

**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 технологічних процесів ремонту з розробкою  
технології відновлення шліцьових валів»**

Виконав: здобувачка вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Технології і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва  
спеціальності 208 Агроінженерія  
ступеня вищої освіти «магістр»\_групи \_\_  
Горщорук Вікторія  
Керівник: Іванкова Олена

Рецензент: \_\_\_\_\_

**Полтава – 2022 року**

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення шліцьових валів»: 68 с., 34 рис., 13 табл., додатки, 30 джерел.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні шліцьових валів трансмісії сучасних колісних тракторів, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – зноси та дефекти шліцьових валів коробок передач тракторів Farmer 10286, мінінавантажувачів TDC 1201, які можуть бути відновлені з метою підвищення довговічності.

Мета роботи: розробкою сучасні технології відновлення шліцьових валів трансмісії тракторів.

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

Результати проведених досліджень: проведений аналіз характерних дефектів та зносів валів трансмісії тракторів та способів їх відновлення; обґрунтовано вибір технологічного обладнання та матеріалу, підібрані та розраховані параметри режимів, які стали основою техногії відновлення; проведена екологічна експертиза та запропоновані заходи з охорони праці; зроблено техніко-економічне обґрунтування використання дано технології відновлення.

Визначена собівартість відновлення вісі валу Farmer 10286 при відновленні обраним способом 1082,25грн., що нижче ціни нової деталі.

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

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: ШЛІЦЬОВИЙ ВАЛ, ДОСЛІДЖЕННЯ, СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ, НАПЛАВЛЕННЯ, ТВЕРДІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

## ВСТУП

В агропромисловому комплексі, в даний момент, головним завданням стоїть збільшення продуктивності, ефективності, якості та збільшення ресурсу техніки. Одним із рішень є відновлення деталей яке дозволяє отримати номінальні розміри, характеристики, ресурс, що тим самим дозволяє економити на придбанні або виготовленні нових деталей, техніки.

Своєчасний ремонт техніки дозволяє забезпечити безперервний виробничий процес який запобігає економічним втратам господарства, та країни.

Дослідження технологій відновлення, розробка і використання у виробництві сучасних методів ремонту деталей, які забезпечували б підвищення надійності агрегатів та машин, забезпечували економічність технологічного процесу відновлення є дуже актуальними і важливими завданнями.

У кваліфікаційній роботі, яка має тему «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення шліцьових валів», ми розглянули основні способи відновлення даного типу деталей. Ця тема була вибрана через її надзвичайну актуальність на даний момент.

Мета дослідження - розробка сучасної технології відновлення шліцьових валів автотракторної техніки.

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- виконати аналіз характерних дефектів та зносів шліцьових валів та способів їх відновлення;
- обрати найбільш оптимальний спосіб відновлення;
- зробити обґрунтований вибір технологічного обладнання та матеріалів для відновлення;
- дослідити режими технологічного процесу і розробити оптимальні параметри відновлення;
- виконати металографічні дослідження та проаналізувати вплив відновлених поверхонь на надійність деталей;
- обґрунтувати ефективність розробленої ехнології;

- узагальнити результати досліджень та сформулювати рекомендації по їх застосуванню у технічному сервісі.

Об'єктом дослідження є зношені та відновлені поверхні деталей (шліцьових валів), а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси шліцьових валів тракторних трансмісій, які можливо ремонтувати способами наплавлення.

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

Теоретична значущість – розробка технології відновлення шліцьових валів коробок передач та інших деталей трансмісії, а також використання результатів досліджень для відновлення інших деталей машин. Практична значущість - підтвердження можливості використання розробленої технології з використанням високотехнологічного способу відновлення на підприємствах технічного сервісу з метою підвищення надійності техніки.

# 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Шліцьові з'єднання забезпечують передачу великих обертаючих моментів та швидкостей при правильному centruванні деталей на валу. У залежності від форми профілю шліца вони можуть бути прямобічними, евольвентними і трикутними [3,4]

Завдяки простоті і високій технологічності найбільше використовуються, у машинобудуванні прямобічні шліцьові з'єднання, друге місце - евольвентні з кутом профілю  $30^\circ$  і третє місце – трикутні з'єднання. Прямобічні шліцьові з'єднання виготовляються різним centruванням: по зовнішньому діаметру; по внутрішньому діаметру; по ширині шліца [3,4]. Шліцьові зєднання застосовуються у відповідальних високонавантажених механізмах масового виробництва. До таких належать складові трансмісій тракторів.

Трансмісія (силова передача) трактора передає обертальний рух і рух від двигуна на рушії, змінюючи по величині та напрямку при допомозі блоків зубчастих коліс, шліцьових зєднань та муфт.

Переваги механічних трансмісій: надійність та довговічність конструкції, низька вартість.

До трансмісії входять такі агрегати: муфта зчеплення, коробка передач, карданна передача і проміжне з'єднання, головна передача, диференціал, кінцева передача, планетарні поворотники, роздаточна коробка, підсилювач моменту. Основними видами зєдань цих агрегатів є шліцьові зєднання.

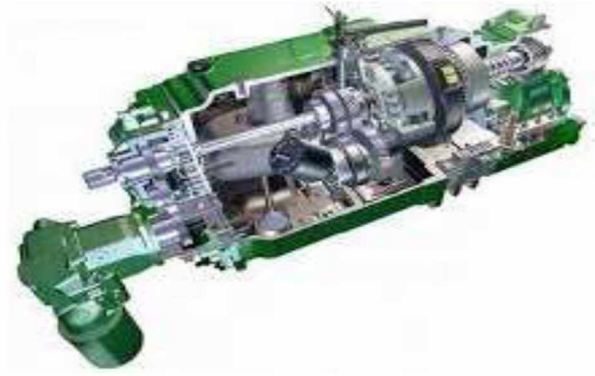


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд агрегатів трансмісії тракторів [3,4].

Ознаками неполадок агрегатів трансмісії трактора, зокрема, коробки зміни швидкостей можуть бути: [2, 5, 6]

- 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.

Через високі навантаження та складні умови роботи шліцьові з'єднання можуть виходити з ладу [3,4]; у них виикають дефекти: рис. 1.2, 1.3.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд дефектів шліців

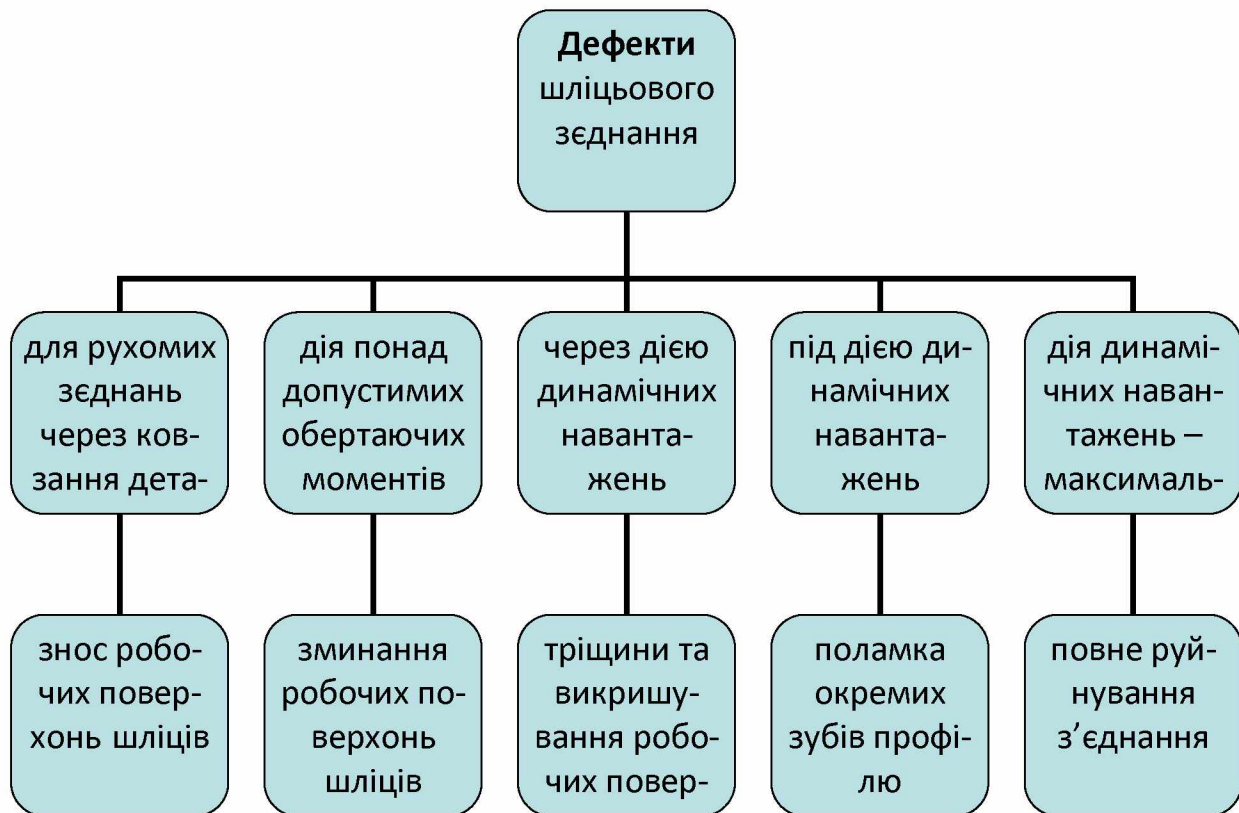


Рисунок 1.3 – Типові дефекти шліцьових з'єднань та причини їх виникнення

Приведені нами вище дефекти можуть бути відновлені наступними способами [2, 5, 6] (рис. 1.4):

У літературних джерелах [3,4] є дані про використання при ремонті шліцьових з'єднань пластмасових пружно-пластичних втулок. Шліці при цьому видаляють, але не повністю – залишають виступи. Після затискання додаткова втулка деформується і заповнює западини вала і отвору.

Існує технологія коли замість готової втулки в кільцеву порожнину між валом і втулкою заливають під тиском розплавлений полімер, метал або суміш, яка легко затвердіває [5,6] (рис. 1.4)



Рисунок 1.4 - Відновлення шліцьового з'єднання полімером.

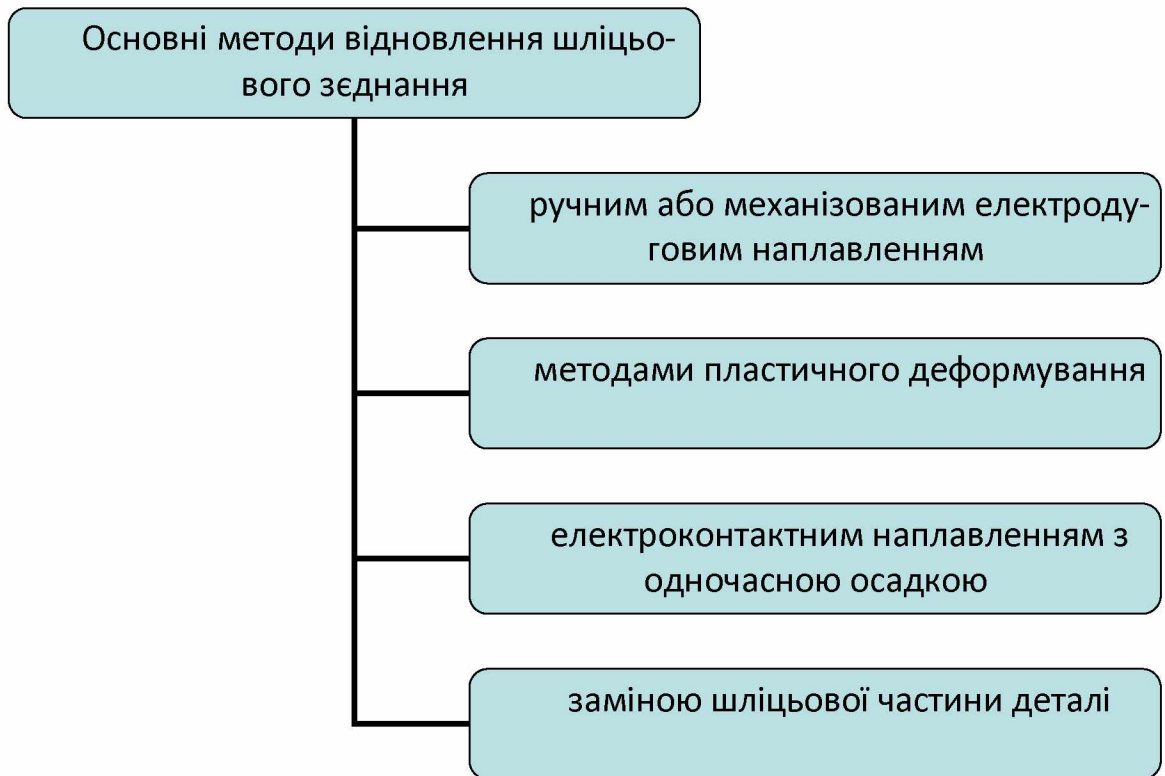


Рисунок 1.5 – Основні методи відновлення шліцьового з'єднання

### 1.1.1 Аналіз конструкції та умов роботи шліцевих валів мінінавантажувача TDC 1201

TDC 1201 - це новий повноповоротний мінінавантажувач, який використовується широко в різних галузях промисловості та аграрного виробництва. Повноповоротний міні-навантажувач TDC-1201 – мінінавантажувач вітчизняного виробника «ТДС УкрСпецтехніка», призначений для високоточної роботи – переміщення та навантаження різного роду вантажу в обмеженому просторі [7,8].

