

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: **«Дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів»**

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

Рецензент: _____

Полтава – 2022 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи «Дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів»: 72 с., 32 рис., 14 табл., додатки, 37 джерел.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні валів трансмісії універсального колісного трактора АМІ моделі 10286 (Farmer), а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – зноси та дефекти валів коробок передач тракторів Farmer 10286, що можуть бути відновлені з метою підвищення довговічності.

Мета роботи: вибір сучасного оптимального способу відновлення валів трансмісії тракторів.

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

Результати проведених досліджень: проведений аналіз характерних дефектів та зносів валів трансмісії тракторів та способів їх відновлення; визначено оптимальний; обґрунтовано вибір технологічного обладнання та матеріалу, підбрані та розраховані параметри режимів; проведена екологічна експертиза та розроблено заходи з охорони праці; виконано техніко-економічне обґрунтування використання обраного способу.

Визначена собівартість відновлення первинного валу коробки передач Farmer 10286 при відновленні обраним способом 787,7 грн., що нижче ціни нової деталі.

Ступінь впровадження результатів роботи – результати використовувалися при розрахунку режимів відновлення валів трансмісії тракторів.

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: ТРАНСМІСІЯ, КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, ВАЛ, ДОСЛІДЖЕННЯ, СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ, ПОРОШКОВИЙ ДРІТ, НАПЛАВЛЕННЯ, ТВЕРДІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво є однією з найважливіших галузей України. Своєчасний ремонт тракторів, автомобілів та іншої сільськогосподарської техніки уможливорює забезпечення безперервності виробничого процесу. Це, в свою чергу, запобігає економічним втратам в аграрному комплексі країни. Відновлення ресурсу окремих деталей 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.

Розробка і впровадження у виробництво таких технологій відновлення деталей, що забезпечують підвищення довговічності машин, збільшують економічність технологічного процесу відновлення є актуальним і надзвичайно важливим завданням технічного сервісу [1].

Отже, реальною стратегією забезпечення довговічності 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 надійності до нових деталей машин, отже стирає розподіл між первинними і вторинними ресурсами виробництва, перетворюючи їх на альтернативні [2].

Одним з актуальних напрямків відновлення зношених деталей є зміцнення їх поверхні. Застосування таких способів дозволить суттєво підвищити довговічність машин і обладнання, відновити робочий поверхневий шар і продовжити термін експлуатації деталей.

Очевидно, що доцільним є максимальна увага розвитку та вдосконаленню методів відновлення та зміцнення деталей з використанням висококонцентрованих джерел енергії. Це дозволяє отримувати на поверхні деталей шари з великою твердістю і високою зносостійкістю покриття одночасно.

В кваліфікаційній роботі на тему «Дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів» ми розглянули основні способи відновлення даного типу деталей. Ця тема була вибрана через її актуальність на даний момент.

Мета дослідження - вибір сучасного оптимального способу відновлення валів трансмісії тракторів.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- провести аналіз характерних зносів валів трансмісії та способів їх відновлення;
- визначити оптимальний спосіб відновлення;
- обґрунтувати вибір обладнання та матеріалів для нанесення покриття;
- дослідити параметри і розробити оптимальні режими відновлення;
- 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 та відновлені поверхні деталей (валів) трансмісії, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси валів тракторних коробок передач, що відновлюються способами наплавлення.

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

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

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

В нашій кваліфікаційній роботі ми розглядаємо роботу деталей трансмісії, зокрема коробки передач трактора українського виробництва Farmer 10286 [3].

Бренд «АгроМашІнвест» своє коріння бере від «Південмашу». Підприємство «АгроМашІнвест» було створене у 1993 році. Тоді займалися експортом і імпортом запчастин до тракторів. У 2004 році на спільному підприємстві у м. Сокілка (Польща) почали виробництво тракторів Farmer (81 к.с.).

У першій половині 2018 року, підприємство проектує та складає в Дніпрі перший трактор Farmer-11246, оснащений мостами і трансмісією Valtra та двигуном Д-245С (ММЗ) потужністю 107 к. с. На початку 2019 року випущена наступна модель Farmer – 10286, укомплектована оригінальним англійським двигуном Perkins 1104С-44Т потужністю 100 к. с.

Сьогодні в модельній лінійці «АгроМашІнвесту» понад вісімдесят типів тракторів потужністю від 50 до 122 к.с., з приводом на одну або обидві осі.

Рисунок 1.1 – Універсальний трактор Farmer – 10286

Трактор Farmer 10286 призначений для виконання робіт у сільському господарстві з різними причіпними навісними та напівнавісними знаряддями. Технічні характеристики наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика трактора Farmer 10286 [3].

Двигун	
Потужність номінальна (при 2200 хв. ⁻¹) (SAE J1995 і ISO 3046), кВт (к.с.)	72,5 (98,6)
Максимальний крутний момент (при 1350 хв. ⁻¹)	407 Нм
Виробник	Perkins
Тип	4-х тактний з турбонаддувом
Спосіб змішування	Безпосереднє впорскування
Діаметр циліндра / Хід поршня, мм	105 - 127
Робочий об'єм, дм ³	4,4
Холодний запуск	свічки накалювання

Повітряний фільтр	сухий з датчиком засміченості
Рульове управління	
Тип	гідрооб'ємне
Передній ведучий міст	VALTRA
Включення	примусове
Блокування	самоблокуючий
Робочі гальма	мокрі, з гідравлічним приводом
Трансмісія	VALTRA
Муфта зчеплення	двохдискова, суха, фрикційна
Коробка передач	механічна, синхронізована, реверсивна 12x12
Швидкості руху	
при русі назад, км/год.	0,87 - 36,9
при русі вперед, км/год.	0,86 - 36,4
Гідравлічна система	
Трьохточкова задня навіска	управління механічне, категорія 2
Функції	позиційне, силове, змішане керування; автоліфт
Продуктивність насос, дм ³ /хв.	60
Номінальний тиск, Бар	195
Кількість секцій гідророзподільника	3
Максимальна вантажопідйомність, кг	3300
Пневмосистема	з компресором, що відключається (опція)
Вал відбору потужності	двошвидкісний, незалежний, синхронний
Частота обертання, хв. ⁻¹	540/1000
Напруга, В	12
Акумулятор, Агод.	125
Стартер / потужність, кВт	3,2
Генератор / потужність, Вт	1190
Разміри	
Довжина, мм	4066
Висота, мм	2605
Ширина, мм	max 2400
Агротехнічний просвіт, мм	470

Отже, як бачимо, трактор Farmer 10286 має механічну, синхронізовану, реверсивну коробку зміни швидкостей.

Трансмісія вважається одним из найважливіших вузлів конструкції трактора чи автомобіля. Коробка зміни швидкостей 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 перемикавання передач, оскільки коли двигун і вали коробки передач

не роз'єднані, а двигун працює, через коробку зміни швидкостей проходить обертальний момент, і перемикає швидкості неможливо.

Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд коробки передач трактора Farmer 10286 [3].

Ознаками неполадок агрегатів трансмісії трактора, зокрема, коробки зміни швидкостей можуть бути: [5, 6, 8]

- зниження або підвищення тиску мастила в гідросистемі коробки;
- ускладнене включення шестерень на початку руху;
- ривки при перемиканні швидкостей;
- зниження швидкості на окремих передачах;
- підтікання мастила з-під ущільнювачів.

Сторонній шум в коробці: зношені опорні підшипники або вали; коробку зміни швидкостей може заклинити і трактор потрібно відправляти на капітальний ремонт. Щоб усунути проблему, необхідно відкрити коробку, перевірити надійність кріплення валів. Якщо вали не жорстко зафіксовані в місцях кріплення, вони зрушають від прикладеного зусилля. Необхідно перевірити затяжну гайку, якщо з нею все в порядку, значить, пошкоджені підшипники. Якщо підшипники і гайка справні, потрібно виміряти зазор осі вторинного валу.

Стук в коробці. Якщо в коробці зміни швидкостей чути сторонній стук, який припиняється в момент переключення режимів, значить, зношені шестерні приводу. Для їх заміни коробку потрібно розбирати повністю.



Рисунок 1.3 – Первинний вал короби передач

Вали коробки передач тракторів Farmer 10286 виготовляються із сталі 40X
Основні показники міцності сталі 40X приведені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 – Показники міцності

Марка сталі	Розмір перерізу	Твердість, НВ	Межа міцності при розтягуванні, МПа	Межа текучості, МПа	Межа втомної міцності при вигинанні, МПа	Термообробка
40X	60-100	230-260 260-280	750 1000	520 800	305	Поліпшення

1.2. Основні види і причини пошкоджень, дефектів та зносів шліцьових з'єднань

Шліцьові з'єднання є одними з найбільш навантажених в техніці.

Твердість шліцьових поверхонь знаходяться в межах $38 \leq \text{HRC} \leq 52$.

Коли в шліцьовому з'єднанні з'являються зазори то, виникають змінні за величиною і напрямком динамічні навантаження, це приводить до прогресуючого зношування і дальшого руйнування цього з'єднання.

Але, довговічність шліцьових з'єднань в експлуатації визначається не лише їх зносом, а й зменшенням міцності через зменшення перерізу шліців і збільшення додаткових динамічних навантажень та виникнення та зростання вібрацій і шуму.

Основні види і причини пошкоджень шліцьових з'єднань представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Види і причини пошкоджень шліцьових з'єднань [5, 6].

	Види пошкоджень	Причини пошкоджень
1	Крихкі руйнування валів	Перевантаження при запуску і в процесі роботи трактора. Наявність технологічних дефектів: тріщини, шлакові включення і ін.
2	Втомні руйнування	Циклічний характер навантаження, наявність концентраторів напружень: виступи через обтискання і зношення
3	Зріз шліців	Пускові та експлуатаційні перевантаження, присутність технологічних дефектів
4	Механічне зношування та	Сформовані значними питомими

	фреттінг-корозія робочих поверхонь шліців	напруженнями нерівності дотичних поверхонь, наявність осьових і радіальних мікропереміщень.
5	Пластичні деформації робочих поверхонь і тіла шліца	Пускові перевантаження і великі питомі напруження в експлуатації, недостатня твердість робочих поверхонь та тіла шліца

У разі наявності першого і другого видів пошкоджень деталі не підлягають ремонту, замінюються новими. А деталі, що мають третій, четвертий і п'ятий види пошкоджень, можуть відновлюватися.

В процесі експлуатації машин на шліцьових валах можуть виникати такі основні дефекти [8]: знос опорних місць під підшипники і сальники, знос і руйнування шліців, деформація вала, знос різьбових ділянок. В процесі експлуатації машин на шліцьових валах можуть виникати такі основні дефекти: знос опорних місць під підшипники і сальники, знос і руйнування шліців, деформація вала, знос різьбових ділянок.

Наразі використовують декілька шляхів виконання ремонту шліцьових з'єднань [8, 9]:

- заміна зношеної пари деталей (вала і втулки) новими (запасними);
- заміна однієї із зношених деталей (в більшості - втулки) запасною (новою) та відновленою другою деталлю (валом);
- застосуванням двох відновлених деталей.

Ремонт шліцьових з'єднань з повним відновленням зношених деталей забезпечує післяремонтний ресурс, приблизно рівний ресурсу нових, і не вимагає великої витрати запасних частин.

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 та ін. Ця залежність пояснюється тим, що у таких переходах виникає концентрація напружень вигину і кручення. Різьба сильно збільшує концентрацію напружень [4].

Отже, 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.

Вал не приймається на відновлення при наявності тріщин, викришувань та сколів.

Рисунок 1.4- Пошкодження та дефекти шліцьових валів

У ремонтному виробництві розроблені такі способи відновлення зношених посадочних поверхонь під підшипники кочення чи спрацьованих шліців валів: перешліфування до виведення слідів спрацювання; електродугова металізація; електродугове, вібродугове, індукційне, газовополуменеве, плазмове і лазерне наплавлення; хромування та електроконтактне напікання порошків [6,8, 9].

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

Загальна схема існуючої загальноприйнятої технології відновлення шліцьових валів [6, 8, 9] приведена на рис.1.5.

