вуглекислоти.

10. Обточують, фрезерують шліци

11. Гартують їх струмаи високої частоти.

12. Після цього вал шліфують до нормального діаметра.

Вал не приймається в ремонт при наявності тріщин, викришувань та сколів.

У ремонтному виробництві розроблені такі способи відновлення зношених валів: перешліфування до виведення слідів спрацювання; електродугова металізація; електродугове, вібродугове, індукційне,

газовополумене, плазмові і лазерне наплавлення; хромування та електроконтактне напікання порошків [6] (рис.1.4)

Основні вимоги до технологічного процесу ремонту: висока стійкість до зношування, висока довговічність ремонтіваних деталей при низьких затратах з організації технологічного процесу і застосування недорогих матеріалів.



Рисунок 1.4 – Способи відновлення

1.2.2. Відновлення деталей наплавленням

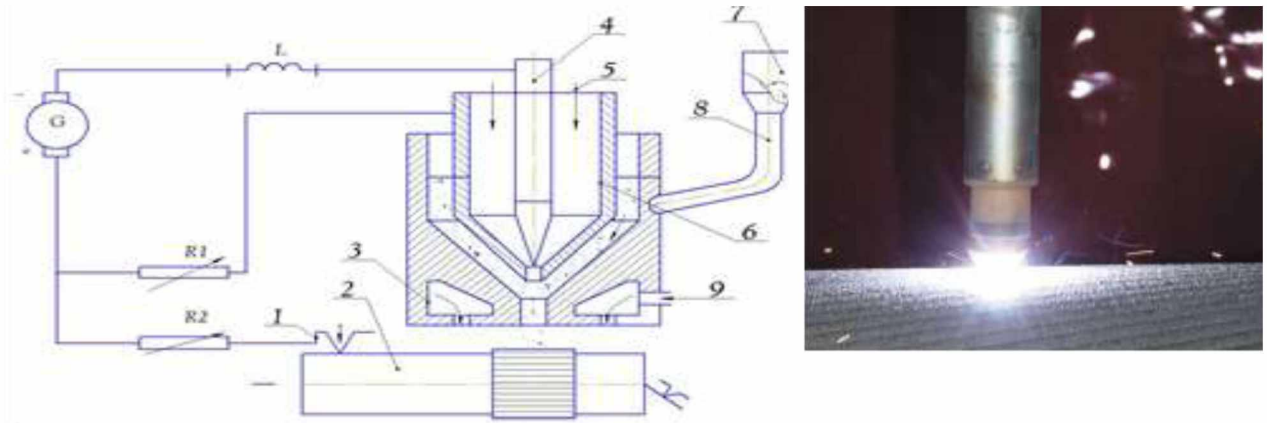
При відновленні наплавлення дозволяє отримувати на поверхні деталей покриття необхідної товщини і заданого складу, механічних властивостей та зносостійкості. В об'ємі робіт по відновленню деталей сільськогосподарської техніки у майстернях технічного сервісу наплавлення складає: під шаром флюсу 32%, у середовищі вуглекислого газу 20%, вібродугове 12%, порошковим дротом 10%, плазмові 1,5%, електрошлакове 1,5% [8, 9,15, 19].

Плазмово-дугове наплавлення

Плазма – іонізуючий газ, нагрітий до високої температури, має властивість електропровідності. Струмінь плазми отримують у спеціальних пристроях - плазмотрона, або плазмових пальниках. Він виникає в результаті

проходу газу через електродуговий розряд у вузькому каналі плазмового пальника, який охолоджується водою. Потрапляючи у канал, дуга стискається, рівень іонізації дугового проміжку піднімається, а температура зростає до 15 – 18 тис. градусів [10,13,17].

Схема нанесення покриття методом вдування порошку в плазмовий струмінь зображена на рисунку 1.5.



1 - провід; 2 - деталь; 3 - зовнішнє сопло; 4 - вольфрамовий катод;
5 - плазмоутворюючий газ; 6 - внутрішнє сопло (анод); 7- живильник;
8 - транспортуєчий газ; 9 - захистний газ; G - джерело живлення струмом;
Рисунок 1.5 – Схема нанесення покриття плазмово-дуговим методом [20]

Як присадний матеріал використовують дріт або гранульований металевий порошок. Плазмоутворючі гази – водень, аргон, азот, гелій. Для захисту наплавленого шару від дії навколишнього середовища застосовують аргон, азот, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ. Установки для плазмового наплавлення: зварювальний перетворювач ПСО 500 або випрямляч ППН-160/600), плазмотрон, механізми руху пальника і подачі дроту або порошку, системи охолодження [17].

Плазмово-дугове наплавлення використовується для реставрації деталей із спрацюванням 0,1-1,5 мм, або для нанесення на їх поверхню антифрикційних матеріалів.

Переваги плазмового напилення: висока щільність покриття з низькою пористістю (0,1%); низький вміст оксидів у напиленому шарі; широкий діапазон напилюваних матеріалів; твердість до 80 HRC.

Лазерне наплавлення

Лазерна технологія застосовується в технічному сервісі для зварювання та наплавлення. Промінь лазерний є джерелом тепла [7, 14, 15].

Обладнання для лазерного зварювання складається із замкнутої системи охолодження, оптичної системи фокусування лазерного променя і системи подачі інертного газу для захисту зварювальних деталей від корозії.

На рис. 1.6 - схема установки для лазерного зварювання і наплавлення.

Рубіновий стержень (генератор) 9 опромінюються імпульсною лампою 8, о заживлена від конденсаторної батареї 11. Відбивач 7 та заднє дзеркало 10 направляють лазерний промінь 6 на напівпрозоре дзеркало 5 і через вторинне дзеркало 4 і фокусуючу лінзу 3 на деталь 1. По трубці 12 вводиться наплавний порошок. Для захисту розплавленого металу від окислення через сопло 2 в зону наплавлення подають захисний газ (аргон) [25, 27].

Високу якість покриття отримують при застосуванні самоформуєчих порошоків марки СНГН. Твердість отриманого шару досягає НРС 60...63, міцність зчеплення з металом деталі – 250 МПа [14].

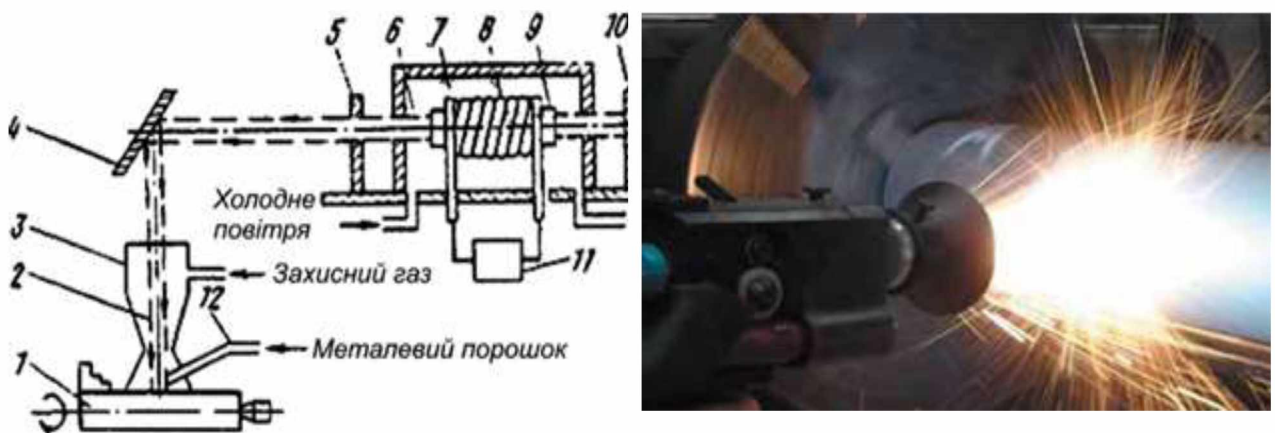


Рисунок 1.6 – Схема установки для лазерного наплавлення [13].

Лазерне наплавлення має такі переваги: висока мобільність променя, який можна направляти на важкодоступні ділянки виробу; невисоке нагрівання виробу, що практично виключає утворення зони термічного впливу [13].

Недоліки: складність установок для лазерного наплавлення. Незважаючи на це широко застосування в ремонтній галузі.

1.2.3 Газотермічне напилення

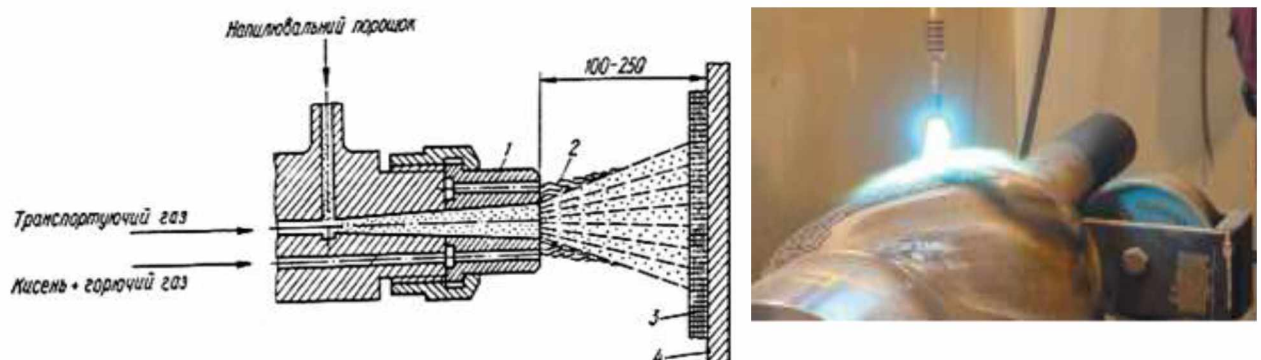
Газотермічне напилення - процес утворення покриття на поверхні заготовок струменем високотемпературним швидкісним, в якому є частинки порошку або краплини рідкого матеріалу, що осаджується на поверхні при зіткненні з поверхнею [7, 9, 22].

