

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра Технології та засоби аграрного виробництва

Пояснювальна записка до дипломної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти магістр

на тему: **Підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів за рахунок
застосування зміцнюючих технологій відновлення**

Виконав: здобувач вищої освіти за
ОПІ ТЗМСГВ
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти магістр_групи __
Качаненко Д. В.
Керівник: Іванкова О. В.

Рецензент: _____

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи Підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів за рахунок застосування зміцнюючих технологій відновлення: 76 с., 29 рис., 12 табл., додатки, 51 джерело.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні валу первинного коробки передач трактора МТЗ-82, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси первинних валів коробок передач тракторів МТЗ-82, що відновлюються зміцнюючими технологіями відновлення.

Мета роботи: розробка сучасної технології відновлення валів трансмісії.

Для вирішення даних задач використовували такі дослідження: - аналіз зносів та дефектів деталей та способів їх відновлення, - математичної статистики; - металографічного аналізу: визначення твердості та мікротвердості, мікроструктурний аналіз матеріалу, - випробування відновлених деталей на зносостійкість; - синтез: порівняння та узагальнення результатів досліджень.

Результати проведених досліджень: проведений аналіз характерних дефектів та зносів валів трансмісії тракторів та способів їх відновлення; обґрунтовано можливість використання обраного способу (армуючого наплавлення) для відновлення; обґрунтовано вибір технологічного обладнання та матеріалу, підібрані та розраховані параметри режимів; приведені результати експериментальних досліджень; проведена екологічна експертиза розробленої технології та розроблено заходи з охорони праці; виконано техніко-економічне обґрунтування використання обраної технології.

Визначена собівартість відновлення первинного валу коробки передач трактора МТЗ-82 при розробленому технологічному процесі 556,55грн., що нижче ціни нової деталі.

Ступінь впровадження результатів роботи – результати використовувалися при розрахунку режимів відновлення розподільних валів автомобільних двигунів.

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: ТРАНСМІСІЯ, КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, ПЕРВИННИЙ ВАЛ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ, АРМУЮЧЕ НАПЛАВЛЕННЯ, ТВЕРДІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

ВСТУП

Своєчасний ремонт сільськогосподарської техніки дає можливість забезпечити безперервний виробничий процес, що запобігає економічним втратам аграрного комплексу країни. Відновлення окремих деталей механізму чи агрегату відновлює ресурс всієї машини. Сучасні методи відновлення зношених деталей машин направлені на досягнення максимального післяремонтного ресурсу роботи машини. Важливою умовою в наш час є зниження затрат на відновлення деталей.

Отже, реальною стратегією забезпечення роботоздатності сільськогосподарської техніки є відновлення зношених деталей. З точки зору ресурсозбереження в агропромисловому комплексі розробка інноваційних технологій відновлення деталей є одним із пріоритетних напрямків.

Використання сучасних технологій наближує відновлені деталі машин по рівню їх якості до нових деталей машин, отже стирає розподіл між первинними і вторинними ресурсами виробництва, перетворюючи їх на альтернативні [4].

Одним з актуальних напрямків відновлення зношених деталей і зміцненню поверхні нових виробів є застосування армуючого наплавлення. Його застосування дозволить суттєво підвищити надійність та довговічність машин і обладнання, відновити робочий поверхневий шар і продовжити термін експлуатації деталей.

В кваліфікаційній роботі на тему «Підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів за рахунок застосування зміцнюючих технологій відновлення» ми розглянули основні способи відновлення даного типу деталей. Ця тема була вибрана через її актуальність на даний момент.

Мета дослідження – підвищення довговічності деталей шляхом застосування сучасної технології відновлення валів трансмісії тракторів.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- провести аналіз характерних зносів валів трансмісії та способів їх відновлення;
- обґрунтувати можливість застосування обраного способу – армуючого наплавлення для відновлення;

- обґрунтувати вибір обладнання та матеріалів для нанесення покриття;
- дослідити параметри і розробити оптимальні режими армуючого наплавлення;
- провести експериментальні металографічні дослідження та зносостійкості відновлених валів; проаналізувати вплив відновлених поверхонь на довговічність відновлених деталей;
- обґрунтувати ефективність обраного способу відновлення;
- узагальнити результати досліджень та сформулювати рекомендації по їх впровадженню у виробництво.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні шийок валів коробок передач, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси валів тракторних коробок передач, що відновлюються зміцнюючими технологіями відновлення.

Методи дослідження: 1) аналіз зносів та дефектів деталей та способів їх відновлення, 2) математичної статистики; 3) металографічного аналізу: визначення твердості та мікротвердості, мікроструктурний аналіз матеріалу, 4) випробування відновлених деталей на зносостійкість; 5) синтез: порівняння та узагальнення результатів проведених досліджень.

Теоретична значущість - підтвердження можливості використання відновлення валів коробок передач та інших валів трансмісії армуючим наплавленням, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин. Практична значущість - підтвердження можливості використання даного методу на ремонтних підприємствах з метою підвищення надійності та довговічності деталей.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Трактори МТЗ 80 є одними з найбільш розповсюджених тракторів відомої білоруської марки, яка широко відома не тільки на пострадянському просторі, а й в усьому світі. Зараз він модернізований, змінилася схема розміщення основних агрегатів. Двигун став більш екологічно чистим, а от коробка переключення передач залишилась без змін. Вона надійна, проста в обслуговуванні, готова до пікових навантажень, не підведе у процесі виконання польових робіт [2].

Коробка передач вважається одним из найважливіших вузлів конструкції трактора чи автомобіля. Призначена для переносу потужності двигуна до ведучих коліс у вигляді крутного моменту. Крутний момент при цьому трансформується (зменшується чи збільшується), змінює напрямок. Переключення здійснюється при допомозі спеціального важіля.

Механічна коробка зміни швидкостей працює в парі зі зчепленням трактора. Зчеплення призначене для тимчасового роз'єднання двигуна і трансмісії. Це необхідно для перемикання передач, оскільки коли двигун і вали коробки передач не роз'єднані, а двигун працює, через коробку зміни швидкостей проходить обертальний момент, і перемикати швидкості неможливо.

На первинному валу є одна жорстко закріплена шестерня для передачі обертання на проміжний вал. На 2-ому валу розміщений шестеренний блок, що вільно обертається. Для включення швидкості, вони блокуються, обертаючись з валом.

Попарно до кожної шестерні первинного і вторинного валів є жорстко закріплені шестерні проміжного валу. Вони знаходяться перебувають з ними в постійному зачепленні. Отже, усі шестерні коробки зміни швидкостей обертаються при русі трактора чи автомобіля вперед.

Первинний вал має одну шестерню, яка жорстко закріплена на ньому, тому рух передається завжди з первинного на проміжний вал. Включення ж потрібної швидкості здійснюється через залучення певної шестерні, вторинного валу.

Коробка передач МТЗ-80 має складну будову (рис. 1.1). Ремонт коробки передач - одна з самих складних робіт по ремонту і технічному обслуговуванню трактора. При ремонті КПП необхідні відповідні знання і навички по будові коробки і по способах дефектування і вибракуванню зношених деталей КПП.



Рисунок 1.1 - Загальний вигляд та схема розміщення деталей коробки передач трактора МТЗ-82 [2]

На первинному валу нарізані шлиці, які втримують ведучі зубчасті колеса 3-5 передач. Також шлицам первинного валу приєднаний редуктор, що працює на пониження через проміжне ведомое зубчасте колесо. На пустому місці проміжного валу знаходяться ведені шестерні, які зацеплюються з перемикачами 3-5. Зовнішній вигляд внутрішньої будови коробки передач трактора МТЗ 82 зображений на рис. 1.2

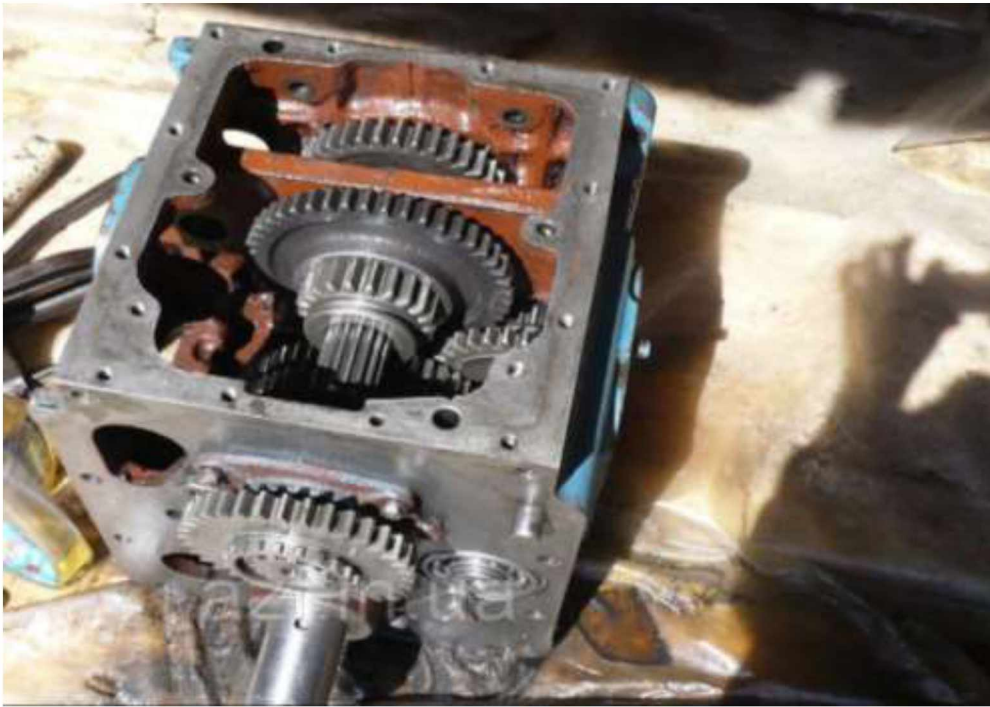
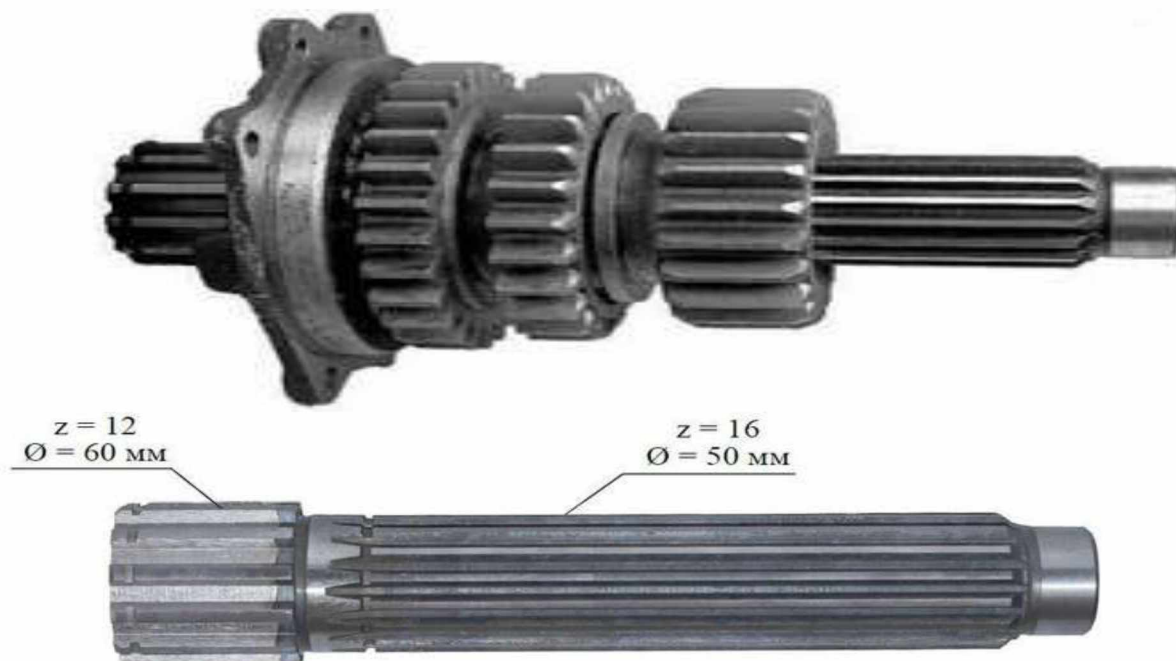


Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд коробки передач трактора МТЗ 82

Основні несправності коробки зміни швидкостей [2, 5]

Сторонній шум в коробці: зношені опорні підшипники або вали; коробку зміни швидкостей може заклинювати і тоді трактор потрібно відправляти на капітальний ремонт. Щоб позбутися проблеми, необхідно відкрити коробку зміни швидкостей, перевірити надійність кріплення валів. Якщо вали не жорстко зафіксовані в місцях кріплення, вони зрушать від наданого зусилля. Треба переглянути затяжну гайку, а потім - пошкоджені підшипники. У випадку, коли і гайка і підшипники справні, потрібно виміряти зазор осі вторинного валу.

Стук в коробці. Якщо в коробці зміни швидкостей чути сторонній стук, що припиняється в момент переключення режимів, значить, зношені шестерні приводу. Щоб усунути проблему, необхідно зняти роздаточну коробку та кришку КЗШ. Трактор встановлюється на домкрат. Прокручуючи колесо вручну, перевірити шестерні. Для їх заміни КЗШ необхідно повністю розібрати



Довжина - 283мм, маса- 3,9кг.

Рисунок 1.3 – Первинний вал коробки передач

Первинний вал коробки передач тракторів МТЗ-82 виготовлений із сталі 45.