Наявність в шліцьових з'єднаннях високих концентрацій напружень, ослаблення перерізів валів, недостатній ресурс деяких з них, спонукає розробляти нові технологічні процеси відновлення шліцьових з'єднань

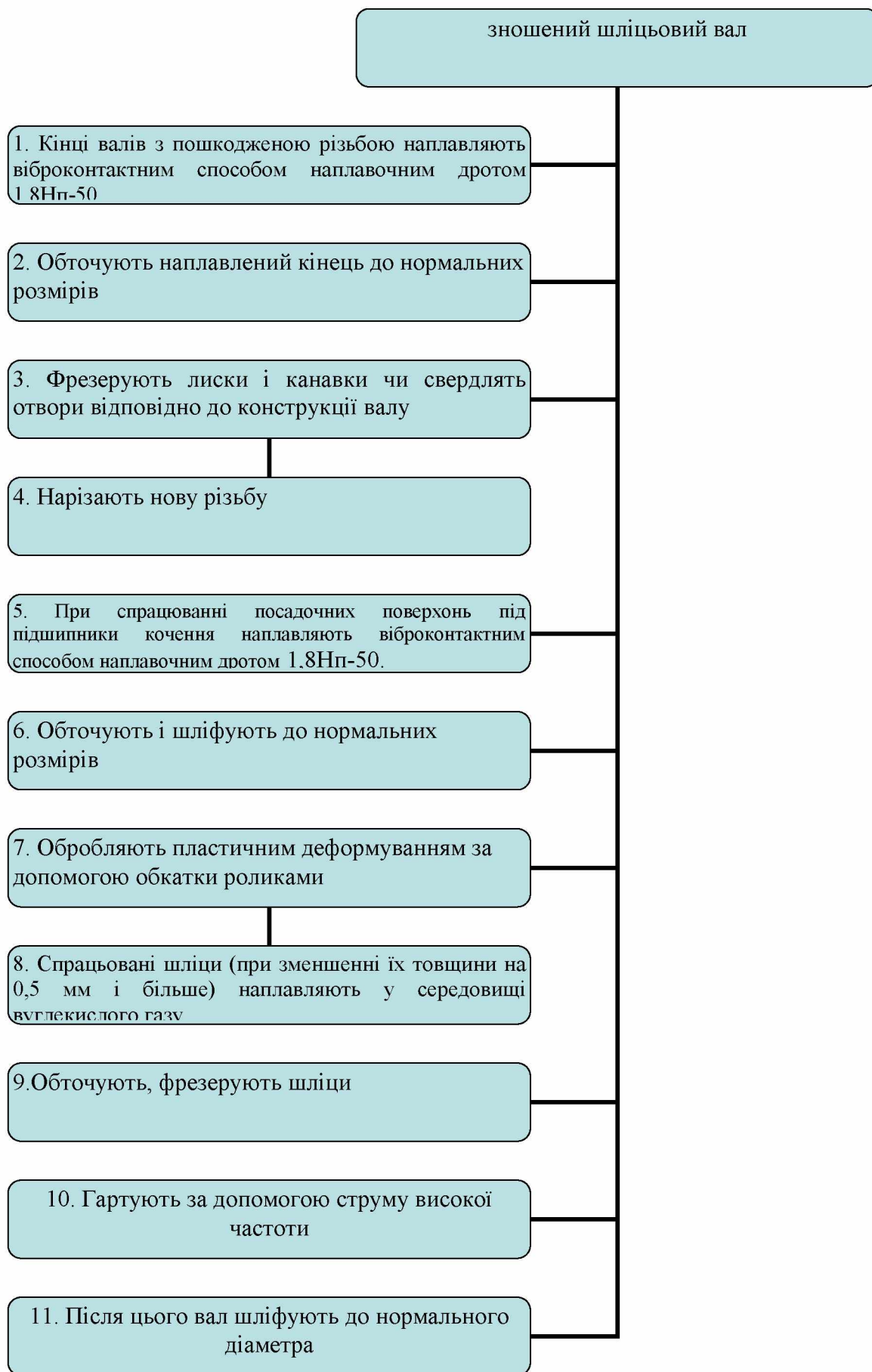


Рисунок 1.5 - Загальна схема існуючої технології відновлення шліцьових валів

1.3 Аналіз існуючих технологій відновлення

1.3.1 Відновлення зношених поверхонь наплавленням

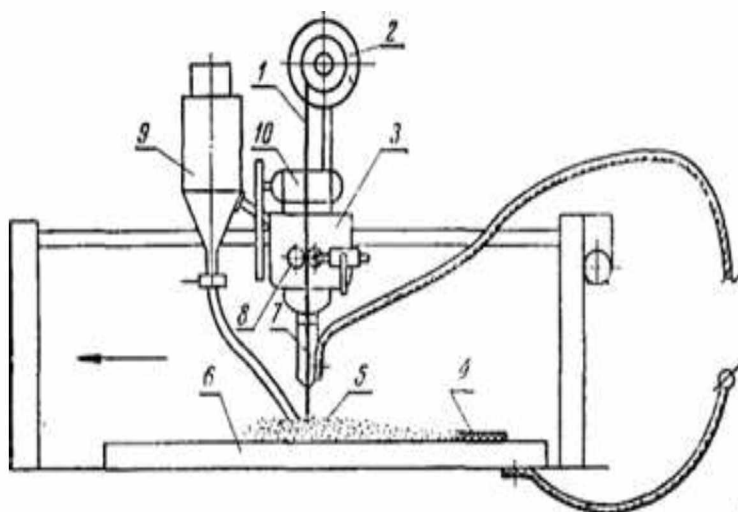
При відновленні наплавлення дозволяє отримувати на поверхні деталей покриття необхідної товщини і заданого хімічного складу, високої твердості та зносостійкості. В загальному об'ємі робіт по відновленню деталей сільськогосподарської техніки у господарствах технічного сервісу способи наплавлення містять: під шаром флюсу - 32%, в середовищі вуглекислого газу - 20%, вібродуговий спосіб - 12%, наплавлення порошковим дротом - 10%, плазмове наплавлення - 1,5%, електрошлакове - 1,5% [6, 8].

Наплавлення - різновидність зварювання і є процесом нанесення шару металу на зношену поверхню деталей. На підприємствах техсервісу зварюють і наплавають більше 60% деталей машин. Значне поширення зварювання і наплавлення в ремонтному виробництві пояснюється *первагами* процесу: значною продуктивністю і чіткістю організації виконання операцій; високими механічними властивостями та технологічною доконалістю; відносною простотою технологічного устаткування.

Проте зварювання і наплавлення мають ряд недоліків: через термічний вплив змінюється структура металу, з'являються внутрішні напруження, які можуть призвести до жолоювання та тріщин. Крім того, деталі з леованих сталей, кольорових металів та чавуну важко зварюються.:

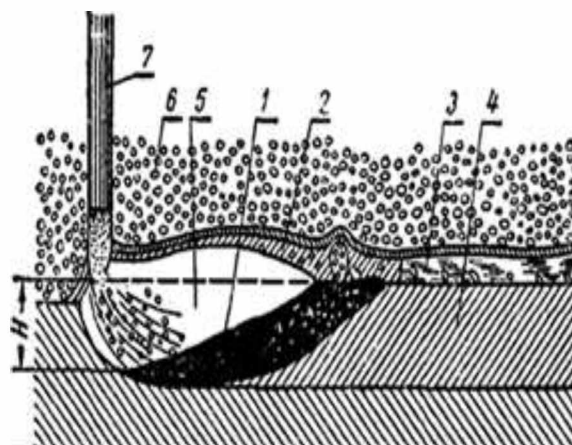
Автоматичне наплавлення під шаром флюсу

Суть технології наплавлення під шаром флюсу заключається у виникненні електричної дуги між електродним дротом та деталлю, які поєднані з джерелом живлення (рис.1.6). Вона горить між краєм електродного дроту 1 і деталлю 6. Дріт подається в зону наплавлення механізмом 5. Із бункера 9 поступає флюс в зону горіння. Частина його оплавляється і перетворюється у шлакову кірку 4 на поверхні шва. Залишок флюсу повертається в бункер. Дуга горить в газовому міхурі, утворюваному Під тиском газів в рідкому середовищі розплавленого флюсу утворюється міхур, у якому і горить дуга.[9, 10]. Завдяки чому 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 1.6 - Схема наплавлення під шаром флюсу



1 - розплавлений метал; 2 - розплавлений флюс; 3 - затверділий флюс (шлакова кірка); 4 - наплавлений шар; 5 - газовий міхур; 6 - сипкий флюс; 7 - електрод.

Рисунок 1.7 - Подовжній розріз зони наплавлення

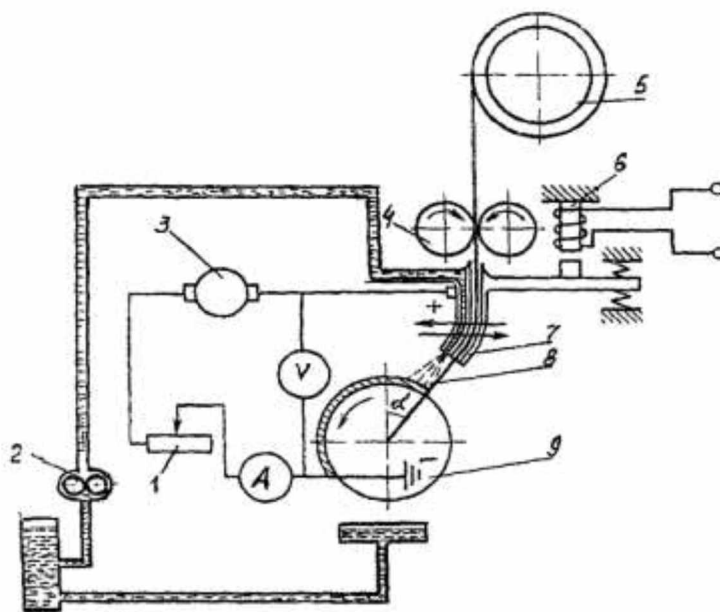
Обладнання для наплавлення під шаром флюсу має зварювальну головку, джерело живлення і токарний або спеціальний верстат. Для механізованого наплавлення застосовують автомати (головки) А-580М, А-874Н, ОКС-1252М тощо, для напівавтоматичного зварювання – шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500 [6, 8]. На ремонтних підприємствах використовують також спеціальні установки, наприклад для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс (ОКС-11200, ОКС-11235), валів та інших деталей, які мають форму тіл обертання (СН-2, УД-209) тощо.

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

Вібродугове наплавлення полягає в тому, що кінець електроду здійснює коливальні рухи у площині, перпендикулярній площині наплавлення, а

наплавлений шар охолоджується струменем рідини або на повітрі. Установка для вібродугового наплавлення (рис. 1.8) складається із головки, закріпленої на супорті токарного верстата, яка має вібратор і механізм подачі електродного дроту, джерела струму, додаткового індуктивного опору (дроселя), системи подачі охолоджувальної рідини. У процесі наплавлення вібруючий електрод періодично замикає зварювальне коло, змінюючи в ньому напругу і струм [6, 8, 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 1.8 - Схема вібродугової наплавки

Основні недоліки цих способів: невисока продуктивність і термічний вплив дуги, що викликає значну глибину проплавлення 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 600⁰C. 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).

Наплавлення порошковими дротами

Електродний матеріал низьковуглецева стрічка, згорнута у трубку. Вона заповнена порошком-шихтою. Яка складається з легуючих, газо- і шлакоутворюючих речовин, розкислювачів та інших компонентів [9, 10, 17,18].

Застосовуються два види порошкового дроту: 1 - із зовнішнім захистом - шар флюсу чи середовище CO_2 і самозахисні.

Режими наплавлення порошковими дротами – струм постійний зворотної полярності; діаметр дроту підирається залежно від товщини наплавленого шару, сила струму - залежно від швидкості наплавлення і діаметра електроду.

Обладнання приміняється аналогічне обладнанню для автоматичного наплавлення під шаром флюсу.

1.3.2 Відновлення деталей електролітичними покриттями

Покриття електролітичним способом - хромування, залізнення, нікелювання та інші застосовують з метою відновлення із зміцненням поверхні деталей, їх захисту від корозії [5,8, 9].

Аноди виготовлені з того матеріалу, що наноситься на деталь. В якості електроліту - розчин у дистильованій воді солей осаджуваного металу. З метою стабілізації процесу, підвищення якості покриттів в електроліт додають кислоти та інші домішки.

Технологічний процес нанесення електролітичних покриттів складається з трьох етапів: 1- підготовчі операції, 2- нанесення покриттів, 3 - заключні операції.

Схема електролітичного покриття у проточному електроліті, тобто струминного покриття показано на рис. 1.9. Електроліт з основної ванни 4 насосом подається через анодну насадку на шийку вала 6, який обертається, а шийка частково занурена в місцеву ванночку 3, заповнену електролітом, і знову потрапляє в основну ванну 4.