Напиленням можливо наносити покриття з різноанітних металів та їх сплавів на металеву і неметалеву (кераміку, скло тощо) основу.

Згідно прийнятої класифікації, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, газотермічне напилення поділяються на основні чотири способи: електродугову металізацію, газополуменевий, плазмовий та детонаційний способи. Інші є різновидами вказаних, наприклад, напилення в вакуумі, застосування надзвукової швидкості транспортуючих газів, використання ультразвуку, тощо.

Газополуменеве напилення порошків

Порошковидний присадний метал подається в зону полум'я за допомогою транспортуючого газу (рис. 1.7). Порошок із бункера надходить у пальник, підхоплюється потоком транспортуючого газу і на виході із сопла 1 потрапляє в полум'я 2, там обплавляється та струменем горючих газів і спрямовується на поверхню металу 4 [7, 22].



1 - сопло; 2 - полум'я; 3 - наплавлений метал; 4 - поверхня напавленої деталі.

Рисунок 1.7 – Схема газополуменевого напилення

Суттєва перевага процесу - нанесення металевих покриттів без значного нагрівання деталі. Він дозволяє наносити на спрацьовані поверхні деталей спеціальні порошкові матеріали товщиною 0,3 - 3мм з різною твердістю від ННС₃20 до НКС₃60. Можна відновлювати сталеві й чавунні вали, посадочні місця в корпусних деталях тощо [22].

Напилюють порошки на поверхню в два етапи: перший - напилення підшарку із суміші порошків з алюмінію і нікелю товщиною 0,06 - 0,1 мм, другий - напилення основного шару порошку, товщина якого на 0,2 - 0,3 мм більша від номінального розміру деталі. Перед напиленням підшарку відновлювану поверхню прогривають полум'ям пальника до 80 - 100 °С.

Електродугова металізація (електродугове напилення)

Висока продуктивність процесу - перевага електродугової металізації. У світовій практиці технічного сервісу виділяється позитивними технологічними властивостями. Технологічний процес полягає у тому, що присадковий матеріал розплавляється електричною дугою, і струменем стиснутого повітря наноситься на відновлювану деталь [7,14,18].

Металевий дріт 3, розплавлений електричною дугою 4, яка виникає між електродами, розпилюється (розміри часток від 2 до 100 мкм) струменем стиснутого повітря тиском 0,5-0,6 МПа і вкриває поверхню деталі 6 дрібними частками 7. Вони з великою швидкістю (100-250 м/с) стикаються в поверхню, зчіплюються з нею, утворюючи покриття. Струмopрoвідні пластини 2 служать для підведення електроенергії до дрoтів-електродів від джерела напруги 1. Дріт з касет 5 за допомогою механізму подачі спрямовується в зону плавлення (рис. 1.8)

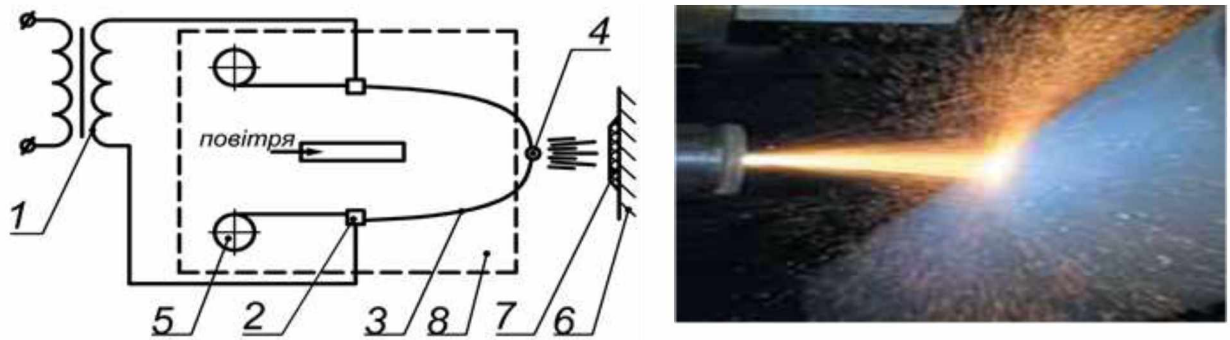


Рисунок 1.8 – Схема електродугового металізатора [18].

Для нанесення покриттів електродуговою металізацією широко використовують комплект обладнання КДМ-2, який встановлюють на супорт токарного верстата або інший пристрій для взаємного відносного руху деталі та металізатора.

Ця технологія має великий ряд переваг в порівнянні з традиційними процесами: відсутня термічна деформація або металургійні зміни відновлених деталей; низька теплопередача під час нанесення покриття; висока продуктивність; тривала і надійна корозійна стійкість; немає обмежень за розміром оброблюваних деталей; можливість варіювати товщину покриття залежно від вимог до тієї або іншої ділянки поверхні.

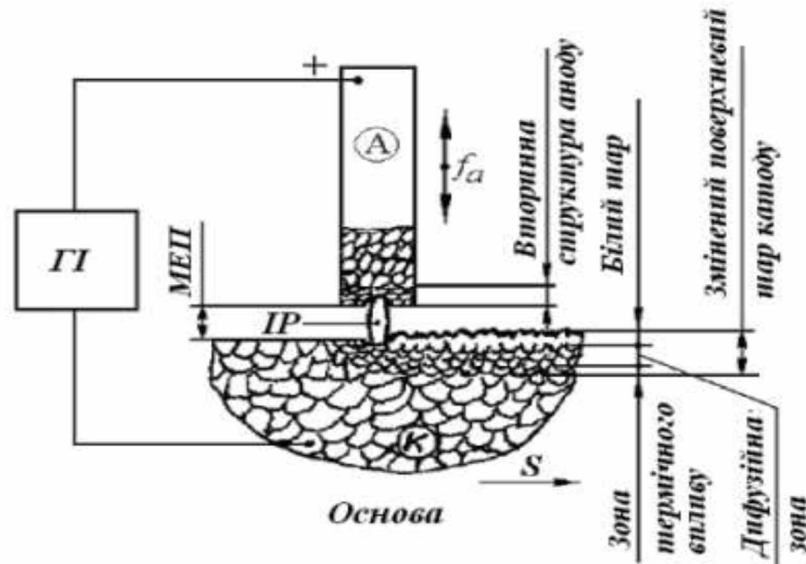
1.2.4 Електроіскрове нарощування металу

Широке застосування на практиці для і відновлення і зміцнення зношених поверхонь використовуються методи, які ґрунтуються на використанні концентрованих потоків енергії з питомою потужністю в зоні нагріву понад 100 Вт/мм^2 . Виходячи із аналізу енергетичних характеристик відомих методів відновлення, найбільшу концентрацією енергії в зоні нагріву має електрична іскра [14,20,23].

Метод електроіскрового нарощування ґрунтується на використанні явищ електричної ерозії (руйнування) і перенесення металу анода (інструменту) 2 (рис. 1.9) на катод, тобто на нарощувану поверхню деталі при проходженні іскрових розрядів між ними [23].

Відновлення методами електроіскрової обробки в даний час використовують для: підвищення твердості поверхні та зносостійкості

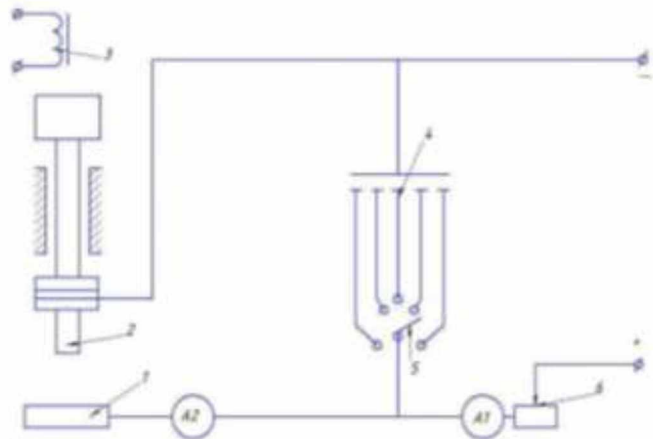
деталей машин, які працюють в умовах високих швидкостей обертання та великого навантаження, а також при підвищених температурах, в інертних газах; підвищення корозійної стійкості поверхні; зміни властивостей інструментальних сталей та поверхонь виробів з кольорових металів [24].



ГІ – генератор імпульсів; МЕР – між електродний проміжок; ІР – іскровий розряд; А – анод (компактний електрод); К – катод (деталь); f_a - вібрації аноду; S – напрямок подавання деталі

Рисунок 1.9 – Загальна схема процесу ЕІЛ [23]

На рисунку 1.10 показана схема електроіскрової установки



1 - оброблювана деталь; 2 - електрод; 3 - вібратор; 4-конденсатор;
5-перемикач; 6 - реостат; A_1 - амперметр мережі живлення; A_2 - амперметр розрядного ланцюга.

Рисунок 1.10 - Схема електроіскрової установки

При електроіскровому зміцненні (нарощуванні) використовують установки УПР-2 УПР-3 ЕФД-10 ЕФД-45 та інші. Коливання електрода-інструмента передаються від електромагнітного вібратора.

Успішно реалізуються технології відновлення блоку і головки циліндрів дизельного двигуна DXi 11 вантажного автомобіля «Вольво» з використанням установки «БІГ-4» в якості електродів застосовуються прутки з ніхрому Х20 Н80 діаметром 2 мм.

Електроіскрові покриття ефективно застосовуються також при відновленні наступних дефектів блоків циліндрів: знос корінних опор, знос гільз циліндрів [24-25]. Технологія відновлення гільз передбачає після електроіскрового покриття операцію хонінгування на номінальний розмір.

Проте, не зважаючи на те, що зараз є великий теоретичний і експериментальний досвід по застосуванню електроіскрових покриттів, ми вважаємо, що доцільно сформулювати вимоги та розробити конкретні практичні рекомендації по режимах процесу відновлення конкретних деталей на ремонтних підприємствах.

