

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

Пояснювальна записка до дипломної роботи
на здобуття ступеня вищої освіти магістр

на тему: **Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення блоку циліндрів автотракторних двигунів**

Виконав: здобувач вищої освіти за
ОПП ТЗМСГ
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти магістр_групи __
Панасенко Р. В.
Керівник: Іванкова О. В.

Рецензент: _____

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення блоку циліндрів автотракторних двигунів» складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків, загальним обсягом 101 сторінок машинописного тексту, містить 20 таблиць, 21 рисунок, 65 найменувань використаних джерел та додатки.

Мета роботи: Проведення досліджень для виявлення можливостей відновлення дефектів блоку циліндрів методом електродугової металізації.

В першому розділі проведений аналіз умов експлуатації та характерних дефектів блоку циліндрів. Проведений ґрунтовний аналіз способів відновлення деталей.

В другому розділі підібрано методики визначення дефектів блоку циліндрів, міцності зчеплення нарощеного шару з основою, мікроструктури і мікротвердості та проведення порівняльних випробувань на знос.

В третьому розділі розглянуто питання теоретичного обґрунтування можливості застосування даного способу для відновлення блоку циліндрів, приведені результати теоретичних та експериментальних досліджень, зокрема, експлуатаційних випробувань відновлених блоків циліндрів.

В четвертому розділі приведені шляхи впровадження розробок. Розглянуті питання з охорони праці, екологічної безпеки та техніко-економічні показники впровадження розробленого технологічного процесу на ТОВ «Автомоторна компанія» м. Полтава.

Ключові слова: **БЛОК ЦИЛІНДРІВ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ТЕХНОЛОГІЯ ВІДНОВЛЕННЯ, ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИПРОБУВАННЯ, ДЕФЕКТИ, ЕКОЛОГІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ТВЕРДІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА.**

ВСТУП

В сучасних умовах аграрна політика спрямована на глибокі демократичні перетворення економіки. Відбуваються радикальні зміни в агропромисловому комплексі нашої держави в тому числі і в ремонтному виробництві де реформуються, набирають поширення ринкові відносини, урізноманітнюються форми власності. На сучасному етапі розвитку сільського господарства, в умовах фінансової кризи, надзвичайно важливою стала раціональна організація проведення технічних обслуговувань і ремонтів автомобільного транспорту.

Технічні обслуговування повинні проводитися вчасно і в повному обсязі, ремонти повинні виконуватися технічно, кваліфіковано і бути спрямованими на продовження ресурсу роботи машини. На перешкоді цьому стоять такі актуальні проблеми як нестача матеріалів для якісного проведення технічних обслуговувань, недостатня кількість запасних частин, а також нестача діагностичних приладів, що не дає змоги забезпечити високоякісне виконання всіх операцій технічного обслуговування і ремонту машин. Щоб вирішити проблеми, потрібно здійснити комплекс заходів [1]:

- підвищити показники надійності машин, продовжити строку їх служби;
- удосконалити матеріально-технічні бази підприємства, впровадити в процеси діагностування машин, їх технічного обслуговування і ремонту більш ефективне обладнання;
- впровадити найбільш ефективні способи та форми організації технічного обслуговування і ремонту машин.

Виконання цих заходів дасть змогу найбільш раціонально проводити технічні обслуговування і ремонти, що приведе в кінцевому результаті, до підвищення довговічності автомобілів.

Реальною стратегією забезпечення роботоздатності тракторів та автомобілів є відновлення деталей, що виступає як один із пріоритетних напрямків ресурсозбереження. Використання новітніх технологій наближує

відновлені деталі за рівнем їх якості до нових і стирає межу між первинними і вторинними ресурсами, перетворюючи їх на альтернативні.

Серед методів відновлення найбільш прийнятною з точки зору технологічності і економічної ефективності процесів є технологія електродугової металізації з використанням установки для аргоно-дугового зварювання УДГУ-351 АС/DC «Транс ТИГ 350» зі спеціалізованим збудником-стабілізатором дуги ВСД-02.

В дипломній роботі на тему «Обґрунтування способу і розробка режимів відновлення блоку циліндрів автотракторних двигунів», ми розглянули основні способи відновлення даного типу деталей. Ця тема була вибрана через її актуальність на даний момент та можливість майбутньому інженеру-механіку здобути теоретичні навички розрахунку та підбору параметрів способів відновлення деталей типу «блок циліндрів».

Отже, в даній дипломній роботі ми розглянули можливі способи відновлення даного типу деталей, обґрунтували переваги застосування обраного способу.

Розробили заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях та провели екологічну експертизу впровадження відновлення блоку циліндрів.

Розрахували економічну доцільність впровадження розроблених нами заходів по відновленню блоку циліндрів.

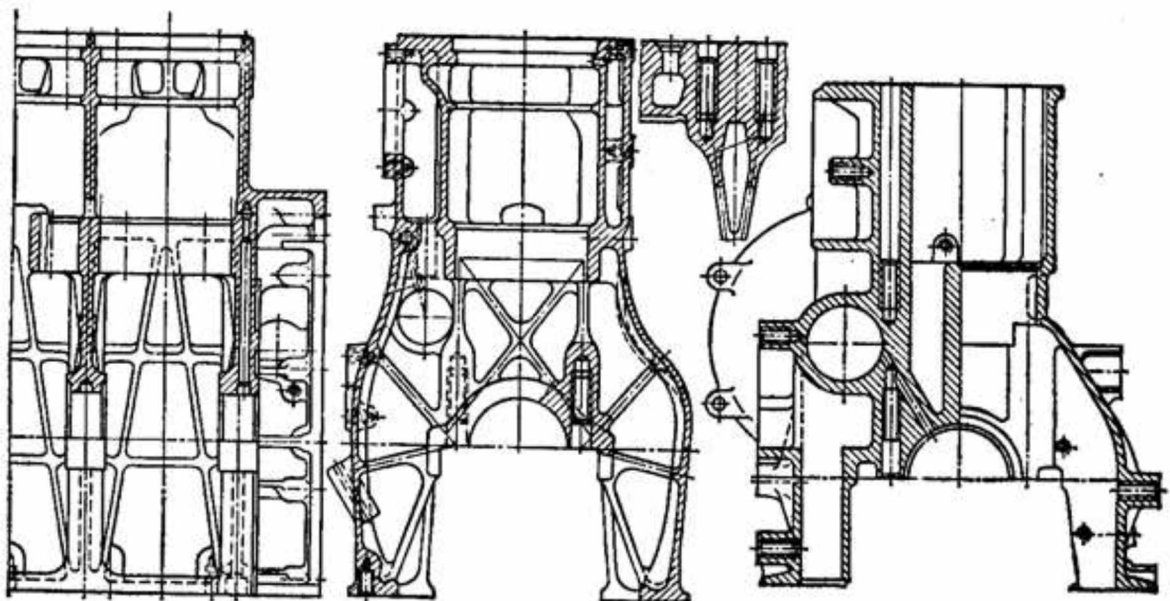
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Блок-картери сприймають навантаження від деталей, що обертаються і поступально рухаються. Вони є складними відливками коробчастого типу з ребрами для підвищення жорсткості. Складна конфігурація, наявність різної товщини, призводять до появи в них значної за величиною залишкової ливарних напружень, під дією яких вони піддаються значній деформації. В результаті через певний час, впродовж якого відбувається природне старіння блоку, зростає вірогідність того, що первинні розміри його оброблених елементів можуть змінитися. Це знаходиться у взаємозв'язку зі збільшенням зазорів в спряженнях деталей зі зміною показників роботи двигуна, що призводить до поступового зниження ефективності систем охолодження і мащення: з'являється накіп в порожнинах охолодження і звужуються протоки.