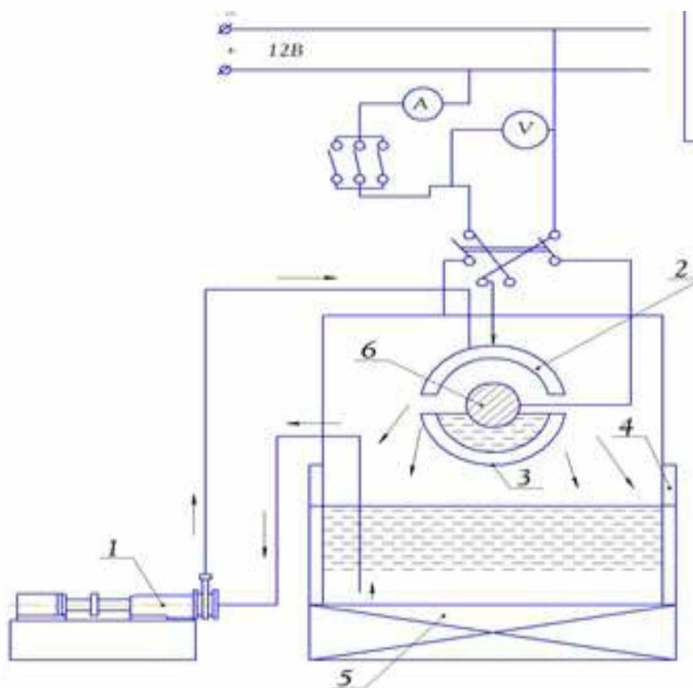


Рисунок 1.9 - Схема установки для електролітичного покриття шийок валу
Заключні операції: миття деталей, термічна і чистова механічна обробка.

1.3.3 Газотермічне напилення

Газотермічне напилення - процес нанесення покриття на поверхні деталей при допомозі високотемпературного швидкісного струменя, що містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, який осаджується на поверхні при зіткненні з поверхнею [7, 10].

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

Газотермічне напилення при відновленні деталей має ряд суттєвих переваг:

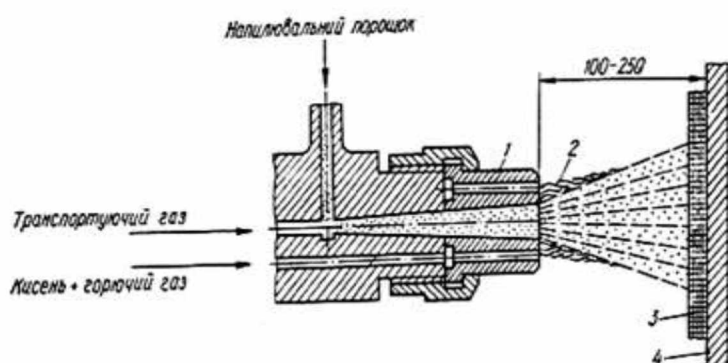
- одержання покриттів заданих властивостей, зокрема, створення зміцненого поверхневого шару, який має високу стійкість до зношування;
- незначне нагрівання деталі (не вище 200°C), що дозволяє зберігати структуру і властивості основного матеріалу;
- нанесення покриттів із малою товщиною (від сотих частин міліметрів до кількох міліметрів) при досить високій продуктивності;
- напилення для захисту поверхонь 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

Порошковидний присадний метал подається в зону полум'я за допомогою транспортуючого газу (рис. 1.10). 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, 24].



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

Рисунок 1.10 – 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 [24].

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.

Електродугове напилення (електродугова металізація)

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 [6, 9, 17].

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 (рис. 1.11)

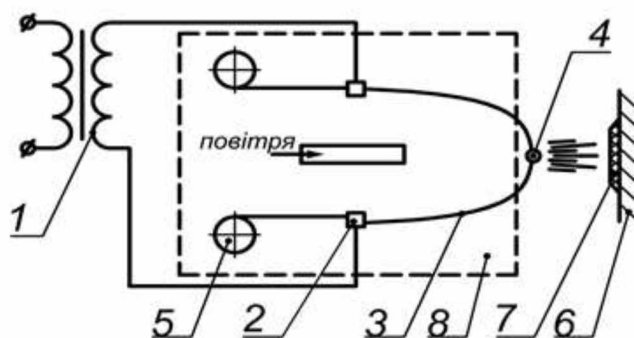


Рисунок 1.11 – Схема електродугового металізатора [17].

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.

Лазерне наплавлення

Лазерна технологія застосовується в ремонтному виробництві для зварювання та наплавлення. Лазерний промінь є джерелом тепла [8, 9, 20].

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

На рис. 1.12 - схема установки для лазерного зварювання і наплавлення.

Рубіновий стержень (генератор) 9 опромінюються імпульсною лампою 8, оживлена 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).

Найбільш якісне покриття отримують з використанням самоформуєчих порошоків марки СНГН. Твердість наплавленого шару досягає HRC 60..63, міцність зчеплення з основним металом – 250 МПа [20].

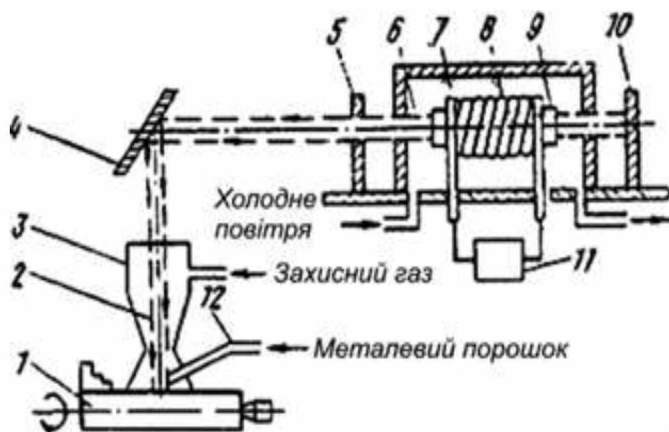


Рисунок 1.12 – Схема установки для лазерного наплавлення [9].

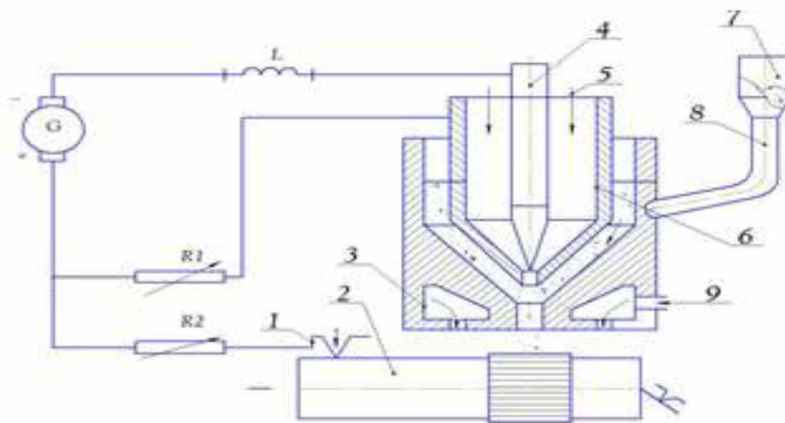
Лазерне наплавлення має ряд переваг: висока мобільність променя, який можна направляти на важкодоступні ділянки виробу; незначне нагрівання виробу, що практично виключає утворення зони термічного впливу.

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

Плазмово-дугове наплавлення

Плазма – іонізуючий газ, нагрітий до високої температури, має властивість електропровідності. Плазмовий струмінь одержують у спеціальних пристроях - плазмотрона, або плазмових пальниках. Плазмовий струмінь утворюється пропусканням газу через дуговий розряд, що утворюється у вузькому каналі плазмового пальника. Пальник охолоджується водою. Проходячи через канал, стовп дуги стискається, ступінь іонізації дугового проміжку збільшується, а температура підвищується до 15 – 18 тис. градусів [11,18,20].

Схема нанесення покриття методом вдування порошку в плазмовий струмінь зображена на рисунку 1.13.



1 - провід; 2 - деталь; 3 - зовнішнє сопло; 4 - вольфрамовий катод;
 5 - плазموутворюючий газ; 6 - внутрішнє сопло (анод); 7- живильник;
 8 - транспортуючий газ; 9 - захистний газ; G - джерело живлення струмом;
 Рисунок 1.13 – Схема нанесення покриття плазмово-дуговим методом [20]

Присадним матеріалом для нанесення покриття є дріт або гранульований металевий порошок. Плазموутворюючі гази – аргон, азот, гелій, водень. Для захисту наплавленого шару від дії зовнішнього середовища застосовують аргон, азот, гелій та їх суміші, а також вуглекислий газ. Обладнання, для плазмового наплавлення: джерело живлення - зварювальний перетворювач типу ПСО 500 або випрямляч ППН-160/600, плазмовий пальник (плазмотрон), механізми переміщення пальника і подачі електродного дроту або порошку, системи охолодження [29].

Плазмово-дугове наплавлення використовується для відновлення деталей зносом 0,1-1,5 мм, а також для нанесення на їх поверхню стійких 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.

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

1. Складна конструкція валів, значна кількість концентраторів напружень, 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 внаслідок термічної дії існує можливість виникнення внутрішніх залишкових напружень, які здатні викликати незворотну деформацію відновлених деталей; та інших негативних явищ. Це приводить до того, що властивості основного металу деталі після відновлення можуть бути нижче, а відновлений шар може мати низьку зносостійкість.

Тому необхідно обрати спосіб відновлення, який забезпечував би високий рівень якості відновлення, дозволяв забезпечити високу надійність, меншу вартість та вищу продуктивність. Також бути ефективним для застосування на підприємствах технічного сервісу з метою підвищення експлуатаційної надійності сільськогосподарської техніки.

1.4 Обґрунтування теми магістерської роботи

Сьогодні в Україні у аграрному виробництві працює багато різноманітної «старої» і новітньої техніки як вітчизняного так і зарубіжного виробництва. Зокрема, трактор Farmer 10286, який призначений для виконання різних робіт із

навісними, напівнавісними та причепними машинами та знаряддями, а також для транспортування ванажів.

Актуальність теми. Значна кількість деталей техніки через спрацювання, втому матеріалу, механічні пошкодження та корозію втрачають свою роботоздатність. Більшість з них мають залишковий ресурс і потребують відновлення. Відновлення деталей є одним з основних джерел підвищення економічної ефективності будь-якого виробництва. Використання високотехнологічних методів наближує відновлені деталі за рівнем їх довговічності до нових і підвищує ресурс машин.

Отже, підвищити післяремонтний ресурс відновлених деталей і вдосконалити базу сервісних підприємств можливо тільки шляхом застосування високопродуктивних способів та розробкою або вдосконаленням технологій відновлення, розробці раціональних технологічних режимів

Значить, дослідження по визначенню оптимальних способів відновлення конкретних деталей та розробці раціональних технологічних режимів з метою підвищення післяремонтного ресурсу деталей, ресурсозбереження та зменшення затрат праці є однією з **актуальних задач**.

Мета та задачі дослідження. Мета - дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів та вибір сучасного оптимального способу відновлення, а також розробка раціональних технологічних режимів процесу.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- провести аналіз характерних зносів валів трансмісії та способів їх відновлення;
- визначити оптимальний спосіб відновлення;
- дослідити параметри і розробити оптимальні режими відновлення;
- 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 та відновлені поверхні деталей (валів) трансмісії, а також методи і способи їх відновлення.

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

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

Теоретична значущість – визначення оптимального способу відновлення валів коробок передач та інших деталей трансмісії, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин.

Практична значущість - підтвердження можливості використання даного методу 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. Визначено оптимальний спосіб відновлення валів вузлів трансмісії трактора.
2. Розроблені оптимальні режими відновлення, підібрані технологічне обладнання та порошкові дроти.
3. Досліджені фізико-механічні властивості матеріалу після обробки.
4. Обґрунтована ефективність обраного способу
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 72 сторінки машинописного тексту, 14 таблиць, 32 рисунка, 37 найменування використаних джерел та додатки.

Результати були опубліковані:

1. Іванкова О. В., Кисіль Ю. Ю., Головецький А. М., Романенко А. О. Визначення оптимального способу відновлення зношених колінчастих валів . Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет конференції «Новітні технології в агроінженерії: проблеми та перспективи впровадження. 02-03 червня 2022. Полтава: ПДАУ, 2022. С. 54-58.

2 МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Послідовність проведення досліджень

Для проведення конкретного наукового дослідження потрібно застосовувати методи досліджень, які давали б глибоку і всебічну характеристику досліджуваного явища.