Висновки

Ми провели дослідження умов експлуатації валів трансмісії тракторів сільськогосподарського призначення, зокрема трактора ХТЗ-241К.20; зміни їх властивостей. На підставі результатів цих досліджень та аналізу літературних джерел, робимо висновки:

1. Конструкція валів агрегатів трансмісії сільськогосподарської техніки і високі навантаження їх в роботі, зумовлюють високі вимоги до їх надійності. Отже, застосування ефективних методів їх ремонту є актуальним.

2. Традиційні методи відновлення, ґрунтовані на процесах наплавлення, застосовувати не доцільно, так як високотемпературна обробка сприяє виникненню внутрішніх напружень і утворення тріщин. Тому необхідно обрати спосіб без істотного термічного впливу.

3. Серед методів, що не змінюють структуру відновлених деталей, найбільш доцільною виглядає технологія електроіскрового нарощування. Існують теоретичні і експериментальні матеріали по використанню

електроіскрового нарощування, але недостатня вивченість методу стримує широке його використання при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки.

1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи

Сьогодні в Україні у аграрному виробництві працює багато різноманітної техніки як вітчизняного так і зарубіжного виробництва. Зокрема, трактори ХТЗ-241К.20, Farmer 10286, Т-150К та інші. Всі вони призначені для виконання різних робіт із навісними, напівнавісними та причепними машинами та знаряддями, а також для транспортування вантажів.

Актуальність теми. Багато деталей техніки через зношування, втому матеріалу та корозію втрачають свою працездатність. Багато з цих деталей мають залишковий ресурс і можуть бути відновлені. Відновлення є джерелом економічної ефективності виробництва. Використання високотехнологічних способів наближує відновлені деталі по рівню надійності до нових та підвищує ресурс машин.

Отже, дослідження по розробці раціональних технологій з метою підвищення довговічності деталей, ресурсозбереження та зменшення затрат праці є однією з *актуальних задач*.

Мета та задачі дослідження. Мета - дослідження способів відновлення деталей трансмісії тракторів та розробка раціональних технологічних режимів процесу.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- провести аналіз характерних дефектів та зносів шліцьових валів трансмісії та способів їх усунення;
- обрати оптимальний спосіб відновлення;
- дослідити параметри і розробити режими відновлення;

- виконати металографічні дослідження та випробування зносостійкості відновлених шліцьових валів; проаналізувати вплив відновлених поверхонь на надійність деталей;

- обґрунтувати ефективність технології відновлення;

- узагальнити результати досліджень та сформулювати рекомендації для виробництва.

Об'єктом дослідження є зношені, а також відновлені деталі трансмісії, та методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси валів тракторних коробок передач, які підлягають відновленню.

Методи дослідження: аналіз зносів та дефектів деталей і способів їх відновлення; методи металографічного аналізу: визначення твердості та мікротвердості; методи математичної статистики; випробування відновлених деталей на знос; синтез: порівняння та узагальнення результатів досліджень.

Теоретична значущість – розробка технології відновлення шліцьових валів та інших деталей трансмісії, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин.

Практична значущість - підтвердження можливості використання запропоновано технології на ремонтних підприємствах з метою підвищення довговічності деталей.

Новизна одержаних результатів: підтвердження можливості використання даного методу на ремонтних підприємствах з метою підвищення довговічності валів трансмісії тракторів і використання даного способу на ремонтних підприємствах.

Практичні значення одержаних результатів.

1. Обрано оптимальний спосіб відновлення шліцьових валів вузлів трансмісії трактора.

2. Підібрані технологічне обладнання матеріали. Розроблені оптимальні режими відновлення,

3. Досліджені фізико-механічні властивості матеріалу після обробки.

4. Обґрунтована ефективність обраного способу

5. Використання розробленої технології, технологічного обладнання і матеріалу дозволяє підвищити ресурс деталей відновлених валів і зменшити витрати на ремонт.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, 4 розділів і висновків загальним обсягом 60 сторінок машинописного тексту, 9 таблиць, 23 рисунків, 33 найменування використаних джерел та додатки.

Результати були опубліковані:

1. Іванкова О. В., Общій Я.О., Горщорук Б. В., Горщорук В. Б. Відновлення дефектів блок-картерів машин агропромислового виробництва *Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження. 02-03 червня 2022. Полтава: ПДАУ, 2022. С. 51-54.*

2 МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для проведення даного наукового дослідження необхідно провести як теоретичні так і експериментальні дослідження відновлення блоків циліндрів, котрі проводяться у наступній послідовності:

- 1) Аналіз дефектів та зносів валів з подальшим вибором способів відновлення
- 2) Підбір технологічного обладнання для проведення електроіскрового відновлення та необхідних матеріалів
- 3) Дослідження впливу матеріалу електрода на якість відновленої поверхні та параметрів режиму електроіскрового відновлення;
- 4) Розробка режимів технологічного процесу відновлення валів та виконання електроіскрового наплавлення
- 5) Проведення дослідження механічних властивостей відновлених поверхонь (мікротвердість, мікроструктура відновлених поверхонь, міцність зчеплення матеріалу покриття з основою)
- 6) Визначення роботоздатності та довговічності валів, шляхом стендових та експлуатаційних випробувань, техніко – економічна оцінка розроблених заходів відновлення.

2.1 Методика визначення дефектів

Величину зносу робочих поверхонь валів визначали прямими замірами розмірів і порівнянням їх з номінальними.

2.2 Методика проведення лабораторних досліджень

2.2.1 Зразки лабораторних досліджень

Для проведення досліджень було відібрано зразки, виготовлені на одному технологічному обладнанні й мали наявні дефекти [31].

Задля проведення вимірювань в одних і тих самих площинах робилися мітки, та використовувалося однакове обладнання та режими роботи.

2.2.2 Обладнання і прилади

Експерименти по електроіскровому відновленню зношених шіщових валів проводилися на експериментальній установці, основним технологічним вузлом ми обрали установку для електроіскрового нарощування у режимі енергії імпульсів 5Дж [20]. Режими роботи установки: ручний та механізований. Схему електроіскрової установки приводимо на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Обладнання для електроіскрового відновлення БІГ- 4 [20].

2.2.3 Методика визначення міцності зчеплення нарощеного шару з основою

Важливою умовою ремонту шліщових валів є міцність зчеплення покриття з основою. Існує дуже багато різноманітних факторів, що впливають на міцність. [30,31].

Найбільшим впливом вважаються залишкові напруження, котрі виникають в металі та чинять тиск на шар покриття з основним металом – при високих напруженнях спостерігається відшарування або тріщини в покриттях.

Для дослідження міцності з'єднання шару покриття з основним металом використовується декілька різних методів:

- штифтовий метод;

- клейовий метод відриву.

При використанні для відновлення зношених посадочних валів трансмісії тракторів електроіскрового методу міцність зчеплення нарощеного шару з основою можна оцінити не по загальноприйнятій методиці, а по методиці, яку розробили у своїх роботах А.П. Гуляєв та Н.Т. Гудцов [29]. Суть методики: при нанесенні відбитку алмазним індентором приладу ПМТ-3, в область перехідної зони при недостатньому рівні міцності зчеплення за рахунок внутрішніх напружень відбувається розклинювання від кінців відбитка. При цьому виникає тріщина, за величиною якої можливо оцінити граничну міцність зчеплення (σ). Для розрахунку використовується формула:

$$\sigma = H \left(\frac{d}{l} \right)^2, \quad (2.1)$$

де H – рівень мікротвердості, Н;

d – довжина діагоналі відбитка, мм;

l – довжина тріщини, мм.

У випадку, якщо руйнування шару, тобто, відшаровування нанесеного електроіскровим нарощуванням шару від основного матеріалу не відбувається, то міцність зчеплення буде не менше, ніж:

$$\sigma = 2 \frac{P}{d^2} \quad (2.2)$$

Оцінку рівня міцності зчеплення доцільно проводити при навантаженні на індентор приладу ПМТ-3, $P=50$.

2.2.4 Методика дослідження мікроструктури зразків та мікротвердості

При проведенні експериментів по електроіскровому відновлюванню нам потрібно дати оцінку мікроструктури з метою описання механізму формування шару.

Мікроаналіз – це дослідження внутрішньої будови металів та сплавів. Для цього дослідження використовується оптичний мікроскоп, який збільшує у 50 – 2000 разів.

Виготовлення зразків для вивчення мікроструктури здійснювали з ділянок оброблених зразків площею поверхні 3-6 см², заввишки 2 см. Вони повинні включати нарощені площини, перехідну зону і основний метал.

Приготування шліфів виконували за методикам, широко висвітленим в літературі [29-32]. В якості реактиву для травлення поверхні зразків використали 2 -5% розчин азотної кислоти в етиловому спирті. Виготовлення та підготовка мікрошліфу до дослідження включає наступні операції – обрізання, торцювання, шліфування та полірування заготовки.

Мікротвердість виміряли в перерізі, поперечному напрямку електроіскрового нарощування. Вимірювання у відповідності до ГОСТ 6996-96 проводили по двох суцільних лініях на відстані близько 3 мм від краю поверхні [29].

Випробування мікротвердості проводять на приладі ПМТ-3 (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - Вимірювання мікротвердості на ПМТ-3

2.2.5 Методика проведення порівняльних випробувань на знос

Оцінка зносостійкості відновлених деталей проводилась з відповідністю до ДСТУ 2860-94 (Надійність техніки), ДСТУ 2823-94 (Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення), ГОСТ 23.224 – 86

[29]. Даний стандарт розповсюджується на відновлені деталі рухомих з'єднань, що мають постійне спрацювання під час експлуатації.

Для досліджень на зносостійкість використали машину тертя МІ-1М (рис.2.3). Схема проведення дослідів - «колодка - ролик». Відповідно до умов роботи пари, було обрано режими випробувань:

- частота обертання ролика $n = 500 \text{ хв}^{-1}$;
- сила навантаження $P = 560\text{Н}$.

Роликові надавалася обертальна швидкість 500 хв^{-1} і після цього здійснювався контакт з колодкою під навантаженням 560Н . За вимогами ГОСТів зразки притиралися, промивалися, просушувалися, важилися. Також відслідковувався шлях тертя – за кількістю обертів на лічильнику машини тертя.

