

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

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

на тему: «Дослідження сучасних методів підвищення довговічності валів
коробки зміни швидкостей тракторів та удосконалення технології
відновлення»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ступенем *магістр* групи _____
ОПП Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
Грицук Я. О.

Керівник: Іванкова О.В.

Рецензент: _____
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему: «Дослідження сучасних методів підвищення довговічності валів коробки зміни швидкостей тракторів та удосконалення технології відновлення»: 74 с., 30 рис., 10 табл., 2 додатки, 67 джерел.

Об'єктом дослідження є зношені вали коробки зміни швидкостей тракторів після експлуатації, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти деталей двигунів, зокрема, валів коробки зміни швидкостей, які відновлюються сучасними зміцнюючими технологіями.

Метою роботи є розробка сучасної технології відновлення валів коробки зміни швидкостей тракторів

При вирішенні поставлених задач використовувалися методи: металографічні дослідження - мікроструктурний аналіз матеріалу, визначення мікротвердості, фізико-механічних властивостей металу; випробування відновлених деталей на зносостійкість; математичної статистики.

Результати проведених досліджень: проведений аналіз характерних зносів валів та способів їх відновлення; обґрунтовано можливість застосування даного способу для відновлення; розраховані та підібрані основні параметри режимів; обґрунтовано вибір обладнання та матеріалу; приведені результати експериментальних досліджень; розроблено заходи з охорони праці; проведена екологічна експертиза та техніко-економічне обґрунтування.

Визначена собівартість відновлення валів 2040-1005010-А при розробленому процесі 2569,4 грн., що значно нижче ціни нової деталі.

Ступінь впровадження – результати роботи використовувалися при розрахунку режимів відновлення валів коробки зміни швидкостей тракторів.

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: ВАЛ, КОРОБКА ШВИДКОСТЕЙ, ТЕХНОЛОГІЯ, СПОСІБ ВІДНОВЛЕННЯ, НАПЛАВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРОДУГОВА МЕТАЛІЗАЦІЯ, ПАРАМЕТРИ РЕЖИМУ, ТВЕРДІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ.

ВСТУП

Головною задачею в агропромисловому комплексі на сучасному етапі є підвищення продуктивності, ефективності, якості виробництва та збільшення ресурсу техніки. Одним із рішень є відновлення деталей яке дозволяє отримати номінальні розміри, високий ресурс, що тим самим дозволяє економити на придбанні або виготовленні нових деталей техніки.

Наростаючі спрацювання робочих поверхонь, зміна параметрів їх роботи в сторону погіршення приводить до аварійних спрацювань, зламів деталей, виходу машини з експлуатації.

Реальною можливістю забезпечення роботоздатності коробок швидкостей та трансмісії тракторів є відновлення зношених деталей. Використання новітніх технологій наближує відновлені деталі за рівнем їх якості до нових і підвищує ресурс.

Застосування зносостійких покриттів при відновленні дає можливість реалізувати новий підхід до відновлення роботоздатності машин. Механічна міцність деталі гарантується матеріалом основи, а опір зносу, корозії, термічним та іншим навантаженням – поверхневим шаром покриття. Тому тема дипломної роботи «Дослідження сучасних методів підвищення довговічності валів коробки зміни швидкостей тракторів та удосконалення технології відновлення» є актуальною на даний момент.

Мета дослідження - удосконалення сучасної високопродуктивної технології відновлення валів коробки зміни швидкостей тракторів

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- провести аналіз характерних зносів валів коробки зміни швидкостей тракторів та способів їх відновлення;
- визначити оптимальний спосіб відновлення валів коробки зміни швидкостей тракторів;
- обґрунтувати можливість застосування відновлення дефектів валів коробки зміни швидкостей тракторів методом електродугової металізації;

- обґрунтувати вибір обладнання та матеріалів для відновлення зношених поверхонь;
- дослідити режими електродугової металізації і розробити оптимальні параметри відновлення;
- провести теоретично оцінку рівня напружень, що формуються, внаслідок відмінності коефіцієнтів лінійного розширення покриття;
- провести експериментальні дослідження: на міцність зчеплення; металографічні та зносостійкості відновлених валів;
- обґрунтувати ефективність способу відновлення;
- узагальнити результати досліджень розробити технологію відновлення валів коробки зміни швидкостей тракторів методом електродугової металізації.

Об'єкт дослідження – зношені поверхні валів після експлуатації, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти, які мають поверхні валів коробки зміни швидкостей тракторів; відновлення дефектів методом електродугової металізації.

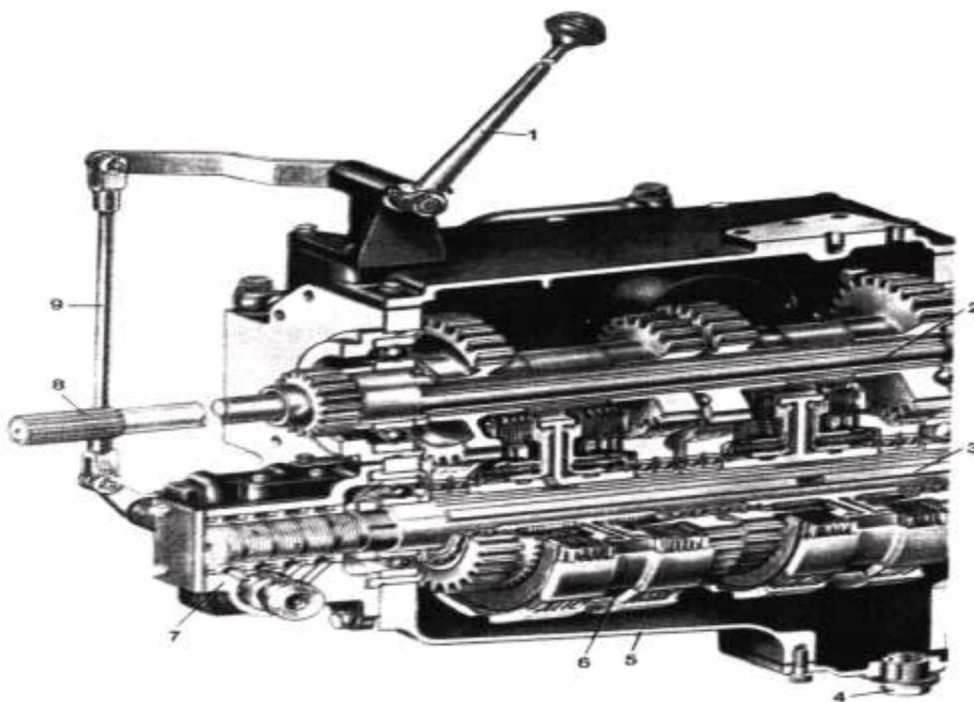
Методи дослідження: аналіз: зносів та дефектів деталей та способів їх відновлення, математичної статистики; металографічного аналізу: визначення твердості, мікроструктурний аналіз матеріалу, методи оцінки міцності зчеплення матеріалу покриття з основою та випробування на зносостійкість; синтез: порівняння та узагальнення результатів проведених досліджень.

Теоретична значущість - підтвердження можливості застосування відновлення зношених поверхонь валів коробки зміни швидкостей тракторів електродуговою металізацією, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин. **Практична значущість** - підтвердження можливості використання даного способу на ремонтних підприємствах з метою збільшення ресурсу відновлених деталей.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Характеристика вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора Т-150



1 - важіль; 2 - первинний вал; 3 - вторинний вал; 4 - пробк зливний отвору;
5 - корпус; 6 - гідрофрикціон; 7- розподільник; 8 - вал приводу ВОМ;
9 - золотника тяга [15].

Рисунок 1.1 - Коробка зміни передач трактора Т-150

Зовнішній вигляд вторинного валу КЗП трактора Т-150 150.37.037- 2СБ показаний на рис. 1.2



Рисунок 1.2 -Зовнішній вигляд вторинного валу коробки передач трактора Т-150.

Вторинний вал коробки передач трактора Т-150 150.37.037-2СБ виготовлений із сталі 45.

Основні показники міцності конструкційної сталі 45 приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Показники міцності сталі 45 [15]

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

Співвідношення по втомленій міцності для сталевих зразків гладких і вторинних валів представлені у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Характеристики втомної міцності деталей зі сталі 45

| Марка сталі | Межа втомної міцності, МПа | |
|-------------|----------------------------|-------------------------|
| | Зразків гладких валів | Зразків вторинних валів |
| Сталь 45 | 305 | 122 |

З таблиці 1.2 ми бачимо, що межа міцності зразків вторинних валів різко знижується в порівнянні з гладкими валами.

Допустима величина зносів місць посадок підшипників не перевищує 0,07мм, а місць під сальники та манжети - 0,5...0,8мм. Якщо ширина шпонкою канавки збільшилась на 15 %, то це вважається граничним зносом.

Дефекти циліндричних поверхонь визначаються мікрометром з ціною поділки 0,01мм. Згин валів і биття - індикатором (0,01мм) на штативі. Знос різбових поверхонь - шаблонами та калібрами.

Найбільша повторюваність дефектів зовнішніх циліндричних поверхонь, причому у 60 % деталей підлягають відновленню дві, а в деяких деталях 3 - 1 і навіть 5 циліндричних поверхонь. Досить часто вали мають дефекти шпонкових пазів і зовнішньої різьби [8].

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

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

З ремонтного фонду деталей 35- 75% можуть мати знос шліців по товщині, 15-65% на конус. Практично кожна деталь матиме зноси циліндричних поверхонь. Допустимі величини зносів поверхонь шліців по товщині можуть бути від 0,05 до 2мм. Зношеність більше 1мм мають шліци близько 10 % валів. Знос по зовнішньому діаметру шліців становить 0,1...0,2мм.

Дефекти циліндричних поверхонь носять найбільшу повторюваність. Понад 60 % деталей можуть бути відновлені. Дефекти шпонкових пазів і зовнішньої різьби валів коробки зміни швидкостей тракторів досить часто зустрічаються. [8

На підприємствах ремонтного сервісу на даний час прийнята така технологія відновлення.

Кінці валів з пошкодженою різьбою відновлюють наплавленням віброконтактним методом дротом 1,8Нп-50, проточують наплавлений кінець до номінального розміру. Потім фрезерують канавки і нарізають нову різьбу. У випадку незначного зносу (0,06 мм) посадочних місць під підшипники кочення їх ремонтують еластоміром ГЗН-150В. При значному (понад 0,06 мм) зношені поверхні наплавляємо віброконтактним методом дротом 1,8Нп-50, далі - проточують і шліфують до номінальних розмірів. Після проточки обробляють пластичним деформування, обкатуючи роликами.

Довговічність вторинних валів коробок зміни швидкостей трактора Т-150, що були відновлені оцінюють кількістю коробок на повторному відновленні валів, що містять втомні тріщини. Такі підлягають вибракуванню.

1.2. Аналіз існуючих способів і технологій відновлення зношених поверхонь валів коробки швидкостей тракторів

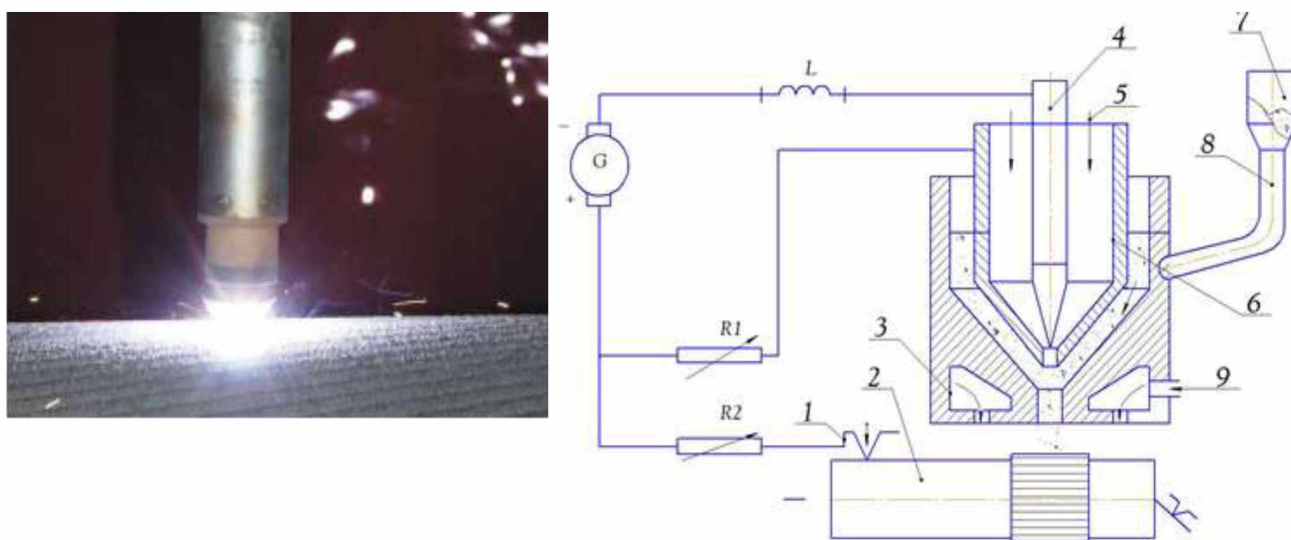
1.2.1 Відновлення плазмово-дуговим напиленням

Плазма це іонізований, нагрітий до високої температури газ, створений дуговим електричним розрядом у каналі плазмотрона. При цьому супроводжується обдуванням електричної дуги потоком плазмотвірного газу -

аргону, чи азоту (18000°C). Присадним матеріалом може бути електродний дріт або спеціальний порошок.