Міні-навантажувач TDC-1201, оперативно розгортаючись на місці, не вимагає додаткового простору. Переваги моделі: оптимально підібрані комплектуючі, багатофункціональність, оптимальні експлуатаційні параметри. При вантажопідйомності 1250 кг висота розвантаження щодо леза ковша становить 2,45 метра.

Він обладнаний двигуном, виготовленим за ліцензією японської компанії KUBOTA або двигуном MITSUBISHI потужністю 55 кВт. Машина працює при заявленій вантажопідйомності в оптимальному режимі завдяки модернізації гідравліки. На машинах встановлена гідравліка французької компанії POCLAIN HYDRAULICS, що має високі характеристики силового агрегату.

Вказана модель оснащена ковшем. Поліпшена ергономіка кабіни зменшеного розміру моделі навантажувача дозволяє оператору виконувати свою роботу в умовах підвищеної безпеки. Ці фактори забезпечують вітчизняній машині високу продуктивність, максимум мобільності, надійність під час роботи.

Зовнішній вигляд міні навантажувача представлений на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 - Повноповоротний мінінавантажувач TDC-1201

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

У кваліфікаційній роботі ми проаналізуємо та відберемо найбільш раціональний та економічно доцільний метод відновлення шліцьового валу мінінавантажувача TDC 1201.

#### 1.1.2 Аналіз конструкції та умов роботи шліцевих валів трактора Farmer 10286

В нашій кваліфікаційній роботі ми також розглянемо роботу деталей трансмісії, зокрема коробки передач трактора українського виробництва Farmer 10286 [3]. Трактор Farmer 10286, виготовляється підприємством «АгроМашІнвест», яке своє коріння бере від «Південмашу», призначений для виконання робіт у сільському господарстві з різними причіпними навісними та напівнавісними знаряддями. Має номінальну потужність (при 2200 хв.<sup>-1</sup>) (SAE J1995 і ISO 3046), 72,5 кВт (98,6 к.с.). Має коробку передач механічну, синхронізовану, реверсивну

Механічна коробка зміни швидкостей працює зі зчепленням трактора. Зчеплення призначене роз'єднання двигуна і трансмісії.



Рисунок 1.7 – Зовнішній вигляд коробки передач трактора Farmer 10286 [3].

Виготовляють шліцьові вали навантажувача TDC 1201 зі сталі 40X.

Основні показники міцності сталі 40X приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Показники міцності сталі 40X [25]

Марка	Показники міцності, МПа		
	Межа міцності при розтягуванні	Межа втомної міцності при вигинанні	Межа втомної міцності при крученні
Сталь 40X	740	305	170

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

Зовнішній вигляд шліцьового валу вісі мінінавантажувача приводимо на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 – Зовнішній вигляд шліцьового валу вісі міні-навантажувача TDC-1201

Контроль зносу шліцьових поверхонь проводять мікрометром (0,01мм) та штангенциркулем (0,05мм або 0,1мм).

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

1. Кінці валів з пошкодженою різьбою наплавляють віброконтактним способом наплавочним дротом 1,8Нп-50

2. Обточують наплавлений кінець до нормальних розмірів,

3. Зношені канавки і лиски фрезерують

4. Нарізають нову різьбу.

5. Незначний знос (до 0,06 мм на діаметр) посадочних поверхонь під підшипники кочення їх відновлюють за допомогою еластоміра ГЗН-150В.

6. При зносі 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 роликками.

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

10. Обточують, фрезерують шліци

11. Гартують їх за допомогою струму високої частоти.

12. Після цього відновлені поверхні валів шліфують до нормального розміру.

Сколи, тріщини та викришування на поверхнях валу не допускаються.

У ремонтному виробництві застосовуються наступні способи відновлення зносів шліцьових валів [6]:

- електродугова металізація;
- електродугове, індукційне, газопопелуменеве, лазерне і плазмове наплавлення;

- гальванічні покриття, зокрема хромування;

- напикання електроконтактне порошоків

Основні вимоги: висока стійкість до зношування; довговічність.

## **1.2 Характеристика існуючих способів і технологій відновлення характерних зносів**

Традиційно для відновлення більшості дефектів шліцьових валів, зокрема валів коробок передач розробляють поопераційну послідовність технологічного процесу і маршрути відновлення. [9,10]

Технологія усунення дефектів шліцьових валів складається з таких операцій: миття, дефектація, відновлення центрувальних отворів, правка, наплавка (посадочних місць, шліців, різі та шпоночних пазів), обточування та шліфування, гартування СВЧ з відпусканням, контроль.

Проаналізуємо переваги і недоліки способів відновлення визначених дефектів.

### **1.2.1 Відновлення деталей наплавленням**

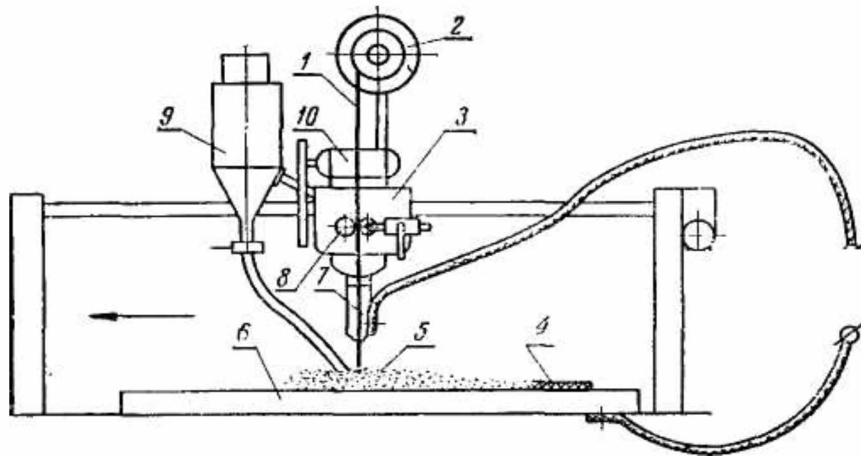
При відновленні наплавлення дозволяє отримувати на поверхнях деталей покриття заданої товщини і потрібного складу, відповідної зносостійкості та твердості.

У загальному об'ємі робіт відновлення деталей сільськогосподарської техніки на підприємствах технічного сервісу різні способи наплавки складають: під шаром флюсу - 32%, у середовищі вуглекислого газу - 20%, вібродугове - 12%, порошковим дротом - 10%, плазмове - 1,5%, електрошлакове -1,5% [6, 7,10].

#### **Автоматичне наплавлення під шаром флюсу**

Суть технології ґрунтується на тому, що між деталлю та електродним дротом, що з'єднані джерелом живлення, виникає електрична дуга (рис.1.9) Вона горить між краєм голого електродного дроту 1 і деталлю 6. Дріт направляється в зону плавлення механізмом подачі 5. Із бункера 9 в зону горіння дуги направляється флюс. Частина якого оплавляється і утворює на поверхні шва шлакову кірку 4. Неоплавлений флюс повертається в бункер. Дуга горить в газовому міхурі, утворюваному тиском газів в рідкому середовищі розплавленого флюсу [9,10]

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



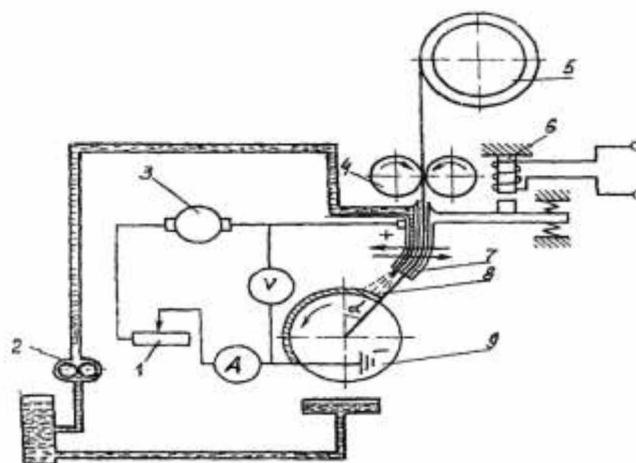
1 - електродний дріт; 2 - касета з дротом; 3 - механізм подачі; 4 - шлакова кірка;  
5 - шар флюсу; 6 - деталь; 7 - наконечник; 8 - протягуючі ролики механізму подачі;  
9 - бункер з флюсом; 10 - електродвигун.

Рисунок 1.9 - 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 різних просторових положеннях; глибокий прогрів заважає відновленню невеликих деталей, які можуть деформуватися або прогоріти.

### Вібродугове наплавлення

Установка для вібродугового наплавлення показана на рисунку 1.10.



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

Рисунок 1.10 - 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 [11,12].

Наплавка проводиться із застосуванням пальника фірми SuperJet Eutalloy. Твердість після наплавки: 220-260 HV, максимальна робоча температура близько 600<sup>0</sup>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).

Режими вібродугового наплавлення сталевих деталей наведені в таблиці 1.3[11]

Таблиця 1.3 - Режими вібродугового наплавлення

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлювального шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення м/год	Крок наплавлення, мм	Амплітуда вібрації, мм	Швидкість подачі електроду, м/год	Витрати охолоджувальної рідини, л
20,0	0,3	0,8	10,0	132,0	1,0	1,5	36,0	0,2
40,0	0,7	1,0	20,0	72,0	1,3	1,8	24,0	0,4
60,0	1,1	1,6	50,0	60,0	1,6	2,0	48,0	0,5
80,0	1,5	2,0	80,0	36,0	1,8	2,0	60,0	0,6

### 1.2.2 Вібродугове наплавлення порошковими дротами

Наплавлення порошковими дротами може здійснюватися відкритою дугою, в захисному газі, або під флюсом.

Використання порошкових дротів полегшує автоматизацію наплавлення та значно збільшує продуктивність.

Порошковий дріт являє собою трубку, згорнуту з сталевий стрічки розміром 0,2x26 мм та заповнену порошком з газоутворюючих та шлакоутворюючих компонентів. Перерізу трубки робляться при закатку складними, щоб надати жорст-

кість дроту і максимально виключити можливість зминання її між подаючими роликками при притиску для подачі.

Всі основні марки порошкових дротів розроблені в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона в Києві.

Порошковий дріт випускають для зварювання відкритою дугою (самозахисного) і для зварювання в середовищі захисного газу (CO<sub>2</sub> або суміші інертних газів), а також наплавочні - для отримання твердосплавного шару [11,23,14].

Зварювання порошковим дротом застосовують в основному для вуглецевих і низьколегованих сталей з середніми і важкими режимами роботи конструкцій.

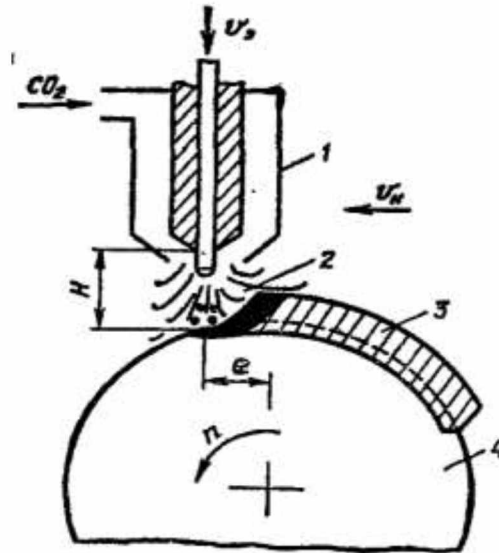
Сутність наплавлення порошковим дротом полягає в тому, що розплавлений метал захищається від впливу повітря і легується легуючими елементами, що знаходяться усередині дроту. Деталі порошковим дротом наплавляють на тих же апаратах, що і звичайною електродним дротом. Існують і спеціальні апарати А-765, А-580М та ін.