Величину зносу визначали за величиною різниць мас до та після випробувань на аналітичних вагах ВЛА – 200М (похибка $\leq 0,002\text{г}$) та проводили у два етапи :

1. після завершення припрацювання;
2. після завершення кожного випробування.



Рисунок 2.3 - Машина тертя МІ-1М, аналітичні ваги ВЛА – 200М

2.3 Математична обробка експериментальних даних

Результати експериментальних даних визначення мікротвердості нових та відновлених валів трансмісії, оброблялись згідно методики [28]. По результатах вимірювань були визначені теоретичні значення мікротвердості

по довжині робочої поверхні. Необхідно здійснити вирівнювання емпіричного розподілу по прийнятому теоретичному закону, а також порівняння емпіричних і теоретичних функцій по критерію узгодження Пірсона.

2.4 Методика експлуатаційних випробувань

Дослідження зносостійкості відновлених поверхонь проводили на партії вторинних валів КПП тракторів, усі зношені поверхні яких були відновлені електроіскровим легуванням (нарощування). Цей метод випробувань, за даними роботи [26], дозволяє одержати достовірні і порівнювані результати. Двигуни з відновленими шліцьовими валами маркували й експлуатували в умовах *Гоголівського управління технологічного транспорту, смт Гоголеве Великобагачанського району Полтавської області.*

Висновки

- 1) Розроблена методика досліджень, що включає проведення експериментів по оцінці структури та властивостей покриттів з урахуванням матеріалу і параметрів процесу електроіскрового легування.
- 2) Запропоновано послідовність проведення досліджень задля вирішення поставлених задач.
- 3) На основі аналізу умов експлуатації валів, вимог до якості базових поверхонь, підбрано методи оцінки якості нарощуваного шару металу, запропоновані методи оцінки покриття на міцність зчеплення.
- 4) Підбрано методи оцінки якості відновлення з використанням сучасних методів досліджень: металографічного, оцінки мікротвердості.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Визначення величини зносів валів

Зниження надійності перехідних валів у період експлуатації призводить до істотного скорочення ресурсу зчеплення, КПП і трансмісії в цілому. Зовнішній вигляд зношених деталей приводимо на рис.3.1.



Рисунок 3.1- Зношений перехідний вал зчеплення трактора

Величину зносу робочих поверхонь валів визначали прямими замірами розмірів і порівнянням їх з номінальними.

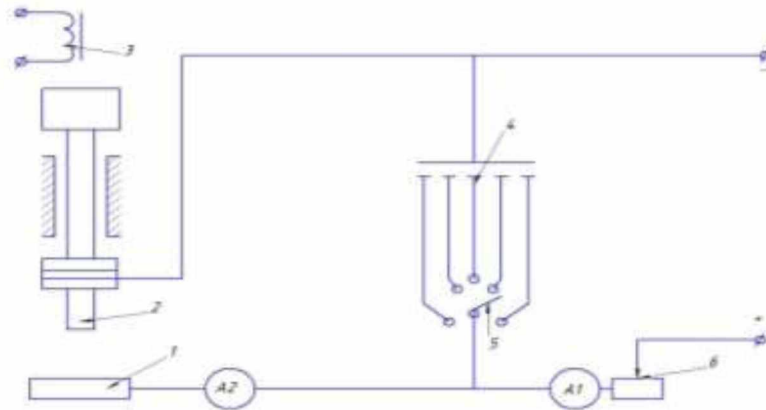
Для оцінки можливості відновлення дефектів валів, які поступили після експлуатації методом електродугової металізації була проаналізована вибірка. Вибірка карт мікрометражу приведена у таблиці *A2 додатків*.

Результати мікрометражу показали, що два з десяти валів мають величину зносу шийки у межах допустимих, а вісім потребують відновлення. Максимальне значення зношених шийок $D_{\max}=70,00\text{мм}$; мінімальне $D_{\min}= 69,94\text{мм}$; середнє $D_{\text{ср}}=69,97\text{мм}$, отже величина зносу лежить у межах, коли дефект відновлюється. В процесі тривалої експлуатації спрацювання поверхонь шийок під шарикопідшипники не перевищує 0,6мм. Шліцьові поверхні спрацьовуються переважно у верхній боковій частині: 90 % валів мають спрацювання шліців 0,3 - 0,6мм, решта - не більше 1мм.

Найбільший вплив на зниження ресурсу проміжного валу мають: вигин валу, знос поверхонь під сальник і підшипник, знос шліців по ширині

3.2 Обґрунтування вибору технологічного обладнання

Експерименти по електроіскровому відновленню зношених шіщових валів проводилися на експериментальній установці, основним технологічним вузлом ми обрали установку для електроіскрового нарощування БГ-4 (рис.3.2)



1 - оброблювана деталь; 2 - електрод; 3 - вібратор; 4-конденсатор; 5-перемикач; 6 - реостат; А₁ - амперметр мережі живлення; А₂ - амперметр розрядного ланцюга.

Рисунок 3.2 - Схема електроіскрової установки

Основні параметри технічної характеристики установок для електроіскрового нарощування (легування) класу БГ приведені у табл. 3.1

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика установок БГ для електроіскрового відновлення [20]

	БГ-1М	БГ-4	БГ-5
Комплектність	генератор, вібратор		
Напруга живлення (+-10%) при частоті 50 Гц	220В		
Потужність, кВт	0,25	0,5	0,5
Кількість електричних режимів	35	35	70
Максимальна енергія імпульсів, Дж	3,15	5	10
Частота імпульсів, Гц	10-3200	12-3000	5-1600
Товщина покриття (мм) при контактній суцільності 15-30%	0,01-0,2/0,01-1,3/	0,01-0,4/0,01-2,2/	0,01-0,5/0,01-87/
Твердим сплавом Т15К6 /сталлю ШХ15/ бронзою БрКМц 3-1	0,01-1.4	0,03-2.3	0,05-2.7
Висота мікронерівностей Ra(мкм) твердим сплавом Т15К6	2,5-20	2.5-50	2,0-60
Максимальна продуктивність нанесення покриття без пропусків, см ² /хв.	6	10	12
Габаритні розміри генератора, см	130x300x210	170x430x250	160x320x360
Маса генератора, кг	7	14	14
Режим роботи	Ручний та механізований. Можуть працювати у механічному режимі при додатковому комплектуванні механічними пристосуваннями		

3.3 Дослідження основних параметрів режиму обробки

Головні параметри режимів електроіскрового процесу: кількість торкань електродів до відновлювальної поверхні; висота шорсткості; параметри лунки: радіус лунки, розмір форми западин, шаг нерівностей; коефіцієнт суцільності покриття. Параметри режиму: частота обертання деталі, поздовжня подача, продуктивність процесу.

Лінійна швидкість переміщення точки контакту електроду з деталлю визначена по формулі [20]:

$$V = \frac{1}{K_1} d \cdot f, \text{ мм/с}, \quad (3.1)$$

де f - частота проходження імпульсів.

При $d=1\text{мм}$ лінійна швидкість електроду відповідатиме $v = 6370d / \text{хв.}$, або $V=6,37 \text{ м/год.}$

З діаграми видно, що збільшення лінійної швидкості при підвищенні діаметру електроду та частоти вібрації електроду.

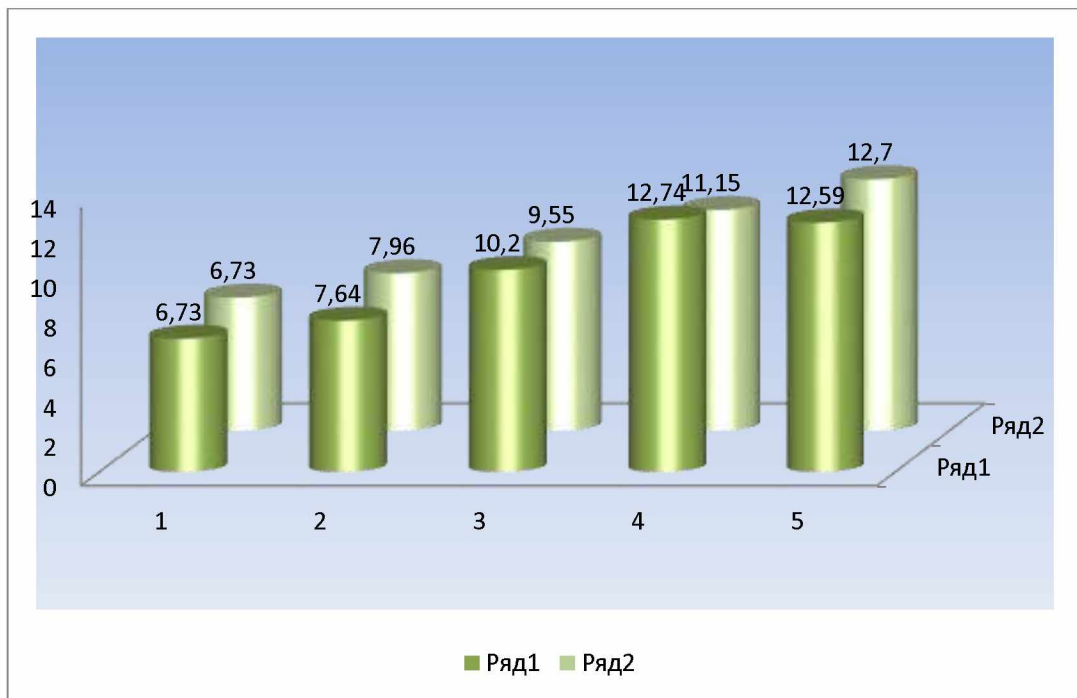


Рисунок 3.3 – Залежність лінійної швидкості електроду від частоти вібрації електроду (ряд 1) та діаметру електроду (ряд 2)

Згідно даним [20] швидкість наплавлення наплавлення в середовищі CO_2 ,

вібродугового наплавлення, буде в межах 20-40м/год.