Пропускаючи газ через дуговий розряд вузького каналу плазмового пальника, одержують плазмовий струмінь. Канал пальника охолоджується водою. Стовп дуги стискається, іонізація дугового проміжку підвищується, а температура зростає до $15^{\circ} - 18^{\circ}$ тис. [10,11].

Схема технологічного процесу відновлення плазмово-дуговим напиленням зображена на рисунку 1.2 [9].



1 - дріт; 2 - деталь; 3 – сопло зовнішнє; 4 - вольфрамовий катод;
5 - плазмотвірний газ; 6 - сопло внутрішнє (анод); 7- живник; 8 – газ транспортуючий; 9 – газ захистний; G - джерело струму

Рисунок 1.2 – Схема технологічного процесу відновлення плазмово-дуговим напиленням [9].

Для плазмового напилення і наплавлення промисловістю випускаються установки: УМП-5. УМП-6 і УПУ-3, УПУ-3Д. Цим способом на ремонтних підприємствах відновлюють розподільні вали автотракторних двигунів, вісі їх штовшачів, вали коробок зміни швидкостей тракторів, валики приводу вентилятора дизелів. Присадним матеріалом виступають порошки марок ПН701030 і ПХ23Н19. Товщина напиленого шару знаходиться в межах 0,6-0,8 мм [10].

1.2.2 Відновлення зношених деталей машин електролітичними покриттями

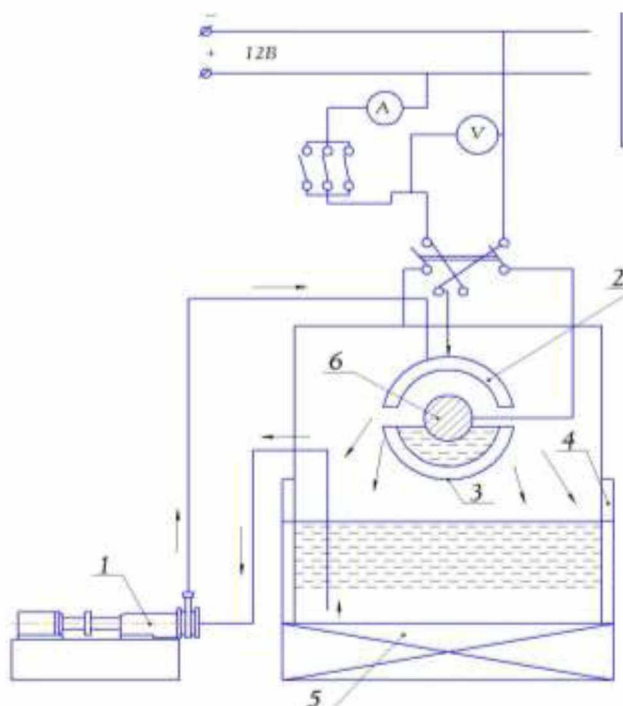
Електролітичні покриття використовуються з метою відновлення із зміцненням деталей сільськогосподарської техніки. Основні методи: хромування, залізнення, цинкування, кадмування та інші. Мета нанесення покриттів – зміцнення поверхонь, антикорозійних захист [7].

У технологічному процесі використовують аноди з металу, що наноситься на деталь. Електроліт - розчин солей металу, який наноситься в дистильованій воді з кислотою, що забезпечує стабільність процесу і високу якість покриття.

Три стадії технологічного процесу нанесення електролітичних та хімічних покриттів:

- 1). підготовчі операції,
- 2). процес нанесення покриттів,
- 3). заключні операції.

Схема струминного електролітичного покриття у проточному електроліті приведена на рисунку 1.6. Електроліт подається з основної ванни 4 через анодну насадку на поверхню деталі 6, яка обертається, причому вона занурюється в електроліт у ванночці 3, а потім направляється в основну ванну 4.



1 – насос; 2 – анод; 3 – місцева ванночка; 4 – основна ванна; 5 – підігрівач;
6 – деталь (вал)

Рисунок 1.3 - Схема нанесення електролітичного покриття шийок валу

Заключні операції: миття деталей, термічна і чистова механічна обробка.

1.2.3 Лазерне наплавлення

Лазерна технологія застосовується в ремонтному виробництві для зварювання та наплавлення. Лазерний промінь є джерелом тепла.

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. Установка для лазерного наплавлення має також механізми подачі в зону наплавлення металевого порошку і обертання деталі та переміщення лазерного апарата [7, 12].

На рисунку 1.4 представлена схема установки для лазерного зварювання і наплавлення з рубіновим генератором.

Рубіновий стержень 9 опромінюються імпульсною лампою 8, яка живиться від конденсаторної батареї 11. Відбивач 7 і заднє дзеркало 10 направляють лазерний промінь 6 на напівпрозоре дзеркало 5 і через поворотне дзеркало 4 фокусують лінзу 3 на деталь 1, яку наплавляють. Трубою 12 вводять наплавний порошок. Для захисту розплавленого металу від окислення Через сопло 2 в зону наплавлення подають захисний газ (аргон).

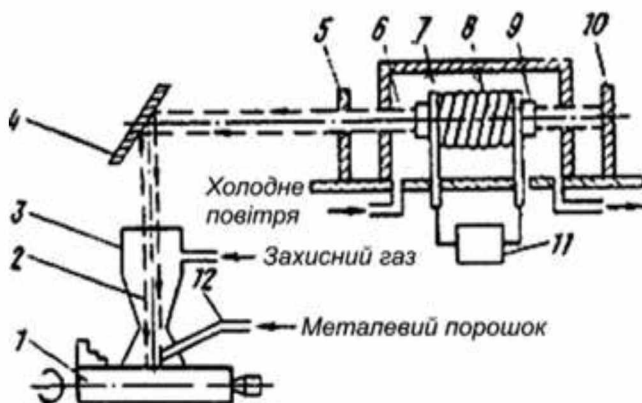


Рисунок 1.4 – Схема установки для лазерного наплавлення

Зовнішній вигляд лазерної варіоголовки представлений на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 - Лазерна головка із перемінною фокусною відстанню VF001M.

Найбільш якісне покриття отримують з використанням самоформуєчих порошоків марки СНГН. Твердість наплавленого шару досягає HRC 60...63, міцність зчеплення з основним металом – 250 МПа [16].

Переваги лазерного наплавлення: висока мобільність променя, який можна направити у важкодоступні ділянки виробу; незначне нагрівання виробу, що практично виключає утворення зони термічного впливу.

Недоліки: складність установок для лазерного зварювання і наплавлення. Незважаючи на це, ці методи знаходять широке застосування в ремонтній галузі.

1.2.4 Електроіскрове нарощування металу

Широке застосування на практиці для виготовлення, ремонту із зміцненням використовуються методи, які ґрунтуються на використанні концентрованих потоків енергії. В зоні нагріву питома потужність при цьому сягає понад 100 Вт/мм². Виходячи із аналізу енергетичних характеристик відомих методів відновлення, найбільшу концентрацією енергії має електрична іскра.

Вперше властивості електричних розрядів дослідили відомі вчені: Роберт Бойль (1694р.), Бенджамін Франклін (1751р.), Джозеф Прістлі (1766р.), Ліхтенберг Георг Крістіан (1777р.)

У 1938 році Л. А. Юткин виявив, що серія електроіскрових розрядів може створювати гідравлічні формоутворюючі удари. Це дало поштовх використанню електроіскрового штампування металів [15]. У 1943 році подружжя науковців Б. Р. Лазаренко і Н. Й. Лазаренко, запропонували використати для властивості електроерозійних розрядів формоутворення в повітряному проміжку. Методи металообробки, що базуються на принципах електроіскрової обробки широко використовуються у промисловості.

Використання методів електроіскрової обробки забезпечує [14-16]:

- отримання поверхонь тертя, що володіють заданими властивостями;
- зміцнення нарощеного шару при збереженні вихідних властивостей серцевини деталі;
- нарощення шару з нетехнологічних зносостійких матеріалів: чавунів, високо вуглецевих заєвтектоїдних сплавів;
- формування дрібнозернистого зміцненого шару;
- формування метастабільних фаз сплавів;
- через швидку кристалізацію розширення розчинності легуючих елементів.

Недоліки:

- мала товщина шарів, які наносяться на поверхню (0,2-1,0мм);
- невисока продуктивність обробки;
- складність створення мікрорельєфу заданої шорсткості.

Ці недоліки не є суттєвими, тобто вони не обмежують використання процесу. Наприклад, електроіскрова обробка має високу ефективність, коли знос деталі $\leq 1,0$ мм. З аналізу літературних джерел [16,17] видно, що 90% відсотків зношених деталей машин зношуються до 0,1мм. А для збільшення продуктивності процесу доцільно використовувати одночасно декілька електродів.

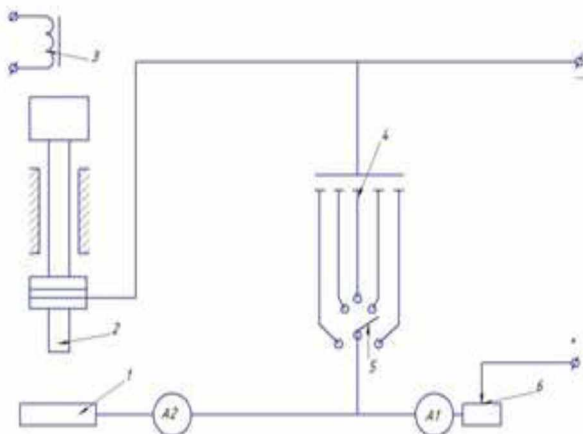
Методами електроіскрової обробки в даний час відновлюють з метою: підвищення зносостійкості та твердості поверхні деталей машин, що експлуатуються в умовах значного навантаження, великих швидкостей

обертання, при підвищених температурах; підвищення корозійної стійкості поверхні; зміни властивостей інструментальних сталей та поверхонь виробів з кольорових металів.

Електроіскрове нарощування базується на явищах електричної ерозії - руйнування металу електрода-анода (інструменту) 2 (рис. 1.9) і перенесення його на катод (деталь) при виникненні розрядів іскрових між ними.

Суть процесу електроіскрового нарощування в наступному. При великому проміжку між електродом і деталлю електричний ланцюг розмикається і у системі накопичується енергія. Якщо міжелектродний проміжок зменшується, напруженість електричного поля стає достатньо великою для утворення між деталлю та електродом електричного іскрового розряду. Через утворений канал, миттєво проходить вся, накопичена в системі енергія.

Потік електронів, що рухається з дуже високою швидкістю, вдаряються у поверхню анода. Це явище миттєво нагріває частину поверхні анода до дуже високої (10000- 14000°C) температури. Під її дією анодний об'єм дуже швидко плавиться, закипає та вибухає. Під час цього вибуху частинки розплавленого анодного металу розбризкуються і, долітаючи до поверхні катода (деталі), осідають на ньому.



а)

б)

в)

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

Рисунок 1.6 - Схема електроіскрової установки [15]

1.2.5 Газотермічні способи відновлення

Газотермічне напилення - це процес нанесення покриття на поверхню деталей при допомозі високотемпературного струменя, що містить порошок або краплини розплавленого матеріалу, які осаджуються на поверхні під час зіткнення з нею [7,9].

Напилюванням отримують покриття з різних металів та сплавів як на металеву, так і на неметалеву основу, зокрема: скло, кераміку.

Переваги газотермічних способів:

- незначне нагрівання деталі (не вище 200°C), що дозволяє зберегти властивості та структуру основного матеріалу;
- формується покриття із широким спектром властивостей;
- можливість нанесення покриттів різної товщини;
- висока продуктивність технологічного процесу;
- напилені шари захищають поверхні від корозії і надають їм декоративного вигляду.

Основні види газотермічного напилювання, залежно від джерела теплової енергії для розплавлення металу: газополуменеве, газоелектричне (електродугове і плазмове).

Газополуменеве напилення. Суть полягає у тому, що порошковий матеріал або дріт розплавляється полум'ям горіння суміші газів і розпилюється інертним газом, або стиснутим повітрям.

Порошковий матеріал у зону горіння полум'я може подаватися або за допомогою транспортувального газу, або по трубці безпосередньо з бункера під дією сили тяжіння [13].