В процесі експлуатації до залишкових напружень, що виникли при литті блоку, додаються напруження від затягування гайок і від сил тиску газів.

Блок-картери автотракторних двигунів виконують за різними силовими схемами, які приведені на рис. 1.1. [2]



а)

б)

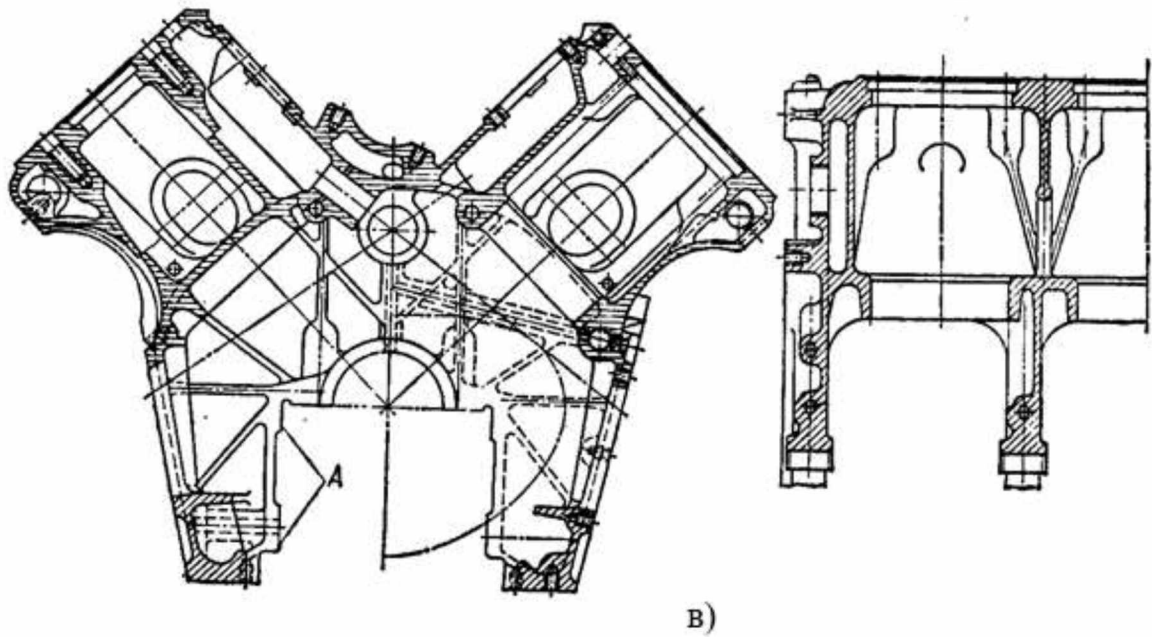


Рисунок 1.1- Блок-картери двигунів з рідинним охолодженням

а - чавунний однорядного дизеля із несучими стінками сорочки і мокрими гільзами;

б - алюмінієвий карбюраторного двигуна з несучими шпильками, сорочкою і мокрими гільзами;

в - чавунний V- подібного дизеля із несучими стінками і мокрими гільзами.

Сумарні монтажні і залишкові напруження в елементах блоку можуть досягати в розтягнутій і стисненій зонах до 100 МПа. До цього додається стискуюче напруження в перемичці від тиску газів, які досягають 7 МПа. Такі напруження здатні викликати руйнування блоку.

У сучасних дизельних двигунах передбачені конструктивні і технологічні заходи, знижуючі такі напруження - штучне старіння матеріалу деталі, застосування системи ребер, які безпосередньо передають зусилля від шпильок кріплення головок до болтів кришок підшипників.

Надійність роботи втулки (підшипника ковзання) залежить від величини деформації ліжка у блоку і крищі, які спричиняються залишковим термічним

напруженням при виробництві. Залишкові напруження призводять до неспіввісності корінних опор, зміни форми ліжок корінних підшипників та поворот самих вкладишів, відшарування антифрикційного сплаву і задирів на шийках валу.



Рисунок 1.2 - Дефекти на площині роз'єму головки і блоку циліндрів

В процесі експлуатації і ремонту двигунів відбувається зміна просторового положення елементів блок-картерів внаслідок недостатньої пружності матеріалу, жорсткості конструкції і залишкових напружень. Просторові відхилення цих деталей ведуть, як правило, до підвищення інтенсивності процесу зношування шатунно-поршневої групи і двигуна в цілому. При цьому виникають дефекти, що знижують ресурс деталей, а саме [4]:

- тріщини на зовнішній поверхні водяної сорочки в частині картера,
- тріщини в перемичках між отворами під гільзи циліндрів;
- пробоїни на стінках водяної сорочки і частини картера;
- злами гнізда під гумове кільце ущільнювача гільзи;
- ушкодження і викривлення верхньої площини;
- зношування або деформації посадочних місць вкладишів корінних підшипників;

- зношування отворів: для опорних шийок розподільчого валу, пальців проміжної шестерні, штовхачів, установочні штифти картера, направляючі втулки картера шестерень;

- знос і ушкодження різьби;

- корозія спряжених поверхонь;

- забивання масляних каналів продуктами зносу і забрудненнями мастила.

Таким чином, складна конструкція блок-картерів автотракторних двигунів, наявність великої кількості концентраторів напруги, а також специфічні умови роботи, що відрізняються дією знакозмінних навантажень, обумовлюють високі вимоги, що пред'являються до їх якості. В зв'язку з цим і з урахуванням їх високої вартості особливо важливим видається питання використання ефективних методів їх ремонту і відновлення, які із забезпеченням високих якісних характеристик мали б і достатню технологічність.

1.2 Аналіз методів відновлення блоку циліндрів

Основне завдання при ремонті блок-картерів - відновлення необхідної точності розмірів, форми та розміщення поверхонь, забезпечення необхідних властивостей спряжених поверхонь зі збереженням достатньої втомної міцності деталі в цілому.

Під час роботи експлуатації блок-картера двигуна виникають різні дефекти, деякі з них відновити загальноприйнятими методами неможливо [2].

Традиційно для відновлення більшості дефектів блок-картерів розробляють поопераційну послідовність технологічного процесу і маршрути відновлення (рис. 1.3).

Для відновлення таких деталей часто використовують різні види зварювання.

Дефекти блок-картера не підлягають відновленню традиційними методами:

- понад дві тріщини у зоні між отворами для гільз;
- понад 4 тріщини у стінках охолодної системи (сорочки) або менше чотирьох, але загальною довжиною зверху одного метра;
- більше 2-х тріщин, що виходять на оброблені сторони блоку;
- злам більш ніж одного гнізда, або тільки одного гнізда під гумове кільце ущільнювача гільзи, але величиною більше $1/3$ периметра;
- наявність більше двох пробоїн або якщо загальна площа пробоїни на зовнішній поверхні охолодної сорочки і на частині картера більше 300 мм^2 ;
- наявність тріщин і облому гнізд для вкладишів підшипників, в гніздах шийок розподільного валу, та ті, що розповсюджуються на масляні канали.



Рисунок 1.3 - Схема технологічного процесу ремонту блок-картера: 1, 2, 3 – маршрути ремонту.