Користуючись залежністю (3.2), залежно від діаметру (D) оброблюваної деталі і задаючись величинами (K_c , d і f), ми можемо визначити частоту n_d обертання:

$$n_d = \frac{60 \cdot D \cdot f}{\pi d \cdot K_c}, \text{ об/хв.}, \quad (3.2)$$

$$n_d = \frac{60 \cdot D \cdot f}{\pi d \cdot K_c} = \frac{60 \cdot 0,055 \cdot 50}{3,14 \cdot 1 \cdot 0,785} = 66,9 \text{ хв.}^{-1}$$

де D - діаметр відновлюваної деталі, мм.

Повздовжню подачу (S) на один оберт оброблюваної деталі визначаємо з формули:

$$S = \frac{d}{k_1}, \text{ мм/об.} \quad (3.3)$$

Виконавши підстановку значень, отримали $s = 1.27$ мм/об.

Керуючись даними досліджень [20], змінюючи значення діаметра деталі D , приймаємо рекомендовані параметри режиму: частота обертання n_d деталей 100-250хв⁻¹.; переміщенням супорту $S=1,0$ мм/об.; частота вібрації електроду - 50Гц, кількість проходів n електрода - від 1 до 8.

3.4 Обґрунтування підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування

Продуктивність процесу обробки (N) визначаємо з виразу:

$$N = \frac{f \cdot d^2}{K_c}, \text{ мм}^2/\text{хв.} \quad (3.4)$$

Отже, зростання рівня продуктивності процесу електроіскрового нарощування досягається через збільшення частоти електричних імпульсів, а також використанням жорсткіших параметрів режиму, так як розмір лунки

пропорційний значенню енергії імпульсу. Коефіцієнт суцільності (по колу і по твірній деталі) покриття описується залежністю:

$$k = 1 - \left(\frac{K_p}{100} \right)^n, \quad (3.5)$$

де $K_p = 78\%$ - розрахункова суцільність обробки за один прохід;

n – число проходів електродом.

Згідно виразу (3.5) два проходи електродів дають суцільність покриття:

$$k = 1 - \left(1 - \frac{78}{100} \right)^2 = 0.95, \text{ тобто } 95\%;$$

Після трьох проходів суцільність покриття досягається:

$$k = 1 - \left(1 - \frac{78}{100} \right)^3 = 0.99, \text{ тобто } 99\%$$

Після чотирьох проходів електродом суцільність покриття складає:

$$k = 1 - \left(1 - \frac{78}{100} \right)^4 = 0.9997 \approx 100\%$$

Бачимо, що при здійсненні трьох і чотирьох проходів електроду суцільність покриття мало відрізняється, а продуктивність процесу нанесення покриття знижується на 25%. Отже, для досягнення оптимальної продуктивності електроіскрового нарощування доцільно використовувати не більше трьох проходів. При цьому необхідно забезпечити струм короткого замикання $I_{кз} = 8-10\text{А}$, напругу холостого ходу $V = 14-16\text{В}$ [20]

По результатах побудована залежність, показана на графіках (рис. 3.4)

⋮

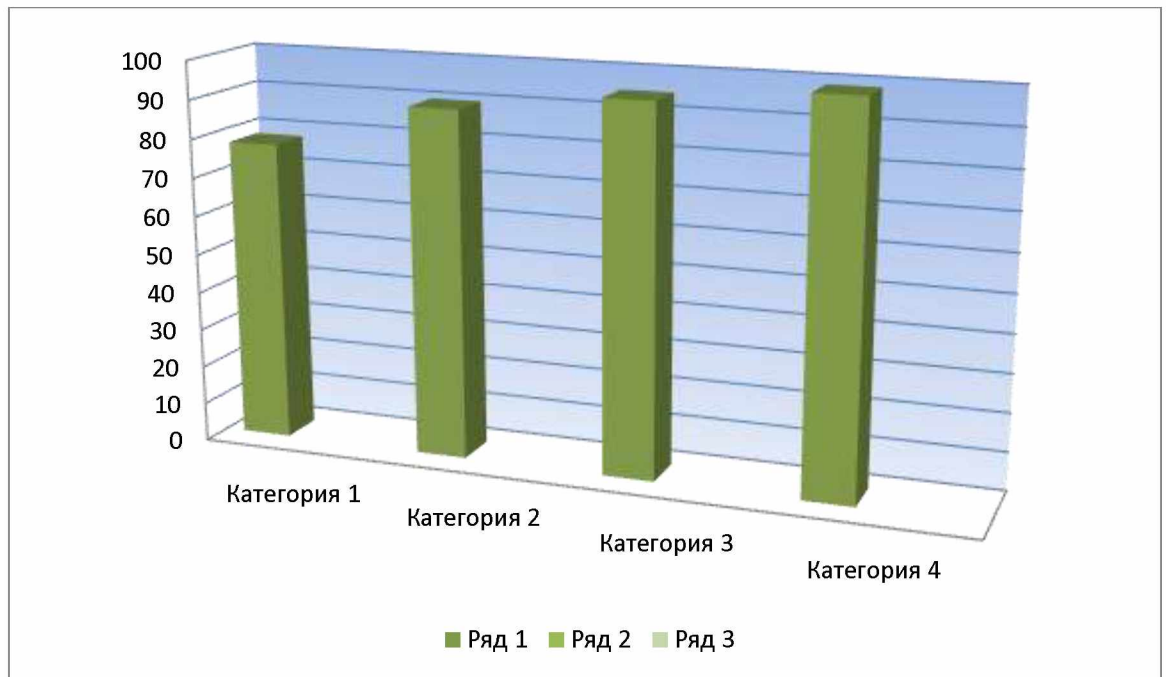


Рисунок 3.4 - Залежність продуктивності технологічного процесу від параметрів режиму: коефіцієнту суцільності покриття

По наших розрахунках, повинна забезпечуватися продуктивність не нижче $36 \text{ см}^2 / \text{хв.}$, тоді як реально вона складає $2,5 - 3,5 \text{ см}^2 / \text{хв.}$ [20]

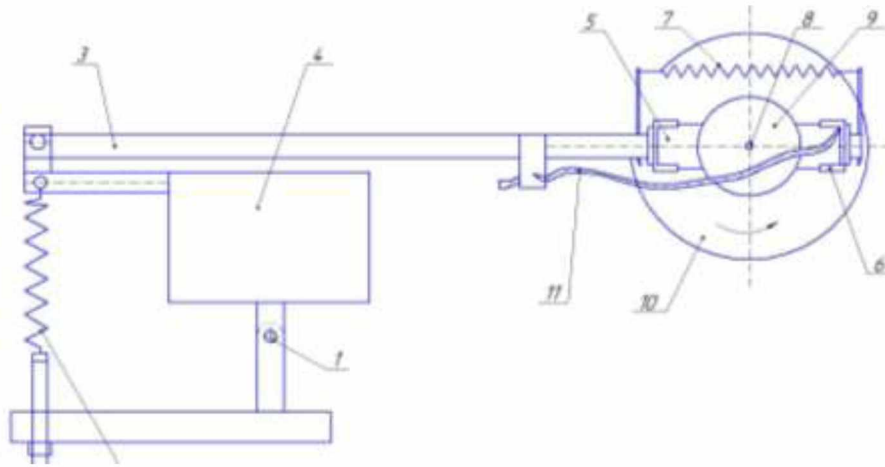
Ця, досить значна розбіжність між розрахунковим значенням продуктивності і значенням експериментальної пояснюється недосконалістю конструкцій існуючих електродотримачів технологічного обладнання.

Продуктивність процесу, близьку до розрахункової, можна отримати тільки в тому випадку, коли значення ширини електроду буде наближено до діаметру одиначної лунки протягом всього періоду обробки. Швидкість переміщення оброблюваної поверхні дорівнюватиме швидкості переміщення електроду у момент проходження іскрового розряду.

Але, застосування електродів з невеликою площею поперечного перерізу не дозволяє використовувати великі струми, так як тонкі електроди швидко перегріваються. Тому, оптимальна форма електроду повинна мати мінімальну довжину контакту з оброблюваною деталлю. А також швидко відводити тепло в навколишнє середовище.

Такі вимоги найкраще задовольняє дисковий електрод з шириною диска не більше 1-2мм. Умова рівності швидкостей електроду і деталі забезпечується шляхом

безпосереднього контакту їх. При цьому електрод має можливість вільного обертання. Конструкція електродотримача для дискового електроду, шириною 1-2 мм представлена на рис. 3.4 [17, 20].



1 - вісь кочення корпусу електродотримача; 2, 7 - пружина; 3 - корпус вібратора; 4 - електромагніт вібратора; 5 - струмопідвідні щітки; 6 - щіткотримачі; 8 - вісь обертання електроду; 9 - колектор; 10 - дисковий електрод; 11 - струмопровід.
Рисунок 3.5 - Конструкція електродотримача, що забезпечує підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування

Дискові електроди повинні відповідати вимогам:

- 1). товщина електродів не більш 3,0 мм;
- 2). наявність великої полярності;
- 3). відсутність різнотовщинності по перерізу диска.

Для виготовлення дискових електродів використовують тонколистовий прокат, або виготовляють методом пресування з порошкових композицій диски.

Електроди у формі диска дозволяють отримувати рівномірне покриття з високим ступенем суцільності. Керуючись даними досліджень, опублікованими у [20], приймаємо до використання електроди у формі дисків діаметром 80-250мм і товщиною 1,5-2,5мм,

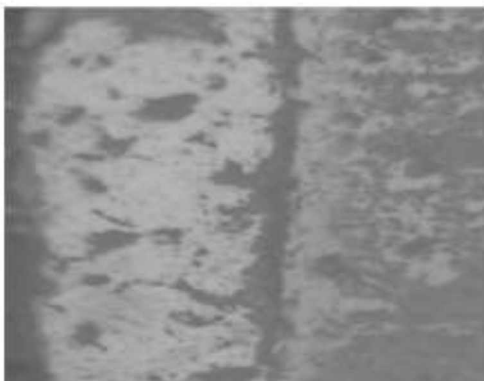
Використовували розглянуті і вивчені хромові електроди (зокрема, марки 30X13), а також електроди на нікелевій основі з додаванням хрому, ванадію і титану (ХН60ВТ).