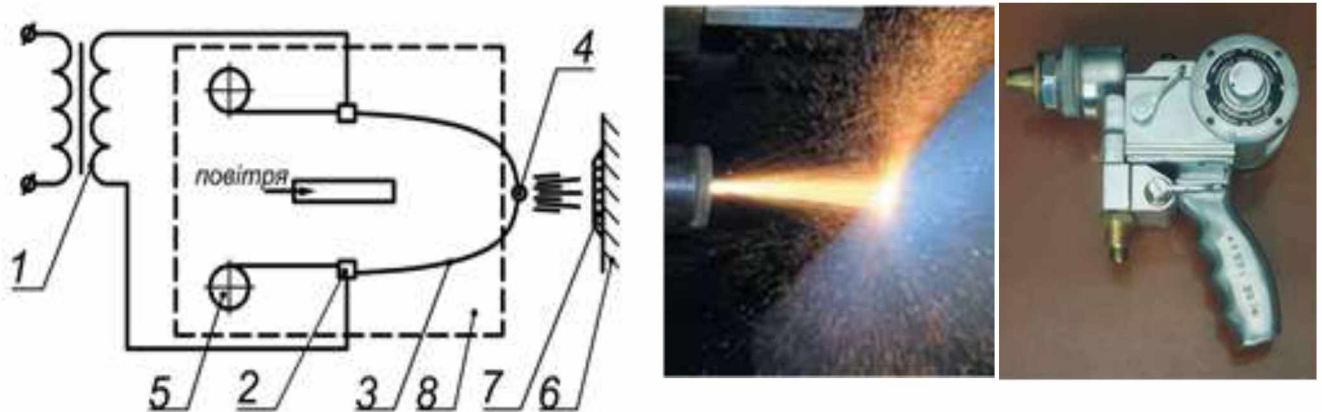
Спосіб подачі порошку інертними газами сприяє зниженню окислення розплавлених частинок металу. Подача порошку стиснутим повітрям характерна простотою технологічного обладнання і відсутністю транспортувального газу. Але має місце інтенсивна взаємодія порошку з навколишнім середовищем [7].

Зносостійкі залізні або нікелеві порошки, мають високі технологічні та експлуатаційні властивості, використовують для ремонту деталей, які експлуатуються при інтенсивному терті.

Використання електродугової металізації

Електродугове напилення – це процес, за якого присадковий матеріал, яким напиляють, розплавляється у спеціальному апараті електричною дугою, а потім за допомогою струменя стиснутого повітря наносять на робочу поверхню відновлюваної деталі.

При електродуговому напилюванні (рис. 1.7) два дроти з напилюваного металу діаметром 1 - 2 мм, з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подачі по напрямних наконечниках. У точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається по каналах металізатора (газотермічне напилення у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100 – 300 м/с у вигляді частинок розміром 3 – 300 мкм [5,6].



а). схема процесу електродугової металізації б).технологічний процес в). металізатор

Рисунок 1.7 – Схема процесу електродугової металізації

Металевий дріт 3, розплавлений електричною дугою 4, що виникає між електродами (електродний дріт), розпилюється (розміри часток від 2 до 100 мкм) потоком повітря (0,5-0,6 МПа) і вкриває деталь 6 дрібними частками 7. Ці частки, б'ючись на великій швидкості (100-250 м/с) по поверхні, що покривається (що металізується), зчіплюються з нею, утворюючи складне покриття. Струмopровідні пластини 2 служать для підведення електроенергії до

дротів-електродів від джерела напруги 1 (комплект електродугової металізації КДМ-2). Дріт з касет 5 за допомогою подаючого механізму, що дозволяє регулювати швидкість руху, спрямовується в зону плавлення.

Утворення потоку напилюваних крапель відбувається за рахунок плавлення присадочного матеріалу високоамперною дугою і його диспергування швидкісним потоком газу [6,11].

Дуга, перебуваючи під впливом електродинамічних і газодинамічних сил, рухається в міжелектродному просторі. На другому етапі, тривалістю в 10,2-10,3с здійснюється винесення дуги за оплавлені електродні торці. Максимальна температура дуги при цьому складає близько 4000-6000⁰С. Метал інтенсивно плавиться. Тепло стовпа електричної дуги нагріває газ, який розпилює метал дроту. Смуга частот цих процесів: від 250 до 2500Гц. Розплавлені краплі підхоплюються із зони дуги потоком руху газу, з надзвуковою, або ж близькою до неї, швидкістю і переносяться до поверхні формування, де їх швидкість і швидкість газової дуги вирівнюються і складають 50-150 м/с.

Ця технологія має великий ряд перевага в порівнянні з традиційними процесами нанесення захисних покриттів, гальванічним цинкуванням або електролітичним хромуванням.

У Німеччині зношені деталі автомобільних двигунів відновлюють із застосуванням підшару із сталевого дроту марки 45C4Si34 діаметром 1,6мм [13]. У Румунії електродуговим напиленням дротів відновлюють тріщини у блоках циліндрів, посадочні місця підшипники ковзання. Міцність зчеплення досягає 80МПа. У Англії і Німеччині зношені деталі відновлюють із застосуванням хромонікелевого дроту [19]. У США відновлення зношених шийок валів роблять, використовуючи той же матеріал підшару, що і основного покриття - мартенситну нержавіючу сталь, що відрізняється високою зносостійкістю і низькою усадкою. Розпилення основного шару здійснюється при температурі дуги 3800⁰С–4000⁰С, швидкості напилення 13,6 кг/год. і струмі 300 А, а підшарку при нижчому тиску повітря. При відновленні деталей методом електродугової металізації широко використовують серійні установки електродугового напилення типу КДМ- 2 і стаціонарні металізатори ЕМ-14М і

ЕМ- 15 [11,14].

Отже, для відновлення зношених валів коробки зміни швидкостей 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 зносостійкі та міцні покриття, які найкраще з'єднуються з основою. Експлуатаційні витрати електрометалізатора невеликі.

Висновки

Дослідження умов експлуатації валів коробки зміни швидкостей трактора, зміни їх параметрів в процесі роботи, а також аналіз літературних джерел дозволили нам зробити наступні висновки:

1. Конструкція вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора, велика кількість концентраторів напруги, важкі умови роботи, зокрема, дія знакозмінних навантажень, зумовлюють високі вимоги до їх надійності. Отже, актуальним є завдання розробки ефективних технологій їх відновлення.

2. Серед методів відновлення найбільш прийнятною з точки зору технологічності і економічної ефективності процесів є технологія електродугової металізації.

1.4 Обґрунтування теми магістерської роботи

Першочергове завдання - збільшити післяремонтний ресурс відремонтованої техніки і зміцнити базу сервісних підприємств можливо тільки шляхом розробки нових високопродуктивних технологій відновлення деталей.

Актуальність теми. Застосування зносостійких покриттів при відновленні деталей дає можливість реалізувати новий підхід до відновлення роботозатності машин. Електродугова металізація дозволяє суттєво інтенсифікувати процеси відновлення деталей, але можливості її ще не повністю з'ясовані. Отже, дослідження в напрямку розширення технологічних можливостей електродугової металізації, є однією з **актуальних задач**.

Мета дослідження - удосконалення сучасної високопродуктивної технології відновлення валів коробки зміни швидкостей з використанням технологічного процесу електродугової металізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні *задачі*:

- провести аналіз характерних зносів валів коробки зміни швидкостей та способів їх відновлення;

- обґрунтувати можливість застосування відновлення дефектів валів коробки зміни швидкостей методом електродугової металізації;

- дослідити режими електродугової металізації і розробити оптимальні параметри відновлення;

- обґрунтувати вибір обладнання та матеріалів для відновлення зношених валів;

- провести експериментальні дослідження: на міцність зчеплення; металографічні та зносостійкості відновлених валів;

- обґрунтувати ефективність способу відновлення;

- узагальнити результати досліджень розробити технологію відновлення колінчастого валу методом електродугової металізації.

Об'єкт дослідження – зношені поверхні валів коробки зміни швидкостей після експлуатації, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти, які мають поверхні валів коробки зміни швидкостей; відновлення дефектів методом електродугової металізації.

Методи дослідження: аналіз: зносів та дефектів деталей та способів їх відновлення, математичної статистики; металографічного аналізу: визначення твердості, мікроструктурний аналіз матеріалу, методи оцінки міцності зчеплення матеріалу покриття з основою та випробування на зносостійкість; синтез: порівняння та узагальнення результатів проведених досліджень.

Новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- підтверджено можливість застосування електродугової металізації поверхонь валів коробки зміни швидкостей і використання розробленої технології на ремонтних підприємствах.

Практичні значення одержаних результатів.

1. На підставі аналізу умов роботи і зношеності валів коробки зміни швидкостей сформульовані основні вимоги, що висуваються до способу їх відновлення.

2. На основі виконаних теоретичних оцінок і експериментальних досліджень обґрунтований вибір порошкового дроту, який забезпечує необхідні показники зносостійкості

3 В результаті пошукових досліджень встановлено, що наплавлення необхідно проводити з регулюванням трьох параметрів: сили струму наплавлення, швидкості, витрати порошкового дроту. Отримані залежності дають можливість оцінити технологічну ефективність процесу електродугової металізації і управляти вихідними параметрами для отримання зносостійких покриттів.

4. Було обрано технологічне обладнання для відновлення валів коробки зміни швидкостей. Вибрано основні параметри режиму наплавлення та наступної механічної обробки

5. Використання запропонованого способу, обладнання і матеріалу дозволяє підвищити ресурс відновлених деталей, зменшити витрати на ремонт.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень розглянуто та обговорено:

Результати були опубліковані:

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

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів і висновків загальним обсягом 70 сторінок машинописного тексту, 22 таблиці, 29 рисунків, 71 найменування використаних джерел та додатки.

2.МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Пошук достовірних критеріїв оцінки властивостей характеристик відновлених поверхонь колінчастих валів, управління їх якістю, вимагає розгляду відомих методик і розробки нових залежностей. На базі аналізу умов експлуатації колінчастих валів і відповідно вимогам до них запропоновані методи випробувань поверхонь, відновлених із застосуванням електродугової металізації.

Послідовність проведення досліджень

1. Аналіз літературних джерел з метою обґрунтування вибору способу відновлення валів коробки зміни швидкостей.
2. Визначення оптимального способу відновлення валів коробки зміни швидкостей;
3. Вивчення характеру зносів валів коробки зміни швидкостей, визначення можливості відновлення обраним способом.
4. Вибір технологічного обладнання, матеріалу та проведення електродугової металізації зношених місць.
5. Розрахунок і підбір основних параметрів режиму електродугової металізації при відновленні зношених місць.
6. Дослідження механічних властивостей - міцності зчеплення матеріалу покриття з основою, мікроструктури та зносостійкості відновлених поверхонь.
7. Розробка рекомендацій щодо практичного впровадження технології відновлення зношених валів коробки зміни швидкостей, включаючи техніко-економічну оцінку розроблених заходів.

2.2 Методика визначення оптимального способу відновлення валів коробки зміни швидкостей

Сьогодні існує три основні методи вибору процесу відновлення деталей, що відрізняються різним ступенем обліку технічних і економічних показників. Перший ґрунтується на повній підрахунку собівартості ремонту деталі різними методами та порівнянні результатів. Другий метод порівнює між собою

комплексні величини у вигляді відношення технологічних витрат до ресурсу деталі нової й відновленої. У якості базового показника вибирають таке відношення для нової деталі.

Третій метод враховує значення комплексного показника як функції трьох критеріїв: застосовності, довговічності й техніко-економічного.

До недоліків першого методу є відсутність обліку технічного стану й післяремонтного наробітку відновленої деталі й непорівнянність результатів розрахунків. Другий і третій методи дозволяють застосовувати способи, які при малій собівартості відновлення забезпечують і малу довговічність у порівнянні з нормативним наробітком машини.

Критерії оцінки процесу відновлення деталей мають велике значення для ремонтного виробництва, тому безупинно уточнюються [1]

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 за допомогою поетапного застосування трьох критеріїв – технологічного, технічного, техніко-економічного.

За допомогою технологічного критерію визначаємо принципову можливість використання заданих методів відновлення стосовно до конкретної деталі. Найбільш поширена методика оцінки способу відновлення при допомозі послідовного застосування 3 критеріїв – технологічного, технічного, техніко-економічного. Технологічний критерій – повинен визначати принципову можливість використання різних методів ремонту конкретної деталі

Характеристиками технологічного критерію методів відновлення деталей є коефіцієнти, що характеризують: стійкість до зношування (K_c); витривалість (K_v), зчеплення (K_z), довговічність (K_d).

Отже, технічний критерій характеризує: стійкість обробленої поверхні до зношування; витривалість відновленої поверхні; зчеплення нарощеного металу з металом деталі; довговічність.

За допомогою техніко-економічного критерію пов'язуємо економічні показники ремонту деталі з її довговічністю. По кожному способу із залишених після оцінки по технічному критерію необхідно оцінювати частку C_B/K_D , де C_B – питома вартість відновлення; K_D – коефіцієнт довговічності деталі.

Пропонуємо використати метод Парето. Так як абсолютні значення критеріїв можуть відрізнятися між собою на порядок і більше необхідно виконати нормування критеріїв [6]. Для цього необхідно знайти суму значень коефіцієнтів: мікротвердості і питомої вартості [6]. Нормовані значення, отримуємо шляхом відношення коефіцієнту до суми.