Порошковий дріт застосовується для напівавтоматичного зварювання, наплавлення з використанням стандартних подаючих механізмів, але краще - з двома парами роликів, щоб уникнути зминання (сплющування) дроту по перерізу, яке практично припиняє її подачу.

### 1.2.3 Наплавлення у середовищі захисних газів

Рідкий (розплавлений) метал потрібно захищати від дії атмосферного кисню і азоту. Захист струменем газу, який видуває повітря з зони горіння електричної дуги є доволі ефективним. Захищають такими газами: гелій, аргон - усі метали, азот – мідь та її сплави, вуглекислий газ - чавун і сталь.

Схему технологічного процесу наплавлення у середовищі захисних газів приводимо на рис.1.11 [9]



1 – паяльник; 2 – подача вуглекислого газу; 3 – наплавлений метал; 4 – деталь; H – висиліт електрода; e – зміщення електрода із зеніту

Рисунок 1.11 – Схема наплавлення у середовищі вуглекислого газу

У зону наплавлення безперервно подається електродний дріт. Струм до нього подається через наконечник всередині мундштука. Під дією електричної дуги на поверхні деталі утворюється рідка ванна, де змішуються матеріал деталі та електроду.

Режими наплавлення приводимо у табл. 1.4

Таблиця 1.4 - Режими наплавлення у середовищі вуглекислого газу

Діаметр деталі, мм	Товщина наплавлялього шару, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А	Швидкість наплавлення м/год	Крок наплавлення, мм	Зміщення електроду, мм	Виліт електроду, мм	Витрати CO <sub>2</sub> , л
10,0	0,5	0,8	70,0	40,0	2,5	2,0	7,0	60,0
20,0	0,8	1,0	85,0	40,0	2,8	3,0	8,0	60,0
30,0	1,0	1,2	90,0	35,0	3,0	5,0	10,0	60,0
40,0	1,5	1,4	110,0	30,0	3,5	6,0	10,0	80,0

Переваги технології наплавки у середовищі захисних газів:

- висока продуктивність процесу;
- відсутність шлакової кірки;
- значна щільність дуги сприяє мінімальному прогріванню, а, тому деформації деталі;

- можливість наплавлення незначної товщини (0,8 – 1,5 мм);
- низька собівартість робіт.

Наплавка у середовищі захисних газів використовується при відновленні відповідальних деталей складної форми, при багатошаровому наплавленні, при наплавленні дрібних (10 мм) деталей.

Отже, провівши огляд основних технологічних методів відновлення деталей типу «шліцьовий вал» ми можемо констатувати, що наплавлення в середовищі захисних газів наразі є найбільш доцільним та найбільш продуктивним, що показано в таблиці 1.5.[5, 11]

Таблиця 1.5 - Характеристики методів наплавлення

Спосіб	Товщина шару, мм	Продуктивність, кг/год	Міцність з'єднання, Мпа
Електродугове наплавлення під шаром флюсу	1,0...5,0	0,3...3,0	550
Електродугове наплавлення в середовищі вуглекислого газу	0,5...3,5	1,5...4,5	550
Електродугове наплавлення в середовищі аргону	0,5...2,5	0,3...3,6	450
Вібродугове наплавлення	0,5...1,5	0,3...1,5	400
Плазмове наплавлення	0,5...5,0	1...12	490

Найбільш доцільним при відновленні шліцьового валу повноповоротного міні-навантажувача TDC-1201 вважаємо використання способу електродугової металізації.

#### 1.2.4 Газотермічні методи напилення

Газотермічне напилення - це процес нанесення покриттів на поверхні деталей різної конфігурації за допомогою високотемпературного швидкісного струменя, який містить частинки порошку або краплини розплавленого матеріалу, що осаджується на поверхні під час ударного зіткнення [14,15].

Напилюванням можна наносити покриття з різних металів і сплавів як на металічну, так і на неметалічну (кераміку, скло тощо) основу.

При відновленні деталей (компенсації зношеного шару) газотермічне напилювання має суттєву перевагу, тобто:

- одержання покриттів із широким спектром заданих властивостей, у тому

числі утворення 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 товщиною в широкому інтервалі — від сотих часток міліметрів до кількох міліметрів при високій продуктивності;
- напилювання захищає поверхні від корозії і надає їм декоративного вигляду.

До основних видів газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу, відносяться газополуменеве і газоелектричне (електродугове і плазмове).

### **Газополуменеве напилювання**

Метал (порошковий матеріал або дріт) розплавляється полум'ям суміші газу (ацетилен, пропан-бутан тощо) та кисню і розпилюється стиснутим повітрям або інертним газом. Подача порошкового матеріалу у зону полум'я може здійснюватись за допомогою транспортувального газу або безпосередньо з бункера по трубі під дією сили тяжіння [24].

Транспортування порошку за допомогою інертних газів сприяє зменшенню окислення розплавлених частинок металу. Перевага введення порошку стиснутим повітрям полягає у простоті обладнання і відсутності необхідності у транспортувальному газі, але в цьому випадку має місце інтенсивніша взаємодія частинок порошку з навколишнім середовищем [23].

Для відновлення деталей, які працюють в умовах тертя, застосовують стійкі проти зношування порошки на основі нікелю або дешеві сплави на основі заліза, які мають високі експлуатаційні і технологічні властивості.

Джерелом тепла при даному способі напилення є ацетиленокисневе полум'я, температура якого не перевищує 3000°C. Розпилюємих матеріал, потрапляючи у факел ацетиленокисневого полум'я пальника, розігрівається до температури, близької до температури плавлення, і розганяється до швидкості 20-30 м/с. При зіткненні з виробом розігріті частки з'єднуються з поверхнею деталі і між собою, утворюючи достатньо щільне і рівномірне покриття.

Напилюють полімерні матеріали (пластмаси), метали (алюміній, бронза, бабіт, нікель і так далі) і керамічні сполуки (окисел титану, окисел алюмінію і ін.). Розрізняють два способи подачі напилюваного матеріалу в ацетиленокисневе полум'я пальників: у вигляді порошку і у вигляді дроту. У газополум'яному пальнику Castodyn-8000 фірми Castolin-Eutectic (рис. 1.12) напилювальний матеріал подають у вигляді порошку.



Рисунок 1.12 – Газополуменевий пальник Castolin-8000

Газополуменевий металізатор МК-40 фірми Metallisation Ltd (рис. 1.12) напилюваний матеріал подають у вигляді дроту. Джерелом нагріву розпилювального матеріалу (дроту) служить ацетиленокисневе полум'я.

### **Надзвукове напилення**

Технологію нанесення металів на поверхню деталей можна реалізувати з використанням газодинамічного методу нанесення покриттів. Він полягає в тому, що тверді частинки металу рухаються із надзвуковою швидкістю, міцно закріплюються на поверхні при зіткненні з поверхнею. Надзвукові швидкості сповіщаються часткам за допомогою стиснутого повітря.

Технологія є новою, і раніше в промисловості не використовувалася. Технологія дозволяє наносити металеві покриття не лише на метали, але і на скло, кераміку, камінь, бетон. Покриття з алюмінію, цинку, міді, олова, свинцю, бабітів, нікелю.

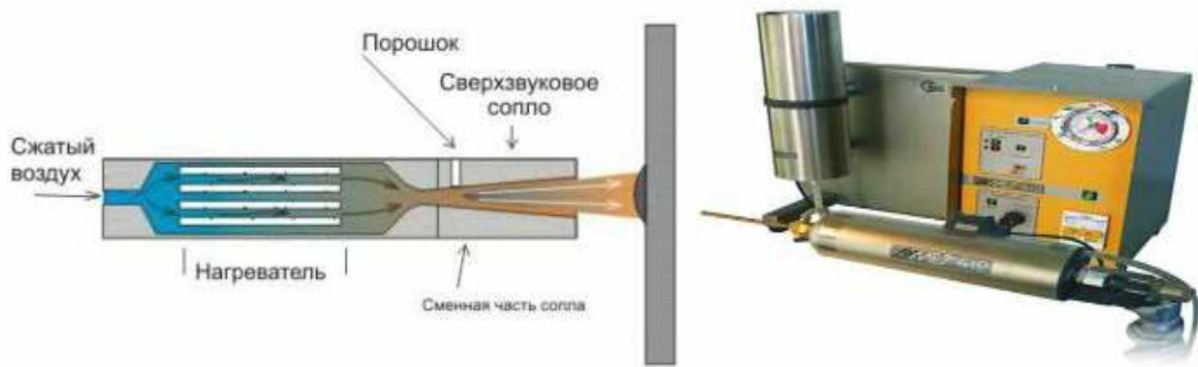


Рисунок 1.13 - Схема апарату надзвукового напилення і зовнішній вигляд установки надзвукового напилення фірми «Димет»

Технологія нанесення покриттів включає: нагрів стислого газу (повітря), подачу його в надзвукове сопло і формування в цьому соплі надзвукового повітряного потоку, подачу в цей потік порошкового матеріалу, прискорення цього матеріалу в соплі надзвуковим потоком повітря, направлення його на поверхню оброблюваного виробу.

Як порошкові матеріали використовуються порошки металів, сплавів та/або їх механічні суміші з керамічними порошками. При цьому зміною режимів роботи устаткування можна або проводити струменево-абразивну обробку поверхні виробу, або наносити металеві покриття необхідного складу.

Привабливість технології газодинамічного методу полягає в тому, що обладнання покриття не мають більшості недоліків, властивих іншим методам нанесення металевих покриттів, і володіють рядом технологічних, економічних і екологічних переваг:

- покриття наноситься в повітряній атмосфері при нормальному тиску, при будь-яких значеннях температури і вологості атмосферного повітря;
- при нанесенні покриттів виявляється незначна теплова дія на виріб (не вище 100-150°C);
- технологія нанесення покриттів екологічно безпечна;
- можливе нанесення багатокomпонентних покриттів із змінним вмістом компонентів по його товщині;
- можливе використання обладнання не лише в стаціонарних, але і в польових умовах.

## Електродугова металізація

Електродугове напилення – це процес, коли присадковий матеріал, що розплавляється у спеціальному апараті електричною дугою, а потім за допомогою струменя стиснутого повітря наносять на поверхню відновлюваної деталі [20,21].

Схема процесу електродугової металізації показана на рисунку 1.14.

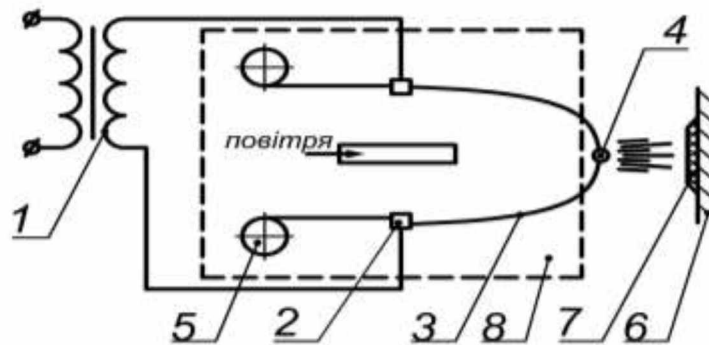


Рисунок 1.14 - Схема процесу електродугової металізації [23]

Металевий дріт 3, розплавлений електричною дугою 4, що виникає між електродами (електродний дріт), розпилюється (розміри часток від 2 до 100 мкм). Розплавлений метал підхоплюється струменем стислого повітря (0,5-0,6 МПа), що витікає з центрального сопла електрометалізатора, розпилюється і у вигляді рідких крапель 7 переноситься на поверхню відновлюваної деталі 6. Вони зчіплюються з деталлю, утворюючи складне покриття. Струмopровідні пластини 2 призначені для підведення електроенергії до дrotів-електродів від джерела напруги 1 (комплект електродугової металізації КДМ-2). Дріт з касет 5 за допомогою подаючого механізму подається в зону плавлення.

Продуктивність процесу електродугової металізації (ЕДМ) висока, наприклад, можна напилювати покриття із сталі з продуктивністю до 36 кг/год, цинкове покриття – до 1,2 кг/хв. При використанні електродів-дrotів з двох різних металів можна отримати покриття з їх сплаву. Експлуатаційні витрати при електрометалізації невеликі. Процес добре піддається автоматизації.

Таблиця 1.6 - Коротка характеристика покриття

Пористість покриття, %	5-20
Міцність зчеплення покриття з основою (адгезія), кг/мм <sup>2</sup> ,	3,0-5,0
Товщина напиленого шару, мм,	0,5-15

Напиленням можна наносити різні покриття на вироби з найрізноманітніших матеріалів. Так, наприклад, метали можна наносити на скло, фарфор, органічні матеріали (дерево, тканина, папір) і так далі.