3.5 Дослідження мікроструктури та твердості покриття

Мікроструктуру нарощених зразків досліджували після травлення 4% розчином азотної кислоти в етиловому спирті [29, 30]. У випадку нарощування електродами із сплаву 150X30 (15%С і 30,0%Cr) формується голчаста мартенситна структура (рис.3.6) з дрібним зерном.

Нарощений шар являє собою не витравлену структуру, в якій проглядаються тонкі білі зони у вигляді ліній (товщиною 0,33-1,67мкм), що належать карбідній фазі. Ці лінії утворюють структуру, яка складається з кількох невеликих шарів.

При формуванні шару з числом проходів більше трьох виявляється кристалізація неоднорідної структури. Особливо добре це видно після травлення зразків (рис. 3.6).



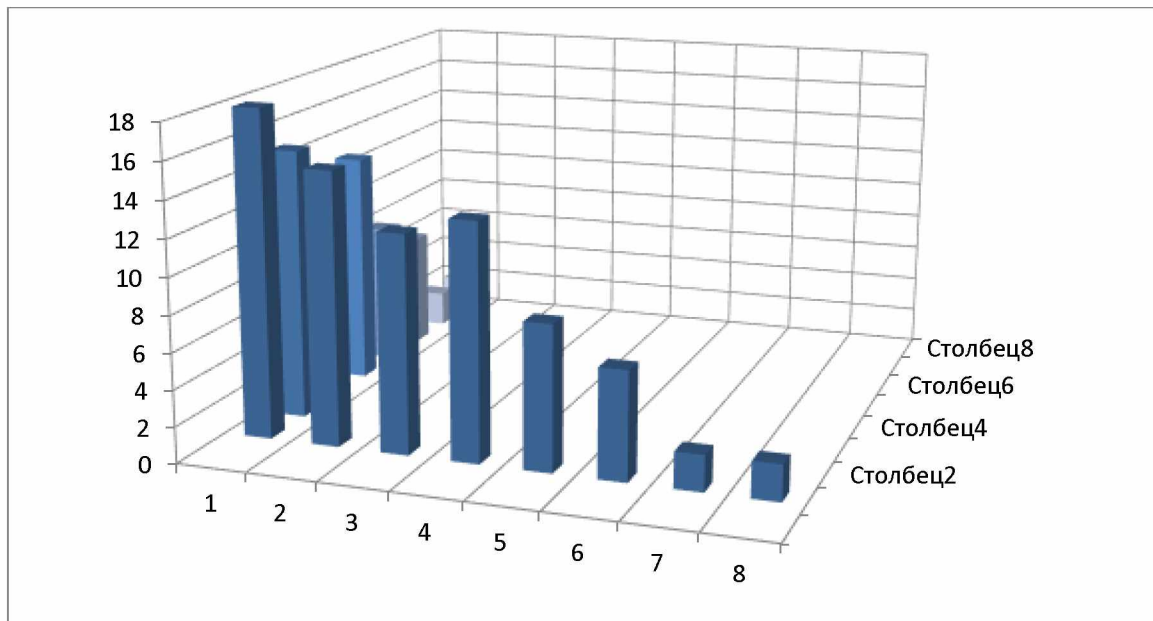
а)



б)

Рисунок 3.6 - Мікроструктура поверхневої зони зразків після ЕІЛ а) електродами 30X13; б) електродами 150X30

Мікротвердість H_m [31] зразків виміряли за допомогою приладу ПМТ-3 при навантаженні $P=50$ г. Середнє значення H_m для кожної точки обчислювали на підставі 5 вимірювань; середньоквадратичне відхилення складало $\pm(20...30)$ од. На рисунку 3.7 приведена зміна твердості по відстані від нарощеного шару.



Відстань від поверхні, мкм

Рисунок 3.7 – Зміна мікротвердості по відстані від поверхні: а – електроди 30Х13.

В межах легованого шару мікротвердість досягає значень 17,91 ГПа і з наближенням до межі шару зменшується до 7 ГПа. Як витікає з результатів рентгеноструктурного аналізу такі високі значення мікротвердості можуть бути зумовлені утворенням карбідів. Твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу. Товщина легованого шару становить 15 20 мкм.

3.6 Оцінка зчеплення нарощеного шару з основним матеріалом

Міцність зчеплення шару, нанесеного з основним оцінювали за методикою, розробленою А.П. Гуляєвим та Н.Т. Гудцовим [31].

Оцінку рівня міцності зчеплення проводили при навантаженні на індентор $P=50$. При цьому довжина діагоналі відбитку (середнє значення) складала відповідно 45,9 і 53,4 мкм.(табл. 3.2)

Так як у нас відшаровування, нанесеного шару від основного матеріалу не відбулася, то міцність зчеплення буде не менше, ніж значення, підраховане за формулою:

$$\sigma = 2 \frac{P}{d^2}, \quad (3.11)$$

Міцність зчеплення оцінюємо за формулою (3.11). Підраховані значення міцності зчеплення поверхневого з металом деталі приведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Значення міцності зчеплення нанесеного шару з металом деталі

Електро іскрове нарошування електродом 30X13	довжина діагоналі відбитка індентора								
	0,508	0,499	0,483	0,494	0,494	0,459	0,471	0,504	0,534
	міцність зчеплення нанесеного шару металу з металом деталі								
	387,4	401,6	419,2	409,8	409,8	476,2	450,5	393,7	350,8
Електро іскрове нарошування електродом 150X30	довжина діагоналі відбитка індентора								
	0,377	0,393	0,393	0,379	0,378	0,347	0,384	0,388	0,400
	міцність зчеплення нанесеного шару металу з металом деталі								
	704,2	649,4	689,7	699,3	833,3	476,2	680,3	644,6	625,0

Визначивши максимальне і мінімальне значення, одержали, що при електроіскровому нарошуванні **електродом** марки 30X13 міцність зчеплення забезпечується на рівні не менше 350 МПа. А при електроіскровому нарошуванні електродом із сплаву 150X30 - не менше 644 МПа (64,4 кг/мм²).

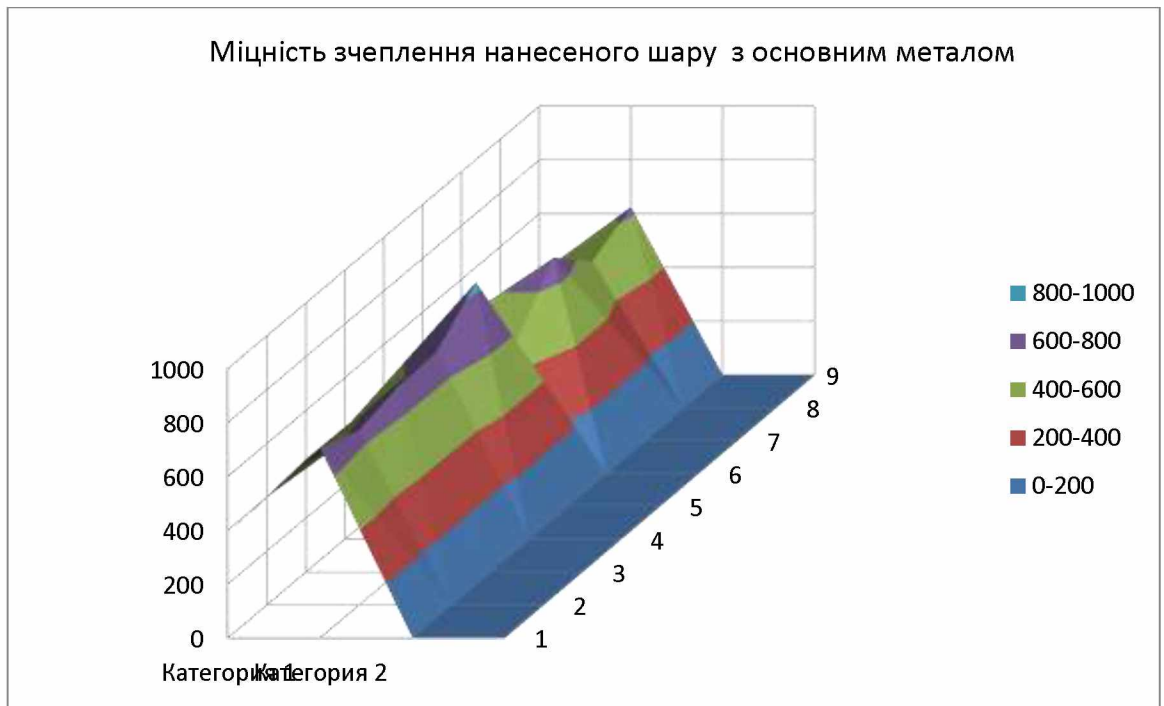


Рисунок 3.8 - Значення міцності міцність зчеплення нанесеного шару металу з металом деталі

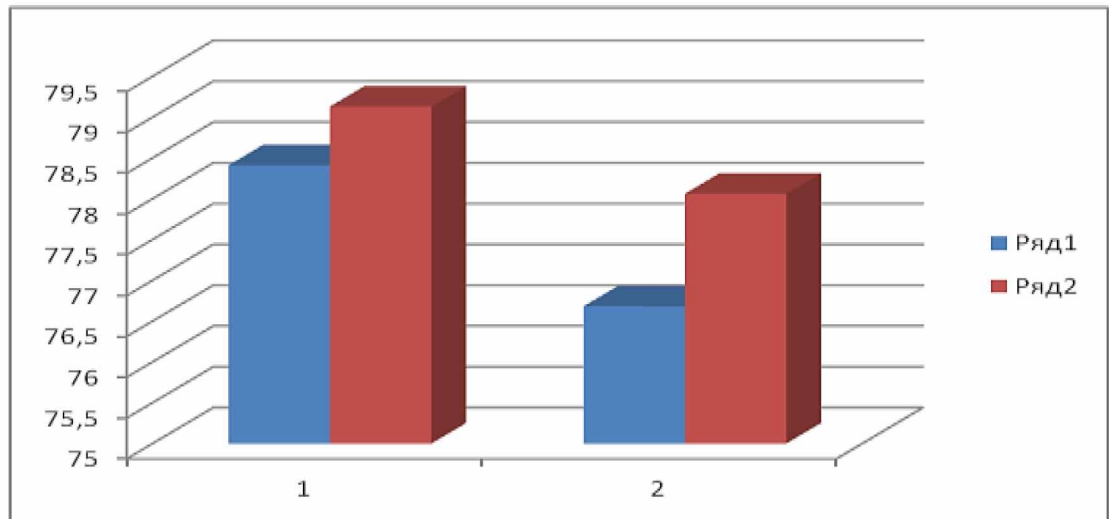
3.7 Випробування на зносостійкість

Випробування на зносостійкість зразків з нанесеним покриттям і без нього показують, що в нелегованих вуглецевих матеріалах втрата ваги практично не відрізняється від початкових зразків (за винятком сірого чавуну, який при обробці вибілюється). Найбільш висока зносостійкість в покритті досягається при використанні як анод високовуглецевих або низьковуглецевих легованих матеріалів. У табл. 3.3 приведені результати випробувань на знос.