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.

Виконуючи аналіз методів дослідження і оцінки міцності покриття, зіштовхнулися із тим, що відсутня єдина стандартна методика проведення досліджень. Різноманіття і взаємодія чинників, що визначають міцність з'єднання покриття з основою ускладнює, а іноді і робить неможливим порівняння і аналіз даних, отриманих з різними покриттями, розмірами і формою зразків [32]. Крім цього для покриттів, що містять значну кількість пір, що характерно для методу електродугової металізації, характерно заниження результатів у разі застосування штифтових методик. При визначенні адгезійної міцності з використанням клейових композицій на досліджуваний параметр великий вплив робить глибина просочення і склад клейової композиції, що підбираються методом проб і помилок [38]. Істотним недоліком більшості з вище

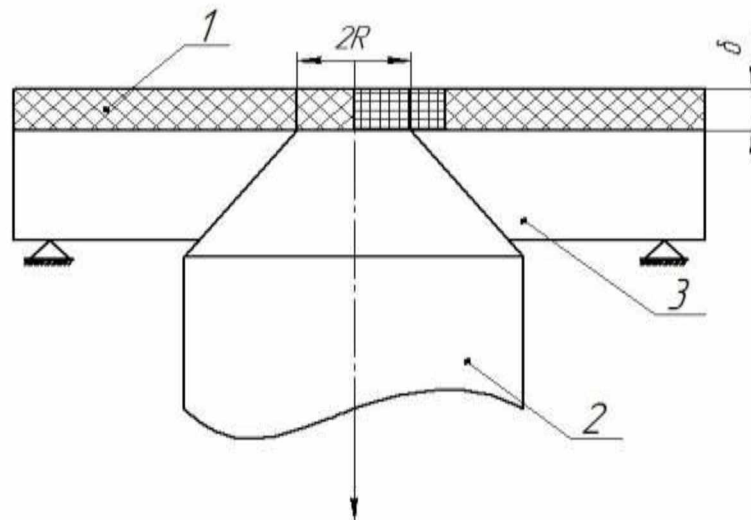
перелічених методів визначення міцності зчеплення покриття з основою є залежність визначуваного показника від розмірів зразка [32]. Так, для окремих методів зміна масштабного чинника призводить до падіння величини руйнівного напруження майже в 2 рази. Це є неприпустимим при оцінці доцільності застосування покриття для відповідальних деталей.

Випробування міцності зчеплення служить для того, щоб встановити чи забезпечує даний спосіб підготовки поверхні деталі під напилення достатню міцність зчеплення покриття з основним металом.

Для оцінки міцності зчеплення покриття використали метод штифтів. Зразком служить шайба 3, в отвір якої встановлюється циліндричний штифт 2 таким чином, що його торцева поверхня знаходиться врівень з площиною підстави шайби. На загальну поверхню торця штифта і шайби після відповідної підготовки наносимо 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.

Товщина напиленого покриття при цьому виді випробування 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 [32]. Відношення радіуса R і товщини покриття δ повинно

бути $\frac{R}{\delta} < 20$



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

Рисунок 2.2 – Схема дослідження покриття по штифтовому методу.

В нашому випадку відношення $\frac{R}{\delta} < 5$.

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. Універсальна випробувальна машина типу УММ є контрольно-вимірювальним приладом і призначена для випробування зразків металу та елементів конструкцій статичними навантаженнями при розтягненні, стисненні, згині. Установка складається з машини і пульта керування, змонтованих на фундаменті і з'єднаних між собою маслопроводами. Масло в систему робочий циліндр – силовимірювальний циліндр нагнітається насосом. Робоча рідина - мінеральні масла – суміш індустріального 45 з компресорним М у пропорції 2:1. Машина комплектується пристосуваннями для випробувань з різними схемами навантаження: стиснення, згинання, розтягнення. Зокрема, пристосуванням для випробування на стиснення зразків будь-якої форми, краї яких вписуються у коло діаметра пристосування. Машина вертикальна, двохколонна з гідравлічним приводом переміщенні рухомої траверси і механічним приводом нижнього захвату, кінематично це є дві

спряжених рами, одна з яких нерухома, інша – рухома, рух якої здійснюється за допомогою гідравлічного приводу.

Методика випробування зразків. Штифт встановлюють так, щоб поверхня основи і торець штифта були в одній площині. На верхню поверхню наносять 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 зразка встановлюють на упори, а штифт 2 витягують вниз (рис.2.2). Відношення величини навантаження, при якому відбувається відривання штифта від покриття зразка, до площі торця характеризує міцність зчеплення матеріалу з основою.

2.4 Методика проведення металографічних досліджень

2.4.1 Зразки для лабораторних досліджень

Для досліджень якісної технології відновлення деталей сільськогосподарської техніки методом електродугової металізації з використанням рекомендованого матеріалу покриття були вибрані вали коробок зміни швидкостей (Сталь 45)

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 45 [33]. Для того щоб вимірювання проводилися в одних і тих самих перерізах, на зразках і деталях робилися мітки.

Усі зразки для експериментів виготовлювалися на одному і тому ж обладнанні з однаковими режимами.

В якості матеріалу покриття використали порошковий дріт на основі ферохромалюмінію легований додатковими легуючими компонентами - Мо, Ті, V, які забезпечують додаткове виділення пересичених фаз в α - залізі, які сприяють зміцненню для забезпечення необхідної зносостійкості на рівні нової деталі в процесі граничного тертя.

Відповідно до поставлених завдань і прийнятих методів дослідження готували зразки, що характеризують властивості основного матеріалу і покриття на ділянках шатунних і корінних шийок колінчастих валів дизельних двигунів. Вирізку зразків проводили механічним способом тонкими відрізними абразивними кругами при сильному охолодженні.

2.3.3 Методика дослідження мікроструктури та мікротвердості зразків

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

Виготовлення зразків для вивчення мікроструктури здійснювали з ділянок площею поверхні 10-20 мм², товщиною 10мм. Вони повинні включати нарощені площини, перехідну зону і основний метал.

Приготування шліфів виконували за методикам, широко висвітленим в літературі [29]. В якості реактиву для травлення поверхні зразків використали 4%-ний розчин соляної кислоти в етиловому спирті.

Мікротвердість H_m [30] визначали на твердомірі ПМТ-3 з навантаженням $P=50$ г. Для кожного експерименту по результатах п'яти вимірювань підраховували середнє значення та середньоквадратичне відхилення $\pm(20...30)$ одиниць.

2.3.4 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.

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

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

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.



а



б

а – зовнішній вигляд машини тертя МІ-1М; б – аналітичні ваги ВЛА-200М
Рисунок 2.3– Обладнання для порівняльних випробувань на знос

2.3.6 Математична обробка експериментальних даних

Результати експериментальних даних мікротвердості нових та зміцнених деталей, оброблялись згідно методики [35]. За результатами даного вимірювання

були визначені теоретичні значення мікротвердості по довжині робочої поверхні. Для цього було проведене вирівнювання емпіричного розподілу по прийнятому теоретичному закону, а також порівняння емпіричних і теоретичних функцій по критерію узгодження Пірсона.

2.3.7 Методика експлуатаційних випробувань

Дослідження зносостійкості відновлених поверхонь проводили на партії вторинних валів, усі зношені поверхні яких були відновлені у 6 валів - методом електродугової металізації. Такий метод випробувань, за даними роботи [31], дозволяє одержати достовірні і порівнянні результати. Двигуни з валами маркували й експлуатували в умовах ТОВ «УкрЛатАгро» Миргородського району Полтавської області. Таким чином, випробувано 6 валів коробок швидкостей тракторів Т-150К

Висновки

1. Запропонована методика визначення оптимального способу відновлення валів коробки швидкостей тракторів
2. На основі аналізу умов експлуатації даних деталей, вимог до їх якості, а також вивчення видів випробувань, запропоновані методи оцінки покриття на міцність зчеплення.
3. Для оцінки якості покриття пропонуються сучасні методів досліджень: металографічного, оцінки мікротвердості.
4. Розроблена методологія досліджень, яка включає проведення експериментів за оцінкою структури, властивостей покриттів з урахуванням матеріалу і параметрів процесу електродугової металізації. Запропонована послідовність проведення досліджень для вирішення поставлених завдань і досягнення мети роботи.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Визначення оптимального способу відновлення валів коробки швидкостей тракторів

На довговічність валів коробки швидкостей тракторів мають визначальний вплив такі параметри: жорсткість валу і його опор, залишковий прогин вала в результаті виникнення напруг після чорнової і чистової правки, режими навантаження коробки швидкостей, стан мастила [6].

Керуючись літературними джерелами, були підібрані середні значення техніко-екномічних критерієв деяких процесів відновлення, які найчастіше використовуються [1] і зведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика способів відновлення деталей за технічним критерієм

| Спосіб відновлення по технічному критерію | Значення коефіцієнта та оцінка способу усунення дефекту | | | | |
|--|---|-----------------|-------------|------------------|------------------------------------|
| | Коефіцієнт | | | | Мікротвердість, кг/мм ² |
| | стійкість до зношування Кс | витривалість Кв | значення Кз | довговічність Кд | |
| 1. Наплавлення під флюсом | 0,95 | 0,85 | 1 | 0,81 | 550 |
| 2. Металізація | 1,15 | 0,85 | 0,25 | 0,25 | 352 |
| 3. Контактне наварювання | 1 | 0,8 | 0,85 | 0,8 | 555 |
| 4. Хромування | 1,15 | 1 | 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 | 0,85 | 295 |
| 7. Вібродугове наплавлення | 0,85 | 0,62 | 1 | 0,62 | 362 |

Таблиця 3.2 – Характеристика способів відновлення деталей за техніко-економічним критерієм

| Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію | Значення коефіцієнта та оцінка способу усунення дефекту | | | | | 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. Контактне наварювання | 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 | 295 | 43 | 50,6 |
| Сума | 4,85 | 4,4 | 3,8 | 3,71 | 2960 | 285 | |

В таблиці 3.1 знайшли суму значень коефіцієнтів, мікротвердості і питомої вартості. Нормовані значення, отримуємо шляхом відношення коефіцієнту до суми. Також визначили найкращі значення параметрів (ідеал). Результати представили у таблиці 3.2

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

| Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію | Значення коефіцієнта та оцінка способу усунення дефекту | | | | | Питома вартість відновлення Св, грн/м ² |
|---|---|-----------------|-------------|------------------|------------------------------------|--|
| | Коефіцієнт | | | | Мікротвердість, кг/мм ² | |
| | стійкість до зношування Кс | витривалість Кв | значення Кз | довговічність Кд | | |
| 1. Наплавлення під флюсом | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,17 |
| 2. Контактне наварювання | 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 3.4 – Характеристика способів відновлення деталей

| Спосіб відновлення по техніко-економічному критерію | Значення коефіцієнта та оцінка способу усунення дефекту | | | | | Мікротвердість, кг/мм ² | Питома вартість відновлення Св, грн/м ² | П | μ |
|---|---|-----------------|-------------|------------------|------|------------------------------------|--|-----|---|
| | Коефіцієнт | | | | | | | | |
| | стійкість до зношування Кс | витривалість Кв | значення Кз | довговічність Кд | | | | | |
| 1. Наплавлення під флюсом | 0,19 | 0,19 | 0,25 | 0,22 | 0,19 | 0,17 | 0 | 6,2 | |
| 2. Контактне наварювання | 0,2 | 0,18 | 0,21 | 0,22 | 0,19 | 0,11 | 0 | 4,7 | |
| 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 | 4,3 | |
| 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 3.4 побудували багатокритеріальний графік (рис.3.1).

Дані таблиці 3.2 (Кс, Кв, Кз, Кд, НВ, Св) відклали на радіально розташованих шкалах. Шкали будували таким чином, щоб покращення критерію йшло до центру (точка О). З'єднуючи крапки на шкалах для j-го варіанту, отримали багатокутник. На кращих значеннях критеріїв побудували ідеал.

Визначаємо площі для кожного способу відновлення, і площу ідеалу.

Узагальнений критерій відстані до цілі μ визначається як відношення j-го варіанту до площі ідеалу [6]:

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

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

Кращим способом визначено електродугову металізацію, тому що цей спосіб відновлення має найменші значення μ . При цьому стійкість до зношування $K_c=1$; витривалість $K_b=0,8$; зчеплення $K_z=0,85$; довговічність $K_d=0,8$.