1. Аналіз літературних джерел
2. Вибір та обґрунтування оптимального способу відновлення
3. Вивчення характеру зносів поверхонь валів, та визначення можливості їх відновлення обраним способом.
4. Вибір технологічного обладнання та обґрунтування електродів.
5. Підбір та розрахунок основних параметрів режиму.
6. Дослідження механічних властивостей відновлених поверхонь: твердості, мікротвердості, мікроструктури.
7. Визначення довговічності відновлених валів шляхом стендових випробувань.
10. Розробка рекомендацій по впровадженню режимів відновлення валів та техніко-економічна її оцінка.

Для вивчення характеристик якості зміцненої поверхні, фізико-механічних властивостей, мікроструктури матеріалу, аналізу геометрії поверхні використовувались стандартні методики [26, 27, 28, 29]. Результати експериментальних досліджень оброблялись за допомогою методик, які враховують загальні закономірності положення теорії ймовірності та математичної статистики [25].

2.2 Методика визначення оптимального способу відновлення

Зараз є три основні методи вибору способу відновлення деталей. Вони відрізняються рівне оцінювання технічних і економічних показників [4, 15].

Перший метод - визначення повної собівартості ремонту деталі різними методами і порівняння їх результатів. Порівнюються комплексні величини частки технологічних витрат і ресурсу деталей - нової та відновленої. За базовий обирають показник беруть цю частку для нової деталі.

Третій метод використовує комплексний показник - функцію трьох критеріїв: частоти застосування, довговічності й техніко-економічного.

Недоліки першого методу: не враховує технічний стан і післяремонтний наробіток відновленої деталі. Результати розрахунків неможливо порівняти з іншими. Другий і третій методи використовують способи, що при низькій собівартості відновлення забезпечують незначний ресурс у порівнянні з нормативним наробітком машини.

Критерії оцінки процесу відновлення деталей безупинно уточнюються [13, 15].

Е.Л. Воловик увів умову, згідно з яким сума приведених витрат при відновленні конструктивно-технологічних параметрів зношених деталей до рівня нових повинна бути мінімальною.

Найбільш поширена методика оцінки способу відновлення - послідовне використання трьох критеріїв – технологічного, технічного, техніко-економічного.

Технологічний критерій забезпечує принципову можливість застосування різних способів відновлення до конкретної деталі.

Характеристики технологічного критерію способів відновлення - коефіцієнти: стійкість до зношування (K_c); витривалість (K_v), зчеплення (K_z), довговічність (K_d). Тобто, технологічний критерій визначає: стійкість до зношування; витривалість; міцність зчеплення нарощеного металу з металом деталі; довговічність.

Техніко-економічний критерій зв'язує економічний показник ремонту деталі з її довговічністю.

Для цього по кожному із залишених після оцінки по технологічному критерію способів усунення дефекту необхідно оцінити відношення C_B/K_D , де C_B – питома вартість відновлення; K_D – коефіцієнт довговічності деталі.

Пропонуємо використати метод Парето[13, 14].

Так як абсолютні значення критеріїв можуть відрізнятися між собою на порядок і більше необхідно виконати нормування критеріїв. Для цього необхідно знайти суму значень коефіцієнтів: довговічності і питомої вартості [13]. Нормовані значення, отримуємо шляхом відношення коефіцієнту до цієї суми.

2.3 Експериментальне обладнання і матеріали

З метою вибору технологічного обладнання для здійснення експериментів проводимо аналіз технологічних характеристик устаткування, яке випускає промисловість.

Для механізованого наплавлення під шаром флюсу, у середовищі захисних газів, вібродугового застосовують головки типу А-580, ОКС-1031Б, ОКС-1252М, які встановлюють на токарних верстатах або спеціальних установках, а також експериментальні наплавочні установки, та установки серійного виробництва, розроблені в ІЕЗ ім. Є.О.Патона. Характеристики і призначення обладнання для механізованого наплавлення деталей машин [8, 17] наведені у таблиці Б.2 додатків.

2.4 Методика проведення лабораторних досліджень

2.4.1 Зразки для лабораторних досліджень

Для досліджень відновлення валів коробок зміни передач тракторів способом наплавлення порошковими дротами були вибрані первинні вали тракторів Farmer 10286, а також тракторів ЮМЗ-6.

З метою отримання результатів параметрів і характеристик матеріалу при напавленні експерименти проводилися на зразках – моделях та на натуральних зношених деталях. Зразки виготовлювалися зі сталі 40Х [29]

Усі зразки для експериментів виготовлювалися на одному і тому ж обладнанні з однаковими режимами. На зразках і деталях робилися мітки (щоб

вимірювання проводилися в одних і тих самих перерізах). Вирізали зразки тонкими відрізними абразивними кругами з сильним охолодженням.

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 наплавленням, перехідною зоною і основним матеріалом. Загальну кількість відібраних зразків визначали з розрахунку 3 проби на кожний вид наплавлення. Приготування шліфів здійснювали за методиками, які висвітлені в літературі [26]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин азотної кислоти в етиловому спирті.

2.4.2 Методика визначення зносу 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 [28]

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).

а)

б)

Рисунок 2.1 – а) розбирання коробки передач; б) вимірювання розмірів валу

2.4.3 Дослідження мікроструктури та властивостей

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 [26].

Дослідження мікроструктури проводили на поперечних шліфах, оброблених механічним шліфуванням та наступним поліруванням за стандартною методикою [29]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин кислоти в етиловому спирті.

Твердість по методу Роквелла вимірювали на твердомірі ТК-2 (ГОСТ 3882-74) вдавлюванням алмазного конуса при навантаженні 600 Н (шкала А) [27, 26].

Для визначення твердості окремих фаз та структурних складових твердості в середині окремих зерен, тонкого поверхневого шару застосовуємо метод визначення мікротвердості на приладі ПМТ-3 (ГОСТ 9450-76) (рис. 2.4).



а

б

Рисунок 2.4 – Визначення твердості зразків за методом Роквелла а); б). вимірювання мікротвердості

2.4.4 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 [26].

Метод випробувань відповідав групі А. Суть: визначення співвідношення інтенсивності зносу поверхні деталей, відновлених електроіскровим нарощуванням і незміцнених. Випробування проводяться при ідентичних умовах. 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
в

а – зовнішній вигляд машини тертя МІ-1М; б – аналітичні ваги ВЛА-200М,
в - зразки (ролики) для випробування на зносостійкість

Рисунок 2.5– Обладнання для порівняльних випробувань на знос

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.

2.4.5 Математична обробка експериментальних даних

Результати експериментальних даних мікротвердості нових та зміцнених деталей, оброблялись згідно методики [25,26]. 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.

Висновки

1. На основі проведеного нами аналізу, ми визначили, що використаємо найбільш поширену методику оцінки способів відновлення деталей за допомогою послідовного використання трьох критеріїв – технологічного, технічного, техніко-економічного.

2. Підібрана методика досліджень, яка включає проведення експериментів за оцінкою структури, властивостей нарощеного шару з урахуванням матеріалу і параметрів процесу наплавлення. Запропонована послідовність проведення досліджень для вирішення поставлених завдань і досягнення мети.

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

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Визначення оптимального способу ремонту валів КЗШ

Основними критеріями роботоздатності валів є їх зносостійкість та довговічність.

Дослідженнями підвищення надійності з'єднань займалися науковці: В.М. Кряжкова, Г.І. Костровского, В.Г. Глухарева, Д.Н. Решетова, Г.І. Скундіна та інших.

Результати пошуків В.М. Кряжкова та А.У Клімова [8, 9, 12], представлені у таблиці 3.1 підтверджують недостатній рівень ефективності загальноприйнятих способів відновлення наплавленням.

Таблиця 3.1- Рівень ефективності різних способів відновлення валів наплавленням [10]

Спосіб наплавлення	Коефіцієнт довговічності	Критерій економічності
Під шаром флюсу АН-348А дротом Нп-30ХГСА	0,90	3,32
У середовищі вуглекислого газу дротом Нп-30ХГСА	0,82	3,32
У середовищі водяної пари дротом Нп-30ХГСА d 1,6мм	0,70	3,87
У потоці повітря дротом НП 70 d 1,6мм	0,72	3,72

Керуючись даними технічної літератури, нами були підібрані середні значення технологічних критеріїв деяких процесів відновлення, які найчастіше використовуються [13, 14, 15] і зведені у таблиці 3.2.

У таблиці 3.2 зведені основні технологічні коефіцієнти питома вартість відновлення та показник техніко-економічної ефективності.

Таблиця 3.2 – Характеристика методів відновлення зношених поверхонь по техніко-економічному показнику

Спосіб відновлення	Значення коефіцієнта та оцінка способу відновлення				
	Коефіцієнт				Мікротвердість, кг/мм ²
	стійкість до зношування Кс	витривалість Кв	зчеплення Кз	довговічність Кд	
1. Наплавлення під флюсом	0,95	0,85	1,00	0,81	550
2. Газополумневе напилення	1,15	0,85	0,25	0,25	352
3. Наплавлення порошковим дротом	1,00	0,90	0,85	0,8	580
4. Хромування	1,15	1,00	0,45	0,45	1000
5. Електро-дугова металізація	1,05	0,8	0,7	0,7	450
6. Наплавлення у середовищі захисних газів	0,85	0,95	1,00	0,85	295
7. Вібродугове наплавлення	0,85	0,62	1,00	0,62	362

У таблиці 3.3 зведені основні технологічні коефіцієнти питома вартість відновлення та коефіцієнт техніко-економічної ефективності.

Таблиця 3.3 – Характеристика способів відновлення деталей за техніко-економічним критерієм

Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію	Значення коефіцієнта способу відновлення					Питома вартість відновлення Св, грн/м ²	Коефіцієнт техніко-економічної ефективності, Св/Кд
	Коефіцієнт				Мікротвердість, кг/мм ²		
	стійкість до зношування Кс	витривалість Кв	зчеплення Кз	довговічність Кд			
1. Наплавлення під флюсом	0,95	0,85	1	0,81	550	47	58
2. Наплавлення порошковим дротом	1	0,8	0,85	0,8	555	32	40
3. Хромування	1,15	1	0,45	0,45	1000	132	293
4. Електродугова металізація	0,95	0,8	0,75	0,8	560	31	38,75
5. Наплавлення у середовищі захисних газів	0,85	0,95	1	0,85	595	43	50,6
Сума	4,85	4,4	3,8	3,71	2960	285	

Підраховані також суми значень коефіцієнтів, мікротвердості і питомої вартості. Нормовані значення є часткою коефіцієнту до суми. Також знайшли найліпші величини параметрів (ідеал); площі кожного методу ремонту, та площу ідеалу, а також визначили узагальнений показник (критерій) відстані до цілі. Дані подали у таблицях 3.4 та 3.5

Таблиця 3.4 – Характеристика методів відновлення спрацьованих поверхонь по техніко-економічному критерію

Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію	Оцінка способу відновлення					Питома вартість відновлення Св, грн/м ²
	Коефіцієнт				Мікротвердість, кг/мм ²	
	стійкість до зношування Кс	витривалість Кв	зчеплення Кз	довговічність Кд		
1. Наплавлення під флюсом	0,19	0,19	0,25	0,22	0,19	0,17
2 Наплавлення порошковим дротом	0,2	0,18	0,21	0,22	0,19	0,11
3. Хромування	0,23	0,23	0,11	0,12	0,35	0,47
4. Електро-дугова металізація	0,21	0,18	0,18	0,19	0,16	0,11
5. Наплавлення у середовищі захисних газів	0,17	0,22	0,25	0,24	0,1	0,15
Ідеал	0,23	0,23	0,25	0,24	0,35	0,1

Таблиця 3.5 – Характеристика способів відновлення деталей

Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію	Оцінка способу усунення дефекту					Питома вартість відновлення Св, грн/м ²	П	ц
	Коефіцієнт				Мікротвердість, кг/мм ²			
	стійкість до зношування Кс	витривалість Кв	зчеплення Кз	довговічність Кд				
1. Наплавлення під флюсом	0,19	0,19	0,25	0,22	0,19	0,17	0	6,2
2 Наплавлення порошковим дротом	0,20	0,18	0,21	0,22	0,19	0,11	0	4,3
3. Хромування	0,23	0,23	0,11	0,12	0,35	0,47	0	12
4. Електро-дугова металізація	0,21	0,18	0,18	0,19	0,16	0,11	0	4,7
5. Наплавлення у середовищі захисних газів	0,17	0,22	0,25	0,24	0,1	0,15	0	8,2
Ідеал	0,23	0,23	0,25	0,24	0,35	0,1	0	1

За даними таблиці 3.5 був збудований багатокритеріальний графік (рис.3.1).