Основні показники міцності сталі 45 приведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Показники міцності сталі 45 [11]

Марка сталі	Показники міцності, МПа		
	Межа міцності при розтягуванні	Межа втомної міцності при вигинанні	Межа втомної міцності при крученні
Сталь 45	740	305	170

1.2 Аналіз існуючої технології відновлення шліцьових валів

Встановлено, що в процесі тривалої експлуатації спрацювання поверхонь шийок під шарикопідшипники не перевищує 0,3мм. Шліцьові поверхні спрацьовуються переважно у верхній боковій частині: 90 % валів мають спрацювання шліців 0,3- 0,6мм, решта - не більше 1мм. Спрацювання різьби характеризується зминанням і зриванням витків.

Витривалість валу (міцність при змінних в часі напругах) у великій мірі залежить від його конструктивних форм у місцях переходу між ступенями і в

місцях шліців, пазів, отворів і ін. Ця залежність пояснюється тим, що у таких переходах виникає концентрація напружень вигину і кручення. Різьба сильно збільшує концентрацію напружень.

Загальна схема існуючої технології відновлення шліцьових валів [5, 6, 11]

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. При незначному спрацюванні посадочних поверхонь під підшипники кочення (до 0,06 мм на діаметр) їх відновлюють за допомогою еластомира ГЗН-150В.

6. При значному спрацюванні (більше 0,06 мм) поверхні наплавляють віброконтактним способом наплавочним дротом 1,8Нп-50.

7. Обточують і шліфують до нормальних розмірів.

8. Після обточування поверхні обробляють пластичним деформуванням за допомогою обкатки роликами.

9. Спрацьовані шліці (при зменшенні їх товщини на 0,5 мм і більше) наплавляють у середовищі вуглекислого газу.

10. Обточують, фрезерують шліці

11. Гартують їх за допомогою струму високої частоти.

12. Після цього вал шліфують до нормального діаметра.

Вал не приймається на відновлення 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, газовополуменеве, плазмове і лазерне наплавлення; хромування та електроконтактне напікання порошків [6].

Основні вимоги: забезпечення високої стійкості до спрацювання і довговічності відновлених поверхонь при незначних виробничих затратах на організацію технологічного процесу і використання недорогих матеріалів.

1.2.2 Газотермічне напилення

Газотермічне напилення - процес нанесення покриття на поверхні деталей при допомозі швидкісного струменя дуже високої температури, що містить порошок чи краплини розплаву металу, який осаджується на поверхні при зіткненні з поверхнею [8, 12].

Напиленням можливо утворювати покриття, що складається з різних металів, а також сплавів на металеву основу і на скло чи кераміку.

Газотермічне напилення при ремонті деталей має ряд суттєвих переваг:

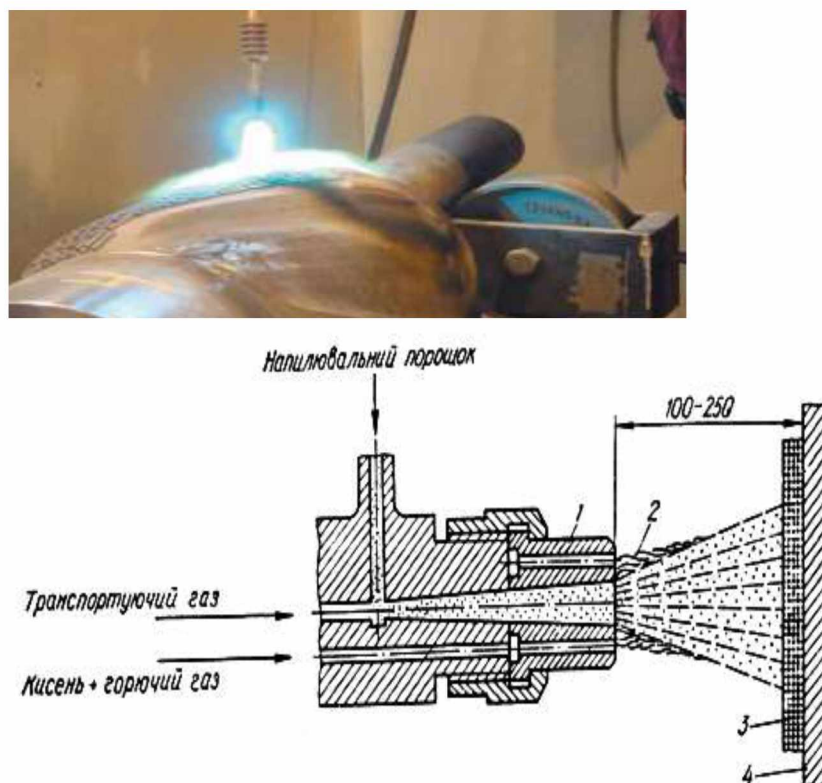
- одержання заданих властивостей у покриттях, зокрема: зміцнений шар поверхні, високу зносостійкість;
- незначне (не більше 200°C), нагрівання деталі, зберігається структура та властивості матеріалу деталі;
- нанесення покриттів із малою товщиною (від сотих частин міліметра) при досить значній продуктивності;
- напилення з метою захисту від корозії.

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

В зону полум'я з допомогою транспортуючого газу подається порошковидний присадочний метал (рис. 1.5).

Порошок з бункера поступає у пальник апарату, там надходить разом з потоком транспортуючого газу у сопло 1 і на виході попадає в полум'я 2, там обплавляється та струменем згораючих газів направляється на поверхню заготовки 4 [10, 13].



1 - сопло; 2 - полум'я; 3 - наплавлений метал; 4 - поверхня наплавленої деталі.
Рисунок 1.5 – Схема газополуменового напилення

Суттєва перевага процесу - нанесення металевих покриттів без значного нагрівання деталі. Він дозволяє наносити на зношені деталі порошковий матеріал шаром 0,3 ..3мм з твердістю від HRC₃20 до HRC₃60. Можна обробляти чавунні та сталеві вали, посадочні місця в корпусних деталях та ін. [24].

Напилюють порошки на поверхню в два етапи: перший - напилення підшарку із суміші порошоків 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 прогрівують полум'ям пальника до 80 - 100 °С.

Електродугове напилення (метод електродугової металізації)

Перевага електродугової металізації серед інших способів нанесення - висока продуктивність процесу. У світовій практиці електродугова металізація займає особливе місце, завдяки технологічним властивостям.

Електродугове напилення – це процес, при якому присадочний метал плавиться в спеціальному пристрої електродугою, після струменем стисненого повітря спрямовується на поверхню деталі [7, 12, 14].

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. Струмopовідні пластини 2 служать для підведення електроенергії до дrotів-електродів від джерела напруги 1. Дріт з касет 5 за допомогою механізму подачі спрямовується в зону плавлення.

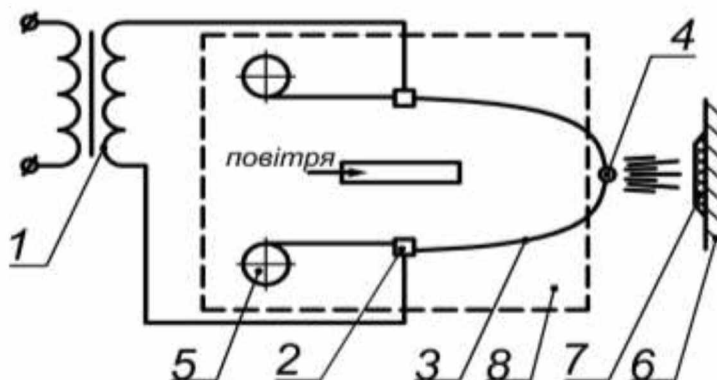


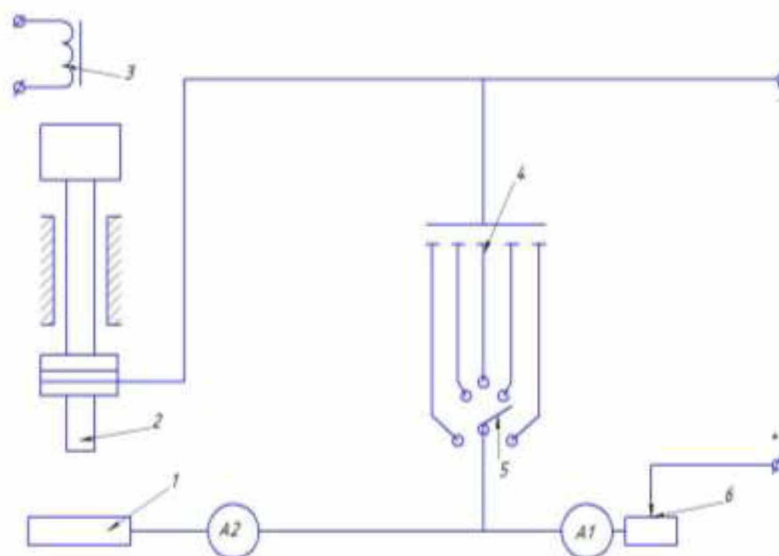
Рисунок 1.6 – Схема електродугового металізатора

Для нанесення покриттів електродуговою металізацією широко використовують комплект обладнання КДМ-2, який встановлюють на супорт токарного верстата або інший пристрій для взаємного відносного руху напилюваної деталі та металізатора (рис.1.6)

1.2.3 Електроіскрове нарощування металу

Широке використання на практиці для і відновлення і зміцнення зношених поверхонь використовуються способи, які ґрунтуються на використанні концентрованих потоків енергії з питомою потужністю в зоні нагріву понад 100 Вт/мм². Виходячи із аналізу енергетичних характеристик відомих методів відновлення, найбільшу концентрацією енергії має електрична іскра [7.11].

Спосіб електроіскрового нарощування базується на явищах електричного руйнування (ерозії) і перенесення матеріалу анода (інструменту) 2 (рис. 1.9) на катод (нарощувану поверхню деталі) під час іскрових розрядів між ними [13].



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

Рисунок 1.7 - Схема електроіскрової установки

Актуальність відновлення зростає для дизельних двигунів закордонної техніки, які конструктивно не мають знімних гільз, наприклад, в блоках Caterpillar (моделі 3116, 3126), блоках МАН D 0836 (моделі LOH 55, 65) та ін., де гільза відлита суцільно з блоком. В нашу країну не поставляються ні ремонтні поршні, ні ремонтні поршневі кільця для цих моделей, що унеможливорює їх відновлення розточуванням на ремонтний розмір.

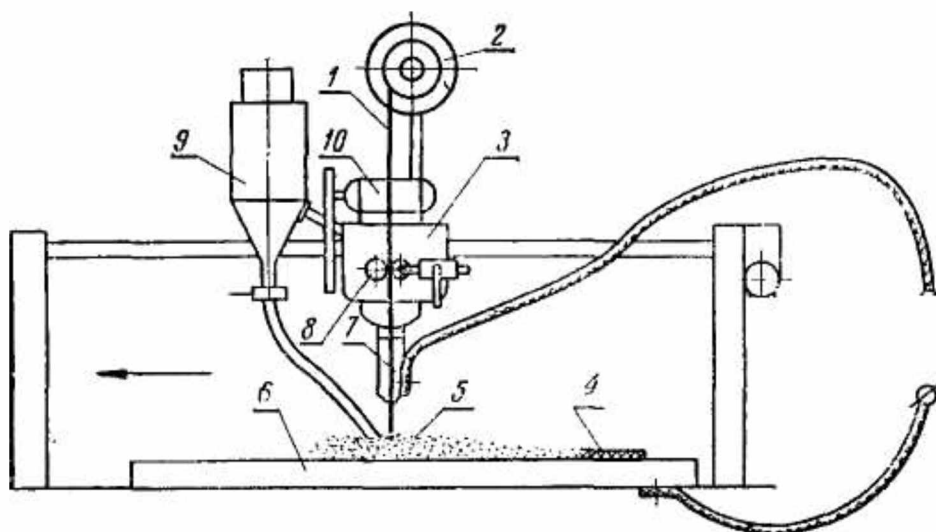
1.2.4 Відновлення деталей наплавленням

При відновленні наплавлення дозволяє отримувати на поверхні деталей покриття необхідної товщини і заданого хімічного складу, високої твердості та зносостійкості. У загальному обсязі робіт по відновленню деталей сільськогосподарської техніки на підприємствах технічного сервісу різні способи наплавлення складають: під шаром флюсу 32%, у середовищі вуглекислого газу 20%, вібродугове 12%, порошковим дротом 10%, плазмове 1,5%, електрошлакове 1,5% [6, 7].

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу

Суть технології наплавлення під шаром флюсу полягає у тому, що між електродним дротом і деталлю, що з'єднані джерелом живлення, виникає електрична дуга (рис.1.8) Електрична дуга горить між кінцем голого електродного дроту 1 і деталлю 6. Дріт подається в зону наплавлення за допомогою механізму 3. З бункера 9 в зону горіння дуги поступає флюс. Частина флюсу оплавляється і утворює на поверхні шва шлакову кірку 4. Невикористаний флюс повертається в бункер. Дуга горить в газовому міхурі, утворюваному тиском газів в рідкому середовищі розплавленого флюсу [11,16]

Шар сипкого флюсу покриває зону горіння дуги і створює тиск на розплавлений метал, завдяки цьому відбувається добре формування шва наплавленого металу.