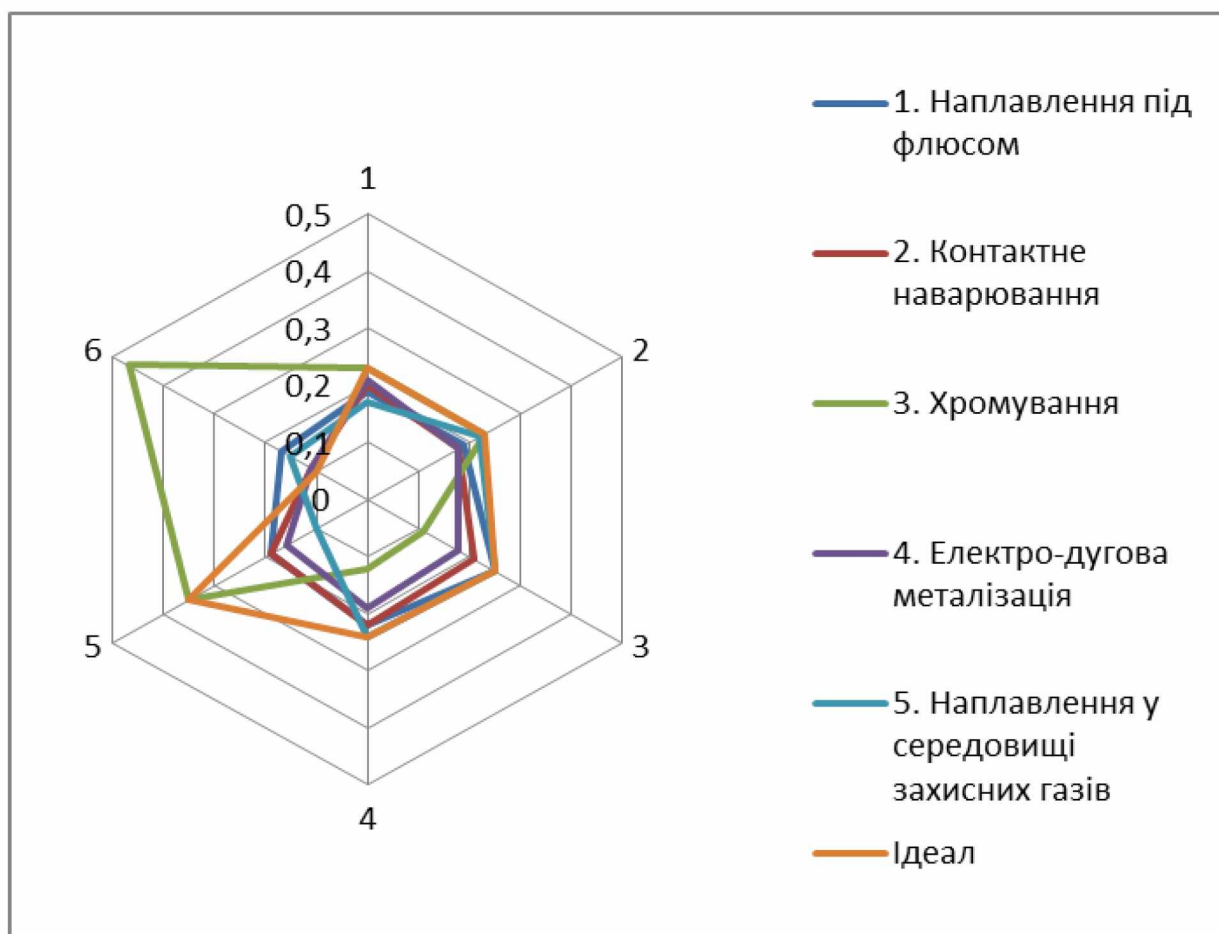


Рисунок 3.1 - Багатокритеріальний графік визначення оптимального способу відновлення валів коробки швидкостей тракторів

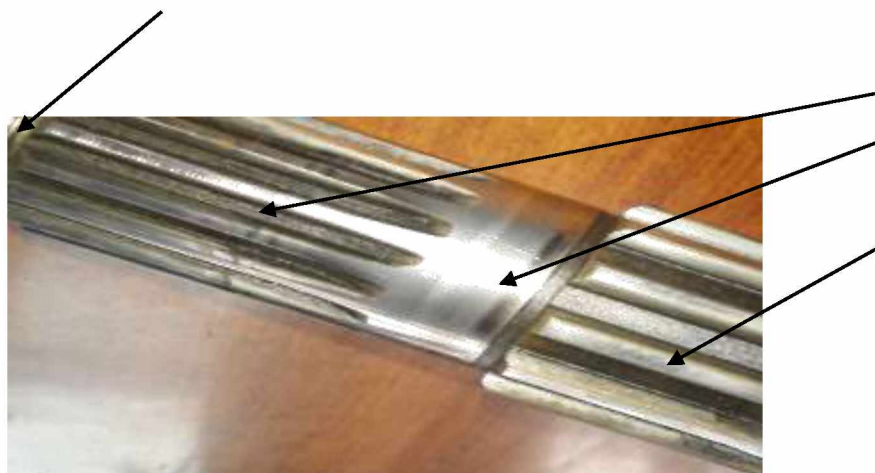
3.2 Визначення величини зносу робочих поверхонь валів

В період експлуатації вторинних валів тракторів виникає і розвивається ряд дефектів, усунення яких можливо тільки при проведенні капітального ремонту (рис. 3.2).

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



а)



б)

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

Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд а). і основні зноси вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора Т-150 б).

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



Рисунок 3.3 - Мікрометричні вимірювання валу.

Наявність дефектів та зносів циліндричних поверхонь контролювали мікрометром (0,01мм), згин валу (і биття) – індикатором (0,01мм) на штативі, знос коні різбових поверхонь – шаблонами.

На базі підприємства ТОВ «Автомоторна компанія» нами були досліджені десять вторинних валів, що надійшли у ремонт із сільськогосподарських підприємств області. Нами було проведено вимірювання діаметру шийки під шарикопідшипник 313 вторинного валу в двох взаємно перпендикулярних перерізах А-А і Б-Б згідно методики. Результати вимірювання представлені у таблиці 2 (додаток 1)

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

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

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

3.3 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.

Приймаємо для проведення нарощування шару способом електродугової металізації експериментальну установку, основним робочим органом якого є

апарат ЕМ - 17 (рис.3.4). Апарат ЕМ- 14 входить до складу установки КДМ – 2.

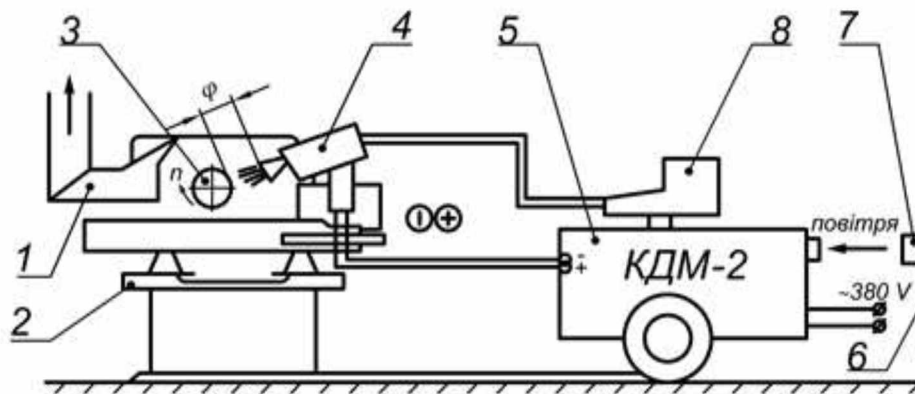


Рисунок 3.4- Схема (а) і зовнішій вигляд (б) експериментальної установки; процес формування покриття (в)

Таблиця 3.3-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) |
|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Продуктивність при розпиленні, кг/год.: | | | |
| цинку | до 32,0 | до 14 | до 25 |
| алюмінію | до 12,5 | до 45 | до 65 |
| сталі | до 10,0 | до 45 | - |
| Діаметр дроту, що розпилюється, мм | 1,5-2 | 1,5-2,5 | 2-3 |
| Швидкість подачі дроту, м/хв. | 2-12 | 3,8-14,2 | 1-14 |
| Максимальна витрата стиснутого повітря, м ³ /год. | 90 | 150 | 160 |
| Робочий тиск стиснутого повітря, МПа | 0,5-0,6 | 0,5-0,6 | 0,5-0,6 |
| Робочий струм, А | 400 | до 500 | до 800 |
| Напруга, В: | | | |
| дуги (робоча) | 17-44 | 17-35 | 17-35 |
| мережі | 380 | 380 | 380 |
| Потужність, кВт | до 25 | до 16 | до 25 |
| Габаритні розміри, мм | 1330×710×1390 | 525×295×200 | 520×175×225 |

Поверхня 3, яка відновлюється (рис. 3.4а) закріплюється у трьохкулачковому патроні токарного верстата 2. Електродуговий металізатор 4 (мод. ЕМ-14М0) встановлюється на каретці верстату або у різцетримачах. Це дає змогу змінювати відстань до поверхні і забезпечує регульований рух металізатора відносно нашої поверхні. Привід обертового руху шпінделю верстату дає змогу змінювати частоту оборотів відновлюваної деталі. Джерело живлення 5 разом з касетами дроту 8 встановлюється на віддалі від металізатора 4 і підключається до магістралі 7 повітря і до джерела електроенергії. Згідно вимог техніки безпеки при електрометалізаційних роботах стенд обладнаний витяжною вентиляцією 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 напилення 170-190 мм В цьому випадку забезпечували нагрів основи не більше 90⁰С.

3.2 Дослідження основних параметрів режиму наплавлення

Режим електродугового нарощування характеризується такими параметрами: величина струму, швидкість наплавлення, швидкість подачі електродного дроту, крок наплавлення, витрата рідини, що охолоджує, частота вібрації електроду. Вибір цих параметрів залежить також від фізико-механічних властивостей наплавленого металу. Початковими параметрами є діаметри деталі електроду [22].

Напругу дуги при електродуговому наплавленні доцільно регулювати в межах 16...24 В. При нижчій напрузі зменшується продуктивність праці, а при підвищенні напруги більше 25 В збільшується інтенсивність вигорання легуючих елементів. Сила струму має бути в межах 130...180 А і більш [22].

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

$$V = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{др}} \cdot \eta}{hS}, \quad (3.1)$$

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

d - діаметр дроту електродного, мм;

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

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

h - товщина наплавленого шару, мм;

S - крок наплавлення, мм/об.

Значення оптимальної швидкості наплавлення, що забезпечують гарне формування наплавленого шару, існують в межах 18... 120 м/год. [25].

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

$$V_{\min} = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{дод}} \cdot \eta}{hS} = \frac{0,785 \cdot 2^2 \cdot 110 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 2,6} = 25,7 \text{ м/ГОД.}$$

$$V_{\max} = \frac{0.785 \cdot d^2 \cdot V_{\text{дод}} \cdot \eta}{hS} = \frac{0,785 \cdot 2^2 \cdot 50 \cdot 0,85}{0,5 \cdot 2,6} = 225,8 \text{ м/ГОД.}$$

Отже, розрахункові показники швидкості наплавлення при зазначених параметрах існують у інтервалах, які, згідно з літературними джерелами, вважаються оптимальними значення швидкості наплавлення та забезпечують гарне формування шару наплавлення.

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

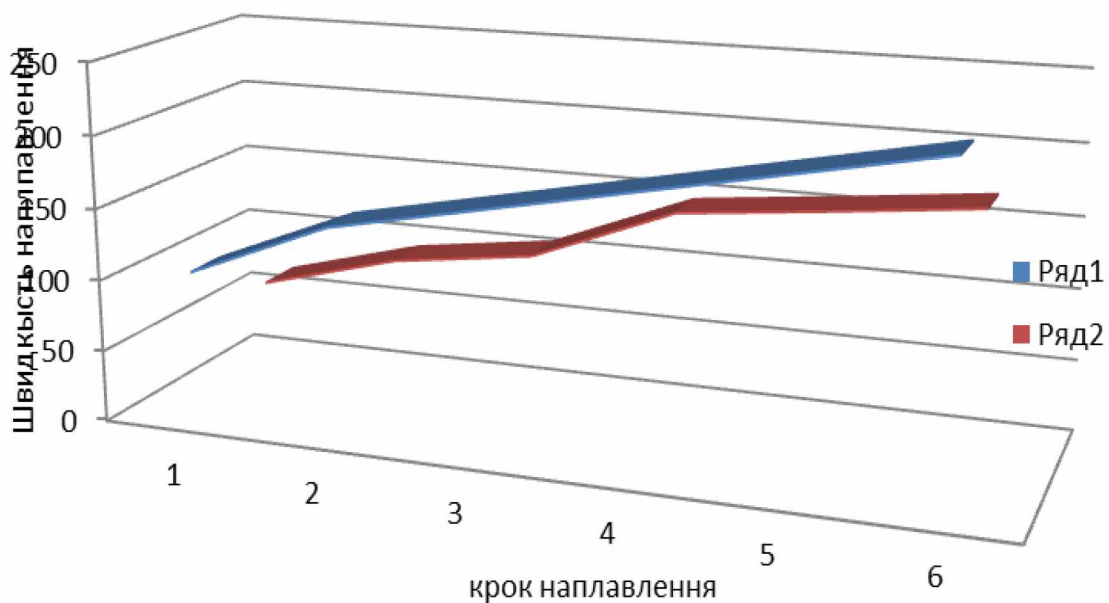


Рисунок 3.5 – Залежність швидкості наплавлення від швидкості подачі електродного дроту, кроку наплавлення:

Частота обертання деталі в хвилину визначається по формулі:

$$n = \frac{1000V}{60D}, \quad (3.2)$$

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

V - швидкість наплавлення, м/год. ;

D - діаметр деталі, що наплавляється, мм.