Порівняння позитивних і негативних характеристик газотермічних методів і їх технологічних особливостей приведене в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 - Переваги і недоліки основних видів газотермічних методів нанесення покриттів [20,21,23]

Переваги	Недоліки
<b>Плазмово-дугова металізація</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Можливість отримання покриттів з різних матеріалів без обмеження по температурі плавлення;</li> <li>- Можливість використання для утворення струменя дугової плазми газів різного роду: інертних (аргону, гелію), відновних (водню) і окислювальних (повітря, азоту), що дозволяє в широких межах регулювати властивості середовища, в якому нагріваються і рухаються краплі;</li> <li>- Можливість гнучкого регулювання електричного і газового режимів роботи плазматрона, у тому числі в процесі нанесення покриття</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Низька для ряду умов експлуатації міцність зчеплення покриття з підкладкою (10-50 МПа при випробуваннях на відрив);</li> <li>- Невисокий коефіцієнт корисного використання енергії плазмового струменя на нагрів порошку (2-8 %);</li> <li>- Високий рівень шуму (110-130 дБ) і випромінювання;</li> <li>- Висока вартість устаткування і його стаціонарність</li> </ul>
<b>Газополуменева металізація</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Можливість отримання покриттів з більшості матеріалів, плавких при температурі до 3000°C без розкладання;</li> <li>- Відносно низький рівень шуму і світлових випромінювань;</li> <li>- Легкість і простота обслуговування, невисока вартість і мобільність устаткування, що дозволяє робити напилення на місці, без демонтажу.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Обмеження напилюваних матеріалів по температурі плавлення (не більше 3000°C);</li> <li>- Низька міцність зчеплення покриттів з основою;</li> <li>- Невисокий коефіцієнт викор. енергії струменя на нагрів порошкового матеріалу (2-12%)</li> </ul>
<b>Детонаційне напилення</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Можливість отримання покриття з підвищеними міцністю зчеплення (10-160 МПа) і щільністю (пористість 0,5-1%) завдяки високій кінетичній енергії крапель матеріалу, що наноситься;</li> <li>- Можливість нанесення покриттів з високою міцністю зчеплення на деякі види підкладок (сталь, нікелеві сплави та ін.) без струминно-абразивної підготовки поверхні;</li> <li>- Відносна простота конструкції установки.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високий рівень шуму (125-140 дБ) і інші шкідливі дії вимагають ізоляції зони обробки;</li> <li>- Технологічні обмеження на обробку нежорстких деталей, викликані високими імпульсними тисками при дії струменя продуктів детонації на підкладку;</li> </ul>
<b>Електродугова металізація</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Висока продуктивність процесу (до 50 кг/год.);</li> <li>- Високий коефіцієнт корисного використання енергії дуги на нагрів дроту (70-90 %);</li> <li>- Можливість отримання покриття з високою міцністю зчеплення (до 60-80МПа) завдяки застосуванню порошкових дротів і проміжних шарів з поліпшеними адгезійними властивостями [40,53];</li> <li>- порівняно низька вартість устаткування.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Інтенсивна взаємодія часток з активною газовою фазою;</li> <li>- Використання для напилення тільки дроту;</li> <li>- Високий рівень шуму (110-130 дБ)</li> </ul>

Електродугове напилення є найбільш зручним і високоекономічним методом у випадках, коли необхідно нанести покриття на частину великого виробу.

Ця технологія має великий ряд переваг в порівнянні з традиційними процесами нанесення захисних покриттів - гальванічним цинкуванням або електролітичним хромуванням :

- покриття можуть наноситися на більшість типів деталей;
- відсутня термічна деформація або металургійні зміни напилюваних деталей;
- низька теплопередача під час напилення;
- не потрібно теплову обробку після напилення;
- дуже висока продуктивність;
- покриття стійкіші, ніж фарби;
- негайний захист від корозії;
- тривала і надійна корозійна стійкість металовиробів будь-яких габаритів, в різних умовах експлуатації з 30-50-річною гарантією терміну захисту [20]
- немає обмежень за розміром оброблюваних деталей;
- можливе нанесення покриття в незахищених, відкритих місцях;
- можливість варіювати товщину покриття залежно від вимог, що пред'являються, до тієї або іншої ділянки поверхні;
- можна використати для відновлення і антикорозійного захисту на пошкоджених зварюванням ділянках сталі, що гальванізується.

При відновленні деталей методом електродугової металізації широко використовують серійні установки електродугового напилення типу КДМ- 2 і стаціонарні металізатори ЕМ-14М і ЕМ- 15.

Електродуговий металізатор ЕМ-14М може використовуватися як у складі комплекту КДМ-2, так і автономно за наявності відповідного джерела струму та допоміжних пристроїв [23]. При механізованому процесі апарат встановлюють на супорт токарного верстата або інший пристрій-переміщувач для взаємного відносного руху напилюваної деталі та металізатора. Електродуговий металізатор ЕМ-14М показаний на рис. 1.15 [21].



Рисунок 1.15 - Електродуговий металізатор EM-14M [23].

У Німеччині зношені деталі автомобільних двигунів відновлюють із застосуванням підшару із сталевого дроту марки 45C4Si34 діаметром 1,6мм. Напилення основного шару роблять дротом марки 110 МпСчТ18 з тим же діаметром [22].

У США відновлення зношених валів роблять, використовуючи мартенситну нержавіючу сталь, що відрізняється високою зносостійкістю і низькою усадкою. Розпилення основного шару відбувається при температурі дуги  $3800^{\circ}\text{C}$  –  $4000^{\circ}\text{C}$ , швидкості напилення 13,6 кг/год. і струмі 300 А.

Отже, для відновлення зношених поверхонь перехідних валів зчеплення ми обрали метод електродугової металізації. Перевагою способу електродугової металізації перед іншими способами нанесення покриттів являється велика продуктивність процесу та значне скорочення витрат часу на напилювання. У порівнянні із газополуменевим напилюванням, металізація дозволяє отримати більш міцні покриття, які найкраще з'єднуються з основою. Експлуатаційні витрати електрометалізатора невеликі.

Пошкоджені чи зношені шліці валів ремонтують такими способами:

- наплавлення металу на бічні поверхні шліців з наступною механічною обробкою, яка може включати у себе: обточування наплавленого місця валу, фрезерування шліців;
- ремонт способом роздачі шліців, якщо шліцьове з'єднання центрується по внутрішньому діаметру. [9,10]

На рисунку 1.16 показані способи фрезерування шліців після наплавлення валу.



Рисунок 1.16 – Фрезерування шліців після наплавлення валу

### 1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи

Сьогодні в Україні у аграрному виробництві працює багато різноманітної «старої» і новітньої техніки як вітчизняного так і зарубіжного виробництва. Зокрема, мінівантажувач TDC 1201, трактор Farmer 10286, які призначені для виконання різних робіт із навісними, напівнавісними та причепними машинами та знаряддями, а також для транспортування ванажів.

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

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

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

Для досягнення мети роботи необхідно розв'язати комплекс завдань:

- провести аналіз характерних дефектів та зносів шліцьових валів трансмісії та способів їх усунення;
- обрати оптимальний спосіб відновлення;
- дослідити параметри і розробити режими відновлення;
- виконати металографічні дослідження та випробування зносостійкості відновлених шліцьових валів; проаналізувати вплив відновлених поверхонь на надійність деталей;
- обґрунтувати ефективність технології відновлення;
- узагальнити результати досліджень та сформулювати рекомендації для виробництва.

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

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

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

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

Практична значущість - підтвердження можливості використання запропонованої технології на ремонтних підприємствах з метою підвищення надійності деталей.

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

**Практичні значення** одержаних результатів.

1. Обрано оптимальний спосіб відновлення шліцьових валів вузлів трансмісії трактора.
2. Підібрані технологічне обладнання матеріали. Розроблені оптимальні режими відновлення,
3. Досліджені фізико-механічні властивості матеріалу після обробки.
4. Обґрунтована ефективність обраного способу
5. Використання розробленої технології, технологічного обладнання і матеріалу дозволяє підвищити ресурс деталей відновлених валів і зменшити витрати на ремонт.

**Структура та обсяг роботи.** Дипломна робота складається із вступу, 4 розділів і висновків загальним обсягом 68 сторінок машинописного тексту, 13 таблиць, 34 рисунків, 33 найменування використаних джерел та додатки.

Результати були опубліковані:

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

## **2 МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1 Послідовність проведення досліджень**

Теоретичні та експериментальні дослідження по відновленню перехідних валів зчеплення трактора проводились у наступній послідовності:

1. Проведення теоретичного аналізу літературних джерел з метою обґрунтування вибору способу відновлення деталей.
2. Вивчення характеру зносу валів, визначення можливих способів відновлення.
3. Розрахунок і підбір основних параметрів режиму електродугового напилення зношених місць.
4. Проведення процесу електродугового напилення зношених місць.
5. Дослідження механічних властивостей, мікроструктури та зносостійкості відновлених поверхонь.
6. Розробка рекомендацій щодо практичного впровадження технологічного процесу відновлення валів, включаючи, техніко-економічну оцінку розроблених заходів.

### **2.2 Методика проведення лабораторних досліджень**

#### **2.2.1 Зразки для лабораторних досліджень**

Для досліджень якісної технології відновлення деталей методом електродугової металізації з використанням рекомендованого матеріалу покриття були вибрані валу вісі міні-навантажувача (Сталь 40Х).

З метою отримання результатів параметрів і характеристик матеріалу при наплавленні різними електродами експерименти проводилися на зразках – моделях та на натуральних зношених деталях. Зразки виготовлювалися зі сталі 40Х. 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 в однакових режимах. [26,27]

Величину зносу визначали прямими замірами розміру елемента валу і порівнянням його з номінальним. Наявність дефектів циліндричних поверхонь контролюється мікрометром (ціна поділки 0,01мм), згин деталі - індикатором (0,01мм) на штативі, знос конічних, фасонних та різбових поверхонь шаблонами та калібрами. Контроль зносу шліцьових поверхонь проводять мікрометром (0,01мм) та штангенциркулем (0,05мм або 0,1мм).

Експериментальна установка для електродугового напилення показана на рис.3.1



Рисунок 2.1 - Експериментальна установка для електродугового напилення

#### 2.2.2 Методика дослідження мікроструктури зразків

Зразок вирізується із такого місця, яке давало б характеристику внутрішньої будови всього матеріалу.

Для оцінки мікроструктури і кінетики формування шару при проведенні досліджень відбір проб здійснювали з ділянок з площею поверхні 3-6 см<sup>2</sup>, заввишки 2 см, що включають області з нанесеним покриттям, перехідною зоною і основним матеріалом. Загальну кількість відібраних зразків визначали з розрахунку 3 проби на кожне поєднання покриття – основний матеріал (покриття - сталь) [27]. Приготування шліфів здійснювали по методикам, широко висвітленим в літературі [27,28]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин кислоти в етиловому спирті.

#### 2.2.3 Визначення твердості і мікротвердості

Твердість металу найбільш частіше визначають одним з трьох методів: Брінелля (ГОСТ 9012-89), Роквелла (ГОСТ 9013-59) та Віккерса (ГОСТ 9450 - 76).

Твердість зовнішньої гартованої поверхні валів можна визначити за методом Роквелла у відповідності з ГОСТ 9013-89, на приладі ТК-2М (ГОСТ 13407-77).

Мікротвердість виміряли в перерізі, поперечному напрямку наплавлення. Вимірювання у відповідності до ГОСТ 6996-96 проводили по двох суцільних лініях на відстані близько 3 мм від головки від поверхні [28].

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

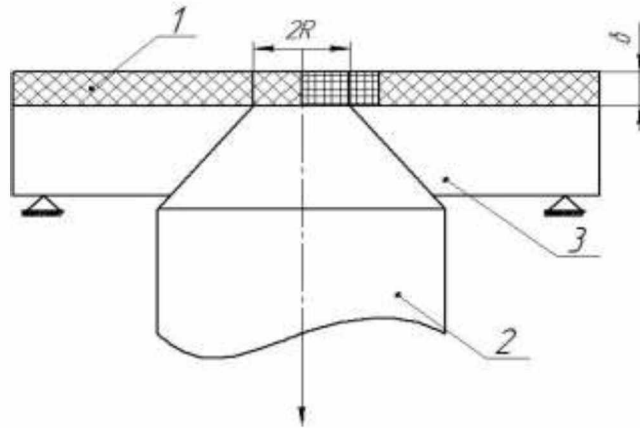


Рисунок 2.2 – Визначення твердості зразків за методом Роквелла та вимірювання мікротвердості

### 2.2.3 Обґрунтування прийнятого методу для оцінки міцності зчеплення матеріалу покриття з основою

При відновленні зношених деталей методом електродугової металізації якість відновлення залежить найбільшою мірою від міцності зчеплення покриття з основним металом. Аналіз існуючих методів оцінки міцності з'єднання покриття з основним металом дозволяє в загальному випадку розділити їх на: випробування на розрив, зрушення, механічні та інші.