1.2.1 Зварювання з попереднім нагріванням деталі

Гаряче зварювання – це процес, під час якого деталь нагрівається в електропечі або іншій печі до температури 650-680С. При зварюванні температура повинна бути меншою за 500С[5, 6]. Під час зварювання проходять перетворення внутрішньої будови та перерозподіл внутрішніх напруг, завдяки так званому термічному впливу. Матеріал під дією теплоти зварювальної дуги – плавиться й утворює рідку ванну. А метал, контактуючий з ванною – прогрівається через тепловіддачу. Через швидке нагрівання і охолодження окремих ділянок розміри зони термічного впливу різні. Матеріал зварювальної ванни швидко кристалізується й переходить у шар першої ділянки термічного впливу. Проходить усадка металу на 1%. Даний шар пов'язаний з основним матеріалом деталі і швом і це не дає проходити нормальній усадці. Наслідком є утворення внутрішніх розтягуючих напружень розтягнення та поява поперечних тріщин, через скорочення валика по довжині, який розтягується основним металом.

Щоб запобігти цьому, необхідно :

- мати достатню пластичність матеріалу шва;
- проковувати шви підчас кристалізації;
- рівномірно нагрівати та охолоджувати деталь та шов;
- зварювання проводити на постійному струмі (25 – 30А на 1мм діаметру електроду) зворотної полярності;
- наплавляти валики довжиною 30-40 мм.

Ацетилено-кисневе полум'я з присадним матеріалом з чавуну дає найкращі результати підчас гарячого зварювання.

Головним недоліком є потреба використання спеціального обладнання, такого як: термічні та нагрівальні печі, термостати і т.д. Також при зварюванні обов'язково використовується флюс (технічна безводна бура ($Na_3B_4O_7$)) в з'єднанні з кальцинованою содою, в пропорції 1:1). Найкращий флюс – ФСЧ-1: бура - 23%; кальцинована сода -27%; азотнокислий натрій - 50%.

1.2.2 Холодне зварювання

При холодному зварюванні чавунна деталь не нагрівається [8]. Іноді використовується підігрів до температури не більше 400С – для зняття напруги й попередження появи зварювальних напружень. Зварювальна ванна швидко затвердіває через незначний обсяг. Головною перевагою даного способу є його простота виконання. У зоні зварювання відбувається відбілювання та загартовування, наслідком яких може бути поява тріщин. Висота зварного шва, не є однаковою для всіх типів електродів. Залежить від типу покриття електроду та знаходиться в межах 4 – 7 мм.

Даний тип зварювання використовується для ремонту тріщин та заварювання пробоїн в тонкостінних корпусних або великогабаритних чавунних деталях, котрі в подальшому будуть механічно оброблені та експлуатуються при тепловій дії та з навантаженням (рис. 1.5). Тріщини розміром до 10 мм в ненавантажених стінках заварюються без обробки країв. Бажано зварювання проводити електродами 3 – 4 мм на постійному струмі силою 140 -150А та на зворотній полярності. Зварювання проводить короткою дугою, ділянками 20 -30 мм з проковуванням шва.

1.2.4 Відновлення дефектів та зносу блоку двигунів із застосуванням технологій наплавлення та нарощування

Частою проблемою блоків циліндрів деяких виробників є прокручування вкладишів колінчастого валу. В такій ситуації використовується наплавлення з подальшим розточуванням під потрібний розмір [3, 7].



Рисунок 1.3 - Наплавлення «ліжок» колінчастого валу до розточування



Рисунок 1.4 - «Ліжка» колінчастого валу після розточування під потрібний розмір.

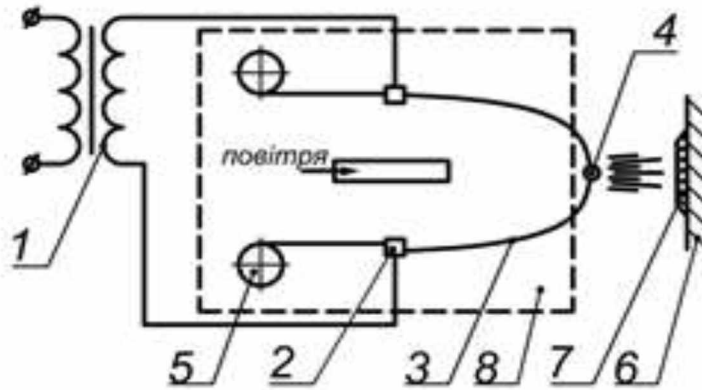


Рисунок 1.5 – Схема процесу електродугової металізації

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. Струмopовідні пластини 2 служать для підведення електроенергії до дrotів-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.



Рисунок 1.6 – Дизельний двигун та кулачковий вал з відновленими електродуговою металізацією поверхнями

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

Висновки

На підставі дослідження умов роботи найбільш навантажених, відповідальних і дорогих деталей автотракторних двигунів, зміни їх якісних характеристик в процесі експлуатації і після відновлення, а також на підставі огляду літературних джерел ми зробили наступні висновки:

1. Складна конструкція блок-картерів автотракторних двигунів, наявність великої кількості концентраторів напруги, а також специфічні умови роботи, що відрізняються дією знакозмінних навантажень, обумовлюють високі вимоги, що пред'являються до їх якості. В зв'язку з цим і з урахуванням їх високої вартості особливо важливим видається питання використання ефективних методів їх ремонту і відновлення.

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

1.3 Обґрунтування теми магістерської роботи

Капітальний ремонт автомобілів дозволяє підтримувати на високому рівні чисельність автомобільного парку.

Організації капітального ремонту автомобілів постійно приділяється велика увага. Одним з найважливіших умов успішного виконання подальшого розвитку авторемонтного виробництва є активне розширення зв'язку виробництва з наукою. Необхідно підвищити ефективність використання науково-технічного потенціалу, розширювати впровадження обчислювальної та комп'ютерної техніки у виробництво і керування [10].

Розробка нових прогресивних технологій відновлення деталей машин є найголовнішим завданням по зміцненню і вдосконаленню ремонтної системи сільського господарства.

Комплексний підхід до вирішення цих проблем забезпечить якісне відновлення деталей. Отже, підвищити післяремонтний ресурс відновлених деталей і вдосконалити ремонтну базу можливо тільки шляхом розробки високопродуктивних технологій відновлення деталей.

Актуальність теми. Автомобільна техніка знаходить широке застосування в різних галузях виробництва. У сільському господарстві автомобілі використовуються на транспортних роботах. Для надійного виконання своїх функцій автомобільна техніка повинна підтримуватися в працездатному стані за рахунок своєчасного проведення її технічного обслуговування і ремонту.

Ремонт блоків циліндрів дозволяє не тільки відновлювати працездатність ДВЗ, а й використовувати їх залишковий ресурс. В результаті забезпечується економія матеріальних, енергетичних і трудових витрат.

Технологія відновлення блоків циліндрів за допомогою електродугової металізації все частіше застосовується в ремонтній практиці і є актуальною.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є проведення досліджень і вивчення технологічного процесу електродугової металізації для виявлення

можливостей відновлення дефектів деталей цим методом. З метою удосконалення і впровадження в промисловість нового високопродуктивного технологічного процесу відновлення деталей.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- вивчення характеру дефекту блоку циліндрів, визначення можливих способів відновлення методом електродугової металізації;
- розробити обладнання для відновлення дефектних участків блок-картера;
- дослідити параметри режиму відновлення і розробити оптимальні режими відновлення;
- обґрунтувати матеріал покриття;
- обґрунтувати ефективність способу напилення.