Розрахуємо діапазон частоти обертання деталі:

$$n_{\min} = \frac{1000V}{60D} = \frac{1000 \cdot 25,7}{60 \cdot 55} = 7,8 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\max} = \frac{1000V}{60D} = \frac{1000 \cdot 225,5}{60 \cdot 55} = 68,4 \text{ хв}^{-1}$$

Існує залежність кроку наплавлення від діаметру електродного дроту, швидкості подачі електроду і напруги дуги. Практика показує, що крок наплавлення повинен бути в 1,3 разу більше від діаметра дроту електроду. 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 сплавляється з ним, утворюючи ділянки несплаву. 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.

3.3 Обґрунтування вибору порошкового дроту для наплавки, вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора Т-150

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

$$\sigma_H = 0.36d^2 \cdot V_{\text{д}} \cdot \psi, \text{ кг/год.}, \quad (3.8)$$

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

d - діаметр електродного дроту, мм;

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

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

Порівняно з дротами суцільного перерізу порошкові дроти забезпечують вищу продуктивність наплавлення (рис. 3.4), великі можливості для покращення легуванням металу, і підвищену стійкість його до різних видів зношування.

Беручи до уваги параметри режимів, визначаємо продуктивність наплавлення порошковим дротом ПП-АН122. Підставляючи у формулу (3.8) розраховані раніше параметри режиму, отримуємо:

$$\sigma_{H_{vax}} = 0.36d^2 \cdot V_{np} \cdot \psi = 0,36 \cdot 2^2 \cdot 120 \cdot 0.10 = 17,28 \text{ кг/год.}$$

$$\sigma_{H_{vax}} = 0.36d^2 \cdot V_{np} \cdot \psi = 0,36 \cdot 2^2 \cdot 72 \cdot 0.10 = 10,4 \text{ кг/год.}$$

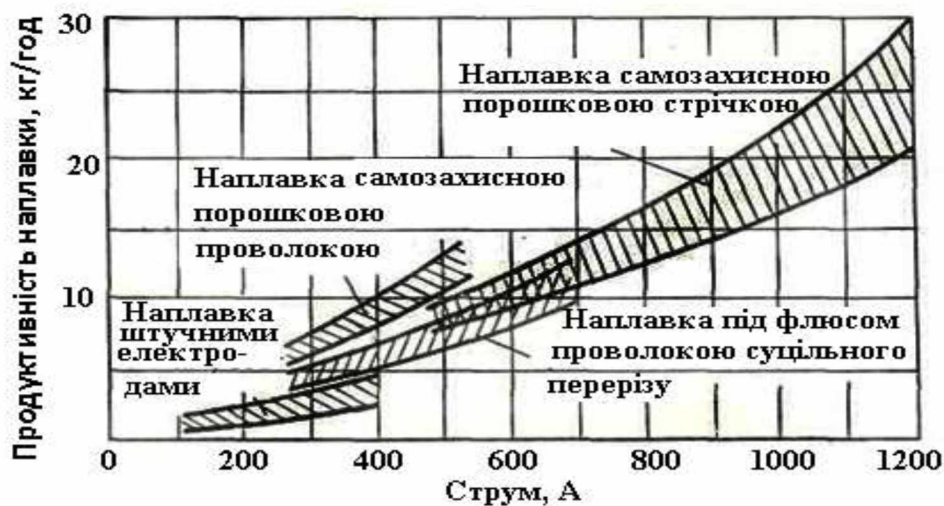
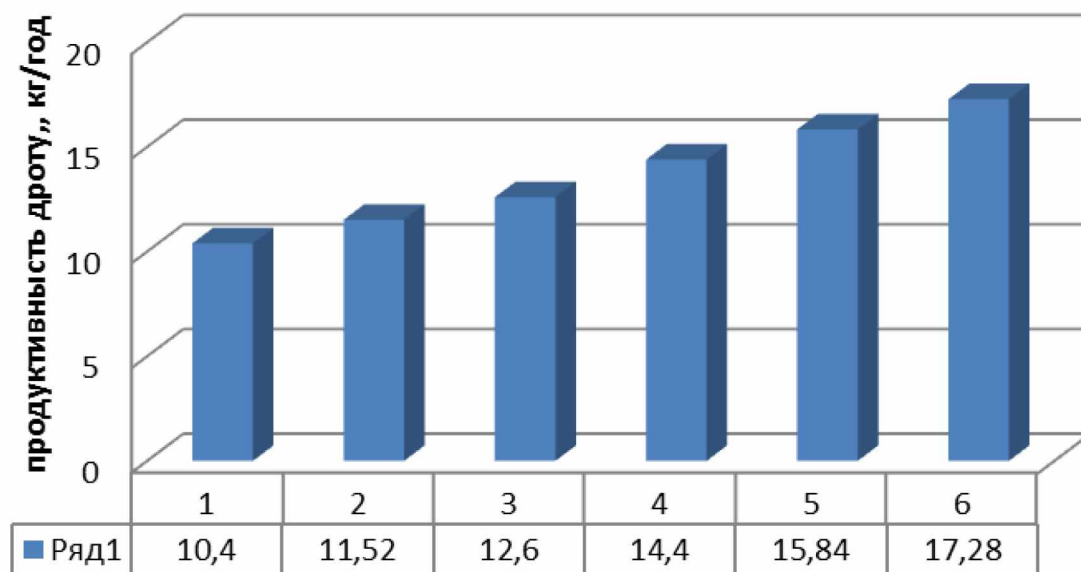


Рисунок 3.6 – Графіки продуктивність дугового наплавлення



швидкість подачі дроту, м/хв.

Рисунок 3.7 – Залежність продуктивності наплавлення порошковим дротом ПП-АН122 в залежності від швидкості подачі

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

Перші досліді по наплавленню валів були проведені з використанням відомих дротів 1,8Нп-50 та ПП-АН122. Характеристика порошкового дроту ПП-АН122 представлена у таблиці Б2 додатків. Наплавлення вала дротом 1,8Нп-50 не дала позитивних результатів: недостатня твердість наплавленого металу ускладнювала послідовую механічну обробку вала, а наявність повздовжніх тріщин в кільцевих валках знижувала опір втоми відновленого валу. Ці досліді показали що для наплавлення валів необхідний спеціальний порошковий дріт. Найбільш підходящим з існуючих дротів є ПП-АН122 [3]. 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 3.8 - Котушка і зразки 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 якість порошкоподібних матеріалів сердечника [29].

3.4 Дослідження термічного впливу дуги на деталь

Електродугова металізація відрізняється невеликим тепловим впливом дуги на матеріал заготовки і великими швидкостями охолодження. Внаслідок цього зона термічного впливу (ЗТВ) невелика і деталь нагрівається незначно. Ефективну теплову потужність дуги визначають за формулою:

На величину теплового впливу дуги на метал чинять вплив швидкість наплавлення, тобто величина погонної енергії P .

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

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

U_d - середня напруга дуги, В;

I - сила струму зварювального кола [32], А.

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

$$q_{\min} = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60} = \frac{0,24 \cdot 0,45 \cdot 20 \cdot 100}{60} = 3,6 \text{ кал/хв.}$$

$$q_{\max} = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60} = \frac{0,24 \cdot 0,45 \cdot 20 \cdot 260}{60} = 9,36 \text{ кал/хв.}$$

Кількість тепла, що вводиться в метал на одиницю довжини зварного шва, тобто, величина погонної енергії характеризує тепловий режим і зв'язує в єдиний показник значення режиму наплавлення а саме: сила струму, напруга, швидкість плавлення. Ці показники чинять вплив на виділення і розподіл тепла дуги:

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

де W - погонна енергія дуги;

$I_{\text{зв}}$ - 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.

$$W_{\max} = 0,24 I_{\text{зв}} \cdot \frac{U_d \cdot \eta}{V} = 0,24 \cdot 260 \cdot \frac{24 \cdot 0,95}{18} = 79,04 \text{ кДж/м}$$

$$W_{\min} = 0,24 I_{\text{зв}} \cdot \frac{U_d \cdot \eta}{V} = 0,24 \cdot 100 \cdot \frac{16 \cdot 0,95}{120} = 3,04 \text{ кДж/м}$$

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

Величина зони термічного впливу залежить від кроку наплавлення. При надмірно малому кроці наплавлення метал не буде сплавлятися з основним або буде відшаровуватися при механічній обробці.

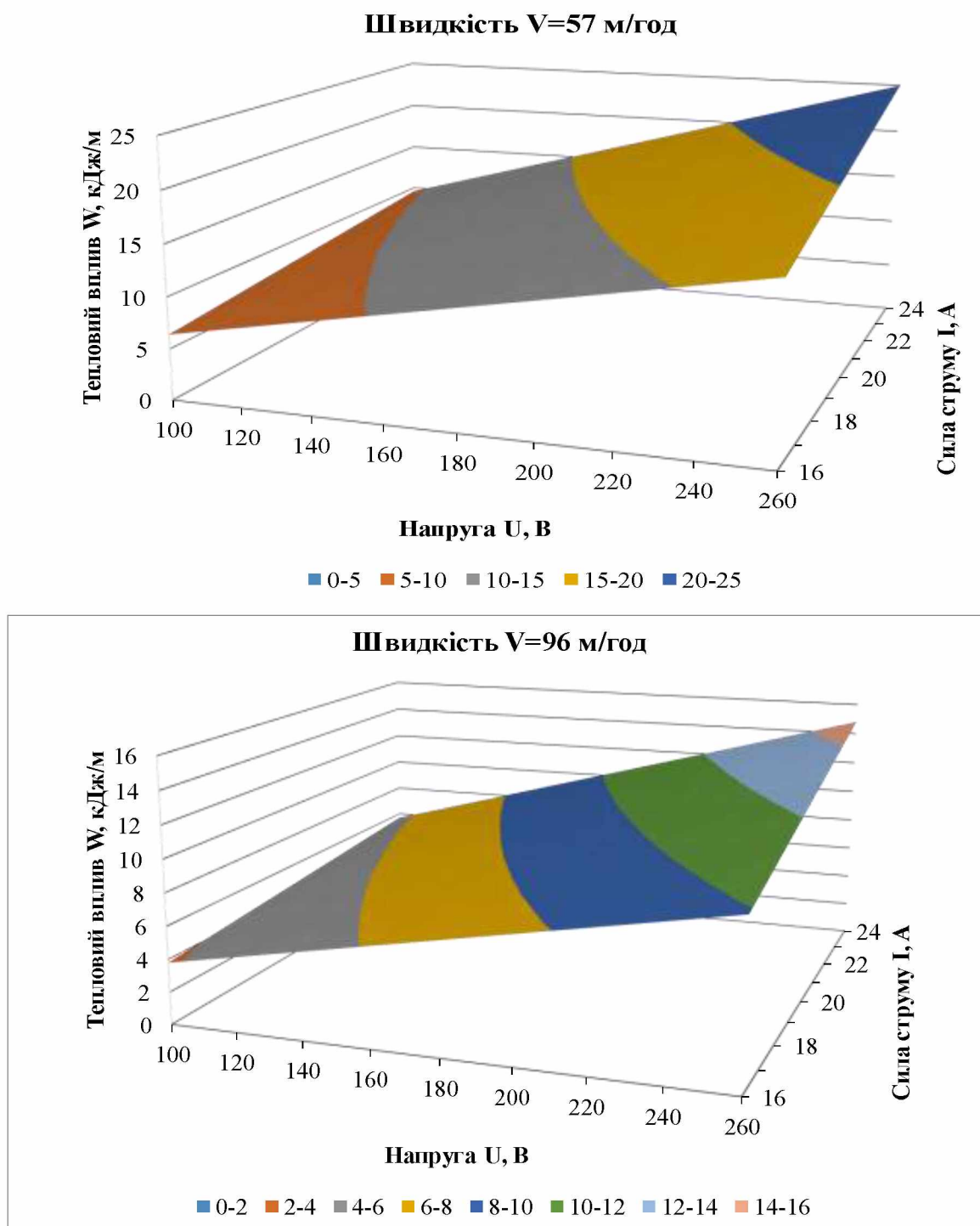


Рисунок 3.9 - Залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення

Таким чином, одні і ті ж значення погонної енергії дуги, а отже, і фізико-механічні характеристики відновлених наплавленням деталей можна отримати не при одному значенні параметрів режиму, а в широкому діапазоні зміни одного з параметрів при відповідній зміні двох інших.

3.5 Випробування на міцність зчеплення

Відношення величини навантаження, при якому відбувається відрив штифта від покриття, до площі запиленого торця характеризує міцність зчеплення з основою [55].

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

На основі проведених результатів можна зробити наступні висновки:

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

Результати випробувань напильених зразків на руйнування (відшарування покриття) методом штифтів приведені у таблиці 3.4 та на рис. 3.5, де по результатах випробувань побудовані діаграми.