Показники з таблиці 3.2 (K_c , K_v , K_z , K_d , H_V , C_v) ми відкладали вздовж радіальних шкал. Кожну шкалу розмістили так, щоб поліпшення критерію направлялось до центру - т. О. Поєднуючи точки на шкалах для j -го варіанту, ми збудували багатокутник. По найкращих величина критеріїв побудували ідеал.

Підраховували площі для всіх методів відновлення по кожному (і площу ідеалу також).

Узагальнений показник відстані до мети μ визначили часткою j -го способу до площі ідеалу [13]:

$$\mu_j = P_j / P_0, \quad \mu \geq 1, \quad (3.1)$$

де P_j і P_0 – площі багатокутників j -го та ідеального варіантів.

Кращим виявилось наплавлення порошковим дротом, так як він має мінімальні значення μ . Стійкість до спрацювання $K_c=1$; витривалість $K_v=0,8$; показник зчеплювання $K_z=0,85$; довговічність $K_d=0,8$.

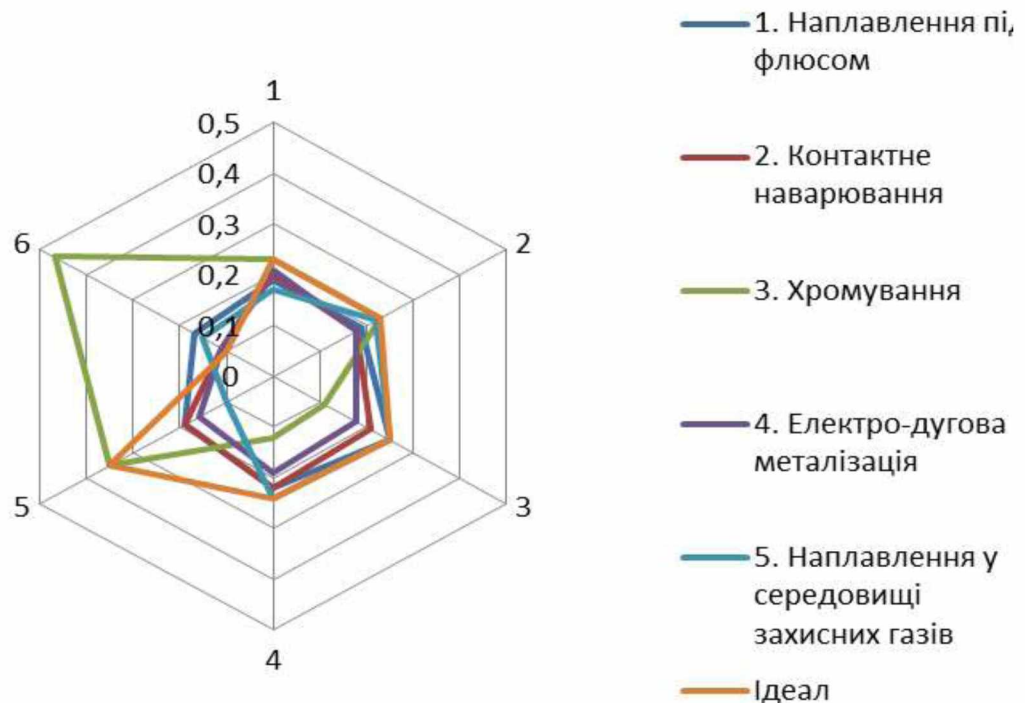


Рисунок 3.1 - Багатокритеріальний графік для вибору оптимального способу ремонту валів КЗШ тракторів

Практика показує, що найкращу роботоздатність мають деталі типу «шліцьові вали», технологія відновлення яких заснована на техніці наплавлення

порошковим дротом по гвинтовій лінії. Отже, вважаємо, що одним з можливих і економічно доцільним способом відновлення зношених циліндричних поверхонь валів при ремонті коробок передач є автоматичне наплавлення порошковими самозахисними дротами.

Визначення величини зносу робочих поверхонь валів

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

Вали після очищення та мийки від забруднень і слідів моторного масла оглядали візуально, і відповідно до ГОСТ 14846-98 проводили мікрометричні вимірювання (рис. 3.2).

Рисунок 3.2 - Вимірювання розмірів первинного валу.

Наявність дефектів циліндричних поверхонь контролюється мікрометром (ціна поділки 0,01мм), згин деталі і биття фланців - індикатором (0,01мм) на штативі, знос конічних, фасонних та різьбових поверхонь шаблонами та калібрами. Контроль зносу шліцьових поверхонь проводять мікрометром (0,01мм) та штангенциркулем (0,05мм або 0,1мм).

Встановлено, 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 змінанням і зриванням витків. Отже, аналіз основних умов експлуатації, навантажень і вимог, які висувуються до матеріалу валів коробок зміни швидкостей тракторів, показує, що їх ресурс лімітується зносом циліндричних поверхонь під підшипник.

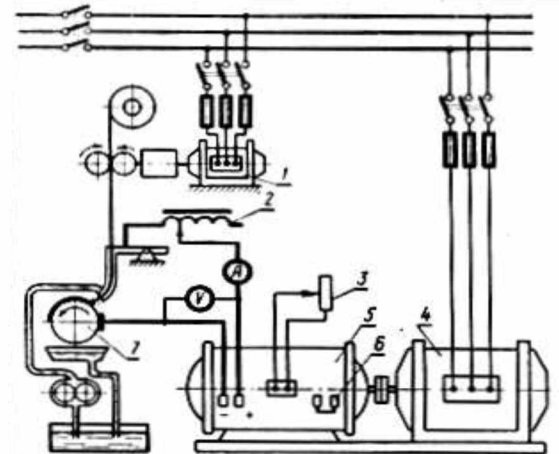
3.2 Технологічне обладнання і матеріали

Проаналізувавши технологічні можливості, із розглянутого переліку установок і обладнання для наплавлення, за умовами технологічності вибираємо головку ОКС-6569 – для зварювання і наплавлення порошковим і суцільним електродом відкритою дугою. Головка ОКС-6569 призначена для вібродугового

наплавлення деталей типу вал діаметром 25-520мм і довжиною до 1000 мм. Будова головки ОК-6569 показана на рисунку 2.2

В якості наплавочного матеріалу обираємо наплавочний порошковий дріт ПП-АН122 [17], який може використовуватися для наплавлення як під шаром флюсу так і відкритою дугою. А так як ми плануємо наплавлення відкритою дугою то оптимальним варіантом є використання наплавлювальної головки ОКС-6569.

На супорті токарного верстата закріплюють наплавлювальну головку ОКС-6569. Для живлення дуги використовують джерела постійного струму з жорсткою зовнішньою характеристикою. Принципова електрична схема установки наплавлення показана на рисунку 3.3б.

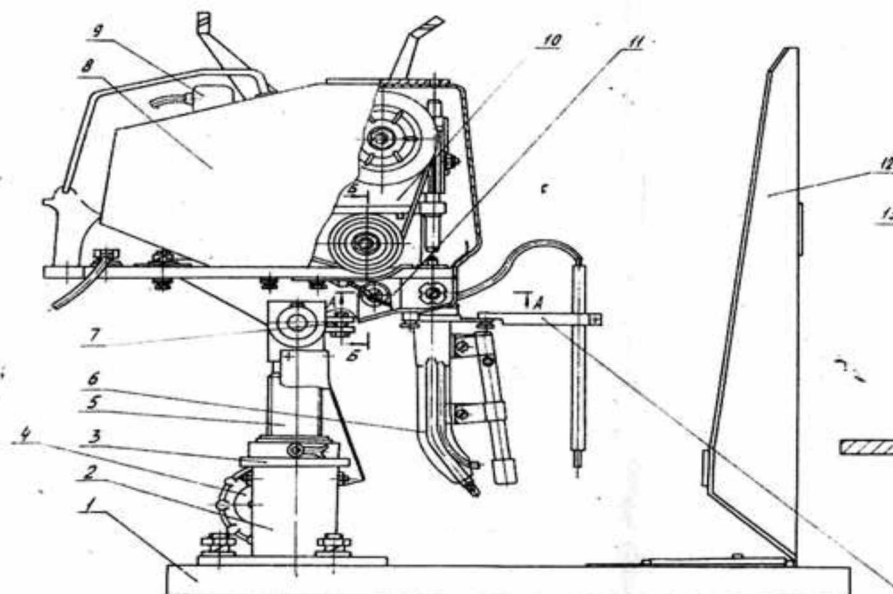


а

б

1 - електродвигун вібродугової головки; 2 - індуктивна котушка (дросель),
3 - шунтовий реостат генератора; 4 - електродвигун приводу генератора;
5 - генератор; 6 - перемичка послідовного з'єднання обмоток; 7 - деталь.

Рисунок 3.3: а). зовнішній вигляд установки вібродугового наплавлення; б). принципова електрична схема установки для вібродугового наплавлення



1- плита; 2 – затискач; 3 – тріскачка; 4 – вентиль; 5 – колонка; 6 – мундштук; 7 – болт М210; 8 – кожух; 9 – електродвигун; 10 – редуктор; 11 – вібратор; 12 – кожух захисний.

Рисунок 3.4 – Будова головки ОКС – 6569М

3.3 Обґрунтування вибору порошкового дроту для наплавки

Порошковий дріт – високоефективний електродний матеріал для автоматичного і напівавтоматичного наплавлення широкого асортименту деталей. Продуктивність процесу наплавлення оцінюється масою металу, що наплавляється, яка пропорційна швидкості подачі електродного дроту і з урахуванням втрат може визначатися по формулі [5]:

$$\sigma_H = 0.36d^2 \cdot V_{np} \cdot \psi, \text{ кг/год.}, \quad (3.1)$$

де σ_H - продуктивність наплавлення металу, кг/год.;

d - діаметр електродного дроту, мм;

V_{np} - швидкість подачі дроту, м/хв.;

ψ - коефіцієнт втрат % ($\psi=10\dots15$ %).

В порівнянні з дротами суцільного перерізу порошкові дроти забезпечують вищу продуктивність наплавлення (рис. 3.4), великі можливості для легування наплавленого металу, і, як наслідок, підвищену стійкість його до різних видів

зношування.

Беручи до уваги параметри режимів, визначаємо продуктивність наплавлення порошковим дротом ПП-АН122. Підставляючи у формулу (3.1) розраховані раніше параметри режиму, отримуємо:

$$\sigma_{H_{\max}} = 0,36d^2 \cdot V_{np} \cdot \psi = 0,36 \cdot 2^2 \cdot 100 \cdot 0,10 = 14,4 \text{ кг/год.}$$

$$\sigma_{H_{\min}} = 0,36d^2 \cdot V_{np} \cdot \psi = 0,36 \cdot 2^2 \cdot 50 \cdot 0,10 = 7,2 \text{ кг/год.}$$

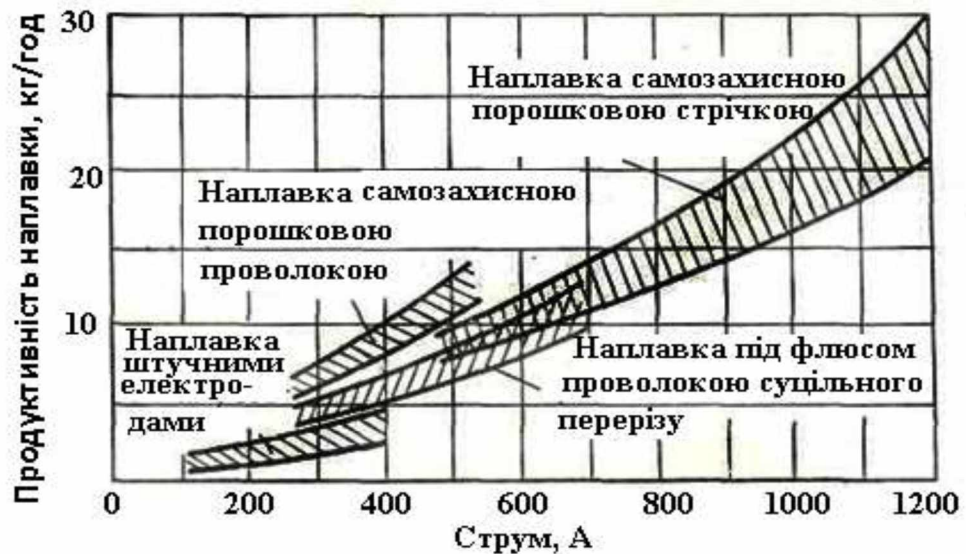


Рисунок 3.5 – Продуктивність дугового наплавлення [8].