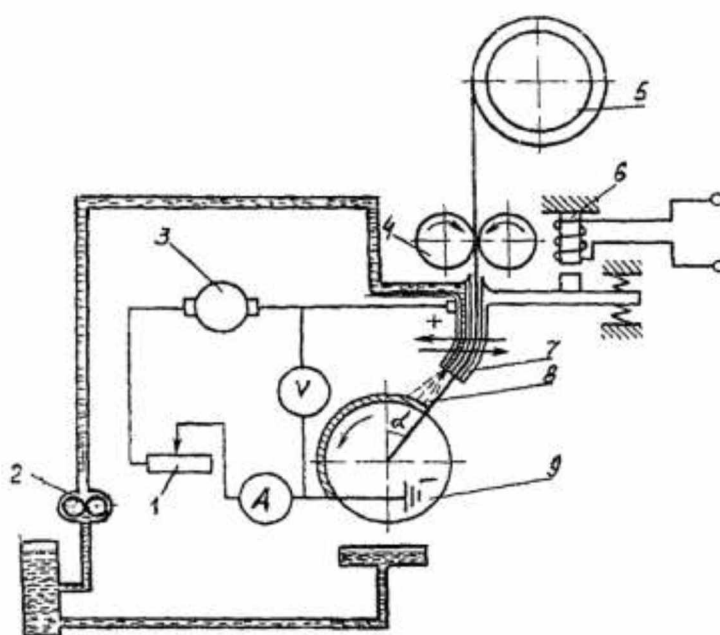
- 1 - електродний дріт; 2 - касета з дротом; 3 - механізм подачі; 4 - шлакова кірка;
5 - шар флюсу; 6 - деталь; 7 - наконечник; 8 - протягуючі ролики механізму подачі;
9 - бункер з флюсом; 10 - електродвигун.

Рисунок 1.8 - Схема наплавлення під шаром флюсу

Основні недоліки автоматичного наплавлення під шаром флюсу: застосування флюсу здорожує процес, обмежує діаметр відновлюваних деталей і не дозволяє вести процес в будь-якому просторовому положенні; глибокий прогрів заважає відновленню невеликих деталей, які можуть деформуватися або прогоріти.

Вібродугове наплавлення

Установка для вібродугового наплавлення показана на рисунку 1.9.



1 - електродвигун; 2 - насос; 3 - джерело струму; 4 - механізм подачі;
5- касета подачі дроту; 6 - електромагнітний вібратор; 7 - мундштук;
8 - електродний дріт; 9 - деталь.

Рисунок 1.9 - Схема вібродугової наплавки

Основними недоліками цих способів наплавлення є низька продуктивність і значна глибина проплавлення відновлюваної деталі.

Компанія Castolin Eutectic, світовий лідер в галузі ремонтних технологій на технологій відновлення зношених деталей, з моменту свого заснування (1906 р.) розробляє технології ремонтного зварювання (наплавлення) сталей та чавуну [8]. Наплавка проводиться із застосуванням пальника фірми SuperJet Eutalloy. Твердість після наплавки: 220-260 HV, максимальна робоча температура близько 600°C. Переваги: висока корозійна стійкість, відмінна стійкість до зношування в

умовах тертя «метал–метал», висока термічна стійкість, наплавлений шар гарно піддається обробці різанням (точіння, фрезерування, шліфування, полірування).

Лазерне наплавлення

Лазерна технологія застосовується в ремонтному виробництві для зварювання та наплавлення. Лазерний промінь є джерелом тепла [23, 27].

Установка для лазерного зварювання складається із замкнутої системи охолодження, оптичної системи фокусування лазерного променя і системи подавання інертного газу. Обладнання для лазерного наплавлення має також механізми подачі металевого порошку в зону наплавлення і механізм обертання заготовки та руху лазерного апарата [10].

На рисунку 1.10 представлена схема апарата для лазерного зварювання (наплавлення) з рубіновим генератором.

Стержень рубіновий 9 опромінюється імпульсною лампою 8, яка працює від конденсаторної батареї 11. Відбивач 7 і дзеркало 10 спрямовують промінь 6 на дзеркало 5 і через оборотне дзеркало 4 фокусують лінзу 3 на деталь 1, що наплавляється. Трубою 12 вводять наплавний порошок. Для захисту розплавленого металу від окислення через сопло 2 в зону наплавлення подають захисний газ (аргон).

Найбільш якісне покриття отримують з використанням самоформуючих порошків марки СНГН. Твердість наплавленого шару досягає HRC 60...63, міцність зчеплення з основним металом – 250 МПа [22].



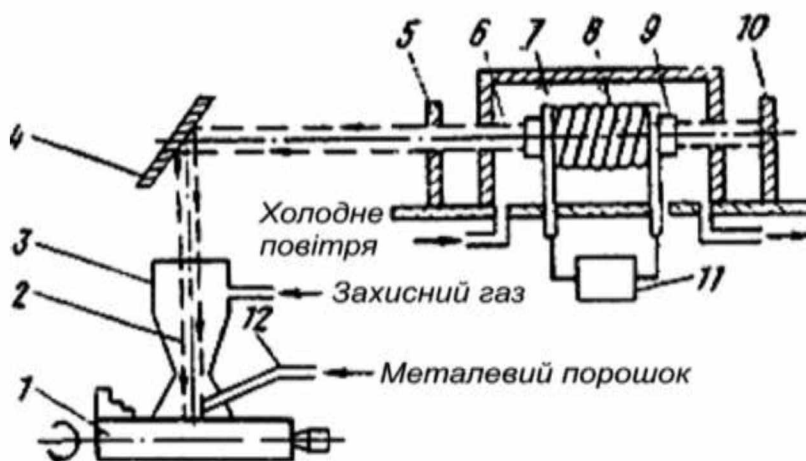


Рисунок 1.10 – Схема установки для лазерного наплавлення

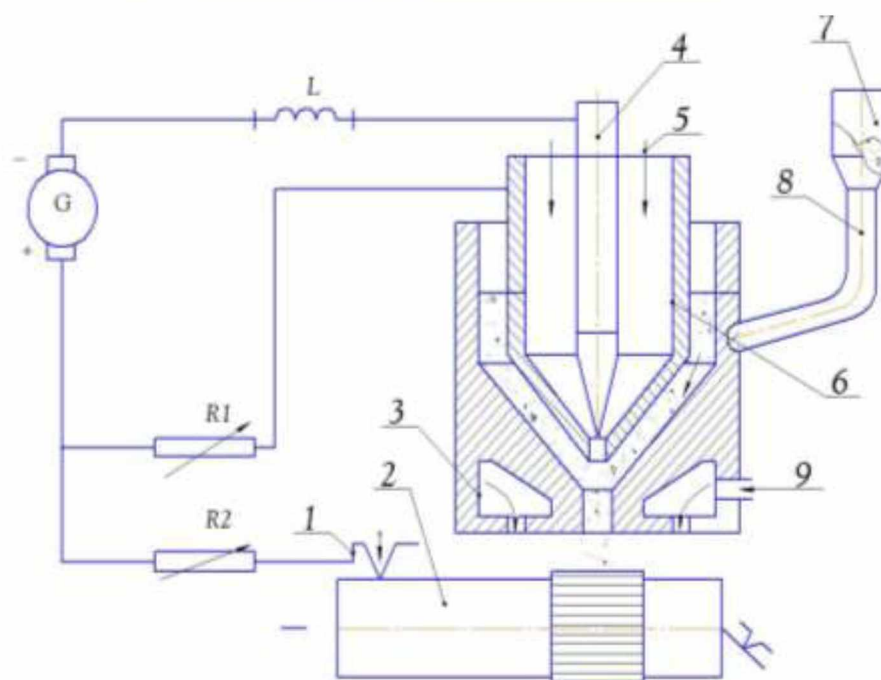
Переваги лазерного наплавлення: висока рухомість променя; незначне прогрівання деталі, що практично не дозволяє утворюватися зоні термічного впливу.

Недоліки: складність обладнання. Недивлячись на це, ці методи знаходять широке застосування в ремонтній галузі.

Плазмово-дугове наплавлення

Плазма – іонізуючий газ, нагрітий до високої температури. Струмінь плазми отримують у плазмотронах, або плазмових пальниках. Струмінь плазми утворюється коли газ пропускається через розряд дуги, що утворюється в плазмовому пальнику, який охолоджується водою. Стовп стискається коли проходить через канал. Іонізація дугового проміжку збільшується, температура зростає до 15000°C . [23, 25].

Схема нанесення покриття методом вдування порошку в плазмовий струмінь зображена на рисунку 1.11



1 - провід; 2 - деталь; 3 - зовнішнє сопло; 4 - вольфрамовий катод;
 5 - плазмоутворюючий газ; 6 - внутрішнє сопло (анод); 7- живильник;
 8 - транспортує газ; 9 - захисний газ; G - джерело живлення струмом;
 Рисунок 1.11 – Схема нанесення покриття плазово-дуговим методом [28]

Плазмове наплавлення (напилення) використовується при відновленні зношених деталей, коли необхідно відновити розміри деталей і по можливості наблизити метал наплавленого шару до основного металу по твердості та інших механічних властивостях.

Присадним матеріалом є дріт або гранульований металевий порошок. Плазмоутворючі гази – азот, аргон, водень, гелій,. Для захисту наплавленого шару від дії навколишнього середовища застосовують азот, аргон, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ. Устаткування для плазмового наплавлення:

перетворювач зварювальний типу ПСО 500 або випрямляч ППН-160/600, плазмотрон (пальник), переміщувальні механізми пальника і подачі дроту або порошку, охолодна система. [29].

Плазмово-дугове наплавлення використовується для ремонту деталей із зношування 0,1-1,5 мм, а також для покриття поверхонь стійкими антифрикційними матеріалами

За останнє десятиліття у нас в країні і за кордоном все ширше починають застосовуватися процеси наплавлення (напилення) порошками як для відновлення, так і у виробництві нового обладнання. Продуктивність плазмового наплавлення з вдуванням порошку в стиснуту дугу складає до 6 кг/год. Плазмове наплавлення з використанням в якості присадочного металу порошку забезпечує отримання шарів наплавлення малої висоти, економію наплавлюючого металу в порівнянні з іншими способами наплавлення, високу роботоздатність виробу.

Переваги плазмового напилення:

- висока щільність покриття з низькою пористістю (0,1%);
- низький вміст оксидів у напиленому шарі;
- високі адгезійні властивості;
- висока температура плазми дозволяє напиляти тугоплавкі матеріали;
- широкий діапазон напилюваних матеріалів;
- твердість до 80 HRC;

Наведені приклади переконливо показують значну вигоду і високі техніко-економічні показники плазмової наплавки металів.

Провівши аналіз способів відновлення валів коробок передач, врахувавши всі переваги та недоліки кожного із способів ми дійшли висновку, що найефективнішим є спосіб плазмового наплавлення. Його продуктивність та якість відновленої деталі переважають над витратами на здійснення технологічного процесу.

Одним з перспективних способів підвищення зносостійкості деталей машин і механізмів є створення поверхневих евтектичних покриттів (ЕП) [28].

Такі покриття можна наносити методами електродугового наплавлення з використанням порошкових дрітків, плазмового наплавлення та напилення, та іншими сучасними способами поверхневої обробки матеріалів [18, 19]. На поверхні відновлюваних деталей утворюється по суті новий конструкційний матеріал із заданим комплексом властивостей: зносостійкість, корозійна стійкість, жаростійкість, тощо.

Матеріали для наплавлення деталей машин з метою підвищення їх зносостійкості на основі карбідів титану (TiC) та боридів титану (TiB_2) титану, є одними з найбільш твердих і тугоплавких сполук, що застосовуються для наплавлення. Твердість сполук титану: TiC досягає 30 ГПа, а TiB_2 сягає понад 32 ГПа. Це в два рази вище твердості карбідів хрому. Температура плавлення відповідно становить 3150°C і 3193°C , а їх розчинність в залізі незначна. Все це робить їх перспективними для зносостійких покриттів у яких чітко виражена гетерофазна структура [20].

Використання тугоплавких сполук титану як армуючої фази композиційних наплавлених покриттів сьогодні досить обмежене.

Отже, використання тугоплавких сполук титану як армуючої фази наплавлених покриттів є перспективним напрямком досліджень. Але необхідно забезпечити якісне змочування матрицею сплаву, так як це дозволяє значно підвищити твердість наплавленого покриття в порівнянні з тугоплавкими сполуками хрому.

Висновки

Ми провели дослідження умов експлуатації валів коробок передач тракторів, характеристик зміни властивостей в процесі використання їх експлуатаційного ресурсу. На основі цих досліджень та на підставі результатів огляду літературних джерел ми можемо зробити наступні висновки.

1. Конструкція валів коробки передач тракторів, велика кількість концентраторів напружень, а також знакозмінні навантаження в роботі, зумовлюють високі вимоги до їх якості. В зв'язку з цим важливим є питання визначення ефективних методів їх відновлення.

2. При використанні перерахованих методів відновлення зношених деталей машин, зокрема валів коробок передач тракторів внаслідок термічної дії існує можливість виникнення:- виникнення внутрішніх залишкових напружень, які здатні викликати незворотну деформацію відновлених деталей; - змін хімічного складу основного і наплавленого металу внаслідок окислення легуючих елементів і основного металу, а також розвиток неконтрольованих металургійних процесів в об'ємі розплавленого металу; - виникнення внутрішніх залишкових напружень, які викликають незворотну деформацію відновлених деталей. Це приводить до того, що властивості основного металу деталі після відновлення можуть бути нижче, а відновлений шар буде мати низьку зносостійкість.

3. Традиційні методи відновлення, що ґрунтуються на процесах наплавлення, застосовувати не доцільно, так як високотемпературна обробка приводить до виникнення високого рівня внутрішніх напружень і, можливо, утворення тріщин. Тому необхідно обрати технологію відновлення, яка забезпечувала б високий рівень якості відновлення. Такою технологією може бути плазмове наплавлення порошків тугоплавких сплавів.

4. Використання наплавлення тугоплавкими сполуками титану дозволяє забезпечити високу експлуатаційну надійність, меншу вартість та значно вищу продуктивність наплавлення в порівнянні з покриттями. Цей спосіб є ефективним для застосування на підприємствах технічного сервісу з метою підвищення експлуатаційної надійності сільськогосподарської техніки.