Таблиця 3.4 - Результати випробувань на міцність напильених матеріалів

| Матеріал покриття | Товщина покриття δ , мм | Площа зчеплення F, см ² | Руйнівне навантаження P, кН | Міцність зчеплення σ , МПа | Примітка |
|------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| сталь 45 (з термобробкою) | 1,5 | 4,82 | 6,0 | 12,4 | покриття відшарувалося |
| 0,8 -15% С; 18-20% Cr; 2,8-3,7% Al | 1,5 | 4,82 | 5,8 | 12,0 | руйнування по покриттю |
| (ПГ-СР4+3%Al) | 1,8 | 4,82 | 6,5 | 13,5 | руйнування по з'єднанню |

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

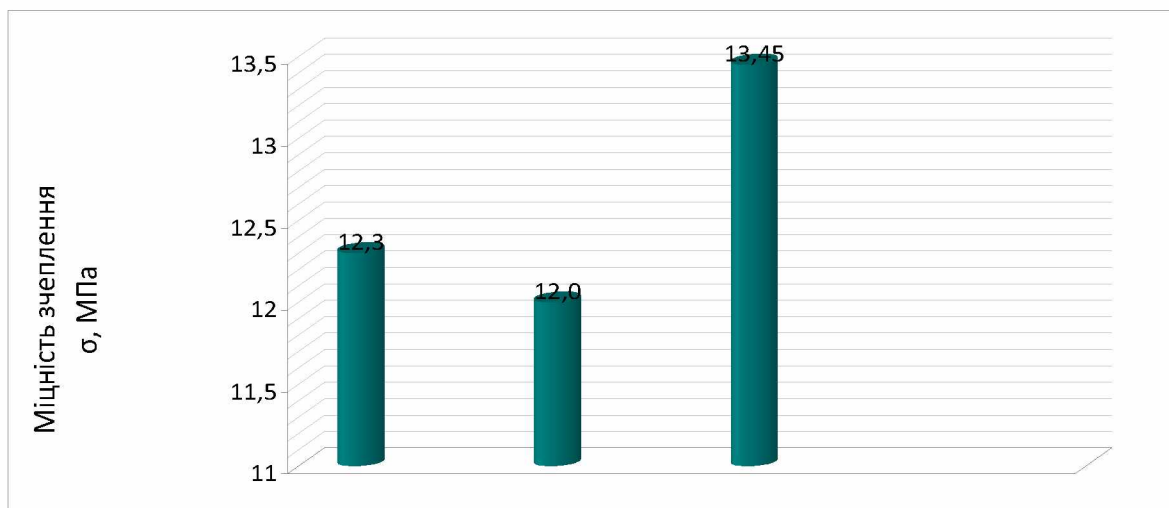


Рисунок 3.11 - Міцність зчеплення покриття з основою за результатами випробувань

3.6 Дослідження мікроструктури та мікротвердості покриття

Мікроструктуру поверхневого шару оброблених зразків вивчали на мікрошліфах. Поверхню їх протравили 4% розчином HNO_3 в етиловому спирті [28].

На рис.3.12 приведено фото відновленого шару зразка електродуговою металізацією (x100) та мікроструктура поверхневого шару зразка, нанесеного шару електроіскровим методом (x400)

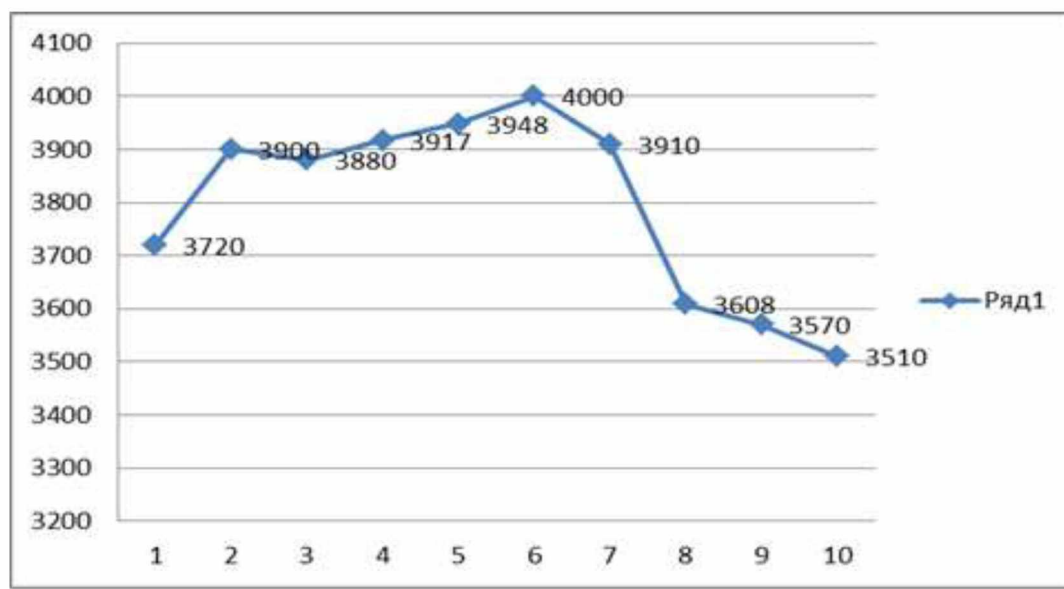


а). - фото зміцненого шару зразка електродуговою металізацією (x100) б). мікроструктура поверхневого шару зразка, зміцненого електродуговою металізацією (x300)

Рисунок 3.12 – Мікроструктура обробленого поверхневого шару

Нарощений шар являє собою не витравлену структуру, в якій проглядаються тонкі білі зони у вигляді ліній, що є карбідною фазою. Ці лінії утворюють структуру, яка складається з кількох невеликих шарів.

Значення мікротвердості H_m зразків визначили на приладі ПМТ-3 (навантаження $P=100\text{г}$). Підраховували середнє з п'яти вимірювань; середньоквадратичне відхилення складало $+(20...30)$ од. На рисунку 3.13 приведені криві зміни твердості по відстані від нарощеного шару.



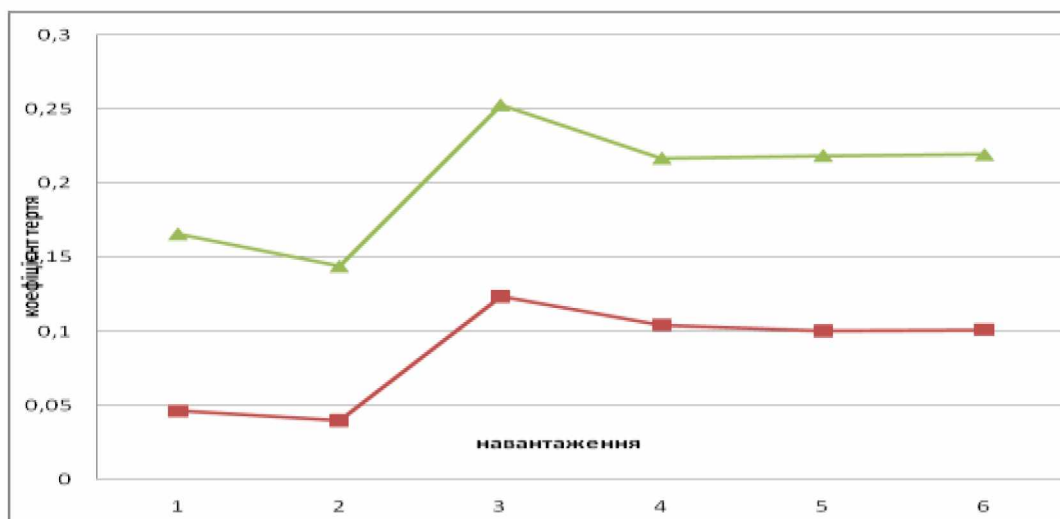
1-4 – зона нарощування; 4-6 – зона термічного впливу (зона підвищеної твердості); 7-8 – зона зниження твердості; 8-10 – основний метал.

Рисунок 3.13 – Зміна мікротвердості по відстані від поверхні

3.6 Дослідження зносостійкості зразків

Зразки для випробувань: сталь 45 прямокутної форми, $20 \times 40 \times 5$ мм; бронза БрОС10-10 - диски з діаметром 120 мм. Випробування проводилися на машині тертя МІ-1М по схемі «колодка»-«ролик», що моделює з'єднання «вал турбокомпресора-втулка». Ролик приводився в обертальний рух з частотою 500 хв.^{-1} , після чого давали контакт з колодкою під навантаженням $0,56 \text{ кН}$. Для вимірювання зносу користувалися аналітичними вагами ВЛА-200М, похибка – не більше $0,002\text{г}$. Середню зносостійкість оцінювали по втраті ваги. Ми отримали суттєве зниження зміни маси (рис. 3.9)

На рисунку 3.14 приводимо побудовані по результатах експериментів криві зміни коефіцієнта тертя.



■ - Ролик, напилений дротом 0,08-0,15% С; 18-20% Cr; 2,8-3,7% Al; 0,8-1,3% Mo; 0,2-0,4% V; 0,1-0,3% Ti – вкладиш; ▲ - Ролик, напилений дротом: 0,08-0,15% С; 18-20% Cr; 2,8-3,7% Al - вкладиш (V=0.8 м/с)

Рисунок 3.14 - Залежність коефіцієнта тертя від навантаження на випробувальний ролик з покриттям з хромонікелевого сплаву

З отриманих даних виходить, що вміст 0,8-1,3% Mo; 0,2-0,4% V; 0,1-0,3% Ti має істотний вплив на зміну коефіцієнта тертя. Аналіз показує, що коефіцієнт тертя пари: ролик напилений дротом 0,08-0,15%С, 18-20%Cr, 2,8-3,7%Al, 0,8-1,3%Mo, 0,2-0,4%V, 0,1-0,3%Ti – вкладиш нижчий, ніж стандартної пари та пари з роликом, напиленим дротом: 0,08-0,15% С; 18-20%Cr; 2,8-3,7%Al. Зниження його здійснено шляхом легування 0,8-1,3 % Mo; 0,2-0,4% V; 0,1-0,3% Ti.

Висновки

1. В результаті проведеного аналізу причин виходу з ладу, що надходять на відновлення вторинних валів тракторів встановлено, що відновлення зношених циліндричних поверхонь можливе способом електродугової металізації.

2. Вибрано основні параметри режиму відновлення при металізації: сила струму I - 250 А, напруга $U=25-30$ В, продуктивність процесу - 10 кг/год. В якості підготовчої обробки приймаємо обробку поверхні дробом, який

забезпечує межу витривалості 324 МПа і міцність зчеплення шару з основою - 104 МПа.

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

4. 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.

5. Хімічний склад напиленого шару має істотний вплив на зміну коефіцієнта тертя. Зниження коефіцієнта тертя здійснено шляхом легування 0,8-1,3 % Мо; 0,2-0,4% V; 0,1-0,3% Ті.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза це проведення оцінки впливання об'єкта розробки на оточуюче природне середовище. Головна мета проведення експертизи - попередження шкідливих наслідків виробничої діяльності на здоров'я людей та стан природного середовища. [35].

Згідно Закону України «Про стратегічну екологічну оцінку» № 2354 – VIII від 20.03.2018 р. здійснення стратегічної екологічної оцінки виключає проведення державної санітарно-епідеміологічної експертизи. Виходячи з цього, виконуємо стратегічну екологічну оцінку технології відновлення валів коробки зміни швидкостей методом електродугової металізації.

Відповідно до теми дипломної роботи «Дослідження сучасних методів підвищення довговічності валів коробки зміни швидкостей тракторів та удосконалення технології відновлення» ми аналізуємо основні екологічні проблеми процесу відновлення вторинного валу коробки зміни швидкостей тракторів Т-150 методом електродугової металізації зношених поверхонь.

В процесі робіт з електродугової металізації поверхонь відбуваються такі ефекти, як випромінювання електричних розрядів, виділення шкідливих газів та аерозолів, інтенсивні іскри і бризки розплавленого металу.

Ультрафіолетові та інфрачервоні промені короткочасних зварювальних дугових розрядів, які є наслідком високотемпературного горіння при недотриманні заходів безпеки шкідливо впливають на зір працівника. Видиме випромінювання має засліплюючу дію. Зокрема, ультрафіолетове випромінювання може призвести до виникнення гострого захворювання очей – електрофтальмії [35]. Тривала дія інфрачервоного випромінювання здатна викликати катаракту.

Перешкодою для шкідливих променів є спеціальні світлофільтри зварювальних масок. Тому необхідно ретельно підбирати світлофільтри

відповідно до сили струму. Допустимі рівні оптичного опромінення працівника повинні відповідати рекомендаціям у відповідних стандартах.

Світлове випромінювання також бере участь в хімічних процесах.

В результаті процесу електродугової металізації відбуваються викиди деяких шкідливих газів: окис вуглецю, двоокис азоту, окис заліза, з'єднання марганцю, пил, який містить кремній [36].