Товщина напиленого покриття має бути не менше 0,25 мм і мати рівномірну товщину по всій поверхні. Міцність зчеплення у такому разі визначається як частка руйнівного навантаження на площу торцевої поверхні [27]. Відношення радіуса  $R$  і товщини покриття  $\delta$  повинно бути менше 20



1 – покриття; 2 – штифт; 3 – упорна шайба

Рисунок 2.3 – Схема дослідження покриття по штифтовому методу.

Товщина покриття складала 2-2,5 мм. Кількість зразків для випробувань вибирали з розрахунку випробувань на з'єднання: покриття - сталь. Випробування здійснювали на машині універсальній випробувальній з граничним навантаженням 200 кН типу УММ-20. Похибка показань машини – 1% від навантаження, яке вимірюється.

Методика випробування зразків. Штифт встановлюють таким чином, щоб поверхня основи і його торець знаходилися в одній площині. На верхню поверхню напилюють покриття 1. Зразок встановлюється на нижню подушку машини, яка встановлена в центральний отвір стола рухомої траверси.

До нижнього торця робочого циліндра підвішується сферична опора, яка утримується спеціальним різьбовим фіксатором. Зразок встановлюється строго по центру, орієнтуючись по концентричним рискам на опорах. Гідравлічним приводом підводять траверсу до упора зразка у верхню опору пристосування.

При випробуванні основу 1 встановлюють на упори, а штифт 2 витягують вниз (рис.2.3). Відношення величини навантаження, при якому відбувається відрив штифта від покриття, до площі напиленого торця характеризує міцність зчеплення з основою.

#### 2.2.4 Методика проведення порівняльних випробувань на знос

Оцінка зносостійкості відновлених деталей проводилась у відповідності з ГОСТ 23.224-86. Стандарт розповсюджується на відновлені деталі рухомих з'єднань, що спрацьовуються у процесі експлуатації, і встановлює загальні поло-

ження методів оцінки їх зносостійкості з допомогою спрацювання зразків відповідних матеріалів і покриттів на дослідних установках[27].

Метод випробувань відповідав групі А. Суть цих випробувань полягає у визначенні співвідношенні інтенсивності зносу поверхні відновлених деталей. Випробування проводяться при ідентичних умовах [28].

Лабораторні випробування зносостійкості проводилися на машині тертя МІ-1М по схемі «колодка» - «ролик». Виходячи з умов роботи пари, були вибрані режими випробувань: навантаження  $P=560\text{Н}$ ; частота обертання ролика  $n= 500 \text{ хв.}^{-1}$  [27]. Машина тертя показана на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Машина тертя МІ-1М. Рисунок 2.5 - Аналітичні ваги ВЛА-200М

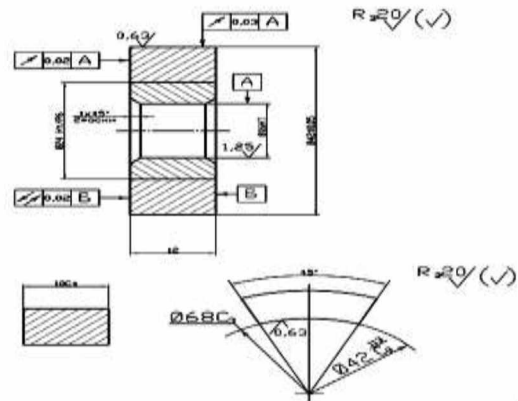


Рисунок 2.6 – Постановка зразків на машину тертя для випробування на знос

Рисунок 2.7 - Зразки для випробування на зносостійкість

З допомогою лічильника, встановленого на машині тертя, підраховували кількість обертів зразка – шлях тертя. Оцінка величини зносу полягала у визначенні витрати маси зразків і контр зразків в процесі випробування. Втрата маси визначалася зважуванням до та після випробувань з точністю 0,1 мг на аналітичних вагах ВЛА-200М (рис.2.5).

### 2.3 Методика експлуатаційних випробувань

Визначення зносостійкості проводили на партії перехідних валу вісі міні–навантажувача TDC-1201 усі поверхні під сальники і підшипники яких були відновлені. Такий метод випробувань, за даними роботи [3], дозволяє одержати достовірні і порівнянні результати. Вали і самі зчеплення, у які вони були встановлені, маркували й експлуатували в умовах фермерського господарства «Мир» та інших господарствах Миргородського району.

#### Висновки

1. Розроблена методика досліджень, що включає: проведення експериментів по оцінці структури, властивостей відновлених поверхонь.
2. Запропонована послідовність проведення досліджень для вирішення поставлених завдань і досягнення мети роботи.
3. На основі аналізу умов експлуатації валу вісі міні–навантажувача TDC-1201 вимог до їх якості, запропоновані методи оцінки їх механічних властивостей: металографічного, оцінки мікротвердості та оцінки рівня міцності зчеплення нарощеного шару з основою.
4. Вибрана методика оцінки зносостійкості в результаті проведення порівняльних випробувань на знос.

#### Висновки

1. 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.
2. Оцінку якості відновлення проводили з використанням сучасних методів досліджень: металографічного, оцінки мікротвердості.

## 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз можливості відновлення валу вісі міні–навантажувача TDC-1201 методом електрометалізаційного покриття

3.1.1 Визначення величини зносів валу вісі міні–навантажувача

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



Рисунок 3.1- Зовнішній вигляд шліцьового валу вісі міні–навантажувача

Спочатку вали після очищення та мийки від забруднень і слідів моторного масла оглядали візуально, і відповідно до ГОСТ 14846-86 робили мікрометричні вимірювання.



Рисунок 3.2 – Вимірювання розмірів поверхонь валу

Для оцінки можливості відновлення дефектів валів, які поступили після експлуатації методом електродугової металізації була проаналізована вибірка. Вибірка карт мікрометражу приведена у таблиці А2 додатків.

### 3.2 Обґрунтування обладнання і приладів

З метою вибору технологічного обладнання для проведення експериментів проводимо аналіз технологічних характеристик устаткування, яке випускає промисловість. При відновленні деталей методом електродуговою металізацією широко використовують серійні установки електродугового напилення типу КДМ-2 і стаціонарні металізатори ЕМ-12М і ЕМ-15. Технологічні характеристики приводимо у вигляді таблиці 2.2. [17,20]

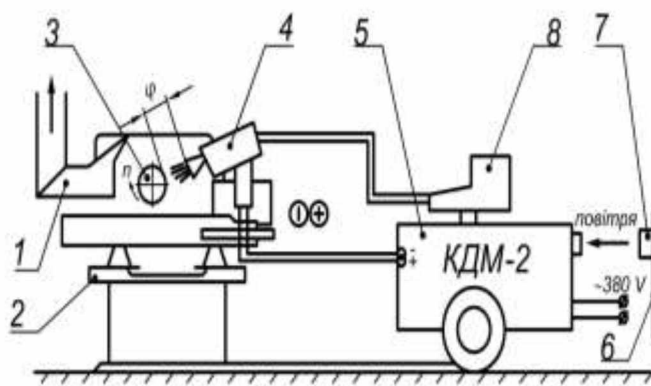
Приймаємо для проведення нарощування шару способом електродугової металізації експериментальну установку, основним робочим органом якого є апарат ЕМ - 17 (рис.3.3). Апарат ЕМ- 14 входить до складу установки КДМ – 2.

Таблиця 3.1-Технічна характеристика обладнання для електродугової металізації

Показник	КДМ-2 (ТУ26-05-519-81)	ЕМ-12М (ТУ26-05-13-82)	ЕМ-13 (ТУ26-05-423-75)	ЕМ-01М
Продуктивність при розпиленні, кг/год.:				
цинку	до 32,0	до 14	до 25	12,5
алюмінію	до 12,5	до 45	до 65	32
сталі	до 10,0	до 45	-	-
Діаметр дроту, що розпилюється, мм	1,5-2	1,5-2,5	2-3	1,2... 2,0
Швидкість подачі дроту, м/хв.	2-12	3,8-14,2	1-14	2,76... 9,6
Максимальна витрата стиснутого повітря, м <sup>3</sup> /год.	90	150	160	
Робочий тиск стиснутого повітря, МПа	0,5-0,6	0,5-0,6	0,5-0,6	0,6 (6)
Робочий струм, А	400	до 500	до 800	400
Напруга, В:				
дуги (робоча)	17-44	17-35	17-35	17-40
мережі	380	380	380	380
Потужність, кВт	до 25	до 16	до 25	16
Габаритні розміри, мм	1330×710×1390	525×295×200	520×175×225	230×220×133

Відновлювана поверхня 3 (рис. 3.3а) кріпиться в патроні токарно-гвинторізного верстата 2. Електродуговий металізатор 4 (мод. ЕМ-14М0) кріпиться на поперечній каретці верстата або в різцетримачі, що дозволяє регулювати відстань до напилюваної поверхні і забезпечує механічне регульоване переміщення

металізатора відносно відновлюваної поверхні. Привід обертального руху шпинделя верстата дозволяє регулювати число оборотів відновлюваної поверхні. Джерело живлення 5 з касетами 8 встановлюється на відстані від металізатора 4 і підключається до повітряної магістралі 7 і джерелу електроенергії. Для дотримання техніки безпеки при виконанні металізаційних робіт стенд має витяжну вентиляцію 1. При цьому технологічні режими змінювали в межах: напруга дуги 30-35 В, тиск повітря 0,6-0,7 МПа, швидкість подання дроту 2,0-2,5 м/хв., дистанція наплення 170-190 мм В цьому випадку забезпечували нагрів основи не більше 90<sup>0</sup>С.



б

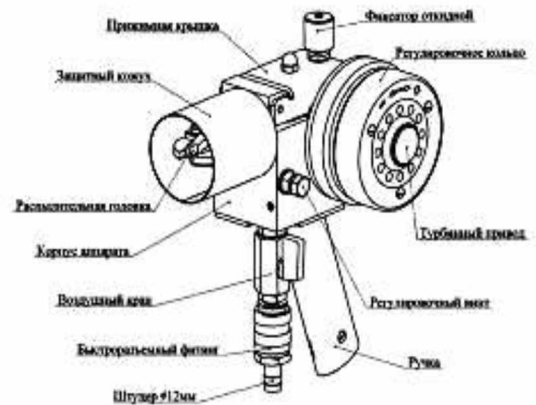


Рисунок 3.3- Схема (а) і зовнішній вигляд (б) експериментальної установки; процес формування покриття (в)

### 3.3 Визначення оптимальних режимів технологічного процесу

При виборі режимів металізації ми використовували графіки продуктивності апарату EM-14M (рис. 3.4) [17]. Користуючись графіком та враховуючи рекомендації літературних джерел [17], вибираємо основні параметри режиму відновлення при напиленні: сила струму  $I = 250\text{A}$ , напруга  $U=25\text{-}30\text{В}$ , продуктивність процесу -  $10\text{ кг/год}$ .

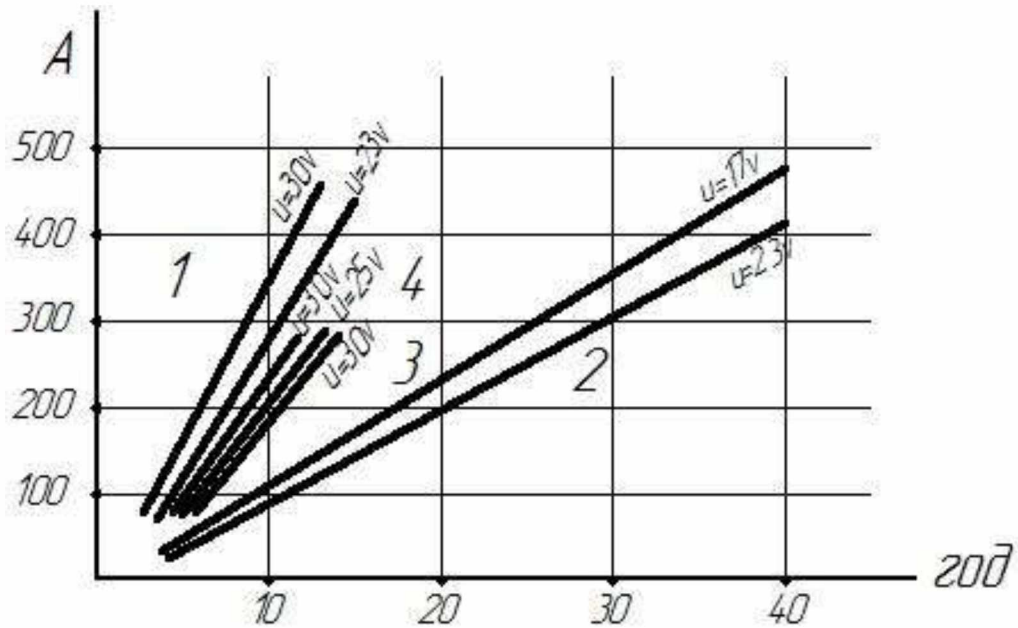


Рисунок 3.4 - Графік визначення продуктивності металізаційних дротів

Процес відновлення деталей електродуговою металізацією розділяється на три послідовні частини: підготовка поверхні до нанесення покриття, нанесення покриття і обробка нанесеного шару металу.