1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи

Актуальність теми. Відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки наплавленням тугоплавкими сполуками наразі має доволі широке використання. Процес наплавлення дає можливість інтенсифікувати відновлення, дозволяє забезпечити високу експлуатаційну надійність, меншу вартість та значно вищу продуктивність наплавлення деталей автотракторних двигунів та деталей трансмісії тракторів та автомобілів. Використання цього методу - прогресивний шлях у галузі технічного сервісу, але,

можливості ще не з'ясовані повністю. Отже, дослідження розширення технологічних можливостей використання методів армуючого наплавлення, а саме, з використанням методів плазмового способу однією з *актуальних задач*.

Необхідні дослідження можливостей застосування армуючого наплавлення для відновлення деталей типу шліцьовий вал з метою підвищення післяремонтного ресурсу деталей, ресурсозбереження та зменшення затрат праці.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є вивчення технологічного процесу армуючого наплавлення для виявлення можливостей відновлення зношених деталей цим методом з метою вдосконалення існуючої технології, розробка режимів відновлення конкретної деталі типу шліцьовий вал (валів коробок передач тракторів) і впровадження у виробництво високопродуктивного технологічного процесу відновлення деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз стану зношених робочих поверхонь деталей, що надходять у ремонт;
- визначення можливих способів їх відновлення та дослідження можливості застосування армуючого наплавлення тугоплавкими сполуками для відновлення та зміцнення зношених поверхонь первинних валів КПП;
- підібрати обладнання для армуючого наплавлення тугоплавкими сполуками зношених поверхонь;
- провести вибір серійних та дослідних матеріалів для наплавлення;
- дослідити фазовий склад рівноважного складу покриття;
- вивчити фізико-механічні властивості матеріалу після армуючого наплавлення тугоплавкими сполуками шляхом експериментальних металографічних досліджень;
- дослідити зносостійкість зміцнених поверхонь;
- обґрунтувати економічну ефективність способу;
- узагальнити результати проведених досліджень.

Об'єкт дослідження – зношені поверхні шийок первинних валів коробок передач тракторів МТЗ-82, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси первинних валів КПП, що відновлюються зміцнюючим технологіями.

Методи дослідження: аналіз дефектів та зносів первинних валів коробок передач тракторів та способів їх відновлення; математичної статистики; металографічний аналіз: мікроструктурний аналіз матеріалу; визначення твердості та мікротвердості; випробування поверхонь деталей на зносостійкість; порівняння та узагальнення результатів проведених досліджень (синтез).

Теоретична значущість - підтвердження можливості використання відновлення первинних валів коробок передач тракторів армуючим наплавленням тугоплавкими сполуками, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин. Практична значущість - підтвердження можливості використання даного способу на ремонтних підприємствах з метою підвищення довговічності деталей.

Новизна одержаних результатів: підтверджено можливість практичного застосування способу плазмового наплавлення (напилення) для нанесення армуючих тугоплавких сполук валів трансмісії тракторів і використання даного способу на ремонтних підприємствах.

Практичні значення одержаних результатів.

1. Визначено можливість застосування армуючого наплавлення тугоплавкими сполуками для відновлення та зміцнення зношених поверхонь розподільних валів
2. Підібрано і обгрунтовано технологічне обладнання для армуючого наплавлення тугоплавкими сполуками зношених поверхонь
3. По результатах досліджень проведено вибір серійних та дослідних матеріалів для наплавлення, досліджено фазовий склад покриття
4. Досліджені фізико-механічні властивості матеріалу після обробки
5. Використання запропонованих способу, технологічного обладнання і матеріалу дозволяє підвищити ресурс деталей відновлених деталей, зменшити витрати на ремонт.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається із вступу, 4 розділів і висновків загальним обсягом 78 сторінок машинописного тексту, 12 таблиць, 29 рисунків, 51 найменування використаних джерел та додатки.

Результати були опубліковані:

1). Застосування пластичної деформації у технічному сервісі при відновленні деталей. *Техніка та технології в агропромисловому виробництві (присвячена 55-й річниці заснування інженерно-технологічного факультету Полтавського державного аграрного університету)* : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 7-8 жовтня 2021 р. Полтава : ПДАУ, 2021. С. 48-51.

2 МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Матеріал досліджень

Проведення конкретного наукового дослідження вимагає застосування методів досліджень, які могли б дати всебічну і глибоку характеристику досліджуваного явища. Вибір методів дослідження залежить від мети і задач дослідження, а також інформаційного забезпечення досліджень по визначенню достовірних критеріїв оцінки показників відновлених поверхонь деталей. На основі аналізу умов експлуатації розподільних валів та у відповідності до вимог якості запропоновані конкретні методи випробувань відновлених поверхонь із використанням електроіскрового наросування.

Послідовність проведення досліджень

1. З метою визначення вибору способу відновлення валів коробок передач тракторів МТЗ-82 провести аналіз літературних джерел
2. Обґрунтування оптимального способу відновлення первинного валу КПП трактора МТЗ-82
3. Вивчення характеру зносів поверхонь первинних валів, визначення можливості відновлення обраним способом.
4. Обґрунтування складу матеріалів для наплавлення.
5. Вибір технологічного обладнання для армуючого наплавлення.
6. Підбір та розрахунок основних параметрів режиму нанесення покриття при відновленні зношених місць.
7. Виконання нанесення тугоплавких сполук на зношені місця.
8. Дослідження механічних властивостей відновлених поверхонь: мікротвердості, стійкості до утворення тріщин, мікроструктури.
9. Вивчення роботоздатності та довговічності відновлених валів шляхом стендових і експлуатаційних випробувань.
10. Розробка рекомендацій по впровадженню технології відновлення валів разом з техніко-економічною її оцінкою.

Для вивчення характеристик якості зміцненої поверхні, фізико-механічних властивостей, мікроструктури матеріалу, аналізу геометрії поверхні використовувались стандартні методики [32, 33, 36, 37, 38]. Результати експериментальних досліджень оброблялись за допомогою методик, які враховують загальні закономірності положення теорії ймовірності та математичної статистики [34, 35].

2.2 Методика проведення лабораторних досліджень

2.2.1 Зразки для лабораторних досліджень

Для досліджень технології відновлення валів коробок зміни пердач масового виробництва способом наплавлення з використанням тугоплавких сполук були вибрані первинні вали тракторів МТЗ-82. Вибір цих деталей був обумовлений тим, що вони працюють у досить складних і важких умовах.

З метою отримання результатів параметрів і характеристик матеріалу при напавленні різними електродами експерименти проводилися на зразках – моделях та на натуральних зношених деталях. Зразки виготовлювалися з вуглецевої конструкційної сталі 45 [33]

З метою того, щоб вимірювання проводилися в одних і тих самих перерізах, на зразках і деталях робилися мітки. Усі зразки для експериментів виготовлювалися на одному і тому ж обладнанні з однаковими режимами.

Вирізку зразків проводили механічним способом тонкими відрізними абразивними кругами при сильному охолодженні.

Для оцінки мікроструктури і формування шару при проведенні досліджень відбір проб здійснювали з ділянок з площею поверхні 3-6 см², заввишки 2 см, що включають області з напавленням, перехідною зоною і основним матеріалом. Загальну кількість відібраних зразків визначали з розрахунку 3 проби на кожний вид наплавлення. Приготування шліфів здійснювали по методикам, широко висвітленим в літературі [36]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин азотної кислоти в етиловому спирті.

2.2.2 Методика визначення зносу первинних валів

В ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено вимірювання шийок первинного валу. Виконали розрахунок зносу по кожній зазначеній поверхні. У відповідності до вимог ГОСТ 18509-88 зовнішній діаметр валів на спряженій довжині вимірювали в чотирьох площинах і чотирьох перерізах [36]

Вимірювання проводили за допомогою мікрометра МК 25-50мм та МК50-75 з точністю відліку 0,01 мм у двох взаємно перпендикулярних площинах 1 і 2 (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – а) розбирання коробки передач;

2. 3 Методика проведення лабораторних досліджень

2.3.1 Зразки для лабораторних досліджень

Зразки для лабораторних досліджень повинні характеризувати властивості основного матеріалу і покриття на ділянках шийок (опорних і під розподільну шестерню) та кулачків розподільних валів автомобільних двигунів. Експерименти проводилися на зразках – моделях, виготовлених сталі 45 та на натуральних зношених деталях. Усі зразки для експериментів були виготовлені на одному і

тому ж технологічному обладнанні з однаковими режимами, тобто, вирізку зразків з валу проводили тонким відрізним абразивним кругом з охолодженням.

На зразках і деталях робилися мітки для того, щоб здійснювати вимірювання в одних і тих же перерізах.

2.3.2 Експериментальне обладнання і матеріали

Експерименти проводилися на установці для плазмового напилення «Київ – 7», розробленій ІЕС ім. Патона.

Універсальна установка А1612.У4 «Київ-7» для плазмового напилення [66] складається з джерела струму, плазмотрона, станції для приготування суміші порошку і порошкового дозатора дискового типу. Джерело струму має три ступені сили струму дуги (100, 200, 300 А). В установках використані пальники ПГ-1Р и ПГ-2Р, характеристики яких відповідають вольт-амперним характеристикам джерела струму допоміжної та основної дуг.

В якості плазмоутворюючих газів використовують дешеві суміші метану (пропану, бутану) з повітрям, що підвищує ефективну потужність установки і знижує вартість процесу напилення.

Покриття повинно бути суцільним, однорідного кольору, без нерозплавленого металу, без тріщин, відшарувань. Шорсткість покриття не більше 80 – 100 мкм. Покриття повинно бути міцно зчеплено з основним металом і не відшаровуватися при випробуваннях методом нанесення подряпин. Пористість покриття не більше 20%. Контроль пористості по міцності зчеплення проводять у відповідності до ГОСТ 9.304–87.

Порівняння відносної вартості металічних елементів (із значенням питомої маси) карбідних фаз (рис. 2.2) свідчить, що для них вона є більшою ніж титану. Відносна вартість титану нижча хрому, а твердість карбіду титану в 1,6 рази більша.

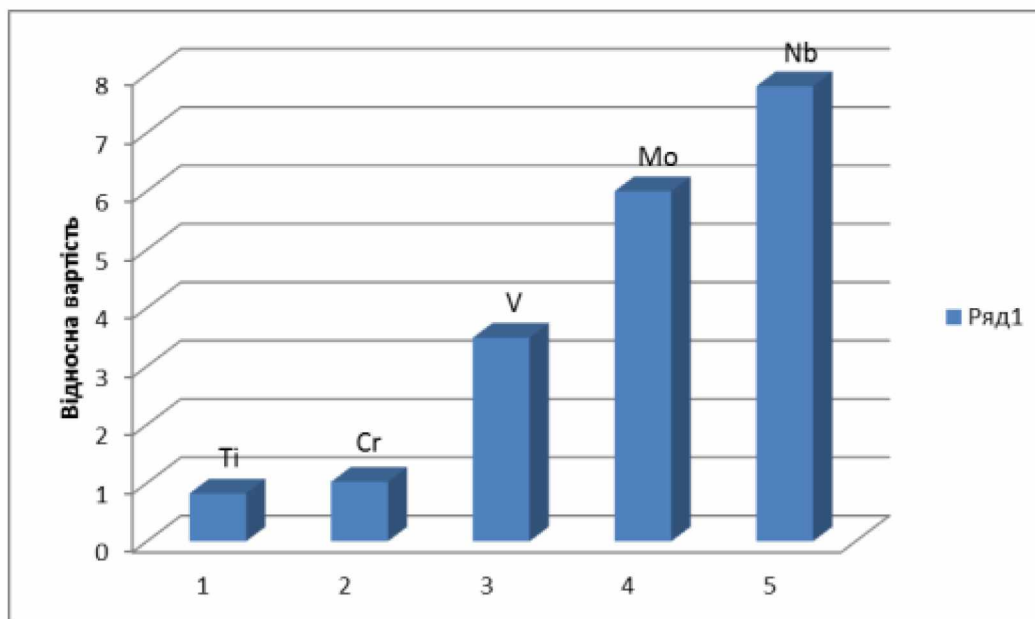


Рисунок 2.2 Відносна вартість компонентів карбідних фаз [43].

2.3.3 Дослідження мікроструктури наплавлених покриттів

Для оцінки мікроструктури і кінетики формування шару при проведенні досліджень відбір проб здійснювали з ділянок з площею поверхні 3-6 см², заввишки 2 см, що включають області з нанесеним покриттям, перехідною зоною і основним матеріалом [33].

Дослідження мікроструктури покриттів проводили на поперечних шліфах, оброблених механічним шліфуванням та наступним поліруванням за стандартною методикою [33, 37]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин кислоти в етиловому спирті.



а



б

Рисунок 2.3 – Визначення твердості зразків за методом Роквелла та вимірювання мікротвердості

2.3.4 Методика дослідження властивостей та зносостійкості наплавлених шарів

Визначення мікротвердості проведені на приладі ПМТ-3 при навантаженні на індентор $P=5\text{Н}$. Значення числа мікротвердості знаходили по результатах 3-х вимірювань; середньоквадратичне відхилення складало $\pm(20\ldots30)$ од. згідно зі стандартом «Измерение микротвердости вдавливанием алмазных наконечников» [38, 39].