Отже, виходячи з проведених розрахунків, ми підтверджуємо вибір для наплавлення порошкового дроту ПП-АН122 (Компанія ТОВ Максвелд, (Київ)), так як продуктивність наплавлення на обраних нами режимах буде досить високою.

Характеристика порошкового дроту ПП-АН122 представлена у таблиці Б2 додатків [17]. Дріт діаметром 2,0 мм такої марки використовується для механізованого наплавлення валів двигунів. Отриманий наплавлений метал однорідний по хімічному складу та твердості, тріщини та інші дефекти відсутні.

Рисунок 3.6 - Котушка порошкового дроту

Отримання в наплавленому металі структури мартенситу, що забезпечує при цьому легування його хромом, ванадієм, вольфрамом та молібденом. Наявність невеликої кількості молібдену знижує, крім цього, відпускну крихкість наплавленого металу. При вмісті в сталі до 0,6 вуглецю та 5% хрому кількість остаточного аустеніту зростає у 4 рази і складає приблизно 15%.

Таким чином, якість металу, наплавленого самозахисним порошковим дротом, залежить від повноти використання захисних і легуваних компонентів сердечника. Вона визначається особливостями плавлення самозахисного порошкового дроту та теплофізичними якостями порошкоподібних матеріалів сердечника [17]. Серцевина самозахисних порошкових дротів, для яких не потрібне додаткове захисне середовище у вигляді флюсу або газу. Крім легуючих компонентів вводять газо- і шлакоутворюючі речовини. Розкислювачі і речовини, які можуть зв'язувати азот у міцні нітриди.

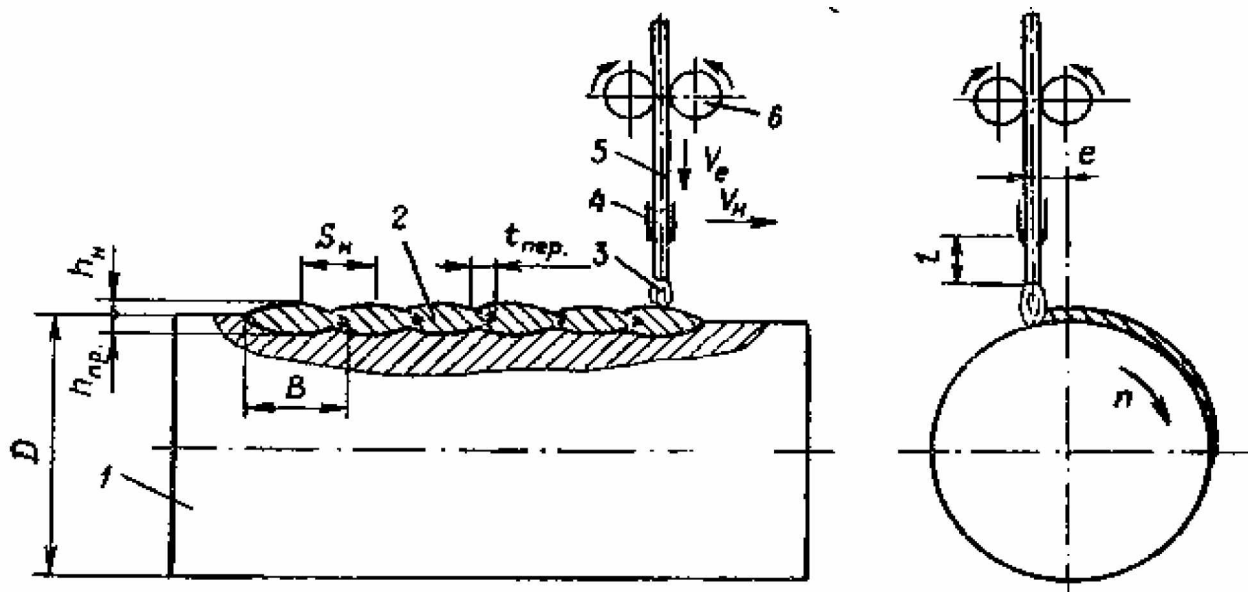
3.4 Дослідження основних параметрів режиму наплавлення

Режим наплавлення характеризується величиною струму, швидкістю наплавлення, швидкістю подачі електродного дроту, кроком наплавлення, витратою рідини, що охолоджує.

Вибір параметрів режимів механізованого наплавлення залежить від його виду, величини зношеного шару, матеріалу і діаметра деталі, вимог до фізико-механічних властивостей наплавленого металу.

Вихідними параметрами є діаметри деталі та електроду [22].

Напругу дуги при наплавленні доцільно регулювати в межах 25 - 27 В. При нижчій напрузі зменшується продуктивність праці, а при підвищенні напруги більше 27 В збільшується інтенсивність вигорання легуючих елементів. Сила струму має бути в межах 120 - 360.



1 – деталь; 2 – наплавлений шар; 3 – дуга; 4 – мундштук;
 5 – електродний дріт; 6 – механізм подачі;
 e – зміщення електроду із zenіту; l – виліт електроду.

Рисунок 3.7 – Схема до розрахунку технологічних режимів наплавлення [6].

Швидкість наплавлення залежно від необхідної товщини наплавленого шару визначають за формулою:

$$V = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{еп}} \cdot \eta}{hS}, \quad (3.2)$$

де V - швидкість наплавлення, м/год.; $V = (0,4 \dots 0,8) V_{\text{еп}}$;

d - діаметр електродного дроту, мм;

$V_{\text{еп}}$ - швидкість подачі електродного дроту, м/год.;

$\eta = 0,85 \dots 0,9$ - коефіцієнт переходу металу електроду в наплавлений метал;

h - товщина шару наплавлення, мм;

S - крок наплавлення, мм/об.

Оптимальні значення швидкості наплавлення, які забезпечують гарне формування наплавленого шару, знаходяться в межах 19 - 22 м/год. [8].

Виконаємо підрахунки швидкості наплавлення залежно від діаметру електродного дроту, швидкості подачі електродного дроту, товщини шару наплавлення, кроку наплавлення:

$$V_{\text{max}} = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{еп}} \cdot \eta}{hS} = \frac{0,785 \cdot 2^2 \cdot 22 \cdot 0,85}{1,0 \cdot 2,6} = 22,58 \text{ м/год.}$$

$$V_{\min} = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{др}} \cdot \eta}{hS} = \frac{0,785 \cdot 2^2 \cdot 19 \cdot 0,85}{1.0 \cdot 2,6} = 19.5 \text{ м/год.}$$

Отже, розрахункові значення швидкості наплавлення при зазначених параметрах знаходяться у межах, які, згідно з літературними джерелами, вважаються оптимальними значення швидкості наплавлення та забезпечують гарне формування наплавленого шару.

Швидкість подачі дроту може змінюватися в межах 50-110м/год. [9]. Низька швидкість приводить до утворення пропусків на наплавленій поверхні; при дуже високій швидкості не весь дріт розплавляється.

Частота обертання деталі в хвилину визначається по формулі:

$$n = \frac{1000V}{60D}, \quad (3.3)$$

де n - частота обертання деталі, хв^{-1} ;

V - швидкість наплавлення, м/год.;

D - діаметр деталі, що наплавляється, мм.

Розрахуємо діапазон частоти обертання деталі:

$$n_{\min} = \frac{1000V}{60D} = \frac{1000 \cdot 19}{60 \cdot 55} = 5,8 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\max} = \frac{1000V}{60D} = \frac{1000 \cdot 22}{60 \cdot 55} = 6,7 \text{ хв}^{-1}$$

Крок наплавлення залежить від діаметру електроду, напруги дуги і швидкості подачі дроту. Практика показує, що крок наплавлення має бути в 1,3 разу більше діаметру електродного дроту. При малому кроці наплавлення зона горіння дуги знаходиться між раніше наплавленим валиком і електродом. При цьому розплавлений метал, потрапляючи на недостатньо розігрітий основний метал, не сплавається з ним, утворюючи ділянки несплавлення. Крім того, при малому кроці твердість наплавленого шару нижче, оскільки теплова дія на наплавлений валик більше. Шар до 1 мм наплавляють зазвичай при швидкості подачі деталі 1,2...2,0 м/хв., а товсті шари (до 2,5 мм) - при 1,7...3,0 м/хв. [9].

Схема наплавлення шліцьової частини валу показана на рисунку 3.8

Рисунок 3.8 – Схема наплавки шліцьової частини валу

Наплавлений метал - щільний, з невеликими одиночними порами, твердість досягається рівний HRC 50 - 54. Після проточування наплавленої ділянки шліці фрезерують по місцях їх старих розташувань. Шліцьові частини вала піддають загартовуванню з нагрівом до 850 °С і охолодженням в мастилі. Відпускання шліцьового кінця вала проводять при температурі 200-250 °С з охолодженням на повітрі. При цьому твердість шліцьової частини складає 370-430НВ.

3.5 Дослідження термічного впливу дуги на деталь

Вібродугове наплавлення відрізняється невеликим тепловим впливом дуги на деталь і великими швидкостями охолодження. Внаслідок цього зона термічного впливу (ЗТВ) невелика і при подачі рідини деталь нагрівається незначно. Ефективну теплову потужність дуги визначають за формулою [8]:

$$q = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60}, \text{ кал/хв.}, \quad (3.4)$$

де $\eta = 0,45-0,46$ - ефективний к. к. д. нагріву металу дугою;

$U_d = 25-27$ - середня напруга дуги, В;

$I = 120-360$ - сила струму зварювального кола [18], А.

З формули видно, що зі збільшенням напруги і сили струму зварювального кола тепловий вплив дуги на деталь збільшується.

$$q_{\min} = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60} = \frac{0,24 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot 120}{60} = 5,4 \text{ кал/хв.}$$

$$q_{\max} = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60} = \frac{0,24 \cdot 0,45 \cdot 27 \cdot 360}{60} = 17,5 \text{ кал/хв.}$$

Тепловий вплив дуги на метал залежить також від швидкості наплавлення, тобто від величини погонної енергії Р.

Величина погонної енергії зварювальної дуги характеризує тепловий режим (кількість тепла, що вводиться в метал на одиницю довжини шва) [21, 23] і зв'язує в єдиний показник параметри наплавлення (струм, напруга, швидкість наплавлення), що впливають на виділення і розподіл тепла зварювальної дуги:

$$W = 0,24I_{св} \cdot \frac{U_d \cdot \eta}{V} \text{ кДж/м}, \quad (3.5)$$

де W - погонна енергія зварювальної дуги;

$I_{св}$ - зварювальний струм, А;

U_d - напруга дуги, В;

V - швидкість наплавлення м/хв.;

$\eta=0,80\dots0,95$ - ефективний коефіцієнт корисної дії нагріву металу дугою;

0,24 - коефіцієнт перекладу електричних одиниць в теплові, кДж/м.

$$W_{\max} = 0,24I_{св} \cdot \frac{U_d \cdot \eta}{V} = 0,24 \cdot 360 \cdot \frac{27 \cdot 0,95}{22} = 100,7 \text{ кДж/м}$$

$$W_{\min} = 0,24I_{св} \cdot \frac{U_d \cdot \eta}{V} = 0,24 \cdot 120 \cdot \frac{25 \cdot 0,95}{19} = 36 \text{ кДж/м}$$

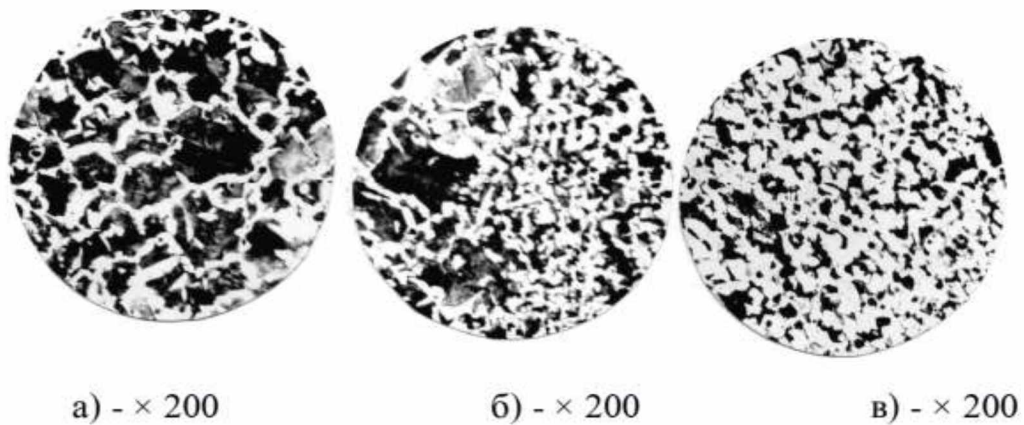
Залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення показана на рисунку 3.9

Рисунок 3.9 - Залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення

Отже, однакові значення погонної енергії дуги, а отже, і фізико-механічні характеристики відновлених деталей можна отримати в широкому діапазоні зміни одного з параметрів при відповідній зміні двох інших.