Таблиця 3.3 - Результати випробування зразків з покриттям на зносостійкість

Матеріал покриття	Матеріал покриття	Маса зразка, г		Зміна маси, г	Величина зносу порівняно зі сталлю Ст 3
		початкова	кінцева		
Сталь 40Х	30Х13	78,41	76,68	1,43	0,58
	150Х30	78,55	76,89	1,66	0,63
Чавун сірий	30Х13	79,13	78,06	1,07	0,44
	150Х30	78,94	77,81	1,13	0,43

З аналізу приведених експериментальних даних видно, що при нанесенні покриттів на сталі Ст.3, 40Х та сірий чавун доцільно використовувати як анод леговані матеріали, особливо з підвищеним вмістом хрому, які крім збільшення зносостійкості забезпечують і високі показники жаростійкості і корозійної стійкості, малу схильність до графітизації і пошкоджуваності.



Ряд 1 – початкова маса зразка; ряд 2- кінцева маса зразка

Рисунок 3.9– Зміна маси зразків: 1 – нарощеного електродом 30X13; 2 – 150X30

Виходячи з даних (табл. 3.5) та аналізуючи діаграми (рис. 3.9) бачимо, що середня зносостійкість по втраті ваги зразків, більш висока зразків, на які нанесено покриття електродами 150X30. Підвищений вміст хрому крім підвищення зносостійкості забезпечує ще і жаростійкість і корозійну стійкість, знижує схильність до графітизації і крихкості [30, 31].

Запропонована технологія процес відновлення валу приведена у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Технологічний процес відновлення валу

№ п/п	Назва операції	Обладнання	Прилади та інструменти
005	Мийна 1. Миття валу в розчині мийного засобу «Helit» (25 г/л) при температурі 80...90 ⁰ С; очищення їх від нагару та смолянистих відкладень	Мийна ванна	Ємкість з нержавіючої сталі, мийний засіб «Helit»
010	Дефектувальна 1. Перевірити вал на прогин (при значенні биття, що перевищує допустиме значення, деталь повинна замінюватися) 2. Визначити знос опорних поверхонь валу під підшипник ковзання	-	Прилад перевірки деталей обертання на биття в центрахПВ-250; калібр (1,75-1,89мм); мікрометр 0-25мм з точністю 0,002мм МР020020
015	Електроіскрова 1. Закріпити у трьохкулачковому патроні токарно-гвинторізного верстата 1К62 зворотний центр 2. Закріпити вал в центрах верстата 3. Обробити поверхні вала під підшипник ковзання. Електрод – 1мм, режим установки – 2; $n_d = 22xv^{-1}$; $S = 1,29\text{мм/об}$;	Токарно-гвинторізний верстат 1К62, установка для електроіскрового нарощування БІГ -4	Патрон трьохкулачковий; центр обертаний; електрод зі сталі 65 для електроіскрового покриття
020	Поверхнево-пластична Обкатати відновлені поверхні вала під підшипник ковзання $n_d = 30xv^{-1}$; $S = 0,11\text{мм/об}$; [.....]	Токарно-гвинторізний верстат 1К62	Патрон трьохкулачковий; центр обертаний, фасонний різець
025	Притирочна Притерти опорні поверхні вала під підшипник ковзання до номінального розміру	Токарно-гвинторізний верстат 1К62	Патрон трьох кулачковий; центр обертаний; чавунний притир розрізний; паста алмазна АМ7/5 ДСТУ 9206-90; мікрометр 0-25мм з точністю 0,002мм МР020020 ДСТУ4381-97
030	Балансувальна Виконати балансування вала в двох площинах до досягнення величини, даної в умовах на капітальний ремонт	Верстат балансувальний БАІ-03-02Т, машина шліфувальна	Круг шліфувальний
035	Очистка Промити вал у розчині мийного засобу «Helit» (25 г/л) при температурі 80...90 ⁰ С	Мийна ванна	-
04	Контрольна Виконати технічний контроль відновленого валу на відповідність розмірам	-	Мікрометр 0-25мм з точністю 0,002мм МР020020 ДСТУ4381-97

Висновки

В результаті проведених дослідів:

- 1). досліджено основні параметри режиму обробки;
- 2). обґрунтовано підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування;
- 3). при нарощуванні електродами із сплаву 150Х30 твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу;
- 4). найбільш висока зносостійкість в покритті досягається при використанні анодів з високовуглецевих легованих хромом матеріалів;
- 5). міцність зчеплення забезпечується на рівні від 350 МПа до 644 МПа.

Тому, розробка технології відновлення конкретних зношених деталей сільськогосподарської техніки методом електроіскрового легування, є актуальною задачею, яка вимагає проведення подальших досліджень по застосуванню електродних матеріалів та параметрів режимів процесу.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Одним з найважливіших питань сьогодення є охорона оточуючого середовища. Наше суспільство тільки почало виходити на той рівень оберігання природи, який був необхідний ще декілька десятиліть тому. Але завдяки науково - технічному розвитку - рухаємося швидкими темпами впроваджуючи наукові новинки в усі галузі життя.

Згідно із Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (6 розділ, 26 стаття) має обов'язково проводитися екологічна експертиза у господарських, управлінських, законотворчих процесах та інших видах діяльності, котрі впливають на стан оточуючого середовища. Також мають бути перевірені всі будівельні проекти та об'єкти, включно з об'єктами, що проходять реконструкцію та модернізацію [33-35].

В Україні діє закон «Про екологічну експертизу» від 09.02.1995р.

Екологічна експертиза - це комплекс заходів, досліджень, санітарно-епідеміологічних експертиз, спрямованих на забезпечення підтримання екології і навколишнього середовища в доброму стані.

Метою екологічної експертизи є запобігання шкідливому впливу антропогенної діяльності на загальний стан навколишнього середовища і здоров'я людей; оцінка екологічної ситуації на окремих об'єктах та територіях і ступеню екологічної безпеки господарської діяльності.

Головними завданнями екологічної експертизи є:

- 1) Оцінка впливу діяльності об'єктів екологічної експертизи на стан навколишнього середовища, здоров'я людей і якість природних ресурсів;
- 2) Визначення ступеню екологічного ризику і безпеки здійснюваної чи запланованої діяльності;

- 3) Організація комплексної, науково обґрунтованої оцінки об'єктів екологічної експертизи;
- 4) Встановлення відповідності об'єктів експертизи вимогам екологічного законодавства, санітарних та будівельних норм і правил;
- 5) Підготовка об'єктивних, всебічно обґрунтованих висновків;
- 6) Оцінка ефективності, повноти, обґрунтованості й достатності заходів щодо охорони навколишнього середовища і здоров'я людей.

Принципами екологічної експертизи є:

- 1) Законність;
- 2) Державне регулювання;
- 3) Гарантування безпечного оточуючого середовища для проживання людей;
- 4) Збалансованість екологічних, економічних, медико – біологічних та соціальних інтересів з урахуванням громадської думки;
- 5) Екологічна безпека, територіально – галузева і економічна доцільність реалізації об'єктів екологічної експертизи , здійснюваної чи запланованої діяльності;
- 6) Наукова обґрунтованість, об'єктивність незалежність, варіативність, комплексність, гласність і превентивність.

Відповідно до теми наукової роботи «Підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки з використанням технологій електроіскрової обробки» на базі СТО «Автомоторна компанія» досліджуємо головні екологічні проблеми виконання електроіскрового нарощування.

Наслідком технологічного процесу електроіскрового нарощування є викиди різних хімічних сполук у повітря, таких як: гази, хімічні сполуки, оксиди металів. Світлове, ультрафіолетове й інфрачервоне випромінювання також утворюється від зварювальної дуги.

Щоб уберегтися від шкідливих променів – мають бути застосовані спеціальні світлофільтри та зварювальні маски. Задля нормалізації хімічного складу повітря повинна проводитися безперебійна вентиляція й постійний

контроль за складом повітря на ділянці, застосовуватися засоби індивідуального захисту (або блоки подачі очищеного повітря). На ділянках з великим рівнем шуму мають бути застосовані засоби захисту органів слуху.

Кожен працівник повинен бути одягнутим у спеціальний вогнетривкий або брезентовий захисний костюм, а кожне робоче місце – обгороджене спеціальними щитами або ширмами. Постійне і вчасне проведення попередніх і періодичних медичних оглядів працівників є запорукою довголіття працівників та їхнього здоров'я.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми охорони праці у виробничому середовищі
Охорона праці – важливий аспект будь якого виробництва.

Охорона праці – це система правових, соціально – економічних, організаційно – технічних, санітарно – гігієнічних та лікувально – профілактичних заходів і засобів, котрі спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності кожної людини у процесі праці [36-37].