Тріщиностійкість відновлених поверхонь визначали методом Еванса-Чарльза. По результатах вимірювання розміру тріщини, починаючи від вершини відбитка піраміди твердоміра, отриманого при $P= 600\text{ Н}$ на індентор. Розрахунок показника тріщиностійкості за формулою Еванса [32, 43]:

$$K_{Ic}=0,075 P/C^{2/3}, \quad (2.1)$$

де K_{Ic} - показник (коефіцієнт) тріщиностійкості, $\text{МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$;

P – навантаження на індентор, Н;

C - довжина тріщини виміряна із середини відбитку, м (рис. 2.4)

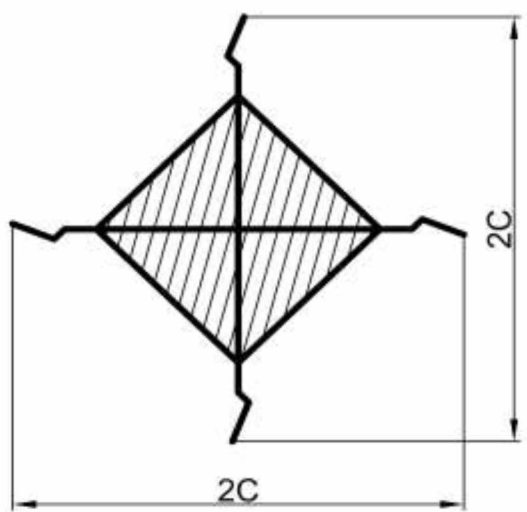


Рисунок 2.4 – Схема вимірювання довжин тріщин при визначенні тріщиностійкості

2.3.5 Методика проведення порівняльних випробувань на знос

Оцінка зносостійкості відновлених деталей проводилась у відповідності зі стандартом для відновлених деталей рухомих з'єднань, які зношуються у процесі експлуатації. Він встановлює загальні положення методів оцінки їх зносостійкості з допомогою зносу зразків відповідних матеріалів і покриттів на дослідних установках [40, 41].

Метод випробувань відповідав групі А. Суть: визначення співвідношення інтенсивності зносу поверхні деталей, відновлених електроіскровим наросуванням і незміцнених. Випробування проводяться при ідентичних умовах [31]. Для вимірювання зносу користувалися аналітичними вагами ВЛА-200М, похибка – не більше 0,002г.

Лабораторні дослідження зносостійкості виконували на машині тертя МІ-1М по схемі «колодка»-«ролик». Ролик приводився в обертальний рух з частотою 500 хв.⁻¹, після чого давали контакт з колодкою під навантаженням 0,56 кН. Зовнішній вигляд установки на рис. 2.5а. Для вимірювання зносу користувалися аналітичними вагами ВЛА-200М, похибка – не більше 0,002г (рис. 2.5 б).



а



б

а – зовнішній вигляд машини тертя МІ-1М; б – аналітичні ваги ВЛА-200М

Рисунок 2.5– Обладнання для порівняльних випробувань на знос

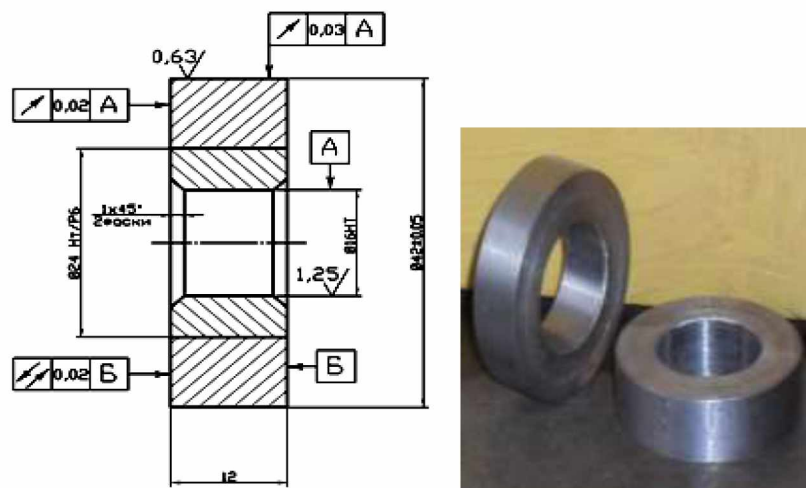


Рисунок 2.6 – Зразки (ролики) для випробування на зносостійкість.

У відповідності зі стандартом зразки притиралися, потім промивалися, просушувалися і важилися. Підраховували кількість обертів зразка, тобто шлях тертя. Оцінка величини зносу полягає у визначенні витрати маси роликів і колодок в процесі випробування. Втрата маси визначалася зважуванням до та після випробувань з точністю 0,1 мг на аналітичних вагах ВЛА-200М.

2.3.6 Математична обробка експериментальних даних

Результати експериментальних даних мікротвердості нових та зміцнених деталей, оброблялись згідно методики [34, 35]. За результатами даного вимірювання були визначені теоретичні значення мікротвердості по довжині робочої поверхні. Для цього було проведене вирівнювання емпіричного розподілу по прийнятому теоретичному закону, а також порівняння емпіричних і теоретичних функцій по критерію узгодження Пірсона.

2.3.7 Методика експлуатаційних випробувань

Дослідження зносостійкості відновлених поверхонь проводили на партії первинних валів КПП тракторів МТЗ-82, усі посадочні місця яких були відновлені. Такий метод випробувань, за даними роботи [40], дозволяє одержати достовірні і порівнянні результати. Коробки передач з первинними валами маркували й експлуатували в умовах ДНЗ «Гадяцьке вище професійне аграрне

училище» Гадяцького району Полтавської області. Таким чином, випробувано 10 валів.

Висновки

1. Розроблена методика досліджень, яка включає проведення експериментів за оцінкою структури, властивостей покриттів з урахуванням матеріалу і параметрів процесу плазмового нарощування твердосплавних сплавів. Запропонована послідовність проведення досліджень для вирішення поставлених завдань і досягнення мети.

2. Дослідження структури і властивостей покриття робили безпосередньо на матеріалі валів КПП, виготовлених з вуглецевої якісної сталі 45.

3. Оцінку якості відновлення проводили з використанням сучасних методів досліджень: металографічного, оцінки мікротвердості.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою розділу є висвітлення результатів проведених теоретичних та експериментальних дослідження відновлення зношених деталей методом автоматичного наплавлення порошковим дротом для підвищення довговічності відновлених деталей.

Для можливості впровадження у виробництво пропонованого способу при відновленні зношених вторинних валів коробки зміни швидкостей необхідно обґрунтувати основні параметри режиму наплавлення зношених поверхонь.

3.1 Основні положення обґрунтування вибору способу відновлення вибору параметрів режиму відновлення

При виборі способу наплавлення матеріалу необхідно керуватися наступними основними принципами :

- тип наплавленого матеріалу повинен найбільш точно відповідати умовам експлуатації і характеру спрацювання деталі;
- спосіб і режими наплення повинні бути вибрані з урахуванням забезпечення високої якості і продуктивності процесу;
- витрати матеріалів повинен бути мінімальним з урахуванням величини і геометрії зносу деталі;
- застосування термічної обробки наплавленої деталі на різних етапах технологічного процесу повинно бути економічним [43].

Практика показує, що найкращу роботоздатність мають деталі типу «шліцьові вали», технологія відновлення яких заснована на техніці наплавлення порошковим дротом під флюсом по гвинтовій лінії. Серйозним недоліком даної технології є нестабільність механічних властивостей і структури наплавленого шару, погані умови праці оператора. Важливим і дуже небезпечним є те, що при напавці виникають внутрішні розтягуючі напруження, які можуть привести до руйнування деталі.

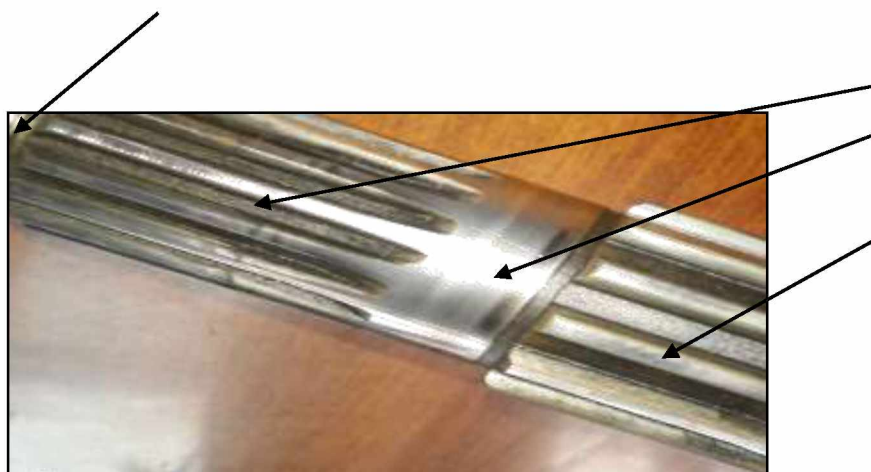
Одним з можливих і перспективним способом відновлення зношених циліндричних поверхонь валів при ремонті коробок зміни швидкостей є плазмове

напилення тугоплавкими порошками. Воно забезпечує потребу легування наплавленого металу, виключає використання ручної праці для утримання флюсу та виділення шлакової корки що спрощує використання більш продуктивної техніки процесу.

Визначення величини зносу робочих поверхонь валів

В період експлуатації шліцьових – первинних, проміжних та вторинних валів тракторів виникає і розвивається ряд дефектів, усунення яких можливо тільки при проведенні капітального ремонту (рис. 3.1).

Величину зносу визначали прямими замірами розміру елемента валу і порівнянням його з номінальним.



1- знос шийок під підшипник 313, 2 – знос шліців по товщині під ведену шестерню 2-ї ступені редуктора 3 - знос шийок під підшипник 311, 4- знос шліців по товщині під ведучу шестерню головної передачі

Рисунок 3.1 – Основні зноси первинного валу коробки зміни швидкостей трактора МТЗ-82

Вали після очищення та мийки від забруднень і слідів моторного масла оглядали візуально, і відповідно до ГОСТ 14846-68 проводили мікрометричні вимірювання.



Рисунок 3.2 - Вимірювання розмірів первинного валу.

На базі підприємства ДНЗ «Гадяцьке вище професійне аграрне училище» Гадяцького району Полтавської області нами були досліджені десять первинних валів, що надійшли у ремонт із підприємств області. Нами було проведено вимірювання діаметру шийки під шарикопідшипник **313** первинного валу в двох взаємно перпендикулярних перерізах А-А і Б-Б згідно методики. Результати вимірювання представлені у таблиці 2 (додаток 1)

Результати мікрометражу покази, що два з десяти валів мають величину зносу шийки у межах допустимих, а вісім потребують відновлення. Максимальне значення зношених шийок $D_{max}=55,00\text{мм}$; мінімальне $D_{min}= 54,94\text{мм}$; середнє $D_{cp}=54,97\text{мм}$, отже величина зносу лежить у межах, коли дефект відновлюється.

Встановлено також, що 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. Спрацювання різьби характеризується зминанням і зриванням витків.

Отже, аналіз основних умов експлуатації, навантажень і вимог, які висуваються до матеріалу валів коробок зміни швидкостей тракторів, показує, що їх ресурс лімітується зносом циліндричних поверхонь під **підшипник 311**.

3.2 Дослідження термічного впливу плазмового напилення на метал в залежності від параметрів режиму

Метою відновлення зношених поверхонь деталей машин плазмовим напиленням є не тільки відновлення розмірів деталей, а й отримання на деталі зміцненого шару із заданими експлуатаційними характеристиками: зносостійкістю, міцністю, тріщиностійкістю, втомною міцністю.

Глибина загартованої зони залежить від потужності джерела тепла і швидкості його переміщення. Глибину гартування поверхні сталевих деталей можна визначити за формулою [28]:

$$Z = P / (d \cdot v)^{0.4}, \quad (3.4)$$

де Z – товщина загартованого шару, мм;

P – потужність плазмотрона;

d – діаметр сопла плазмотрона;

v – швидкість переміщення плазмотрона.

Характер розподілу мікротвердості по глибині δ і по ширині L плазмового струменя для сталей 45 і 40Х приводимо у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Оптимальні режими плазмового напилення

Сталь	Оптимальний режим обробки		Мікротвердість H , МПа		Ступінь зміцнення, K_n
	Сила струму, А	Швидкість переміщення, м/год.	Вихідної структури	В загартованій зоні	
45	400	20	1700-1800	8200-8400	4,7
40Х	400	20	1950-2100	7400-7700	3,5
TiC	400	20	8520-10074	27 949-33 245	3,3

Ступінь зміцнення K_n визначали як відношення мікротвердості загартованої зони і вихідної структури.

На рисунку 3.3 приводимо діаграми зміни мікротвердості для різних матеріалів

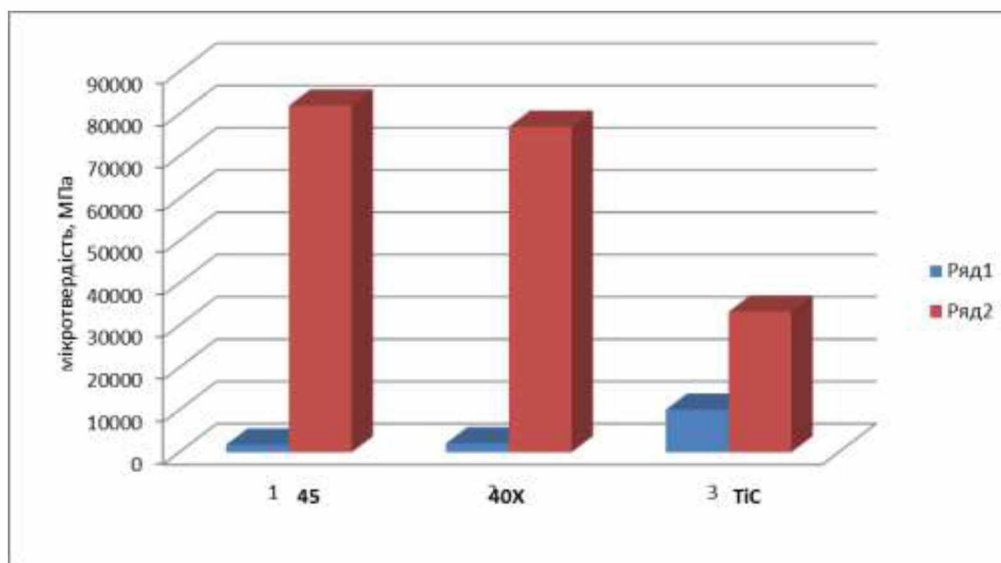


Рисунок 3.3 - Зміна мікротвердості для різних матеріалів

Ці дані отримані при обробці сталей плазмотроном непрямої дії з діаметром сопла 6мм. Основними параметрами процесу плазмового напилення є сила струму, напруга дуги, швидкість переміщення плазмотрону. Сила струму і напруга залежать від витрати плазмоутворюючого газу, діаметру і довжини каналу сопла, від відстані від зрізу сопла до поверхні, яка напилюється.