Рисунок 3.5 – Дріт порошковий для електродугової металізації ПГ-СР4

Вибір способу підготовки поверхні передусім, визначається максимальною міцністю зчеплення покриття, що наноситься, з матеріалом основи. Встановлено (табл. 3.3), що способи, які забезпечують поверхнєве наклепування (накатка, обробка дробом та ін.), підвищують втомну міцність на 20-30 %; що створюють на виробі концентратори напруги і різкі нерівномірні зміни структури основного металу (нарізка різьб і різних канавок, електроіскрова і електродугова обробка, насічка зубилом та ін.), знижують втомну міцність (до 60 %) від первинної [17].

Найбільший позитивний ефект при відновленні вказаних вище деталей, дають струминно-абразивні методи, що пов'язано оптимальним поєднанням межі витривалості і міцності зчеплення.

Отже, в якості підготовчої обробки приймаємо обробку поверхні дробом (сумішшю чавунного дробу і кварцевого піску під тиском  $0,5 \pm 0,05$  МПа; дистанція обробки: 130-150 мм; кут нахилу падіння робочої суміші до оброблюваної поверхні - від 55 до 70°), який забезпечує межу витривалості 324 МПа і міцність зчеплення покриття з основою - 104 МПа [20].

Таблиця 3.2 - Вплив способу підготовки поверхні на міцність покриття

Спосіб підготовки поверхні	Межа витривалості		Міцність зчеплення (деформація зрушення), Мпа
	$\sigma_{-1}$ МПа	% до шліф-ованої деталі	
Обробка дробом	324	128,5	104
Накатка (пряма, коса, перехресна)	306	121,0	100
Піскоструйна обробка	278	110,5	34,5
Шліфування	252	100,0	-
Нарізка трикутна з обробкою дробом	245	98,0	190
Насічка зубилом	206	82,0	82,0
Електроіскрова обробка	194-212	77,0-84,0	91,5-110
Нарізка кругла	194	77,0	167
Нарізка кругла з прикаткою вершин	188	74,5	144
Нарізка трикутна	188	74,5	180
Нарізка трикутна з прикаткою вершин	170	67,5	156
Нарізка кільцевих канавок	165	65,5	140
Нарізка кільцевих канавок	153	61,0	113

Для моделювання умов лабораторного експерименту нанесення покриття, що максимально наближається до промислової обробки, використали зразки зі сталі 40Х.

Перед металізацією зразки очищали і відпалювали при 200-250°C протягом 1-1,5 год. для стабілізації структури робочого шару і зняття напружень. Потім зразки піддавали дробоструминній обробці при тиску  $0,50 \pm 0,05$  МПа і витраті повітря 2,5 м<sup>3</sup>/хв. Обробку проводили по режимах, приведених в розділі 2.3. Дистанцію обробки змінювали в межах 130-150 мм. Кут нахилу падіння робочої суміші до оброблюваної поверхні змінювали від 55 до 70°. Нарощування шару робили на експериментальному стенді з апаратом ЕМ - 17 (рис.2.1).

Електрометалізаційне покриття на зразку формували за 6 проходів з інтервалами часу, протягом яких температура основи знижувалася до 30°C.

### 3.4 Випробування на міцність зчеплення

Щоб встановити вплив на міцність зчеплення покриття з основою того або іншого способу підготовки поверхні, потрібно відокремити напилений шар від основного металу [27]. Це краще всього робити не на виробі, а на зразку.

Для оцінки міцності зчеплення покриття використали метод штифтів. Зразком служила шайба 3, в отвір якої встановлюється штифт 2 таким чином, що його торцева поверхня знаходиться врівень з площиною підстави шайби.

На загальну поверхню торця штифта і шайби після відповідної підготовки наноситься покриття 1. Випробування проводять шляхом витягування штифта з шайби із записом зусилля. Після відриву штифта від покриття визначають відношення максимального навантаження до площі торця штифта. Це відношення є кількісною характеристикою міцності з'єднання покриття з основою. На рисунку 3.6 показаний зразок для випробування на міцність зчеплення з методом витягування штифта.

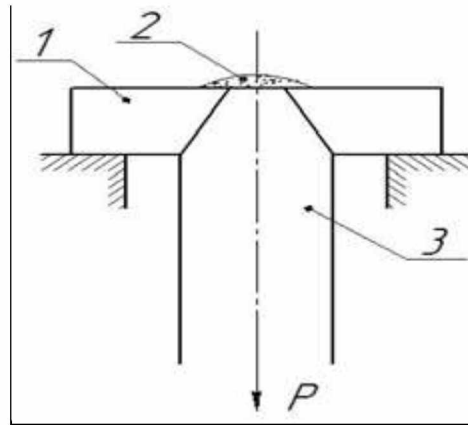


Рисунок 3.6 - Схема випробувань на міцність зчеплення методом витягування штифта

Дослідний зразок представляє собою основу 1 з центральним отвором, в якому по конічній посадці вставляється штифт 3. Штифт встановлюється таким чином, щоб поверхня основи і його торець знаходилися в одній площині. На верхню поверхню напилується покриття 2. При випробуванні основу 1 встановлюють на упори, а штифт 3 витягують вниз.

Відношення величини навантаження, при якому відбувається відрив штифта від покриття, до площі напиленого торця характеризує міцність зчеплення з основою [26].

Результати випробувань напилених зразків на руйнування (відшарування покриття) методом штифтів приведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Результати випробувань напилених матеріалів

Матеріал покриття	Товщина покриття $\delta$ , мм	Площа зчеплення $F$ , см <sup>2</sup>	Руйнівне навантаження $P$ , кН	Міцність зчеплення $\sigma$ , МПа	Примітка
сталь 40Х (з термобробкою)	1,58	4,82	6,2	12,9	покриття відшарувалося
ПГ-СР4+3%А1	1,54	4,82	5,9	12,2	руйнування по покриттю
ПГ-СР4	1,80	4,82	6,5	13,5	руйнування по з'єднанню

Очікувана міцність зчеплення покриття з основою складає 12...22 МПа.

На основі проведених результатів можна зробити наступні висновки:

- при введенні у напилюємий матеріал 0,15% С; 18-20% Сr; 2,8-3,7% А1 міцність зчеплення покриття з основою зростає;
- при напиленні ПГ-СР4+3%А1 міцність зчеплення зростає і руйнування зразків проходить по з'єднанню.

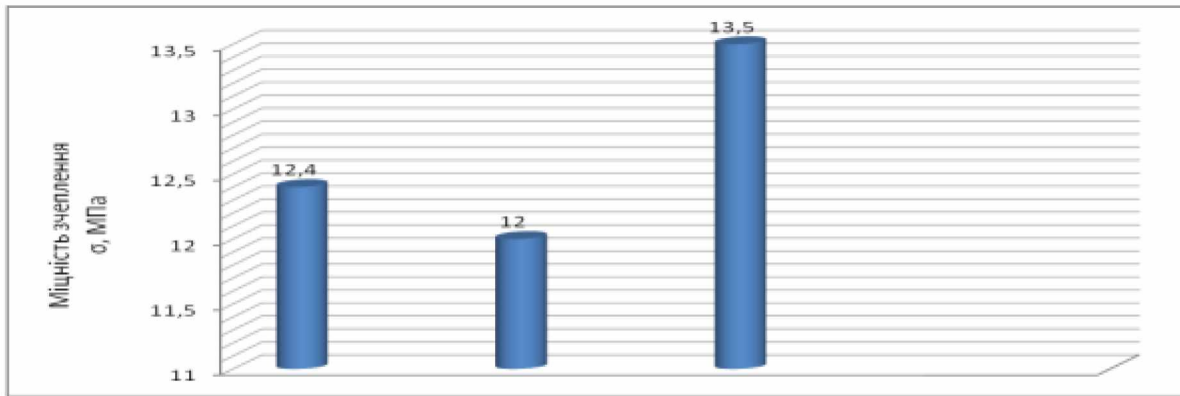


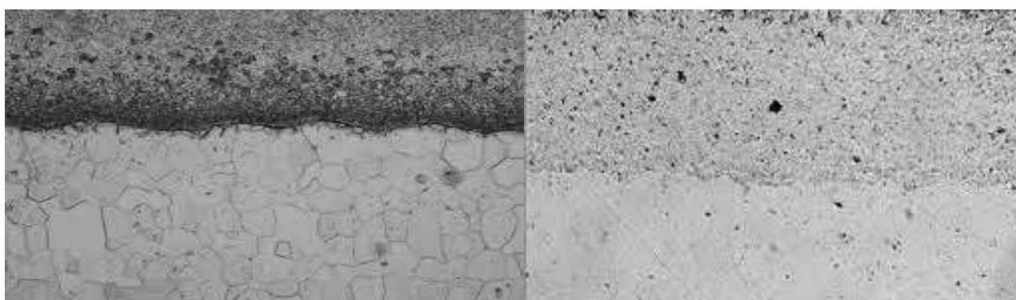
Рисунок 3.7 - Міцність зчеплення покриття з основою за результатами випробувань

Отже, результати випробувань свідчать про те, що найвищу міцність зчеплення покриття з основою мають зразки напилені ПГ-СР4+3%А1.

### 3.5 Дослідження структури покриття

Особливості формування структури вивчали з використанням різних сучасних методів детально розглянутих в розділі 2. Ідентифікацію структурних складових здійснювали методами оптичної мікроскопії (мікроскоп МІМ-8М).

Мікроскопічні дослідження виконали на травлених і нетравлених шліфах. Аналіз нетравлених шліфів, вирізаних з валу після нанесення покриття проводили по перерізу шару. Мікроструктуру напиленого шару приводимо на рис. 3.8. Аналізуючи рисунок бачимо, що структура шарувата з невеликою кількістю пор. Якість покриття добра. Для напиленого шару характерна витягнутість дефектів структури, розміщених паралельно поверхні основи.



а)

б)

а - нанесений шар, режими: напруга дуги 25-30 В, тиск повітря - 0,6-0,7 МПа, швидкість подачі дроту 2-2,5 м/хв., відстань від зрізу сопла металізатора до поверхні відновлюваної деталі 100-120 мм, x100; б - фрагмент перехідного нанесеного шару, x400

Рисунок 3.8 - Мікроструктура покриття

Аналіз структури між нанесених крапель (рис. 3.8, б) показав, що їх з'єднання в покритті відбувається, в основному в результаті сплаву, чим, ймовірно, і пояснюється висока міцність отриманого покриття. Наявність тонких плівок оксидів, за умови копіювання виступів і западин при взаємодії крапель свідчить про те, що не виключений і механізм механічного зчеплення. У зв'язку з тим, що переважають в покритті є зони сплаву, можна припустити, що в процесі їх формування основною взаємодією, що забезпечує міцність, являються процеси хімічної реакції в твердій фазі.

Для технологічних режимів (напруга дуги 25-30 В, тиск повітря - 0,6-0,7 МПа, швидкість подачі дроту 2-2,5 м/хв., відстань від зрізу сопла металізатора до поверхні відновлюваної деталі 100-120 мм), рекомендованих для нанесення покриттів на основі ферохромалюмінія, первинний діаметр крапель склав 21 мкм.

В результаті дослідження структурних складових покриття завтовшки 2 мм по глибині встановлено, що в ньому мають місце неоднорідності, викликані нестабільністю процесу розпилення на цих технологічних режимах. Однак, по глибині покриття яких-небудь закономірностей зміни мікроструктури не виявлено.