Об'єкт дослідження – дефекти та зноси блок-картерів після експлуатації, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти, які мають блок-картери; відновлення дефектів методом електродугової металізації;

Методи дослідження. Експериментальні дослідження проводилися з використанням відомих і відпрацьованих методів, сучасних контрольно-вимірювальних приладів, теорії планування експерименту, теорії ймовірності та математичної статистики, з урахуванням діючих стандартів.

Новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- підтверджено можливість застосування електродугового напилення для відновлення дефектів блоку циліндрів і використання даного методу на ремонтних підприємствах.

Практичні значення одержаних результатів.

1. В результаті пошукових досліджень встановлено, що технологічними параметрами, які визначають процес електродугового напилення є:

- сила електричного струму дуги, А;
- електрична напруга, В;
- діаметр дроту і його матеріал;

- витрати розпилювального газу, м³/год;
- швидкість подачі дроту м/хв.;
- відстань напилення.

Отримані залежності дають можливість оцінити технологічну ефективність процесу електродугового напилення і управляти вихідними параметрами для отримання зносостійких покриттів.

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

3. На підставі аналізу умов роботи, зношуваності і появ дефектів, що виникають у процесі роботи блоку циліндрів сформульовані основні вимоги, що висувуються до способу їх відновлення.

4. Було обрано технологічне обладнання для відновлення блоку циліндрів методом електродугової металізації. Вибрано основні параметри режиму напилення та наступної механічної обробки.

Результати були опубліковані:

1) Відновлення корпусних деталей машин і обладнання агропромислового виробництва. 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. 51-53.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, 4 розділів і висновків загальним обсягом 101 сторінка машинописного тексту, 20 таблиць, 31 рисунок, 65 найменування використаних джерел та додатки.

2 МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Комплекс теоретичних і експериментальних досліджень по відновленню дефектів блоку циліндрів виконувався у наступній послідовності:

1. Проведення теоретичного аналізу дефектів блоку циліндрів під час його роботи.
2. Вивчення характеру дефектів блоку циліндрів, визначення можливих способів відновлення.
3. Розробка режимів технологічного процесу відновлення блоку циліндрів, вивчення його роботоздатності, довговічності шляхом стендових і експлуатаційних випробувань, техніко-економічна оцінка розроблених заходів.

2.1 Матеріал досліджень

Для дослідження технології відновлення найбільш навантажених деталей двигунів методом електродугової металізації із застосуванням рекомендованого матеріалу покриття були обрані блок-картери тракторних двигунів СМД.

Хімічний склад досліджуваного матеріалу блок-картерів, а також покриття приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад матеріалу блок-картерів і матеріалу покриття для відновлення

Матеріал	Вміст хімічних елементів, %					
	<i>C</i>	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>P</i>	<i>S</i>	<i>Mg</i>
Високоміцний чавун ¹	3,4-3,6	4,8-5,3	до 0,7	до 0,06	до 0,01	0,05
Покриття для відновлення ²	0,08-0,15	до 0,5	до 0,8	до 0,04	до 0,02	-

2.1 Методика визначення дефектів БЦ

Під час виконання даної магістерської дипломної роботи було проведено повне дефектування БЦ, виявлено та визначено всі типи дефектів

присутні у даного блоку циліндрів і підібрано необхідне обладнання для ремонту.

Вимірювання деталей проводилося у відповідності до вимог стандарту (ГОСТ14846-81) [27, 28].

Проводимо спочатку візуальний огляд і встановлюємо дефекти блоку або гільз циліндрів (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд блоку циліндрів



Рисунок 2.2 – Дефекти циліндрів



Контроль геометричних параметрів досліджуваних елементів здійснювався стандартним вимірювальним інструментом згідно вимог стандартів.

Для вимірювання співвісності ліжок блоку циліндрів двигуна було виготовлено спеціальне пристосування (патент № 104691) [28], зовнішній вигляд якого приведений на рис.2.3. Пристосування базується по торцевій поверхні отворів корінних шийок з допомогою самоцентруючих конусних шайб.

Рисунок 2.3 – Пристосування для вимірювання співвісності ліжок блоку циліндрів двигуна

Вимірювання проводили з допомогою індикатора годинникового типу, ціна поділки якого 1 мкм. Індикатор кріпили на втулці, яка має можливість переміщатися по валу, вздовж вісі, що вимірюється.

Вимірювання проводились наступним чином: виставляли індикатор на нуль з натягом; переміщали втулку вздовж вимірюваної вісі, фіксуючи показання приладу на кожній опорі, потім, повертаючи вал з втулкою на 45 градусів, повторювали вимірювання, визначали відхилення від номінального розміру по двох поясах в чотирьох площинах. При відхиленні розмірів більше, ніж на 0,03 мм блок направляли на відновлення.

Щоб уникнути зміщення втулки з вимірювальним інструментом рл діаметру вала отфрезерований паз, в який входить центруючий гвинт, закріплений у втулці.

2.2 Методика проведення лабораторних досліджень

2.2.1 Зразки лабораторних досліджень

Для проведення досліджень було відібрано зразки, виготовлені на одному технологічному обладнанні й мали наявні дефекти. Зразки виготовлялися з чавуну [27].

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

2.2.2 Обладнання і прилади

Експерименти по електроіскровому відновленню зношених ліжок блоків циліндрів проводилися на експериментальній установці, основним технологічним вузлом ми обрали комплекс для дугової металізації КЕМ-1 (рис. 2.4) [11,13]. Режими роботи установки: ручний та механізований. Схему електродугового металізатора ЕМ-01М приводимо на рис. 2.5.



Рисунок 2.4 – Комплекс для дугової металізації КЕМ-1 [11].

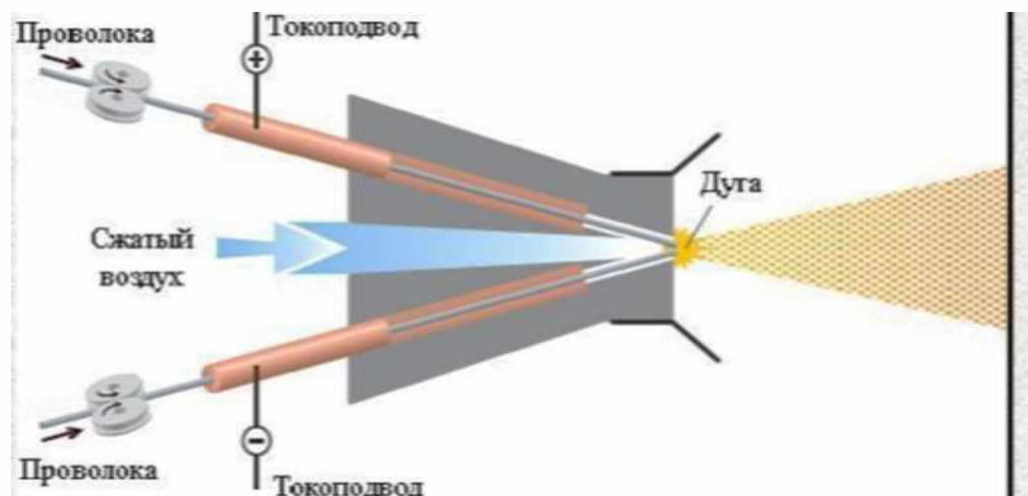


Рисунок 2.4 – Схема электродугового металізатора EM-01M

2.2.3 Методика визначення міцності зчеплення нарощеного шару з основою

Важливою умовою ремонту блоку циліндрів, а саме, ліжок блоків є міцність зчеплення покриття з основою. Існує дуже багато різноманітних факторів, що впливають на міцність або, іноді, унеможлиблює з'єднання деталей [15,16].