З метою зміни щільності потужності плазмового нагрівання регулюють силу струму і швидкість переміщення, залишаючи інші параметри без зміни.

3.3 Обґрунтування вибору технологічного обладнання

Обладнання для плазмового напилення відрізняються великою різноманітністю конструкцій. Загальна схема плазмотрону предствалена на рис.3.4.

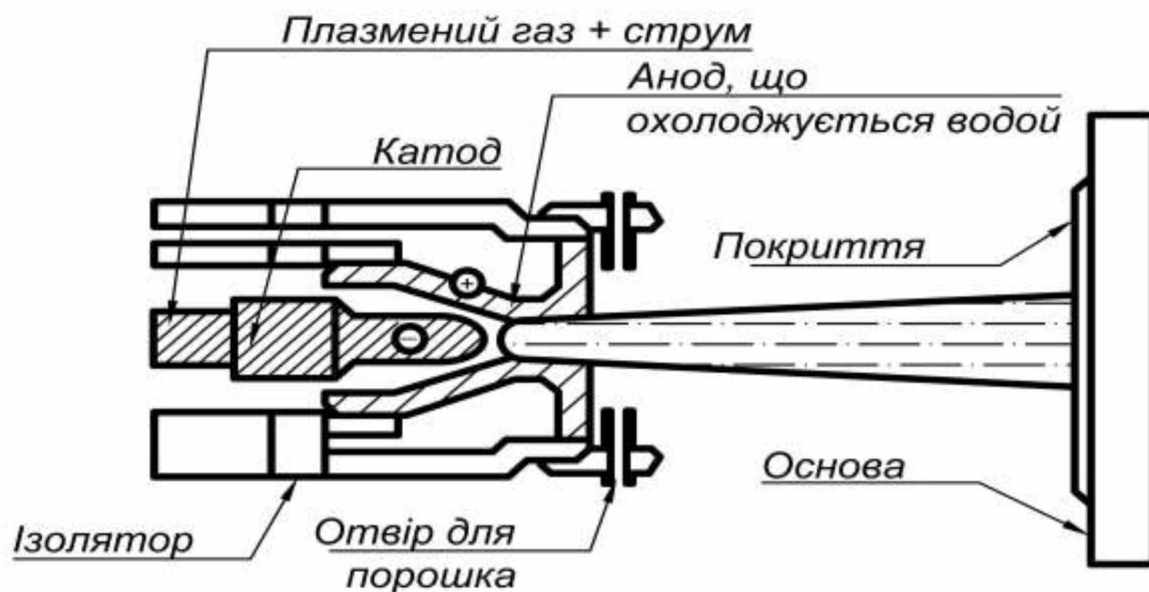


Рисунок 3.4 – Схема будови плазмотрону

Коротке сопло плазмотрону одночасно є анодом. Порошок вводиться зовні сопла перпендикулярно вісі полум'я, безпосередньо близько від дуги.

Найпопулярніше обладнання цього типу, — плазматрон 3МВ фірми Sulzer Metco, який, з незначними модифікаціями, існує вже більше 40 років [28,029]. На рисунку 3.4 представлені актуальні моделі цієї серії з максимальною потужністю 40 кВт.

Більш нове і потужне (55 кВт) однокатодне обладнання, — плазматрон F4.

На сьогоднішні час на більшості підприємств технічного сервісу використовуються декілька видів технологічного обладнання для здійснення плазмового напилення на деталі циліндричної форми. Зокрема: установки плазмового напилення «Київ – 7», розроблені ІЕС ім. Є. О. Патона; установки типу «ТОПАС – 40, 820, 180», розроблені НПП «ТОПАС»; напівавтомати, розроблені ОАО «Укр ИСП».



Рисунок 3.5 - Плазматрони 3МВ і F4 фірми Sulzer Metco

У таблиці 3.3 наведені характеристики плазмових установок

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики плазмотронів [43]

Характеристика плазмотрону	Установка плазмового напилення			
	УПУ-3Д	УПУ-8Д	УМП-7	Київ-7
Потужність, кВт	25	40	39	≤100
Максимальний струм, А	400	700	250	-
Робочий плазмоутворюючий газ	Аргон, азот	Аргон, азот	Азот	Повітря, природний газ
Тиск охолоджуючої води, МПа	0,4	0,35	0,35	-
Витрата води, м³/год.	0,6	1,5	0,2	-
Маса, кг	0,50	1,1	1,9	2,0
Ресурс сопла, год.	4	-	-	-

Виходячи з технічних характеристик обираємо установку плазмового напилення «Київ – 7».

Установка обладнана плазмотроном для нанесення керамічних і металевих порошків з частинками розмірів 40-120 мкм, а також є можливість подачі порошкових дрітків. Плазмоутворюючим газом слугує суміш стисненого повітря з пропаном або природним газом. Максимальна продуктивність установки складає 10кг/год. керамічного і 25 кг/год металевих порошків. Потужність плазмотрона не більше 80 кВт. Робоча напруга і струм відповідно 200-250 В і 100-315 А.

Режими напилення при використанні в якості плазми утворюючого газу суміші повітря з пропан-бутаном приводимо в таблиці 3.4 [43].

Таблиця 3.4 - Режими плазмового напилення

Тип матеріалу	Режими джерела живлення		Витрата газоутворюючих газів, м ³ /год.	Тиск плазмотворюючих газів, МПа	Дистанція напилення, мм	Витрата порошка, кг/год.	Коефіцієнт використання порошку, %
	Напруга, В	Сила зварювального струму, А					
Самофлюсуючі сплави	260-265	235-240	4,0-6,5	0,4-0,9	0,50-0,55	10-20	45-50
Сплави: Ni-Al. Ni-Ti	250-255	240-245	5,0-7,0	0,6-0,9	0,4-0,5	15-20	45-47

3.4 Вибір матеріалів для виконання наплавлення

По технології виробництва, серійно випускаємі матеріали для наплавлення умовно поділені на 3 типи. До 1-го належать: ESAB ОК 84.8, Lastek 2400, а також Т-590. Це електроди для наплавлення. Мають сталю сердцевину і покриття.

Другий тип - Lastek 210, виробляються як порошкові, містять карбіди вольфраму, який знаходиться у металевій оболонці. Наплавлювальні електроди, що серійно випускаються наведені в табл. 3.5 [43].

Таблиця 3.5 – Матеріали для наплавлення, які випускаються серійно

Маркування	Легуючі елементи	Виготівник
Т-590	Fe-Cr-C-B-Mn	Плазма Тек, (Україна)
Т-620	Fe-Cr-Ti-C-B-Mn	Спецелектрод, (Росія)
ESAB ОК 84.80	Fe-Cr-Mo-Nb-W-C	ESAB, (Швеція)
Lastek 2400	Fe-Cr-V-Mn	Lastek Belgium NV, (Бельгія)
Lastek 210	Fe-W-C	Lastek Belgium NV, (Бельгія)

Вибір елементів наповнювача експериментального електрода ми проаналізували вартість металічних елементів, карбідних складових [42]. Із співставлення вартості компонентів (враховуючи питому масу) можемо сказати, що для Мо, Cr, Nb та V, вища ніж для Ti.

Компоненти порошкові для наповнення шихти наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Компоненти наповнення шихти [43].

Елемент	Маркування	ГОСТ, ТУ	Розмір, мкм
Феросилікомарганець	ФМ17	ГОСТ 4756 - 91	100-200
Карбід титану	Ч	ТУ 6-09-492-75	20-40
Графіт	ГС-4	ГОСТ 5279 - 74	< 160

3.5 Дослідження складу та властивостей покриття з порошку Fe - Mn - Ti - C

Для покриттів, що містять туго-плавкі тверді метали мають показники, що чинять вплив на їх властивості -хімічна стабільність на межі сталь з тугоплавким сполученням. Визначається рівноважним розчином фаз нанесеного шару при даних умовах формування покриттів, що необхідно для створення дифузійної зони на межах міжфазових.

Для визначення механізму взаємодії фаз часто застосовуються обчислювальні методи термодинаміки.

Для створення моделі рівноваги фаз у багатокомпонентних системах застосовується технологія CALPHAD - CALculation of PHase, описана у роботі [8]. (Або Diagrams-розрахунок діаграм) [31]. Ґрунтується на тому, що діаграма, що описує рівноважний стан фаз має функціональну залежність від властивостей їх термодинаміки. Залежність цих фаз від величини енергій Гіббса визначає, які із фаз є самими постійними при вимогах до концентрації елементів у системі, рівня тиску та величини температури.

Підбір складу шихти здійснювався згідно методики [37]. Зокрема, кількість карбідної фази брали 5 мас. % [43].

Таблиця 3.7 – Вміст шихти та хімічний склад шару (електроди Fe- Ti -Mn-C)

Елемент	Склад в ПЕ	Склад елементів в наплавленому металі	Склад шару	
МНС17	74	22,88	Fe	73,06
Графіт	3	1,17	Mn	18,77
TiC	5	1,95	Ti	1,56
Fe	50	68,00	C	2,28
			Si	4,33

Порошки титану та його сплавів виробляють в АО «Полема» відновленням оксидів металів гідридом кальцію. Порошки застосовуються для плазмового та мікроплазмового напилення покриттів. По технологічним характеристикам обираємо аорошок марки ПТМ -1. Хімічний склад порошку ПТМ - приводимо у табл.3.8

Таблиця 3.8 – Хімічний склад порошку ПТМ – 1

Марка	Ті	Домішки, мас.%, не більше					
		N	C	H	Fe+Ni	Si	Cl
ПТМ-1	основа	0,08	0,05	0,35	0,40	0,10	0,004

На рисунку 3.6 показано число рівноважних фаз системи Fe- Mn-C -Ті при кристалізації наплавленого шару. Із рисунку видно, що титану карбід буде рівноважним з розплавом, при температурі 1600°C. А при температурі близькій до 1200°C розпочинається процес кристалізації аустеніту, закінчується при 1050°C. Тоді з аустеніту починає виділятися фаза цементиту.

Величина цементитної фази описується лінією, що має максимум 20 % мас., які припадають на 750 °C. При цій температурі розпочинається створення складного карбїду (Fe, Mn)₇C₃, і проходить виділення фериту.

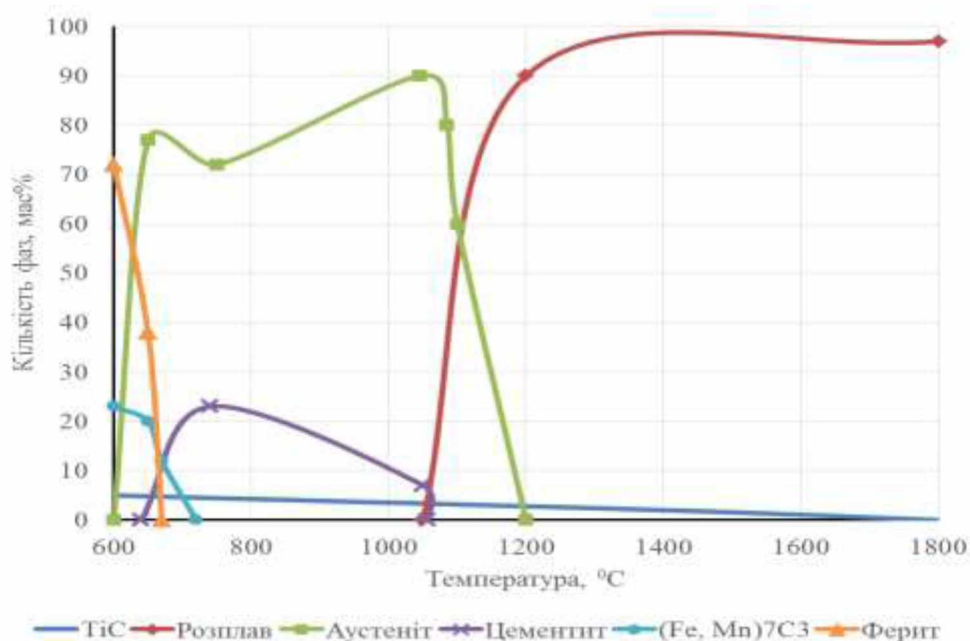


Рисунок 3.6 – Рівноважна кількість фаз системи Fe - Ti – Mn - C у процесі кристалізації напиленого шару