Головною метою охорони праці є створення безпечних умов праці на кожному робочому місці, безпечне виконання будь яких робіт та правильна експлуатація усіх робочих інструментів та обладнання. Зниження виробничого травматизму й професійних захворювань – це також важливі складові охорони праці.

Система охорони праці в нашій державі складається із Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», а також нормативно – правових актів, відповідних до них [38].

4.2.2 Організація безпечного виконання робіт відповідно до правил на всіх етапах трудових, виробничих і технологічних процесів.

У відповідності до теми кваліфікаційної роботи «Підвищення довговічності деталей сільськогосподарської техніки з використанням технологій електроіскрової обробки» проводимо аналіз можливості впровадження розробок з точки зору забезпечення усіх вимог з охорони праці. Технологічний процес відновлення блоку циліндру з використанням установки для електроіскрового нарощування БГ – 4. Впровадження плануємо в цеху ТОВ «Автомоторна компанія», яка є спеціалізованим підприємством з повним комплексом технологічного обладнання для якісного ремонту двигунів.

До виконання ремонтних робіт не допускаються особи молодші за 12 років та особи, котрі не пройшли інструктаж з техніки безпеки або не мають відповідної фахової підготовки, посвідчення зварювальника з відповідними допусками.

Кожен працівник забезпечується спецодягом: брезентовий костюм, шолом – маска зварювальника, спецвзуття, гумовий килимок, рукавиці.

Виконання робіт дозволяється виконувати у спеціально обладнаних кабінках, які обладнані приточно – витяжною вентиляцією, надійним заземленням джерела електричного струму. Усі електричні кабелі мають бути без пошкоджень ізоляції й роботи повинні проводитися не на відкритому повітрі у дощову погоду й на відстані 5м і більше від горючих матеріалів [37].



Рисунок 4.1 – Витяжна вентиляція марки С4. 65-3.0

Будь які маніпуляції та обслуговування електрообладнання виконуються лише у відповідності до «Правил технічної безпеки при експлуатації електроустановок користувачів» [37].

4.2.3 Розробка комплексу організаційних та технічних заходів з охорони праці та пожежної безпеки [38].

Організаційні заходи

1. Сертифікування на відповідність до вимог нормативної документації усіх послуг, котрі надаються підприємством.
2. Проведення експертизи та ліцензування на відповідність нормативним актам технічної та проектно – конструкторської документації.
3. Атестація робочих місць.
4. Оновлення стендів охорони праці на робочих місцях.
5. Застосування новітніх технологій підчас проведення інструктажу та навчання працівників.
6. Виховування у працівників робочої культури.

Протипожежні заходи

1. Впровадження новітньої системи попередження пожеж.
2. Встановлення новітньої автоматичної системи пожежогасіння.

3. Постійний контроль за наявністю та станом пожежного інвентарю.

Технічні заходи

1. Установлення захисної огорожі навколо електротрансформатора на території підприємства.

2. Обладнання додатковими джерелами освітлення всієї робочої ділянки.

3. Обладнання ділянки кондиціонерами для покращення температурного режиму.

Санітарно – гігієнічні заходи

1. Контроль за наявністю миючих засобів біля рукомийників.

2. Забезпечення засобами індивідуального заходу.

3. Покращення обладнання кімнати відпочинку персоналу.

4. Встановлення додаткових кондиціонерів у адміністративних приміщеннях.

4.3 Техніко – економічне обґрунтування розробок

Розрахунок собівартості ремонту

Собівартість – це комплексний економічний показник, який об'єднує в собі витрати матеріалізованої праці (засоби виробництва й обладнання) і витрати живої праці (заробітна плата робітників) [39].

Вона складається з прямих та непрямих (накладних) витрат. Прямими вважаються основна і додаткова заробітна плата працівників, соціальне страхування, вартість запасних частина і матеріалів.

Накладними вважаються витрати на витратні матеріали, такі як електроди, шліфувальні круги і т. д.

У таблиці 4.1 приведено дані необхідних матеріалів для виконання ремонту одного валу зчеплення трактора.

Таблиця 4.1 - Витрати матеріалів та ресурсів для ремонту валу зчеплення

Необхідні ресурси (матеріали)	Діагностика		Ремонт валу зчеплення		Шліфування відновлених поверхонь		Перевірка виконаних робіт	
	Необ- хідна к/к	Ціна, грн	Необ- хідна к/к	Ціна, грн	Необ- хідна к/к	Ціна, грн	Необ- хідна к/к	Ціна, грн
Електроенергія, кВт	2,5	4,75	23,0	43,7	15,5	29,45	1,75	3,325
Електроди для електроіскрового наплавлення, шт.	-	-	10	450	-	-	-	-
Шліфувальний круг ПП600×25×305 ЭБ16- 25С1Б, ЭБ16-25С1К, шт.	-	-	-	-	1	60	-	-
Шліфувальний круг ПП600×25×305 КЧ16- 25С1К, К316-25С1К, шт.	-	-	-	-	1	60	-	-
Разом		4,75		493,7		149,45		3,325

З таблиці 4.1 видно, що загальні витрати на матеріали склали :

- діагностика зчеплення – 4,75 грн.;
- ремонт - 493,7грн.;
- шліфування відновлених поверхонь – 149,45грн.;
- перевірка виконаних робіт – 3,325 грн.

Розраховуємо кількість використаної енергії [39]:

$$N = k \times N_B = 0,55 \times 42,75 = 23,51 \text{ кВт/год}, \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання,

N_B - загальна витрата електроенергії кВт/год.

Витрати на електроенергію:

$$1,89 \times 23 = 43,7 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}}$$

Обладнання працюватиме 8 годин на добу.

Витрати електроенергії за добу:

$$V_{e.d.} = 43,7 \times 8 = 349,6 \text{ грн.}$$

Витрати за рік :

$$V_{e.p.} = 349,6 \times 253 = 88,449 \text{ грн.}$$

Визначаємо потребу та розрахунок оплати персоналу на 2023 рік.

Таблиця 4.2 - Розрахунок оплати персоналу.

Фах працівника	К/к працівників	Оплата праці, грн		
		За місяць	За рік	Питома вага,%
Наплавлювальник (зварювальник)	1	14500	90000	31,81
Шліфувальник	1	15000	180000	36,37
Контролер - діагност	1	12500	90000	31,81
Разом	3	30000	360000	100,0

Прийmemo, що діагностика – 2 години; електроіскрове наплавлення – 3 години; шліфування 4 години. Заробітна плата в цьому випадку :
 $187,5+562,5+375=1125$ грн.

Собівартість ремонту валу визначаємо за формулою:

$$C = O_{\text{п}} + H, \text{ грн.}, \quad (4.2)$$

де $O_{\text{п}}$ - заробітна плата, грн.,

H – накладні витрати, грн.

Накладні витрати: електроди для наплавлення - 450 грн.; шліфувальні круги - 120 грн.

Отримані результати вартості витрачених матеріалів та наданих послуг приводимо в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок собівартості ремонту валу

Найменування статті витрат	Ремонт
Електроенергія, грн	349,6
Оплата праці, грн	1125
Вартість витрачених матеріалів та ресурсів	570
Разом	2044,6

Економічна доцільність:

$$\frac{C_{\text{р}}}{\eta_{\text{дов.}}} = C_{\text{нов.}} \quad (4.3)$$

де C_p 2044,6 грн. – собівартість відновлення валу при розробленому способі відновлення;

$C_{\text{нов.}} = 8500$ грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

$\eta_{\text{дов.}} = 0,8 - 0,9$ – коефіцієнт довговічності.

$$\frac{2044,6}{0,9} = \text{грн.}, \text{ а саме } 2271,8 < 8500 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість ремонту валу зчеплення трактора становить 2271,8 грн., тоді як вартість нового валу - 8500 грн. Із співвідношення видно, що ремонт даним способом є доцільним.

Висновки.

У даному розділі ми запропонували розроблені нами:

- 1) Заходи по зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище ділянки ремонту ;
- 2) Покращення заходів з охорони праці;
- 3) Техніко – економічне обґрунтування впровадження розробок у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті всебічного аналізу літературних джерел зроблено висновок, електроіскрова обробка є однією з прогресивних у ремонтному виробництві, можливості якої ще повністю не з'ясовані. А, також про доцільність проведення експериментального дослідження процесу електроіскрового нанесення покриттів.

2. На основі аналізу умов експлуатації шліцьових валів, вимог до якості поверхонь, підібрано методи оцінки якості нарощуваного шару металу, запропоновані методи оцінки покриття на міцність зчеплення, металографічного, оцінки мікротвердості.

В результаті проведених дослідів:

- 1). досліджено основні параметри режиму обробки;
- 2). обґрунтовано підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування;
- 3). при нарощуванні електродами із сплаву 150Х30 твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу;
- 4). найбільш висока зносостійкість в покритті досягається при використанні анодів з високовуглецевих легованих хромом матеріалів;
- 5). міцність зчеплення забезпечується на рівні від 350 МПа до 644 МПа.

Тому, розробка технології відновлення конкретних зношених деталей сільськогосподарської техніки методом електроіскрового легування, є актуальною задачею, яка вимагає проведення подальших досліджень по застосуванню електродних матеріалів та параметрів режимів процесу.

8. Проведені екологічна експертиза та аналіз заходів з охорони праці

9. Виходячи з отриманих результатів економічно обґрунтована доцільність впровадження відновлення зносів та дефектів валів трансмісії (та інших деталей з аналогічними дефектами) нарощуванням шару методом електроіскрової обробки.

Тому, розробка технології відновлення конкретних зношених деталей сільськогосподарської техніки методом електроіскрового легування, є актуальною задачею, яка вимагає проведення подальших досліджень по застосуванню електродних матеріалів та параметрів режимів процесу.

Отже, використання запропонованих способу, обладнання і розрахованих параметрів режиму відновлення дозволяє підвищити зносостійкість відновлених деталей, зменшити витрати на ремонт, тому пропонуємо впровадити у виробництво, що є доцільним як з технологічної, так і з економічної точки зору