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

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

- штифтовий метод;
- клейовий метод відриву.

У штифтовому методі використовується шайба, як зразок, в отвір якої встановлюється циліндричний штифт (торцева частина має бути в рівень з площиною підставки шайби). Потім на загальну поверхню штифта і шайби наноситься покриття. Перевірка на міцність проводиться витягуванням штифта із записом зусилля. Після відриву штифта від покриття визначають відношення максимального навантаження до площі торця штифта й таким чином отримують кількісну характеристику міцності з'єднання покриття з основою.

Даний спосіб має один головний недолік – навіть при високій точності кінчної посадки між поверхнею штифта і основою утворюється вільна ділянка, на якій концентруються напруження.

Під час використання клейового способу – торцева поверхня циліндричного зразку піддається попередній обробці, покривається необхідним покриттям (товщина не менше 0,25 мм), до поверхні якого приклеюється інший циліндричний зразок (діаметр зразків має бути однаковим). Потім проводиться випробування на відрив. Міцність з'єднання визначається як частка відокремлення руйнівного навантаження на площу торцевої поверхні.

Основним недоліком цього способу є можливість застосування лише для покриттів, міцність з'єднання з основою яких, не перевищує міцність клею.

При використанні для відновлення зношених посадочних місць ліжок блоку циліндрів електроіскрового методу міцність зчеплення нарощеного шару з основою можна оцінити не по загальноприйнятій методиці, а по методиці, яку розробили у своїх роботах А.П. Гуляєв та Н.Т. Гудцов [27, 28]. Суть методики: при нанесенні відбитку алмазним індентором приладу ПМТ-

3, в область перехідної зони при недостатньому рівні міцності зчеплення за рахунок внутрішніх напружень відбувається розклинювання від кінців відбитка. При цьому виникає тріщина, за величиною якої можливо оцінити граничну міцність зчеплення (σ). Для розрахунку використовується формула:

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

де H – рівень мікротвердості, Н;

d – довжина діагоналі відбитка, мм;

l – довжина тріщини, мм.

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

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

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

2.2.4 Методика дослідження мікроструктури зразків та мікротвердості

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

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

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

Приготування шліфів виконували за методикам, широко висвітленим в літературі [28]. В якості реактиву для травлення поверхні зразків використали 2 -5% розчин азотної кислоти в етиловому спирті. Виготовлення та підготовка мікрошліфу до дослідження включає наступні операції – обрізання, торцювання, шліфування та полірування заготовки.



Рисунок 2.5– Мікротвердомір ПМТ -3:

Мікротвердість виміряли в перерізі, поперечному напрямку електроіскрового нарощування. Вимірювання у відповідності до ГОСТ 6996-96 проводили по двох суцільних лініях на відстані близько 3 мм від краю поверхні [27].

Випробування мікротвердості проводять на приладі ПМТ-3 (рис. 2.5).

2.2.5 Методика проведення порівняльних випробувань на знос

Оцінка зносостійкості відновлених деталей проводилась з відповідністю до ДСТУ 2860-94 (Надійність техніки), ДСТУ 2823-94 (Зносостійкість виробів тертя, зношування та мащення), ГОСТ 23.224 – 86 [27]. Даний стандарт розповсюджується на відновлені деталі рухомих з'єднань, що мають постійне спрацювання під час експлуатації.

Для досліджень на зносостійкість використали машину тертя МІ-1М (рис.2.7). Схема проведення дослідів - «колодка - ролик». Відповідно до умов роботи пари , було обрано режими випробувань:

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

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

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

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



Рисунок 2.6 - Машина тертя МІ-1М, аналітичні ваги ВЛА – 200М

2.3 Математична обробка експериментальних даних

Результати експериментальних даних визначення мікротвердості нових та зміцнених ліжок блоків циліндрів, оброблялись згідно методики [26]. По результатах вимірювань були визначені теоретичні значення мікротвердості по довжині робочої поверхні. Необхідно здійснити вирівнювання емпіричного розподілу по прийнятому теоретичному закону, а також порівняння емпіричних і теоретичних функцій по критерію узгодження Пірсона.

2.4 Методика експлуатаційних випробувань

Дослідження зносостійкості відновлених поверхонь проводили на партії блоків циліндрів СМД, усі зношені поверхні ліжок яких були відновлені електродуговою металізацією. Цей метод випробувань, за даними роботи [26], дозволяє одержати достовірні і порівнювані результати. Двигуни з блоками циліндрів маркували й експлуатували в умовах Гоголівського управління технологічного транспорту, смт Гоголеве Великобагачанського району Полтавської області.

Висновки

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

3 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Метою розділу є проведення теоретичних досліджень для виявлення можливостей відновлення зношених корпусних деталей.

Для можливості проведення експериментальних досліджень пропонованого способу при відновленні зношених блок-картерів ДВЗ, необхідно обґрунтувати основні параметри режиму наплавлення зношених поверхонь і вибрати наплавочний матеріал.

3.1 Аналіз можливості відновлення блок-картерів ДВЗ методом електрометалізаційного покриття

На корпусні деталі припадає частка 50-70% усієї маси двигуна, при цьому зниження їх надійності в період експлуатації призводить до істотного скорочення ресурсу двигуна в цілому.

Як було показано в огляді інформаційних матеріалів (розділ 1), умови роботи найбільш дорогої з корпусних деталей - блок-картера [1-5], відрізняються дією високих навантажень від сил інерції і тиску газів в циліндрах, підвищених температур і значної термічної напруги. Тому в період експлуатації виникає і розвивається ряд дефектів, усунення яких можливо тільки при проведенні капітального ремонту (рис. 3.1).

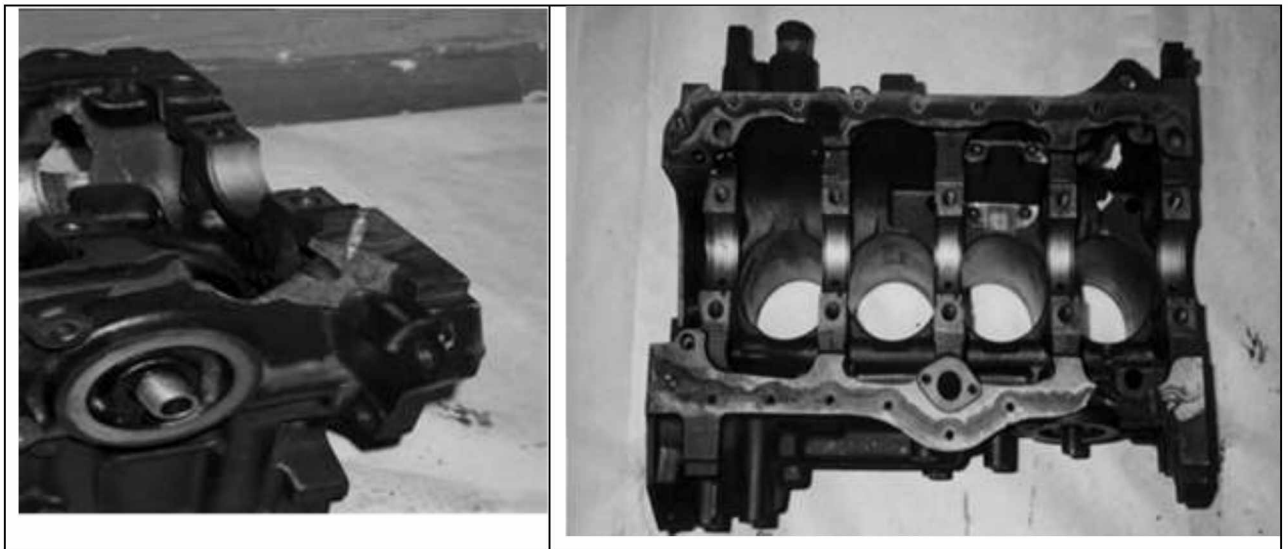


Рисунок 3.1 - Дефекти блок-картера: 1 - пробоїна; 2 - скол на поверхні прилягання до нижньої кришки