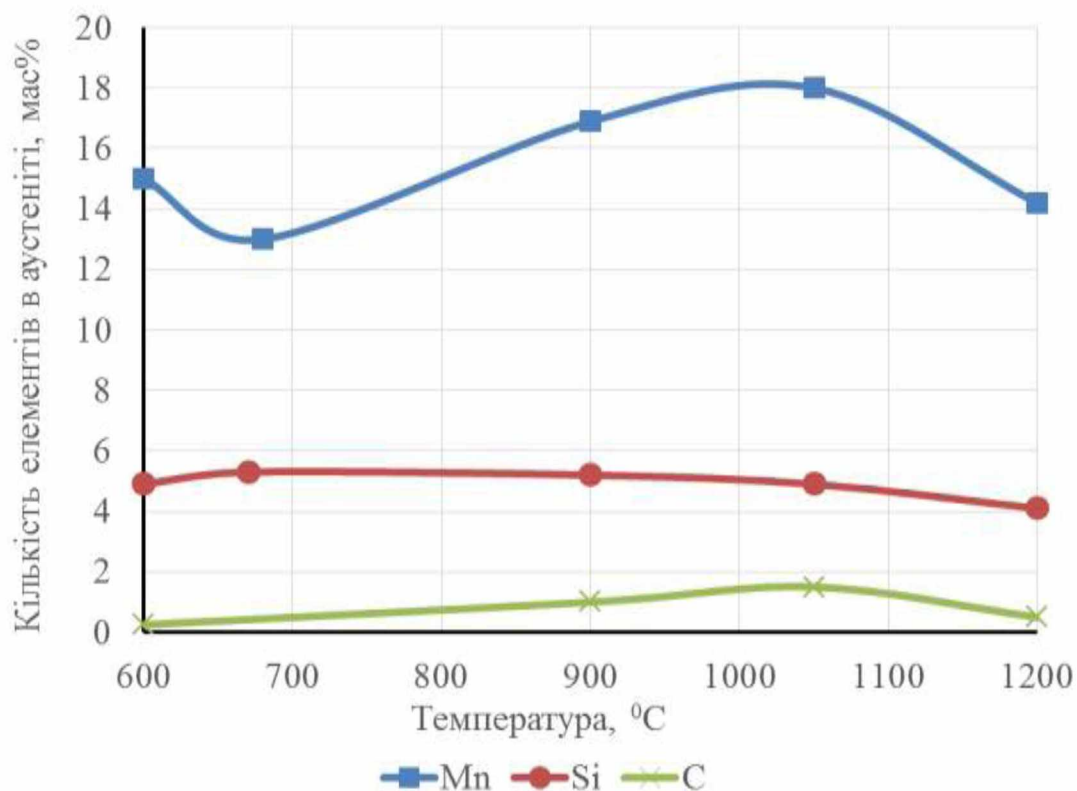


Рисунок 3.7 – Рівень концентрації компонентів в аустеніті (для системи Fe - Ti – Mn - C)

Зміна складу аустеніту під час кристалізації відбувається по лініях, приведених на рис. 3.6. Бачимо, що при температурі 900°C утворюється оптимальна концентрація елементів в аустеніті, яка дозволяє мати марганцевий аустеніт, здатний до наклепу (рис. 3.7).

Отже при загартуванні з 900°C можливо отримати структуру, яка буде складатись із карбідів та аустеніту (рис. 3.8). Пониження температури нижче 900°C, з якої необхідно проводити швидке охолодження призведе до збіднення аустеніту марганцем та вуглецем, а також появі значної кількості фериту -до 70 %. Це робить неможливим наклеп поверхневого шару.

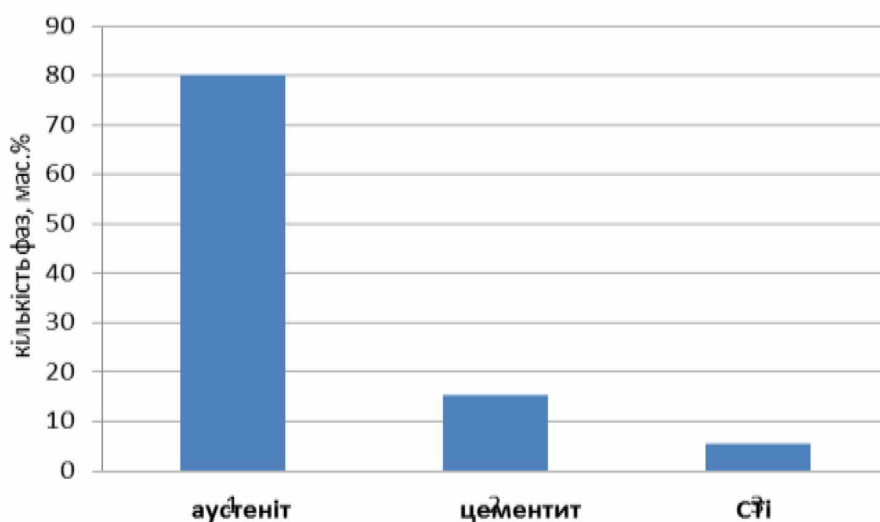


Рисунок 3.8 – Рівноважна кількість фаз системи Fe-Ti -Mn-C при температурі 900°C

3.6. Дослідження фазового складу та мікроструктури покриття

Мікроструктура нанесеного методом плазмового напилення покриття такий має склад: витягнутої форми зерна матриці. Вони направлені під кутом до обробленої поверхні, між ними знаходиться структура евтектики, яка містить дисперсні включення, рівномірно розподілені в об'ємі напиленого металу. Розміри частинок складають від 1 мкм до 3 мкм, займають близько 10 % загального об'єму (рис. 3.9)

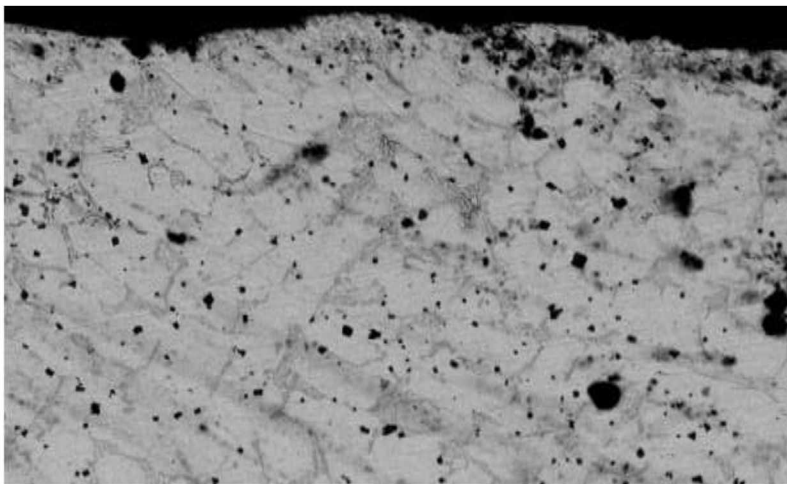


Рисунок 3.9 – Мікроструктура наплавленого покриття системи Fe-69,23; Ti -5,39; Mn-18,77; C-2,28

3.7. Дослідження механічних та триботехнічних властивостей покриття

3.7.1 Вимірювання твердості покриття

Твердість, визначена на твердомірі ПМТ-3, становить 5200 (МПа) H_{200} . Твердість основи складає 2170 (МПа) H_{200} . Отже, суттєвої різниці між твердістю основи і покриття не спрочиняється. Це доводить що покриття з основою майже не перемішується.

Коефіцієнт тріщиностійкості поверхневого шару, визначений по методиці Еванса-Чарльза [32] має величину $K_{IC} = 24 \text{ МПа м}^{1/2}$

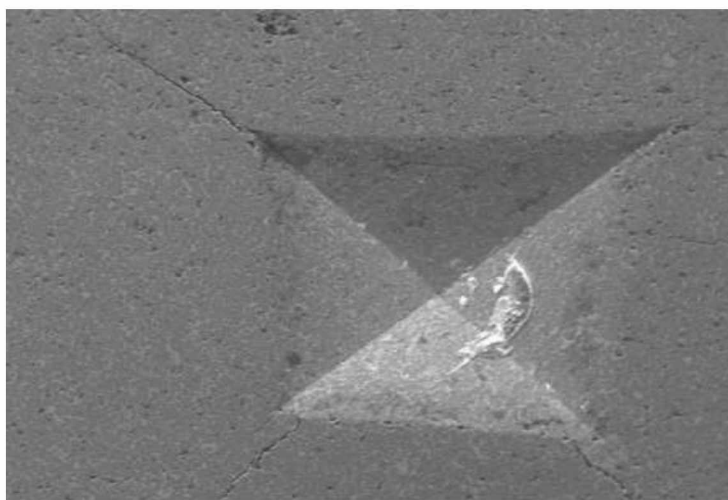


Рисунок 3.10– Результати вимірювань тріщиностійкості покриття системи Fe_{69,23}- Ti_{5,39}-Mn_{18,77}-C_{2,28} (×500)

Визначення твердості поверхневого шару за методом Роквела було проведено на 4-х зразках з різною концентрацією TiC: 1). 0%; 2).5 %; 3).10 %; 4) 15 по масі. Результати визначення твердості (рис. 3.10) свідчать про те, що збільшення карбідної фази приводить до зростання твердості до 10% концентрації TiC. Наступне збільшення кількості TiC викликає пониження значення твердості. Це пояснюється тим, що зростання вмісту карбідної фази приводить до ускладнень при виготовленні порошку. А також при здійсненні наплення різко зменшується рідкотекучість порошку, що наплюється і з'являються пори у напленому шарі. Пластичне деформування у всіх чотирьох випадках сприяє зростанню твердості, так як забезпечується отримання марганцевистого аустеніта у напленому шарі. Найкращі значення були отримні

при наявності 10% TiC, що є відповідним досліджуваній системі Fe - 69,23; Ti - 5,39; Mn - 18,77; C - 2,28

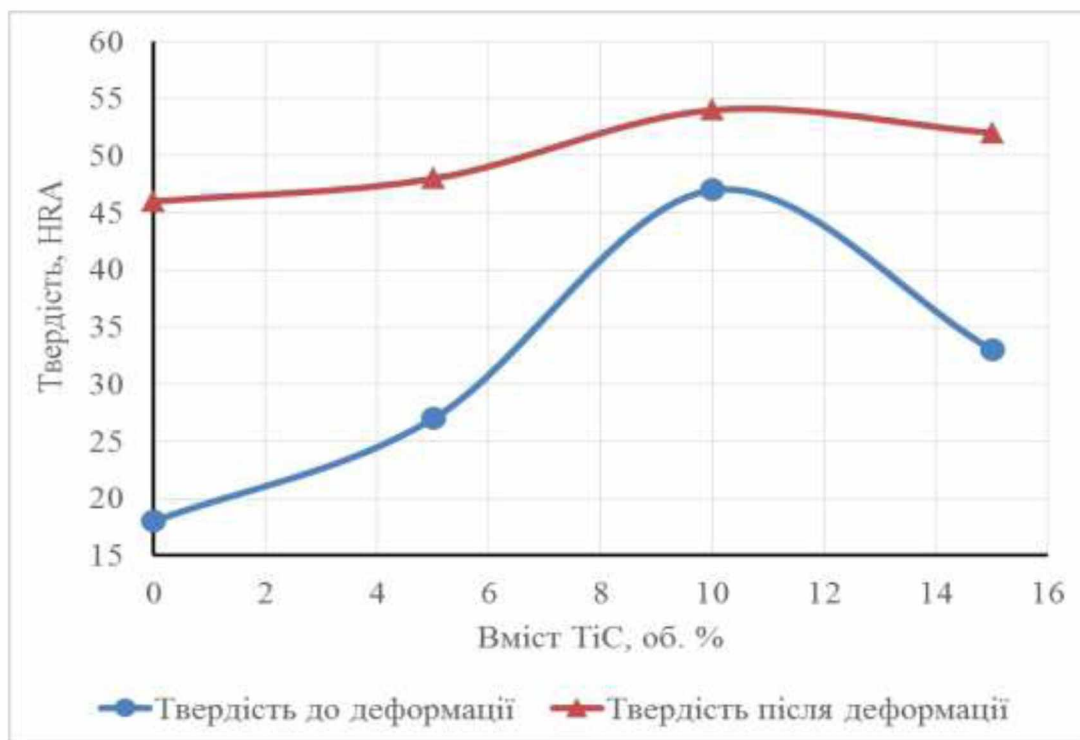


Рисунок 3.11 – Результати вимірювання мікротвердості наплавлених шарів залежно від концентрації карбіду титану

Результати випробувань на машині тертя МІМ1 з навантаженням 50 Н [36, 40] покриттів системи Fe-Ti-MnC показують, що на протязі 500 с. випробувань коефіцієнт тертя вирівнюється. Коефіцієнт тертя знижується близько 30 %, що зумовлюється зміною мікрорельєфу досліджуваних поверхонь. Розвиваються процеси мікрорізання колодки по причині високої твердості зерен TiC (30 ГПа) та їх кубічну форму.

На другому етапі зафіксовані великі значення коефіцієнту тертя та доволі значне (на 20С), зростання температури, при цьому поверхня колодки та ролика, частково оголюються карбідні зерна. Зниження коефіцієнту тертя інтенсивно проходить в перші 200 с. випробовування. Тоді на поверхні колодки формуються доріжки мікрорізання, коефіцієнт тертя стабілізується, так як карбідні частинки

ковзають в межах, створених ними подряпин (треків), залишаючись міцно закріпленими в аустенітній матриці. В продовж слідує режимів навантаження при 100Н, 150Н та 200Н спостерігалось зниження коефіцієнту тертя в 1,48 рази, що супроводжувалося збільшенням температури на 5-6 °C при кожному слідує режимі навантаження. Тоді відбулося утворення текстурованої поверхні покриття. Це супроводжувалося переорієнтацією карбідних зерен. Також відбувалось утворення складних оксидів (MnFe_2O_4 , $(\text{MnFe})_2\text{O}_3$).