### 3.6 Визначення мікротвердості покриття

Для підтвердження даних металографічного аналізу було проведено вимірювання мікротвердості у напрямі перпендикулярному і паралельному поверхні покриття з кроком 0,25 мм. Результати вимірювання середньої мікротвердості при навантаженні 50 г приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Мікротвердість по глибині нарощуваного шару

Назва	Відстань від поверхні, мм								
	0,25	0,51	0,75	1,04	1,23	1,49	1,76	2,1	2,27
Min	780	565	624	704	570	568	625	655	567
max	890	880	800	810	740	795	755	701	625
середнє	850	732,5	722	755	670	690,5	685	680	596

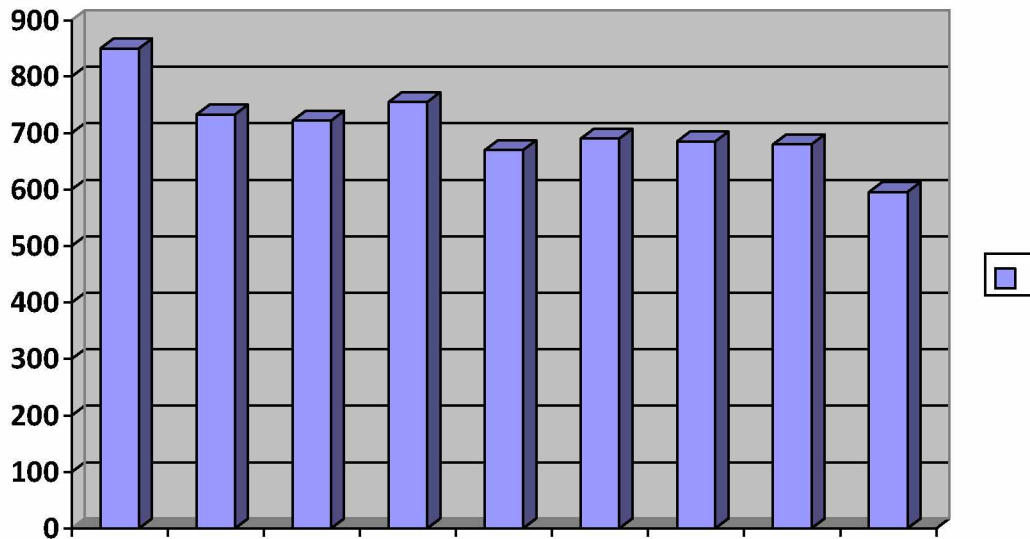


Рисунок 3.9 - Графік зміни середнього значення мікротвердості по відстані від поверхні зразка

Дані таблиці дають змогу зробити висновок про те, що із збільшенням відстані по глибині нарощеного шару мікротвердість знижується.

На рисунку 3.8 представлений графік зміни середнього значення мікротвердості по відстані від поверхні зразка

### 3.7 Дослідження зразків на зносостійкість

Випробування на зносостійкість проводили на машині тертя МІ-1М в лабораторії інженерно-технологічного факультету ПДАУ по схемі «ролик-колодка», згідно ГОСТ 23224-86.



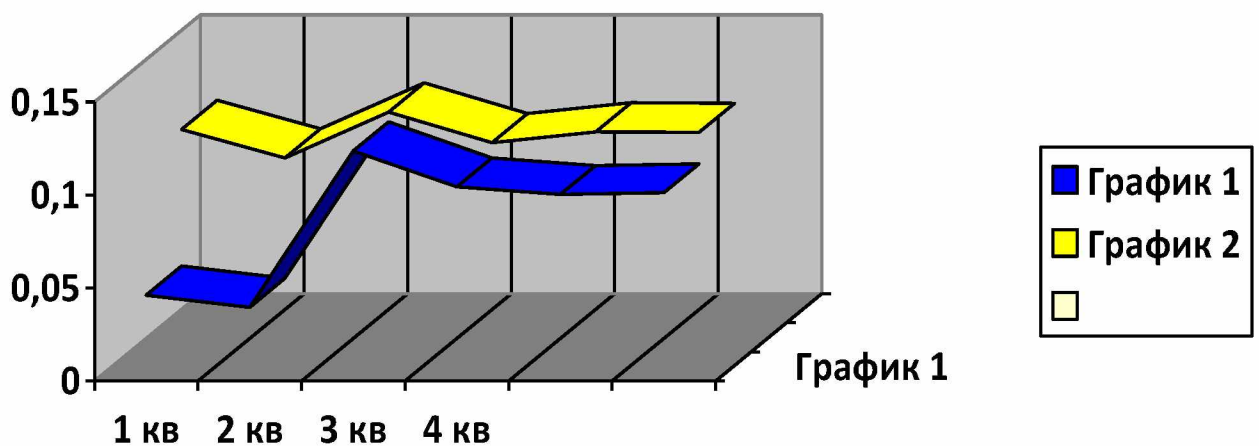
Рисунок 3.10 – Встановлені на машину тертя МІ-1М зразки

Для цього встановивши зразок на ролик зі сталі 40Х (або з напиленим покриттям порошком ПГ10Н-01) і навантаживши його навантаженням 200 Н, подавши масло на тертьові поверхні.

Результати випробувань приведені в таблиці 3.5. На рисунку 3.10 приводимо криві зміни коефіцієнта тертя побудовані по результатах експериментів

Таблиця 3.5 - Результати випробувань

Матеріал покриття	Матеріал ролика	Величина навантаження	Потужність $N_{тр}$ , Вт	Коефіцієнт тертя
ПГ-СР4	40Х	0	6,0	0,0461
		10	9,0	0,0396
		20	10,6	0,1238
		30	12,0	0,1044
		40	20,6	0,1003
		50	24,0	0,1012
ПГ-СР4+3%A1	40Х	0	5,8	0,1197
		10	9,0	0,1044
		20	16,0	0,1291
		30	12,2	0,1126
		40	23,6	0,1184
		50	28,0	0,1181



1 - Ролик, напилений дротом ПГ-СР4 – вкладиш; 2- Ролик, напилений дротом ПГ-СР4+3%A1 – вкладиш ( $V=0.8$  м/с)

Рисунок 3.11 - Залежність коефіцієнта тертя від навантаження на випробувальний ролик з покриттям з хромонікелевого сплаву

З отриманих даних виходить, що сплав ПГ-СР4 має істотний вплив на зносостійкість напиленого ролика. Аналіз показує, що інтенсивність зносу пари: ролик напилений цим дротом – вкладиш нижча, ніж стандартної пари та пари з роликом, напиленим дротом СР4+3%А1. Зменшення її здійснено легуванням.

### 3.8 Розробка технологічного процесу відновлення валу мінівантажувача TDC-1201

Для того, щоб підвищити якість відновлення деталей складаємо карту технологічного процесу, в якій вказуємо послідовність виконання всіх операцій, необхідних для виконання ремонтних робіт, прилади, пристосування та інструмент.

Для визначення технічного стану деталей, їх дефектуємо і розділяємо на три категорії: придатні, утильні і ті, що потребують ремонту. Вихідними даними для розробки технологічного процесу дефектації – технічні вимоги на капітальний ремонт деталей машин. В них на кожен деталь складається ескіз, перелік всіх дефектів, засіб контролю і рекомендацій по ремонту. На карті технічного процесу дефектації проводимо найменування і склад операцій по виявленню кожного дефекту, приведеного на карті ескізів; контрольні параметри; найменування пристосувань, вимірювального інструменту та способи встановлення дефекту, розряд роботи і виду норми [16].

Для усунення кожного дефекту вибираємо раціональний спосіб тобто науково і технічно обгрунтований. Раціональний спосіб відновлення деталей визначаємо користуючись критеріями: технічними, технологічними, техніко – економічними.

До основних несправностей валів машин відносяться: прогин, скручення, знос поверхонь тертя, зім'яття і знос шліців, знос або зрив різьби, збільшення пазу під шпонку.

Зношені поверхні тертя можемо відновлювати наплавленням металу газозварюванням або гальванічним нарощуванням із подальшою механічною обробкою.

Проводимо дефектацію деталі, результати заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Таблиця дефектації шліцьового валу вісі міні-навантажувача TDC-1201

Контрольований дефект назва	Розміри, мм		Засоби контролю		
	по кресленню	допустимий у спряженні з деталлями		назва	Позначення
бувши- мив експлуа- тації		нови- ми			
1. Пошкодження різьби	Викришування, забоїни та зрив більше двох ниток різьби не допускається		Огляд	-	
2 Знос поверхні під сальник	85 -0,14	84,86	84,97	Скоба або мікрометр	МК 100-2 ГОСТ 6507-78
3 Знос поверхні під підшипник 300771-3А ГОСТ 27356-87 (2шт)	65 -0,01 -0,029	63,971	64,99	Скоба або мікрометр	МК-75-2 ГОСТ 6507-78
4 Знос шліців на конус	Допускається конусність не більше 0,09 мм на довжині 100 мм		Мікрометр	МК-75-2 ГОСТ 6507-78	

Матеріал валу – сталь 40Х. Маса – 4,30 кг. Твердість: поверхні зубців – нітроцементовані на глибину  $h = 1,0..1,4$  мм; з повторним нагріванням під гартування  $HRC - 56..63$ ; серцевини зубців і шліцьової частини валу  $HRC - 32..45$ .

### Висновки

2. В результаті проведеної оцінки повторюваності дефектів валів, що надходять на відновлення встановлено коефіцієнт повторення дефектів: до 19% згин валу; до 35-40% зношування посадочних поверхонь під підшипники [5,6].

3. На основі виконаних теоретичних оцінок і експериментальних досліджень обґрунтований вибір порошкового дроту, який забезпечує потрібні показники зносостійкості, міцності зчеплення і відповідність коефіцієнтів лінійного розширення покриття – основа

4. Випробуваннями на міцність зчеплення рекомендованого матеріалу електрометалізаційного покриття встановлено, що її рівень знаходиться вище потрібного (80 МПа) і складає 110 МПа.

5. Вибрано основні параметри режиму відновлення при металізації: струм  $I$  - 250 А, напруга  $U=25-30$  В, продуктивність металізації - 10 кг/год. Підготовча обробка - обробка поверхні дробом, межа витривалості після чого - 324 МПа, міцність зчеплення покриття з основою - 104 МПа.

6. Аналіз мікроструктури показав, що з'єднання в покритті відбувається, в основному в результаті сплавлення, чим, і пояснюється висока міцність отриманого покриття.

7. Вимірювання мікротвердості у напрямі перпендикулярному і паралельному поверхні покриття з кроком 0,25 мм показало, що із збільшенням відстані по глибині нарощеного шару мікротвердість знижується.

8. Хімічний склад напиленого шару має істотний вплив на зміну коефіцієнта тертя. Зниження коефіцієнта тертя здійснено шляхом легування.

9. Випробування на зносостійкість виявили залежність інтенсивності зношування та коефіцієнта тертя від способу відновлення зразків. Інтенсивність зносу пари: ролик напилений цим дротом – вкладиш нижча, ніж стандартної пари та пари з роликом, напиленим дротом ферохром+алюміній.

## 4 РЕКОМЕНДАЦІ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІ 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 оточуючого середовища [28].

Відповідно до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (6 розділ, 26 стаття) має обов'язково проводитися експертиза екологічна у виробничих, 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 - комплекс заходів: досліджень, санітарно-епідеміологічних експертиз, які спрямовані на забезпечення підтримання навколишнього середовища в доброму стані.

Мета проведення екологічної експертизи - це запобігання шкідливої дії антропогенної діяльності людини на загальний стан оточуючого середовища і стану здоров'я людей; оцінювання екологічної ситуації на певних територіях і об'єктах, і рівня екологічної безпеки виробничої діяльності.

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення шліцьових валів» досліджуємо головні екологічні проблеми зварювально – наплавлювального процесу. В групу виробничих фізичних факторів шкідливої та небезпечної дії, при використанні вібродугового наплавлення самозахисними порошковими дрютами входять: підвищена запиленість та насиченість шкідливими забруднювачами повітря робочої зони, а також підвищена або понижена температура, вологість, підвищений рівень шуму, вібрації, яскраве світлове, інфрачервоне і ультрафіолетове випромінювання від зварювальної дуги, інтенсивні іскри і бризки розплавленого металу при ро-

боті головок для зварювання і наплавлення порошковим і суцільним електродом відкритою дугою ОКС-6569 або А-580М. В результаті процесу в повітря також викидаються різні хімічні сполуки, гази, оксиди металів [29].

Профілактичні заходи повинні передбачати автоматизацію процесів електродугової металізації, скорочення об'єму робіт всього ряду електродугової металізації в замкнутих приміщеннях, устаткування робочих місць місцевою і загальнообмінною вентиляцією [30].

Світлове випромінювання також бере участь в хімічних процесах. Воно є наслідком високотемпературного горіння зварювальної дуги. У спектрі присутні видиме, ультрафіолетове і інфрачервоне випромінювання. Видиме випромінювання має засліплюючу дію, і досить легко блокується тонованим склом зварювальної маски.