Для оцінки можливості відновлення дефектів блок-картерів, які поступають на ТОВ «Автомоторна компанія» після експлуатації методом електродугової металізації була проаналізована вибірка, що складається з 30 деталей.

Встановлено, що найбільший вплив на зниження ресурсу блок-картера роблять такі дефекти як знос, неспіввісність, ушкодження ліжок корінних підшипників; тріщини, пробоїни у блоці, а також ушкодження різьблення шпильок і різьбових отворів, обрив шпильок. Загальний об'єм вказаних дефектів для дослідженої вибірки склав 95%. Усунення несправностей, що увійшли в перші три групи дефектів (рис. 3.2) традиційно роблять методами механічної обробки з постановкою кільця ущільнювача у разі усунення корозії і зносу посадочних місць під нижній поясок гільзи циліндрів і заміною шпильок, установкою різьбових спіральних вставок у разі пошкодження різьби шпильок і різьбових отворів [19].

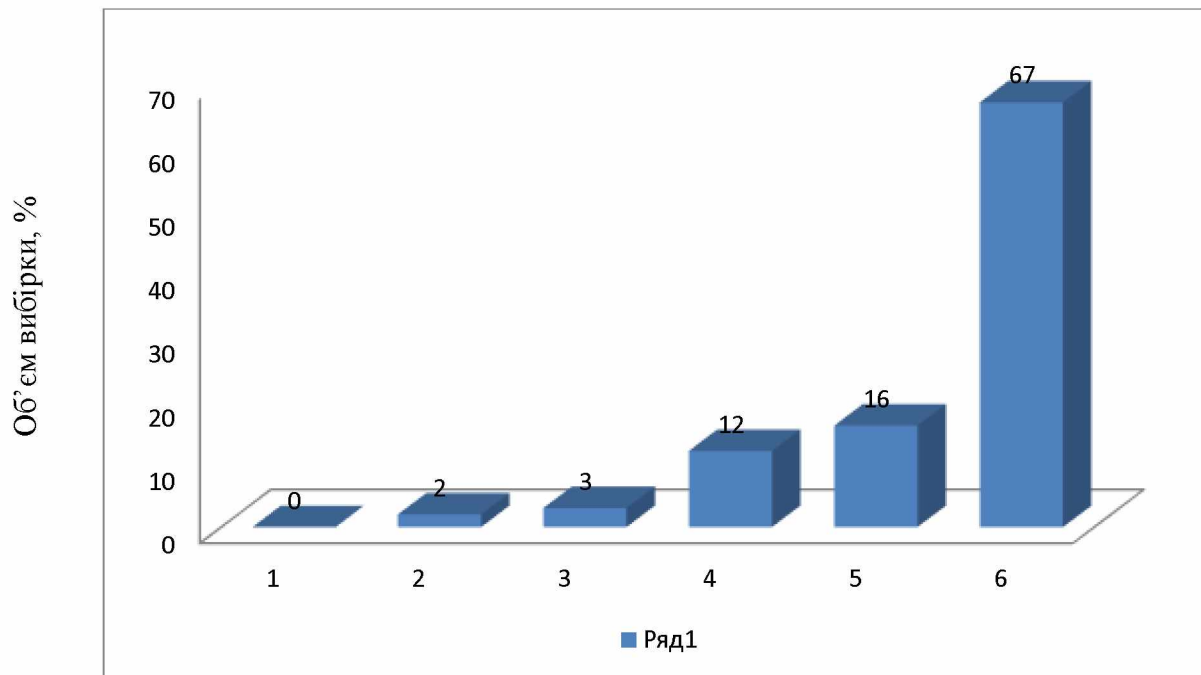


Рисунок 3.2 - Повторюваність дефектів блок-картерів, які надійшли в капітальний ремонт: 1 – раковини кавітаційної дії на нижньому посадочному пояску під гільзу циліндра, а також змяття, деформація пояска; 2 – знос, забоїни на торцевій поверхні гнізда під бурт гільзи; 3 – пошкодження різьби шпильок і різьбових отворів, обрив шпильок; 4 – тріщини, сколи, пробоїни в блоці; 5 – знос, неспіввісність, пошкодження ліжок корінних підшипників.

Тріщинина перемичках між посадочними місцями під гільзи циліндрів складають 52% від об'єму четвертої групи дефектів. Усувають їх методом заварювання. Виявлені пробоїни і тріщини на стінках водяної сорочки і нижньої частини блок-картера (рис. 3.1). Повторюваність такого дефекту в загальному об'ємі вибірки склала 7,7%. Усувають у більшості випадків за допомогою епоксидних композицій і накладення латок (рис. 3.3), що не завжди забезпечує достатній рівень якості відремонтованої деталі. Ремонт дефектів, що виходять на робочі поверхні не проводиться [20].

Серед дефектів, що входять до останньої групи і мають найбільший вплив на зниження ресурсу деталі можна виділити наступні (рис. 3.4): неспіввісність опор під вкладиші корінних підшипників (19%), усувається розточуванням; ушкодження гнізда корінного підшипника, відновлення якого можливе нанесенням електрометалізаційного покриття (27%); знос, овальність і конусність поверхонь під вкладиші корінних підшипників(54%), що частково також усуваються методом електродугової металізації(до 15%).