Збільшення навантаження до 250Н приводить до інтенсивного підвищення температури (до 80°C). Це супроводжується зростанням коефіцієнта тертя та інтенсивності зношування, відбувається утворення сітки тріщин, перпендикулярно до напрямку тертя, які ймовірно пов'язані з терморозтріскуванням

Висновки.

1. На основі результатів аналізу термодинамічної фазової рівноваги в системі Fe-TiMn-C встановлено, що система Fe-Ti-Mn-C є однозначно перспективною, оскільки при умовах плазмового напилення у ній зберігається двофазна структура.

2. Встановлено, що у системі Fe-Ti-Mn-C утворюється оптимальний вміст компонентів, що гарантує наявність системи аустеніт + карбід титану, наступної концентрації: Fe – 69,23%; Ti – 5,39%; Mn – 18,77%; C – 2,28%.

3. Вивчення мікроструктури шару показують, що він складається із марганцевистого аустеніту, який сприймає наклеп, та дисперсних (1-3 мкм) включень TiC у кількості 10% по об'єму.

4. Після поверхневого пластичного деформування твердість значно (5-10 HRC) підвищується, що визвано дисперсним та деформаційним зміцненням.

5. Випробування на зношуваність покриття доводять, що їх стійкість до зносу перевищує стійкість традиційних матеріалів для зміцнюючого наплавлення.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Рациональне використання природних ресурсів і охорона навколишнього середовища на сучасному етапі розвитку промисловості і аграрного виробництва потребує значної уваги. Одним з найважливіших завдань сьогодення є охорона навколишнього середовища [45].

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.

В Україні також від 09.02.1995р. діє закон «Про екологічну експертизу» Екологічна експертиза це комплекс заходів: досліджень, санітарно-епідеміологічних експертиз, які спрямовані на забезпечення підтримання навколишнього середовища в доброму стані.

Метою проведення екологічної експертизи є: запобігання шкідливого впливу антропогенної діяльності людини на загальний стан навколишнього середовища і здоров'я людей; оцінка екологічної ситуації на окремих об'єктах і територіях, а також ступеню екологічної безпеки господарської діяльності.

Проведення екологічної експертизи здійснюється за принципами:

- законність;
- державне регулювання;
- гарантування безпечного навколишнього середовища для життя людей;
- збалансованість екологічних, економічних, медико – біологічних та соціальних інтересів з урахуванням громадської думки;

- екологічна безпека, територіально – галузева і економічна доцільність реалізації об'єктів екологічної експертизи, здійснюваної чи запланованої діяльності;
- наукова обґрунтованість, об'єктивність незалежність, варіативність, комплексність, гласність і превентивність.

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи «Підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів за рахунок застосування зміцнюючих технологій відновлення» досліджуємо головні екологічні проблеми зварювально – наплавлювального процесу, а саме виконання плазмового наплавлення.

Наслідками технологічного процесу плазмового наплавлення тугоплавких титановмісних сполук є [45]:

- викиди різних хімічних сполук у повітря: гази, хімічні сполуки, оксиди металів (рис.4.1):
- світлове, ультрафіолетове й інфрачервоне випромінювання від плазмової дуги.

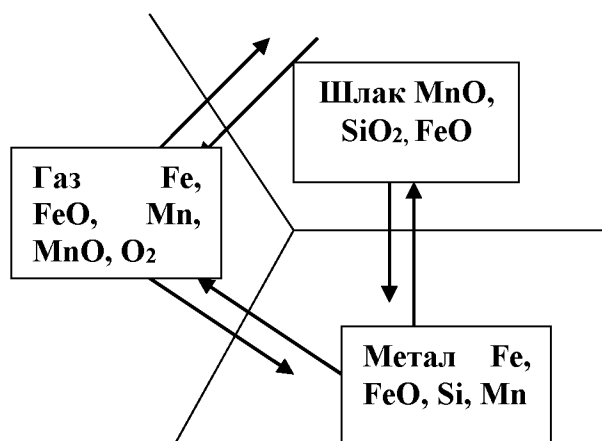


Рисунок 4.1 - Схема взаємодії «метал - шлак – газ» при виконанні робіт по плазмовому наплавленні тугоплавкими порошками.

У таблиці 4.1 приведено допустимий вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони під час виконання плазмового наплавлення тугоплавких порошків.

Таблиця 4.1- Гранично допустимий вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони

Назва шкідливої речовини	Нормовані параметри, мг/м ³
	Допустимі
Оксид вуглецю	20,0
Двоокис азоту	5,0
Окис заліза	4,0
З'єднання марганцю	0,3
Пил, який містить кремній	1,0

Щоб уберегтися від шкідливих променів – мають бути застосовані спеціальні світлофільтри та зварювальні маски. Для 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.

Заходи по поліпшенню екологічного захисту на зварювально-наплавлювальній ділянці СТО «Автомоторна компанія»:

- 1). Профілактичні заходи;
- 2). Обгороджування місць роботи щитами або ширмами;
- 3). Проведення попередніх і періодичних медичних оглядів робітників.

Профілактичні заходи передбачають автоматизацію процесів плазмового нарощування, скорочення обсягу робіт усіх видів зварювально-наплавлюваних видів обробки в замкнутих просторах, облаштування робочих місць місцевою і загально обмінною вентиляцією. Профілактичні заходи повинні передбачати також застосування засобів індивідуального захисту (спеціального одягу, взуття,

окулярів, щитків шоломів зі світлофільтрами), обгороджування місць роботи щитами або ширмами, проведення попередніх і періодичних медичних оглядів робітників діляниці.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми охорони праці у виробничому середовищі

Охорона життя та здоров'я усіх громадян країни у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних і нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання великою мірою залежить від якості підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці [47, 49].

Охорона праці – важливий аспект будь якого виробництва.

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

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 трансмісії тракторів за рахунок застосування зміцнюючих технологій відновлення» проводимо аналіз можливості впровадження розробок з точки зору забезпечення усіх вимог з охорони праці.

Технологічний процес відновлення первинного валу коробки передач трактора МТЗ-82 з використанням установки для плазмове наплавлення (нарощування) Київ – 7 [48]. Впровадження плануємо в цеху ТОВ «Автомоторна компанія», яка є спеціалізованим підприємством з повним комплексом технологічного обладнання для якісного ремонту двигунів та інших деталей.

До виконання ремонтних робіт не допускаються особи молодші за 18 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: брезентовим костюмом, шоломом – маскою зварювальника, спецвзуттям, гумовим килимком, рукавицями.

Виконання плазмового наплавлення дозволяється виконувати у спеціально обладнаних кабінках, які обладнані приточно – витяжною вентиляцією, надійним заземленням джерела електричного струму. Усі електричні кабелі мають бути без пошкоджень ізоляції. Роботи повинні проводитися на відстані 5м і більше від горючих матеріалів.

Будь які маніпуляції по обслуговуванню електрообладнання виконуються лише у відповідності до «Правил технічної безпеки при експлуатації електроустановок користувачів».

4.2.3 Розробка комплексу організаційних та технічних заходів з охорони праці та пожежної безпеки

Організаційні заходи:

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

Протипожежні заходи

1. Встановлення новітньої автоматичної системи пожежогасіння та попередження пожеж.

2. Постійний контроль за наявністю та станом пожежного інвентарю.

Технічні заходи

1. Обладнання ділянки кондиціонерами для покращення температурного режиму.
2. Установлення захисної огорожі навколо електротрансформатора на території підприємства.
3. Обладнання додатковими джерелами освітлення всієї робочої ділянки.

Санітарно – гігієнічні заходи

1. Забезпечення засобами індивідуального захисту.
2. Покращення обладнання кімнати відпочинку персоналу.
3. Встановлення додаткових кондиціонерів у адміністративних приміщеннях.
4. Контроль за наявністю миючих засобів біля рукомийників.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування розробок

Розрахунок собівартості відновлення

Визначаємо кількість матеріалів для виконання плазмового наплавлення (наращування) первинного валу та витрати на ремонт одного валу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Витрати матеріалів для ремонту первинного валу КПП трактора МТЗ-82

Необхідні ресурси (матеріали)	Діагностика КПП		Ремонт первинного валу		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
Порошок для плазмового наплавлення, г.	-	-	100	180	-	-	-	-
Шліфувальний круг ПП600×25×305 ЭБ16- 25С1Б, ЭБ16-25С1К, шт.	-	-	-	-	1	60	-	-
Дизельне паливо, мастило, л	1	20	-	-	-	-	-	-
Разом		24,75		323,7		149,45		3,325

З таблиці видно, що витрати на матеріали склали: на діагностику коробки передач – 4,75 грн., на відновлення первинного валу – 323,7 грн., шліфування відновлених поверхонь – 149,45грн., перевірка виконаних робіт - 3,35 грн.

Розраховуємо кількість спожитої енергії:

$$N = k \cdot N_{\text{в}} = 0,55 \cdot 40 = 22 \text{ кВт/год.}, \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання;

$N_{\text{в}}$ – загальна витрата електроенергії кВт/год.

Витрати на електроенергію:

$$1,89 \cdot 22 = 41,58 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}} \quad (4.2)$$

Обладнання працюватиме 6 годин на добу, витрати електроенергії за добу:

$$B_{\text{е.д.}} = 41,58 \cdot 6 = 291,48 \text{ грн.}$$

Витрати за рік становитимуть:

$$B_{\text{е.р.}} = 291,48 \cdot 253 = 73744,44 \text{ грн.}$$

Визначаємо потребу у персоналі для зварювально-наплавлювальної дільниці на 2021 рік (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Розрахунок оплати праці персоналу

Фах працівника	Чисельність працівників	Фонд оплати праці, грн.		
		за місяць	за рік	питома вага, %
Шліфувальник	1	4130	49560	35,1
Наплавлювальник	1	4500	54000	29,8
Контролер-діагност	1	4130	49560	35,1
Разом	3	12760	153120	100,0

Тривалість діагностування приймаємо 0,5 год., плазмове напилення тугоплавкими порошками – 0,25 год., шліфування – 0,4 год. Заробітна плата: $31,3 + 96,4 + 55,15 = 182,85$ грн.

Собівартість відновлення первинного валу визначаємо за формулою:

$$C = O_n + H, \text{ грн.}, \quad (4.3)$$

де O_n – заробітна плата, грн.;

H – накладні витрати, грн.

До накладних витрат відносяться витрати на порошок для нарощування – 180 грн.

Вартість матеріалів на одиницю наданих послуг приводимо в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок собівартості відновлення первинного валу

Найменування статті витрат	Відновлення первинного валу
Оплата праці, грн.	182,85
Електроенергія, грн.	193,7
Вартість матеріалів, ресурсів	180
Разом	556,55

Економічну доцільність відновлення можна визначити порівнянням собівартості відновлення деталі з вартістю аналогічної нової деталі. При цьому потрібно дотримуватись умови:

$$\frac{C_p}{\eta_{\text{дов}}} \leq C_{\text{нов}}, \quad (4.4)$$

де $C_p = 556,55$ грн. – собівартість відновлення одного первинного валу при розробленому процесі плазмового нарощування;

$C_{\text{нов}} = 1120$ грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

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

$556,55/0,9=618,4$ грн., а саме: 618,4грн. <1120грн.

Отже, собівартість відновлення первинного валу КПП трактора МТЗ-82 становить 556,5грн., а вартість аналогічного нового валу становить 1120 грн. Із співвідношення видно, відновлення плазмовим наплавленням тугоплавких порошків відновлення є доцільним.

Висновки. У даному розділі ми запропонували розроблені нами:

- на основі проведеної екологічної експертизи, заходи по зменшенню шкідливого впливу на екологічний стан навколишнього середовища виробничої діяльності зварювально-наплавленої дільниці;
- заходи з охорони праці;
- техніко-економічне обґрунтування впровадження розробок у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ми провели ґрунтовний аналіз методів відновлення валів коробок передач трактора МТЗ-82, на основі чого прийшли до висновку, що плазмове наплавлення тугоплавкими матеріалами є однією з прогресивних технологій у ремонтному виробництві, можливості якої ще повністю не з'ясовані.

2. Аналіз умов експлуатації, навантажень і вимог до надійності шліцьових валів КПП, показує, що їх ресурс обмежується зносом опорних шийок.

3. На підставі аналізу основних дефектів та зносів валів КПП підтверджено можливість застосування армуючого наплавлення зношених поверхонь.

4. Проведений аналіз технологічного обладнання і обґрунтовано вибір установки для плазмового наплавлення Київ -7.

5. По результатах досліджень проведено вибір матеріалу для наплавлення, порошок системи Fe-Ti-Mn-C.

6. На основі термодинамічного аналізу фазової рівноваги у системі Fe-TiMn-C встановлено, що система Fe-Ti-Mn-C є перспективною, утворюється оптимальна концентрація елементів, що забезпечує існування структури аустеніт + карбід титану, концентрації: Fe - 69,23%; Ti - 5,39%; Mn-18,77%; C - 2,28%.

7. Дослідження мікроструктури шару показують, що він складається із марганцевого аустеніту, який здатний до наклепу, та дисперсних (1- 3мкм) включень TiC у кількості 10% по об'єму.

8. При поверхневій пластичній деформації твердість суттєво (5-10 HRC) підвищується, що зумовлено дисперсійним та деформаційним зміцненням.

9. Випробування покриття на зношування показують, що їх зносостійкість суттєво перевищує зносостійкість традиційних матеріалів для зносостійкого наплавлення.

10. Проведені екологічна експертиза та аналіз заходів з охорони праці.

11. Визначена техніко-економічна ефективність запропонованого способу відновлення деталей

Отже, використання запропонованих способу, обладнання і підібраного матеріалу та параметрів режиму відновлення дозволяє підвищити зносостійкість відновлених деталей, зменшити витрати на ремонт, що є доцільним як з технологічної, так і з економічної точки зору.