Тривала дія інфрачервоного випромінювання здатна викликати катаракту. Перешкоду для інфрачервоних променів можуть скласти спеціальні світлофільтри зварювальних масок. Профілактичні заходи повинні передбачати застосування засобів індивідуального захисту (спеціального одягу, взуття, окулярів, щитків шоломів зі світлофільтрами), обгороджування місць роботи щитами або ширмами, проведення попередніх і періодичних медичних оглядів працівників.

Допустимі рівні оптичного опромінення металізаторника повинні відповідати ГОСТ 12.4.103, ГОСТ 12.4.044, ГОСТ 12.4.045. Обслуговування електрообладнання необхідно проводити у відповідності з «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок користувачів» [29].

Заходи по поліпшенню екологічного захисту на зварювально-наплавлювальній дільниці ТОВ «Автомоторна компанія»:

1). Профілактичні заходи: автоматизація процесів наплавлення, облаштування робочих місць місцевою і загальнообмінною вентиляцією; застосування засобів індивідуального захисту, обгороджування місць роботи щитами або ширмами;

2). Встановлення фільтрів на витяжні системи дільниці;

- 3). Утилізація відходів після відновлення та механічної обробки;

4). Проведення попередніх і періодичних медичних оглядів робітників.

## 4.2 Охорона праці

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. [30,31]. Охорона праці – важливий аспект будь якого виробництва.

Охорона праці – це цілісна система правових, соціальних, організаційно-технічних, санітарн-гігієнічних та профілактичних заходів, які спрямовані на збереження життя, здоров'я, та роботоздатності людини на виробництві [31].

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 системи охорони праці є безпечні умови праці на робочих місцях, безпечне виконання робіт та правильна експлуатація технологічного обладнання, усіх робочих інструментів. Зниження виробничого травматизму й професіональних захворювань – це також важливі складові охорони праці.

У відповідності до теми дипломного проєкту «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення шліцьових валів» проводимо аналіз можливості впровадження розробок по забезпеченню усіх вимог з ОП.

Технологічний процес відновлення шліцьових валів тракторів з використанням наплавлення у середовищі вуглекислого газу. Впровадження плануємо в цеху ТОВ «Автомобільна компанія», яка має комплекс технологічного обладнання.

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.

Працівники, що виконують роботи підвищеної небезпеки проходять попереднє спеціальне навчання, а потім, один раз на рік – їх знання перевіряють від-

повідно до нормативних актів про охорону праці. Перелік таких робіт затверджено Державним комітетом з нагляду за охороною праці.

Кожний робітник забезпечується спецодягом: брезентовим костюмом, шоломом – маскою зварювальника, спецвзуттям, гумовим килимком, рукавицями.

Виконання 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».

Нами проведено аналіз роботи з ОП у ТОВ «Атомтона компанія», в ході якого виявлено ряд недоліків, які можуть привести до непередбачуваних результатів у випадку, якщо їх не ліквідувати.

Так, в майстерні спостерігаються незначні порушення правил безпеки, виробничої санітарії: 1. На дільниці по ремонту агрегатів, на підлозі знаходяться випробувальні вузли і агрегати - знаходяться в нестійкому стані. 2. Гаряча вода в майстерню підводиться, але душ не працює.

Перераховані вище недоліки є потенційно небезпечними факторами і потребують виправлення. Пропонуємо комплекс організаційних та технічних заходів.

Таблиця 4.1 – Заходи для покращення стану охорони праці

Заходи	Відповідальний	Термін виконання
1 Проведення експертизи та ліцензування на відповідність нормативним актам технічної та проектно – конструкторської документації	Директор підприємства, інженер з ОП	Липень
2 Атестація та сертифікування робочих місць на відповідність до вимог нормативної документації усіх послуг, котрі надаються підприємством	Директор підприємства. інженер з ОП	Червень
3 Оновлення стендів з охорони праці на робочих місцях.	Головний інженер, інженер з ОП	Вересень
4 Застосування новітніх ілюстративних технологій для проведення інструктажу та навчання працівників.	Головний інженер	Жовтень
5 Постійний контроль за наявністю та станом пожежного інвентарю	Головний інженер	Вересень
6 Обладнання дільниці кондиціонерами для покращення температурного режиму	Директор підприємства	Грудень

Виконання запропонованих нами заходів дозволить покращити рівень роботи з ОП, санітарно – гігієнічні умови праці ТОВ «Автомоторна компанія»

#### 4.3 Техніко-економічне обґрунтування розробок

##### Розрахунок собівартості відновлення

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.

До прямих витрат ми відносимо основну і додаткову заробітну плату робітників, відрахування на соціальне страхування та вартість запасних частин і матеріалів [32,34].

Визначаємо кількість матеріалів для виконання наплавлення в середовищі вуглекислого газу та витрати на ремонт (табл. 3.3).

Таблиця 4.2 – Витрати матеріалів для ремонту напіввісі міні-навантажувача TDC-1201

Необхідні ресурси (матеріали)	Діагностика вузла		відновлення вісі		Шліфування відновлених поверхонь		Перевірка виконаних робіт	
	Необхідна к/к	Ціна, грн	Необхідна к/к	Ціна, грн	Необхідна к/к	Ціна, грн	Необхідна к/к	Ціна, грн
Електроенергія, кВт	2,5	4,75	23,0	43,7	15,5	29,45	1,75	3,325
Дріт для наплавлення, г.	-	-	1000	180	-	-	-	-
Проточування наплавлених поверхонь Різець прохідний упорний					1	150		
Фрезерування шліців	-				1	240		
Шліфувальний круг ПП600×25×305 ЭБ16-25С1Б, ЭБ16-25С1К, шт.	-	-	-	-	1	160	-	-
Дизельне паливо, мастило, л	1	40	-	-	-		-	-
Разом		44,75		223,7		579,45		3,325

З таблиці видно, що витрати на матеріали склали: на діагностику вузла – 44,75 грн., на відновлення валу – 223,7 грн., проточування та шліфування відновлених поверхонь – 339,45грн., перевірка виконаних робіт - 3,35 грн.

Розраховуємо кількість спожитої енергії:

$$N = k \cdot N_e = 0,55 \cdot 42,75 = 23,5 \text{ кВт/год.}, \quad (4.1)$$

де  $k$  – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання;

$N_e$  – загальна витрата електроенергії кВт/год.

Витрати на електроенергію:

$$1,89 \cdot 23,5 = 44,44 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}} \quad (4.2)$$

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

$$V_{e.d.} = 44,44 \cdot 6 = 266,6 \text{ грн.}$$

Витрати за рік становитимуть:

$$V_{e.p.} = 266,6 \cdot 253 = 67457,83 \text{ грн.}$$

Визначаємо потребу у персоналі для зварювально-наплавлювальної ділянки 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, %
Токар	1	12500	102000	19,54
Шліфувальник	1	12500	102000	19,54
Металізаторник	1	14500	114000	21,84
Контролер-діагност	1	8500	102000	19,54
Разом	3	48500	5220000	100,0

Тривалість діагностування приймаємо 0,5 год., наплавлення в середовищі вуглекислого газу – 39,25 хв.(0,65 год.), точіння – 6,29 хв.(0,15год.), фрезерування – 28,06 хв.(0,2год.), шліфування – 0,4 год. Заробітна плата:

$$48,3+35+7,25+9,66+17,52 = 117,43 \text{ грн.}$$

Собівартість відновлення вісі шліцьового 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 витати на дріт для наплавлення – 180 грн., різець прохідний упорний – 150грн., шліфувальний круг – 160грн.

Вартість матеріалів на одиницю наданих послуг приводимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок собівартості відновлення вісі шліцьового валу

Найменування статті витрат	Відновлення валу
Оплата праці, грн.	217,43
Електроенергія, грн.	266,6
Вартість матеріалів, ресурсів	490
Разом	974,03

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

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

де  $C_p = 974,03$  грн. – собівартість відновлення одної вісі при розробленому процесі наплавлення;

$C_{нов} = 6500$  грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

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

$$\frac{974,03}{0,9} = 1082,25 \text{ грн. , отже: } 1082,25 \text{ грн.} < 6500 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість відновлення вісі валу міні-навантажувач TDC-1201 становить 1082,25грн., а вартість аналогічної нової вісі становить 6500 грн. Із співвідношення видно, відновлення електродуговою металізацією є доцільним.

Розрахунок коефіцієнту відновлення

Коефіцієнт ефективності відновлення деталі розраховується за формулою:

$$K_{ef} = \frac{K_{\delta} \cdot B_{нов}}{B} \geq 1, \quad (4.5)$$

де  $K_{\delta}$  – коефіцієнт довговічності [32 ];

$V_{нов}$  – вартість нової деталі, грн.

Якщо коефіцієнт більше одиниці, то відновлення деталі по розробленій технології буде економічно вигідно.

$$V_p = \frac{0,85 \cdot 6500}{1082,25} = 5,1$$

Результати розрахунку економічної ефективності відновлення деталі представити у вигляді таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Результати розрахунку економічної ефективності відновлення вісі мінівантажувача TDC 1201

Найменування показника	Значення показника
Оплата праці при відновлення деталі, грн	217,43
Вартість матеріалів для відновлення, грн	490
Вартість затраченої енергії, грн	266,6
Загальні витрати на відновлення деталі, грн	1082,25
Коефіцієнт довговічності для наплавлення в середовищі вуглекислого газу	0,85
Вартість нової деталі, грн	6500
Коефіцієнт ефективності відновлення	5,1

Отже, собівартість відновлення вісі валу мінівантажувача TDC 1201 становить 1082,25грн., а вартість аналогічного нового валу становить 6500 грн. Із співвідношення видно, що в умовах дільниці відновлення деталей пропонованим нами способом доцільне.

Висновки. У даному розділі ми запропонували розроблені нами:

- заходи по зменшенню шкідливого впливу на екологічний стан виробничої діяльності; - заходи з охорони праці; - техніко-економічне обґрунтування впровадження розробленої технології у виробництво.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Ми провели ґрунтовний аналіз методів відновлення шліцьових валів тракторів, на основі чого прийшли до висновку, що електродугова металізація є однією з прогресивних технологій у ремонтному виробництві, можливості якої ще повністю не з'ясовані.

2. На підставі аналізу основних дефектів та зносів валів підтверджено можливість застосування електродугової металізації для відновлення зношених поверхонь.

3. На основі виконаних теоретичних оцінок і експериментальних досліджень обґрунтований вибір порошкового дроту, який забезпечує потрібні показники зносостійкості, міцності зчеплення і відповідність коефіцієнтів лінійного розширення покриття – основа

4. Випробуваннями на міцність зчеплення рекомендованого матеріалу електрометалізаційного покриття встановлено, що її рівень знаходиться вище потрібного (80 МПа) і складає 110 МПа.

5. Вибрано основні параметри режиму відновлення при металізації: струм  $I$  - 250 А, напруга  $U=25-30$  В, продуктивність металізації - 10 кг/год. Підготовча обробка - обробка поверхні дробом, межа витривалості після чого - 324 МПа, міцність зчеплення покриття з основою - 104 МПа.

6. Аналіз мікроструктури показав, що з'єднання в покритті відбувається, в основному в результаті сплавлення, чим, і пояснюється висока міцність отриманого покриття.

7. Вимірювання мікротвердості у напрямі перпендикулярному і паралельному поверхні покриття з кроком 0,25 мм показало, що із збільшенням відстані по глибині нарощеного шару мікротвердість знижується.

8. Хімічний склад напиленого шару має істотний вплив на зміну коефіцієнта тертя. Зниження коефіцієнта тертя здійснено шляхом легування.

9. Випробування на зносостійкість виявили залежність інтенсивності зношування та коефіцієнта тертя від способу відновлення зразків. Інтенсивність зносу пари: ролик напилений цим дротом – вкладиш нижча, ніж стандартної пари та пари з роликом, напиленим дротом ферохром+алюміній.

10. Розробили технологічний процес відновлення шліцьового валу мініпогрузчика TDC 1201. Виконали розрахунки параметрів режимів відновлення, а також нормування технологічних процесів.

11. На основі аналізу стану охорони праці та екологічної безпеки на ділянці при виконанні відновлення шліцьових валів запропонували ряд заходів по зниженню шкідливої дії ремонтного виробництва на оточуюче середовище та на людину.

Провели розрахунок економічної ефективності відновлення шліцьового валу мініпогрузчика TDC 1201 розробленим нами способом: визначили собівартість відновлення (1082,25грн.), економічну доцільність та коефіцієнт ефективності відновлення (5,1).

Усі розрахунки та параметри можна застосовувати на практиці, на ремонтних підприємствах області та країни.