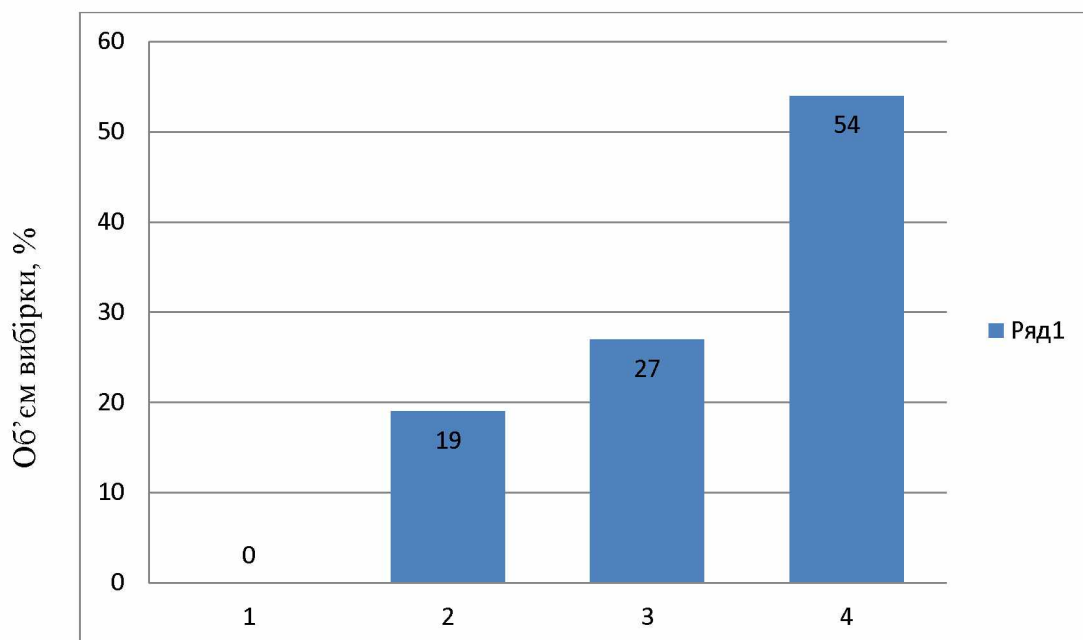


Рисунок 3.4 - Повторюваність дефектів ліжок корінних підшипників: 1 - неспіввісність опор під вкладиші; 2 - пошкодження гнізда; 3 - знос, овальність і конусність поверхонь під вкладиш.

Загальна кількість дефектів блок-картерів, усунення яких можливе методом електродугової металізації, в об'ємі досліджуваної вибірки склало 35,75%. Проте розробка технології відновлення вказаних дефектів вимагає визначення матеріалу покриття, що найбільш повно задовольняє вимогам експлуатації.

Статистичну обробку результатів мікрометричних вимірювань робили за відомою методикою [45]:

$$KA = NA / N; \quad (3.1)$$

де - NA - кількість валів, що мають той або інший дефект;

N - загальна кількість валів, що беруть участь у вибірці.

Розрахунок кількості блоків, які потребують відновлення поверхонь нанесенням металопокриття, проводили по найбільш зношеній поверхні під вкладиші кожного блоку шляхом статистичної обробки результатів мікрометричних вимірів на ЕОМ.

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 комплекс для дугової металізації КЕМ-1. Технологічні характеристики приводимо у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технологічні характеристики комплексу для дугової металізації КЕМ-1

Назва показників металізатора	Норми
Діаметр дроту, мм	1,2-2,0
Швидкість подачі дроту, м/хв.	1,6-18
Робочий тиск повітря, МПа, не менше	0,6 (6)
Витрата стиснутого повітря, м ³ /хв. (м ³ /год)	1,5(60) і більше
Робочий струм дуги, А, до	400
Робоча напруга дуги, В	17-40
Потужність дуги, кВт, до	16
Продуктивність розпилення, кг/год., не більше:	7,5-22
Габаритні розміри, не більше, мм	230x220x133
Маса металізатора, не більше, кг	1,7

3.2 Обґрунтування вимог до матеріалу покриття

Складні умови роботи блок-картерів, викликані дією знакозмінних навантажень від моментів, що вигинають і крутять, а також широким діапазоном зміни робочих температур що мають місце в період експлуатації, викликає необхідність визначення і оцінки рівня основних вимог, що висуваються до матеріалу покриття, необхідного для якісного усунення дефектів цих деталей.

Вибір способу підготовки поверхні передусім, визначається максимальною міцністю зчеплення покриття, що наноситься, з матеріалом основи. Встановлено (табл. 3.2), що способи, що забезпечують поверхневе наклепування (накатка, обробка дробом та ін.), підвищують втомну міцність на 20-30 %; способи, що створюють на виробі концентратори напруги і зухвалі 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 [38].

Таблиця 3.2 - Вплив способу підготовки поверхні на міцність покриття

Спосіб підготовки поверхні	Межа витривалості		Міцність зчеплення (деформація зрушення), Мпа
	σ_{-1} МПа	% до шліфованої 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 круга	194	77,0	167
Нарізка круга 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

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, який забезпечує межу витривалості 324МПа і міцність зчеплення покриття з основою - 104 МПа. А саме - колінчастий вал обробляли дробоструминною обробкою механічною сумішшю чавунного дроби і кварцевого піску під тиском $0,5 \pm 0,05$ МПа. Дистанція обробки: 130-150 мм. Кут нахилу падіння робочої суміші до оброблюваної поверхні 55- 70°.

Таблиця 3.3 – Таблиця по вибору матеріалів для металізації (по матеріалах Metallisation, Великобританія) [12]

матеріал	Галузь застосування	Обмеження по товщині покриття після механічної обробки, мм
Сталь легована високо хромиста: 13%Cr, а також низьколегована	Відновлення всіх типів поверхонь підшипників, як зовнішня сторона, так і внутрішня	0,375-3,750
Нержавіюча сталь	Для відновлення зношених покриттів нержавіючої сталі на чавун і низьковуглецеву сталь	0,375-1,50
Нержавіюча сталь з високим вмістом марганцю	Там, де необхідні властивості нержавіючої сталі у випадках проточування поверхні	0,375-1,750
Бронза, бабіт	Відновлення поверхонь втулок і підшипників рідинного тертя	0,37-7,0

Перші досліди по електродуговому наплавленню ліжок блоків циліндрів були проведені з використанням відомих дротів ПГ-СР4 та ПГ-СР4+3%A1 . Характеристика порошкових дротів представлена у таблиці Б2 додатків. Наплавлення дротом ПГ-СР4 не дала позитивних результатів: недостатня твердість наплавленого металу ускладнювала послідуєчу механічну обробку, а наявність повздовжніх тріщин в кільцевих валках знижувала опір втоми відновленого валу. Ці досліди показали що для наплавлення зношених ліжок необхідний спеціальний порошковий дріт. Найбільш підходящим з існуючих дротів є ПГ-СР43+%A1 [3]. Дріт діаметром 2,0 мм такої марки використовується для механізованого наплавлення ліжок БЦ двигунів. Отриманий наплавлений метал однорідний по хімічному складу та твердості, тріщини та інші дефекти відсутні.



Рисунок 3.5 – Відновлені електродуговою металізацією поверхні вкладишів

З'єднання напиленого шару з основою відбувається в основному шляхом механічного зчеплення розпорошених часток з нерівностями, шорсткостями і збільшеній поверхні оброблюваного виробу

Результати випробувань представлені у таблиці 3.1 і на рис.3.6

Таблиця 3.1 - Результати випробувань напилених матеріалів

Матеріал покриття	Товщина покриття δ , мм	Площа зчеплення F , см ²	Руйнівне навантаження P , кН	Міцність зчеплення σ , Мпа	Примітка
(основа) + ПГ-СР4	1,8	4,82	6,5	13,5	руйнування по покриттю
(основа) + ПГ-СР4+3%A1	1,7	4,82	7,0	14,5	руйнування по з'єднанню