3.6. Дослідження мікроструктури та фазового складу покриття

Мікроструктура основного металу, перехідної зони та наплавленого шару наплавленого шару [29] показані на рисунку 3.8.



а) - мікроструктура основного металу;

б) - мікроструктура перехідної зони

в) - мікроструктура наплавленого металу

Рисунок 3.10 – Мікроструктури зразка, наплавленого порошковим дротом ПП-АН122

Отже, структура наплавленого шару отримується більш дисперсною, ніж структура основного металу, що визначається умовами охолодження і матеріалом електрода, гартівні структури у металі не утворюються

Таким чином, вибираючи матеріал електрода, змінюючи умови наплавлення, швидкість і середовище охолодження [28], ми отримали певну структуру наплавленого матеріалу, а значить і властивості наплавленого шару

3.7. Дослідження механічних та триботехнічних властивостей покриття

3.7.1 Дослідження твердості та мікротвердості відновлених зразків

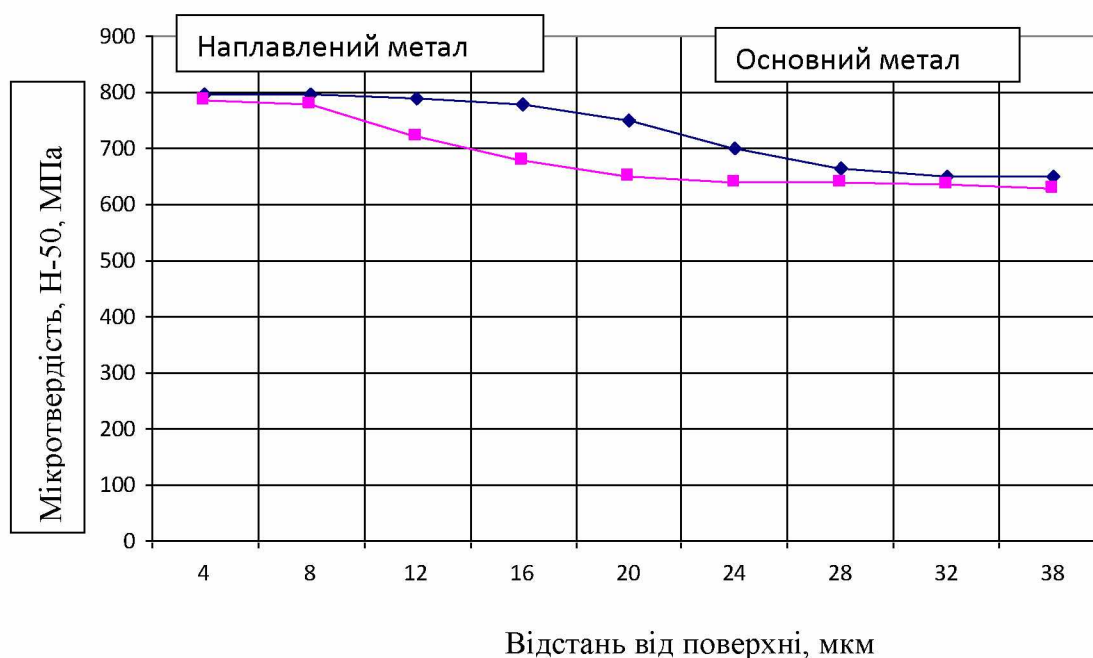
Вимірювання твердості здійснювали на приладі ТК-2 при навантаженні на індентор 1470Н (150кг). Заміри мікротвердості зроблені на приладі ПМТ-3 при навантаженні на індентор 0,49Н (50г) [26, 28]. Твердість показано у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Твердість наплавлених зразків

	Матеріал, наплавлений за варіантами				Основний матеріал	
	Дріт 1,8 Нп-50		Дріт ПП-АН122			
	До гартування	Після гартування	До гартування	Після гартування	До гартування	Після гартування
Значення твердості	24,5-28,5	49,5-54,5	29-34	54-56,5	22-24	50-52
Середнє значення	26,5	52	31,5	55,25	23	51

Проаналізувавши результати вимірювань, встановили, що твердість наплавленого шару після гартування струмами високої частоти практично однакова і порівнюється з твердістю основного матеріалу. Деталь відновлена наплавленням порошковим дротом має більш високу твердість у порівнянні з іншими варіантами, що викликано впливом флюсу.

Мікротвердість виміряли в перерізі, поперечному напрямку наплавлення. Вимірювання у відповідності до ГОСТ 6996-87 проводили по двох суцільних лініях. На рис. 3.11 приведено графік зміни мікротвердості по відстані від поверхні досліджуваного зразка.



1.- Дріт ПП-АН122; 2.- Дріт 1,8 Нп-50

Рисунок 3.11 - Зміна мікротвердості по глибині наплавленого шару за двома варіантами для зразків в нормалізованому стані

Аналіз кривих зміни мікротвердості показує, що при наближенні до кордону «наплавлений шар» - «основний метал» зменшується, це свідчить про неоднорідний розподіл легуючих елементів, а саме їх дифузії наплавленого в основний матеріал. Незначна зміна мікротвердості в залежності від варіанту наплавлення можна пояснити різною швидкістю охолодження і тепловіддачі в процесі наплавлення.

3.7.2 Порівняльні випробування зносостійкості зразків

Випробування на зносостійкість проводили на машині тертя МІ-1М в лабораторії кафедри агроінженерії та автомобільного транспорту інженерно-технологічного факультету ПДАУ по схемі «ролик-колодка», згідно ГОСТ 23224-86. Як ролик використовували зразки (рис. 2.6) наплавлені дротом: 1,8Нп-50 та зразки, наплавлені порошковим самозахисним дротом ПП-АН122. Умови випробувань були наступними: частота обертання ролика - 5 с^{-1} ; швидкість ковзання (V_K) - 0,8 м/с; діаметр ролика - 0,05 м; ширина - 0,12 м; площа контакту колодки і ролика - $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; спосіб змащування - зануренням; змащувальний матеріал - автомобільне масло АС-8 (ГОСТ 10541-78); тривалість випробувань кожного зразка – 8 год. Випробування проводили в трикратній повторності [26, 28].

Оцінку зносостійкості проводили по середній для випробуваних зразків (три зразки в кожній серії) інтенсивності зношування. Сумарна інтенсивність зношування спряження в цілому (J_Σ) визначалася як сума інтенсивності зношування вкладиша (J_K) і ролика (J_P). Методика визначення цих величин приведена в ГОСТ 23.224-86.

Результати випробувань приведені в таблиці 3.7. На рисунках 3.8 і 3.9 приводимо побудовані по результатах експериментів криві зміни інтенсивності зношування ролика та коефіцієнта тертя.

Таблиця 3.7 - Результати випробувань зразків на знос

Пара тертя	Інтенсивність зношування $\text{мм/м} \cdot 10^{-4}$			Коефіцієнт тертя в умовах сталого режиму
	J_P	J_K	J_Σ	
Ролик сталь 45 (з термообробкою) – колодка	0,24	0,26	0,50	0,045
Ролик, наплавлений дротом: 1,8Нп-50 - колодка	0,29	0,13	0,42	0,035
Ролик, наплавлений дротом ПП-АН122- колодка	0,23	0,14	0,37	0,028

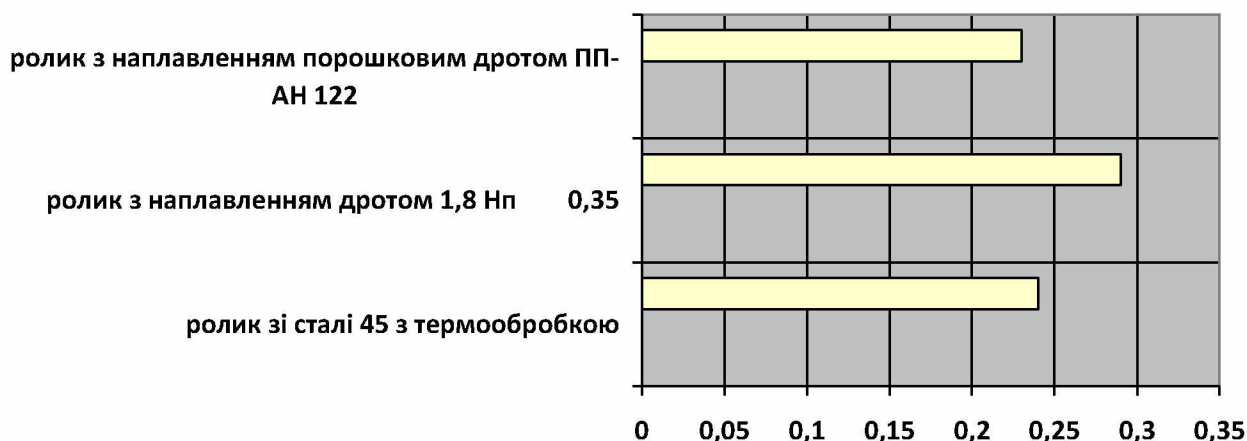


Рисунок 3.12 – Залежність інтенсивності зношування від способу відновлення зразків

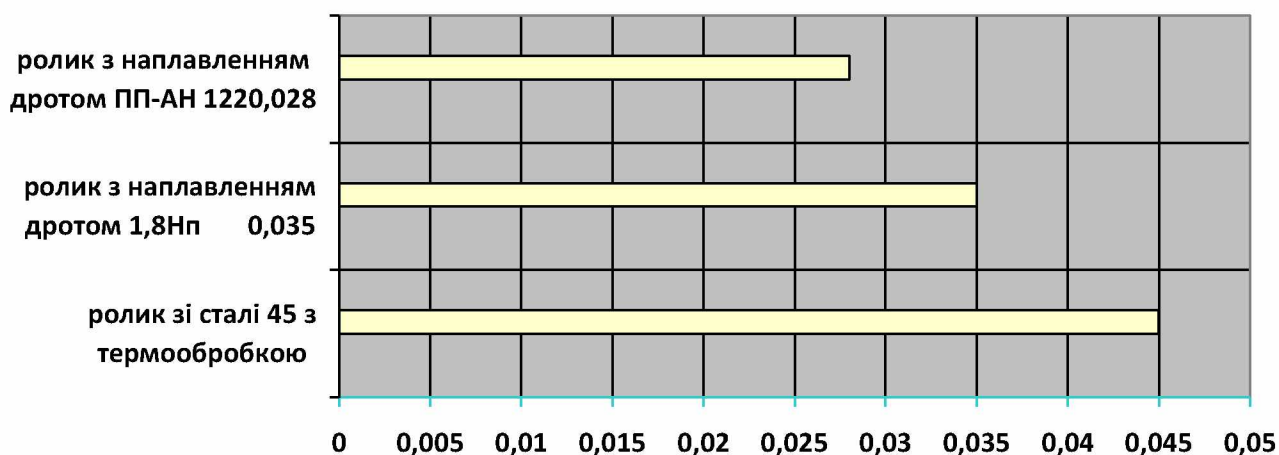


Рисунок 3.13 – Залежність коефіцієнта тертя від способу відновлення зразків

Бачимо, що наплавлення порошковим дротом ПП-АН 122 має істотний вплив на зносостійкість наплавленого ролика. Аналіз показує, що інтенсивність зносу пари: ролик напилений дротом: ПП-АН 122 – колodka нижча, ніж пари, наплавленої дротом 1,8Нп-50 та пари з роликом, не наплавленим. Зменшення її здійснено шляхом легування.

Фіксуємо зниження інтенсивності зношування ролика, J_P і колodka J_K , а разом з ними інтенсивності зношування спряження в цілому J_Σ . При цьому зносостійкість відновленої поверхні в 1,2 рази перевищує зносостійкість стандартної пари.

Висновки

1. Керуючись літературними джерелами, нами були підібрані середні значення технологічних критеріїв процесів відновлення, які найчастіше використовуються, питому вартість та визначили коефіцієнт техніко-економічної ефективності. Розробили багатокритеріальний графік. По оптимальних значеннях показників зобразили ідеал. Ліпшим методом визначено наплавлення порошковим дротом, тому що цей спосіб відновлення має найменші значення узагальненого показника (критерія) відстані до мети μ . Стійкість до спрацювання $K_c=1$; витривалість $K_v=0,8$; зчеплюваність $K_z=0,85$; довговічність $K_d=0,8$.