Таблиця 4.1 - Гранично допустимий вміст шкідливих речовин робочої зони

| Назва шкідливих речовин | Нормовані параметри, мг/м ³ |
|---------------------------|---|
| | Допустимі |
| Окис вуглецю | 20,0 |
| Двоокис азоту | 5,0 |
| Окис заліза | 4,0 |
| З'єднання марганцю | 0,3 |
| Пил, який містить кремній | 1,0 |

Отже, в процесі робіт з електродугової металізації неминучі такі ефекти, як випромінювання електричної дуги, виділення шкідливих аерозолів, інтенсивні іскри і бризки розплавленого металу.

Необхідно також відмітити шум, виникнення електромагнітних полів, появу аероіонів. Усе це в процесі відновлення викликає негативну дію на організм людини, що виконує ці роботи, що може призвести до виникнення травм і професійних захворювань.

Огляд, чистку, ремонт обладнання, заміну елементів можна здійснювати після відключення обладнання від мережі. Робітники забезпечуються засобами захисту від несприятливих умов.

Зношені поверхні валу відновлюються на ремонтний або номінальний розмір, можна також використовувати газопорошкове наплавлення. Кожний із альтернативних способів відновлення не дає мінімізації впливу на екологічний стан середовища, порівняно з електроіскровим нарощуванням.

Заходи, що передбачається вжити для зменшення негативних наслідків в результаті впровадження технології електродугової металізації:

- заходи по зменшенню викидів в атмосферу, зокрема, очистка викидів з притоково-витяжної вентиляції дільниці по електродугової металізації;
- заходи по збору відходів, зокрема стружка сортується і складається в окремі ємкості.

Профілактичні заходи повинні передбачати автоматизацію процесів з використанням електродугової металізації, скорочення об'єму робіт всього ряду електроіскрової обробки в замкнутих просторах, облаштування робочих місць місцевою і загально обмінною вентиляцією.

Профілактичні заходи будуть не ефективні, якщо не передбачати застосування спеціального одягу, взуття, окулярів, щитків шоломів зі світлофільтрами, відділення робочих місць при допомозі щитів, ширм; виконання медичних оглядів працівників підприємства.

Заходи по поліпшенню екологічного захисту на дільниці з використанням електродугової металізації (нарощування) зношеного шару деталей:

- 1). Безперебійна вентиляція та контроль за складом повітря на дільниці.
- 2). Профілактичні заходи
- 3). Обгороджування місць роботи щитами або ширмами.
- 4). Проведення попередніх і періодичних медичних оглядів робітників.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми охорони праці у виробничому середовищі

Проблеми охорони праці надзвичайно гостро постають на сучасному рівні розвитку виробничих технологій нашого суспільства.

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи «Дослідження сучасних методів підвищення довговічності валів коробки зміни швидкостей тракторів та удосконалення технології відновлення» проводимо аналіз можливості впровадження розробок з точки зору забезпечення вимог з охорони праці. Процес відновлення вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора Т-150 розроблено з використанням установки для електродугової металізації апарату ЕМ- 14, що входить до складу установки КДМ – 2. Впровадження плануємо в

цеху ТОВ «Авто-Мотрна Компанія.

До виконання робіт з електродугової металізації металів допускаються тільки фахово підготовлені працівники, не молодші 18 років, що пройшли інструктаж з вимог безпеки, оволоділи безпечними прийомами праці і мають посвідчення зварювальника з відповідними допусками.

Вони забезпечуються спецодягом. Працівник повинен мати брезентовий костюм, шолом-маску із світлофільтрами; спецвзуття; рукавиці; гумовий килим [32].

Роботи повинні виконуватися в спеціальних кабінах, які обладнані місцевою приточно-витяжною вентиляцією. Джерело електричного струму повинно бути надійно заземленим. Електричні кабелі не повинні мати пошкоджень ізоляції [33].

Забороняється проводити роботи на відкритому повітрі в дощову погоду. Роботи по електроіскровій обробці потрібно проводити на відстані від горючих матеріалів не менше 5 м.

Перед початком робіт по електродугової металізації потрібно перевірити дію вентиляції, стан електроізоляції апарату ЕМ- 14. Встановлення і вивільнення відновлюваних валів необхідно проводити при відключенні обладнання від електромережі. Одяг і взуття працівника - сухі, куртка не заправляється в брюки, брюки - на випуск.

Таблиця 4.2 - Потреба у спецодязі

| № п/п | Професія | Кіл. чол. | Назва інд. засобу захисту | Марка | Термін придат. засобів захисту, міс. | Кількість на рік |
|-------|-----------------|-----------|---------------------------|-------------------|--------------------------------------|------------------|
| 1 | Металіза-торник | 1 | -костюм брезентовий, | ГОСТ 12.4 03-85 | 6 | 2 |
| | | | - черевики, | ГОСТ 12.4. 102-80 | 6 | 2 |
| | | | - рукавиці брезентові, | ГОСТ 12.4. 010-85 | 6 | 2 |
| | | | - окуляри захисні | типа "ЗП" | 12 | 1 |
| 2 | Шліфувальник | 4 | - комбінезон брезентовий, | ГОСТ 12.4. 038-85 | 6 | 8 |

| | | | | | | |
|--|--|--|-------------------|-----------|----|---|
| | | | - окуляри захисні | типу “ЗГ” | 12 | 4 |
|--|--|--|-------------------|-----------|----|---|

Обслуговування електрообладнання треба виконувати у відповідності з «Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок користувачів». Огляд та ремонт апарату ЕМ- 14 проводити регулярно, заміну елементів проводити тільки після відключення апаратури від мережі. Працівники повинні бути забезпечені засобами захисту від шкідливих впливів.

4.2.3 Розробка комплексу організаційних та технічних заходів з ОП і пожежної безпеки

Організаційні

1. Весь перелік послуг, які надаються підприємством, сертифікувати на відповідність до вимог нормативної документації з ОП
2. Провести експертизу та ліцензування проектно-конструкторської і технологічної документації на відповідність нормативним актам
3. Провести атестацію робочих місць
4. Оновити стенди з ОП
5. Для інструктажу й навчання працівників з ОП застосовувати сучасні методи активного навчання, виховання у працівників психології і культури безпеки, що унеможлиблює будь-які небезпечні дії

Технічні заходи

1. Вдосконалити систему штучного освітлення на дільниці.
2. Установити пристрої для кондиціювання повітря на дільниці
3. Встановити захисні огороження навколо електротрансформатора
4. Підвищити стійкість технологічного обладнання підприємства: верстатів, стендів, приладів та ін.

Санітарно-гігієнічні заходи

1. Вчасно забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту.
2. Встановити кондиціонери в адміністративних приміщеннях

3. Обладнати кімнати відпочинку для працівників

Заходи з пожежної безпеки

1. Запровадження систем попередження пожеж та систем протипожежного захисту.

2. Забезпечити постійний контроль наявності і стану пожежного інвентаря.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування розробок

Розрахунок собівартості ремонту валу коробки зміни швидкостей тракторів

Собівартість – це грошовий вираз затрат праці і витрат матеріальних засобів на одиницю відновлення деталі.

Собівартість є сумою прямих і накладних (непрямих) витрат.

Прямі витрати - основна і додаткова заробітна плата працівників, відрахування на соцстрахування, вартість матеріалів та запасних частин. [37,38].

Визначаємо кількість матеріалів для виконання електродугової металізації вторинного валу трактора та витрати на ремонт одного валу (табл. 4.3).

З таблиці 4.3 видно, що витрати на матеріали склали: на діагностику коробки зміни швидкостей – 4.5 грн., на відновлення валу – 197.58 грн., ремонту вторинного валу коробки зміни швидкостей – 8.5 грн., шліфування відновлених поверхонь валу – 79,1 грн.

Таблиця 4.3 – Витрати матеріалів для ремонту вторинного валу коробки зміни швидкостей

| Необхідний матеріал, ресурс | Діагностика коробки зміни швидкостей | | Відновлення валу | | Ремонт валу | | Шліфування поверхонь валу | |
|---|--------------------------------------|-----------|------------------|-----------|----------------|-----------|---------------------------|-----------|
| | Необхідна к-ть | Ціна, грн | Необхідна к-ть | Ціна, грн | Необхідна к-ть | Ціна, грн | Необхідна к-ть | Ціна, грн |
| Електроенергія, кВт | 2.4 | 4.5 | 22,0 | 41.58 | 4,5 | 8.5 | 10,1 | 19,1 |
| Електроди для електродугової металізації, шт. | - | - | 2 | 156 | - | - | - | - |

| | | | | | | | | |
|--|---|-----|---|--------|---|-----|-------|------|
| Шліфувальний круг ПП600 × 25 × 305 ЭБ16- 25С1Б ЭБ16-25С1К, шт | - | - | - | - | - | - | 0,025 | 30 |
| Шліфувальний круг ПП600 × 25 × 305 КЧ16- 25С1К К3 16-25С1К, шт | - | - | - | - | - | - | 0,025 | 30 |
| Разом | | 4.5 | | 197.58 | | 8.5 | | 79,1 |

Розраховуємо кількість спожитої енергії:

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

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання;

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

Витрати на електроенергію:

$$1.89 \cdot 22 = 41,58 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}} \quad (4.2)$$

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

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

Витрати за рік становитимуть:

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

Визначаємо потребу у персоналі для дільниці електродугової металізації на 2022 рік (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Розрахунок оплати праці персоналу

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

Тривалість діагностування приймаємо 1 год., електродугової металізації – 4 год., шліфування – 4 год. Заробітна плата: $31,3 + 136,4 + 125,15 = 292,85$ грн.

Собівартість відновлення вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора 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 електроди для нарощування – 150 грн. та на шліфувальні круги – 60 грн.

Вартість матеріалів на одиницю наданих послуг приводимо в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок собівартості відновлення валу ротора

| Найменування статті витрат | Відновлення валу ротора |
|-------------------------------|-------------------------|
| Оплата праці, грн. | 292,85 |
| Електроенергія, грн. | 291,48 |
| Вартість матеріалів, ресурсів | 210 |
| Разом | 794,33 |

Економічна доцільність ремонту визначається порівнянням собівартості нарощування валу з вартістю аналогічного нового валу. Потрібно забезпечити нерівність:

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

де $C_p = 794,33$ грн. – собівартість відновлення одного вторинного валу при розробленому процесі електродугової металізації;

$C_{\text{нов}} = 1030$ грн. – вартість нового вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора Т-150;

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

$$\frac{794,33}{0,9} = 882,6 \text{ грн.}, \quad 882,6 \text{ грн.} < 1030 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість відновлення вторинного валу коробки зміни швидкостей трактора 150К становить 882,6грн., а вартість аналогічного нового валу становить 1030 грн. Із співвідношення видно, відновлення електродуговою металізацією 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 діяльності дільниці по відновленню деталей електродуговою металізацією;
- заходи з охорони праці;
- техніко-економічне обґрунтування впровадження розробок у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі ґрунтового аналізу методів відновлення валів ми прийшли до висновку, що електродугова металізація є прогресивним методом у технічному сервісі, можливості його ще не повністю з'ясовані.

2. По результатах аналізу експлуатації і зношуваності валів коробки зміни швидкостей тракторів прийшли до висновку доцільності відновлення зношених поверхонь валів на номінальний розмір, і можливість використання для цього електродугової металізації.

3. Обґрунтували вибір обладнання та матеріалів для відновлення зношених шийок: апарат ЕМ- 14, який входить до складу установки КДМ – 2, нарощування здійснили порошковим дротом з ферохромалюмінія ПГ-СР4+3%A1, що має додаткові легуючі компоненти - Мо, Ті, V, забезпечує необхідні показники зносостійкості, міцності зчеплення.

4. Досліджено режими електродугової обробки і розроблені оптимальні параметри: I - 250 А, U=25-30 В, продуктивність процесу - 10 кг/год

5. Щоб оцінити міцність зчеплення нарощеного шару використали метод штифтів, випробування свідчать про те, що найвищу зчепленість покриття з основою мають зразки напилені ПГ-СР4+3%A1.

6. Дослідження мікроструктури виявили, що з'єднання в нарощеному шарі відбувається, в більшості сплавленням, що забезпечує високу його міцність.

7. Дослідження мікротвердості виявили, що із зростанням віддалі по глибині нанесеного шару мікротвердість зменшується.

8. Випробування на зносостійкість зразків свідчать, що інтенсивність зносу пари: ролик після електродугової металізації – колодка нижча, ніж стандартної пари.

9. Проведені екологічна експертиза та розроблений план заходів з охорони праці.

10. Виконали техніко-економічне обґрунтування ефективності способу відновлення: собівартість відновлення вторинного валу коробки зміни

швидкостей трактора Т-150 150.37.037- 2СБ становить 882,6 грн., а вартість аналогічного нового - 1030 грн. Отже в умовах дільниці наплавлення сервісного підприємства відновлення деталей пропонованим нами способом доцільне.

Отже, розроблені нами режими відновлення валів коробки зміни швидкостей трактора ми пропонуємо впровадити у виробництво, що є доцільним як з технологічної, так і з економічного погляду.