2. Підібрано технологічне обладнання

3. Провели дослідження основних параметрів режиму наплавлення. Отримані нами розрахункові значення швидкості наплавлення при вибраних параметрах знаходяться у межах, які, згідно з літературними джерелами, вважаються оптимальними значення швидкості наплавлення та забезпечують гарне формування наплавленого шару.

3. Виходячи з проведених розрахунків, ми підтверджуємо вибір порошкового самозахисного дроту ПП-АН122, так як продуктивність наплавлення на обраних нами режимах буде досить високою – близько 14 кг/год.

4. Провівши дослідження термічного впливу дуги на деталь, отримали графічну залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення, прийшли до висновку, що однакові значення погонної енергії дуги, а отже, і фізико-механічні характеристики відновлених деталей можна отримати в широкому діапазоні зміни одного з параметрів при відповідній зміні двох інших

5. Аналіз мікроструктури, яку отримали при використанні порошкових електродів ПП-АН122 показав, що гартівні структури у металі не утворюються, а структура наплавленого шару отримується більш дисперсною

6. Мікротвердість наплавленого шару дротом ПП-АН122 (650...800МПа) вища ніж шару наплавленого дротом 1,8Нп-50 (572...780МПа).

7. Порівняльні випробування зносостійкості зразків показують, що інтенсивність зносу пари: ролик напилений дротом: ПП-АН 122 – колодка нижча,

ніж пари, наплавленої дротом 1,8Нп-50 та пари з роликом, не наплавленим, отже наплавлення порошковим дротом має істотний вплив на зносостійкість наплавленого ролика.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Оптимальне застосування ресурсів природи і охорона оточуючого середовища на сучасному етапі розвитку промисловості і аграрного виробництва потребує значної уваги. Одним з найважливіших завдань сьогодення є охорона навколишнього середовища [30, 31].

Відповідно до Закону України «Про охорону оточуючого природного середовища» (26 стаття 6 розділу) 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 підтримання оточуючого середовища в належному стані.

Ціллю проведення екологічної експертизи є: попередження шкідливого впливу антропогенної діяльності людини на загальний стан оточуючого середовища і здоров'я людей; оцінка екологічного стану на певних об'єктах і територіях, а також ступеню екологічної безпеки виробничої діяльності.

Головними завданнями екологічної експертизи є [32]:

- 1) оцінювання впливу роботи об'єктів екологічної експертизи на стан оточуючого середовища, здоров'я людей і якість ресурсів;
- 2) вивчення ступеню екологічного ризику і безпеки запланованої чи вже здійснюваної діяльності;
- 3) організація системної, науково-обґрунтованої оцінки об'єктів експертизи екологічної;
- 4) визначення відповідності об'єктів експертизи до вимог законодавства по екології, будівельних та санітарних правил та норм.
- 5) підготовка об'єктивних, всебічно обґрунтованих висновків;
- 6) оцінка обґрунтованості й повноти, ефективності та достатності заходів по охороні навколишнього середовища та здоров'я людей.

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 [30].

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи «Дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів» вивчаємо головні екологічні проблеми зварювально – наплавлювального процесу, а саме виконання плазмового наплавлення. Наслідками технологічного процесу наплавлення вершковими дротами є [31]:

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

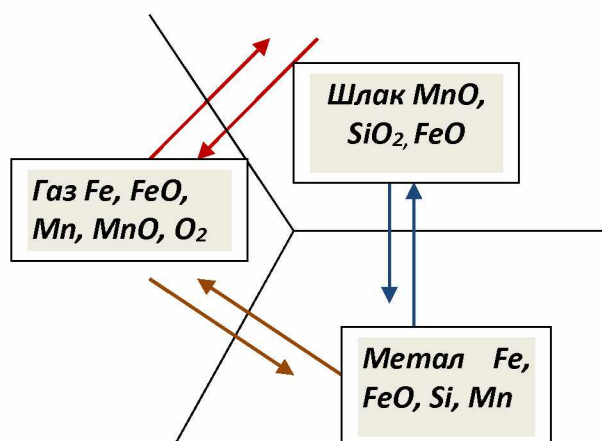


Рисунок 4.1 - Схема взаємодії «метал - шлак – газ» при виконанні робіт по плазмовому наплавленні тугоплавкими порошками.

У таблиці 4.1 приведено допустимий вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони під час виконання наплавлення порошковим дротом.

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
Оксид заліза	4,0

Пил, що містить кремній	1.0
З'єднання марганцю	0.3

Для того, щоб уберегтися від шкідливих променів потрібно застосовувати 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 покращенню 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 механізованого наплавлення порошковими дротами, скорочення обсягу робіт усіх видів зварювальних та наплавлюваних робіт в замкнутих просторах, облаштування робочих місць місцевою і загально обмінною вентиляцією. Профілактичні заходи повинні передбачати [32] 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 ділянці.

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 [33, 34, 35].

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.

Основні положення з охорони праці в нашій країні встановлені і регламентуються основним законом - Конституцією України, Кодексом законів про працю, Законом України «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими документами: указами Президента, постановами уряду, правилами, нормами, інструкціями, стандартами та іншими документами.

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 «Дослідження методів підвищення довговічності деталей трансмісії тракторів» проводимо аналіз можливості впровадження розробок з точки зору забезпечення усіх вимог з охорони праці.

Технологічний процес відновлення валів коробки передач трактора АМІ моделі 10286 (Farmer) з використанням наплавлювальної головки ОКС-6569.

Впровадження плануємо в цеху ТОВ «Автомоторна компанія», яка є спеціалізованим підприємством з повним комплексом технологічного обладнання для якісного ремонту двигунів та інших деталей автотракторної техніки.

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 механізованого електродугового наплавлення дозволяється виконувати у спеціально обладнаних кабінках, які обладнані припливно–втяжною 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. Сертифікація 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. Проведення для зварювальників спеціального навчання з охорони праці.
6. Застосування новітніх ілюстративних технологій для проведення інструктажу та навчання працівників.
7. Виховання у працівників культури поведіння 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 трансформатора на території підприємства.
3. Обладнання додатковими джерелами освітлення всієї робочої ділянки.

Санітарно – гігієнічні заходи

1. Забезпечення засобами індивідуального захисту.
2. Удосконалення обладнання кімнати відпочинку персоналу.
3. Встановлення додаткових кондиціонерів у приміщеннях.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування розробок

Розрахунок собівартості відновлення

Для оцінки економічної доцільності впровадження розробленої нами технології відновлення валів методом вібродугового наплавлення порошковими дротами визначемо собівартість відновлення деталі [36].

Під собівартістю розуміємо грошовий вираз затрат праці, а також витрат матеріальних засобів, віднесених на одиницю відновлення деталі. Собівартість складається з прямих і накладних (непрямих) витрат. Прямі витрати: основна і додаткова заробітна плата робітників, відрахування на соціальне страхування та вартість матеріалів та запасних частин [36,37].

Визначаємо кількість матеріалів для виконання механізованого електродугового наплавлення порошковим дротом первинного валу та витрати на ремонт одного валу (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Витрати матеріалів при відновленні первинного валу коробки передач трактора

Необхідні ресурси (матеріали)	Діагностика КПП		Відновлення проміжного валу		Проточка поверхні		Фрезерування шліців		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	Необ-хідна к/к	Ціна, грн
Електроенергія, кВт	2,5	4,75	23,0	43,7	8,5	16.15	15,5	29,45	1,75	3,325
Порошковий дріт ПП-АН 122, кг	-	-	2	86.4			-	-	-	-
Токарний прохідний різець упорний вигнутий ВК8					1	168				
Фреза	-	-	-	-			1	175	-	-
Дизельне паливо, мастило, л	1	53	-	-			-		-	-
Разом		57,75		216.5		184.5		204,45		3,325

З таблиці видно, що витрати на матеріали склали: на діагностику коробки передач – 57,75 грн., на відновлення первинного валу – 216.5 грн., проточування – 184.5 грн.; фезерування відновлених поверхонь – 204,45грн., перевірка виконаних робіт - 3,35 грн.

Розраховуємо кількість спожитої енергії [36]:

$$N = k \cdot N_{\text{в}} = 0,55 \cdot 80 = 44 \text{ кВт/год.}, \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання;

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

Витрати на електроенергію:

$$1,89 \cdot 44 = 83,16 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}} \quad (4.2)$$

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

$$B_{\text{е.д.}} = 83,16 \cdot 6 = 498,86 \text{ грн.}$$

Витрати за рік становитимуть:

$$B_{\text{е.р.}} = 498,86 \cdot 253 = 126236,44 \text{ грн.}$$

Визначаємо потребу у персоналі для зварювально-наплавлювальної дільниці на 2023 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, %
Фрезерувальник	1	8500	102000	23.85
Токар	1	8500	102000	23.85
Наплавлювальник	1	10500	126000	29.5
Контролер-діагност	1	8130	97560	22.81
Разом	3	35630	427560	100,0

Тривалість діагностування приймаємо 0,5 год., наплавлення порошковим дротом – 0,75 год., проточування – 0.10 год., фрезерування – 0,4 год. Заробітна плата: $28.9+53.36+5.8+ 23 = 111,06$ 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 порошковий дріт – 86,4 грн.

Вартість матеріалів на одиницю наданих послуг приводимо в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок собівартості відновлення валу

Найменування статті витрат	Відновлення первинного валу
Оплата праці, грн.	111,06
Електроенергія, грн.	193,7
Вартість матеріалів, ресурсів	482,4
Разом	787,7

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 $C_p = 787,7$ грн. – собівартість відновлення одного валу при розробленому процесі;

$C_{\text{нов}} = 1707$ грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

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

$787,7/0,9 = 875,2$ грн., а саме: 875,2 грн. < 1707 грн.

Отже, собівартість відновлення проміжного валу КПП трактора становить 787,7 грн., а вартість аналогічного нового валу становить 1707 грн. Із співвідношення видно, відновлення наплавленням порошковим дротом 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-наплавлюваної дільниці;
- заходи з охорони праці;
- техніко-економічне обґрунтування впровадження розробок у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ми провели ґрунтовний аналіз методів відновлення валів коробок передач тракторів Farmer 10286, ЮМЗ-6Л, МТЗ-82 та інших, на основі чого прийшли до висновку, що в умовах, які склалися а даний момент у сфері технічного сервісу, необхідно всебічно підходити до вибору раціонального способу відновлення зношених деталей трансмісії.

2. Застосувавши багатокритеріальний метод, ми визначили спосіб відновлення зношених поверхонь. Це автоматичне наплавлення порошковими

самозахисними дротами, яке можливо приміняти і для відновлення аналогічних валів новітніх тракторів вітчизняного виробництва, зокрема, Farmer 10286

3. Аналіз умов експлуатації, навантажень і вимог до надійності шліцьових валів КПП, показує, що їх ресурс обмежується зносом опорних шийок під підшипник, а також зносами шліцьових з'єднань.

4. Проведений аналіз технологічного обладнання і обґрунтовано вибір обладнання та матеріалів - наплавлювальної головки ОКС-6569 та самозахисного дроту ПП АН 122.

5. Провели дослідження основних параметрів режиму наплавлення. Отримані нами розрахункові значення швидкості наплавлення при вибраних параметрах знаходяться у межах, які, згідно з літературними джерелами, вважаються оптимальними значення швидкості наплавлення та забезпечують гарне формування наплавленого шару.

6. Провівши дослідження термічного впливу дуги на деталь, отримали графічну залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення, прийшли до висновку, що однакові значення погонної енергії дуги, а отже, і фізико-механічні характеристики відновлених деталей можна отримати в широкому діапазоні зміни одного з параметрів при відповідній зміні двох інших

7. Аналіз мікроструктури, яку отримали при використанні порошкових електродів ПП-АН122 показав, що гартівні структури у металі не утворюються, а структура наплавленого шару є дисперсною.

8. Мікротвердість наплавленого шару дротом ПП-АН122 (550МПа) вища ніж шару наплавленого дротом 1,8Нп-50 (520МПа).

9. Порівняльні випробування зносостійкості зразків показують, що інтенсивність зносу пари: ролик напилений дротом: ПП-АН 122 – колодка нижча, ніж пари, наплавленої дротом 1,8Нп-50 та пари з роликом, не наплавленим, отже наплавлення порошковим дротом має істотний вплив на зносостійкість наплавленого ролика.

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 підбраного 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.