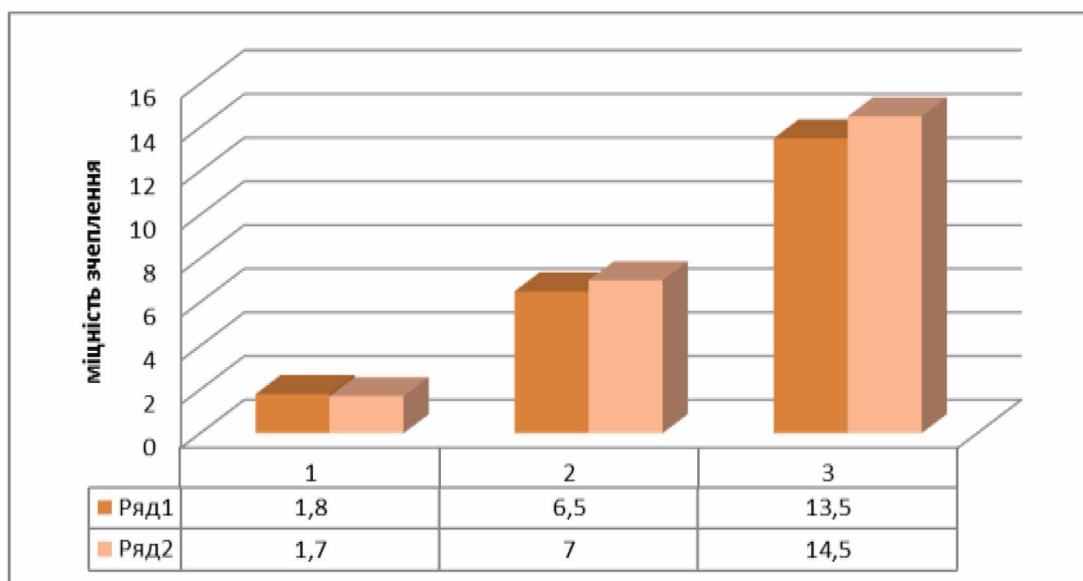


Рисунок 3.6 – Діаграма залежності міцності зчеплення нарощеного шару з поверхнею деталі від методу нанесення, товщини.

Отже, результати випробувань свідчать про те, що найвищу міцність зчеплення покриття з основою мають зразки напилені ПГ-СР4+3%A1.

3.3 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 .

$$q = \frac{0,24 \cdot \eta \cdot U_d \cdot I}{60}, \text{ кал/хв.}, \quad (3.2)$$

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:

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

де W - погонна енергія дуги;

$I_{зв}$ - 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.

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

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

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.

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

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

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.

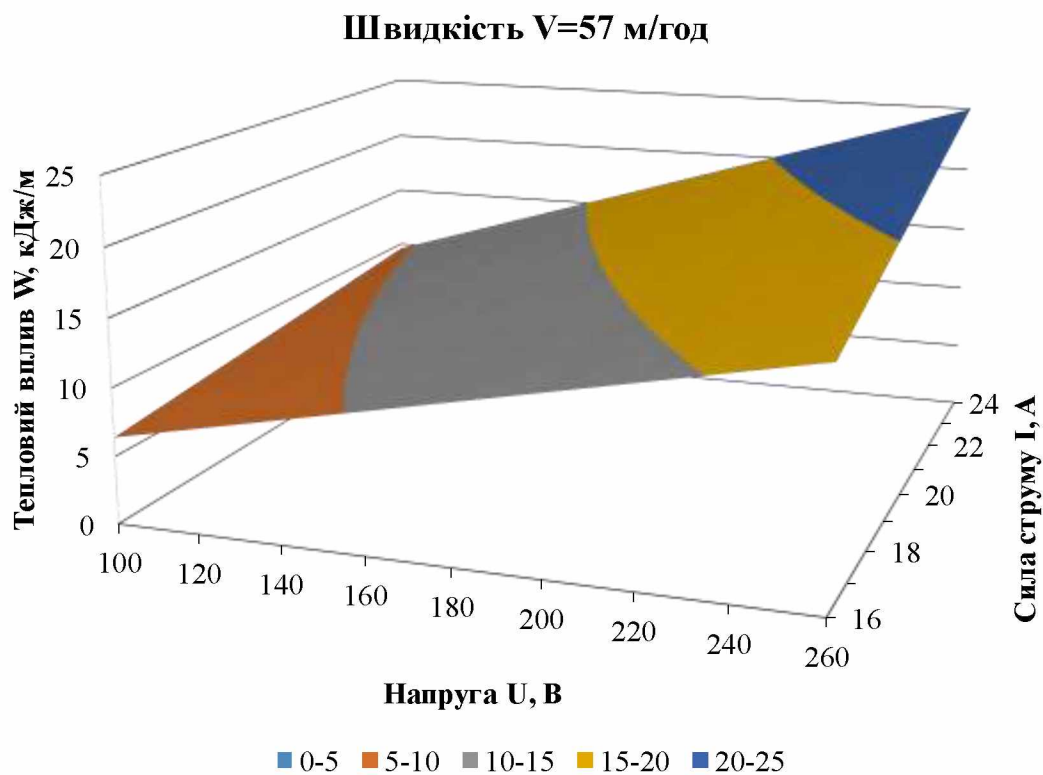
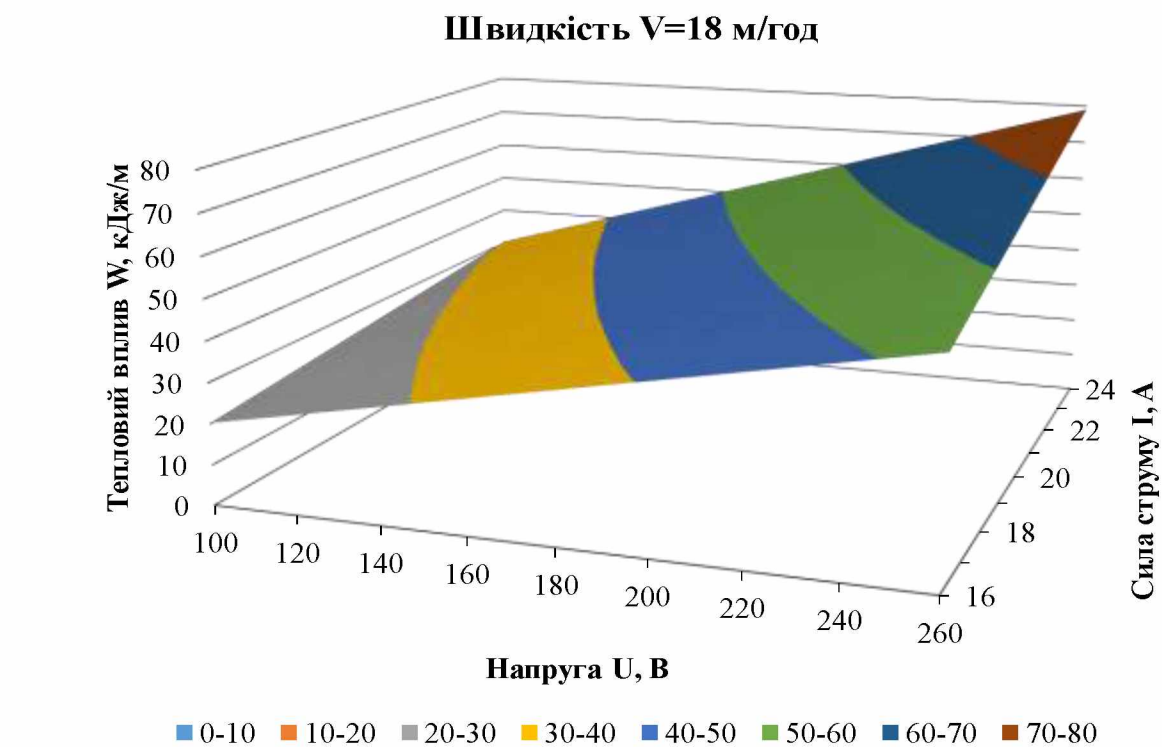


Рисунок 3.7 - Залежність теплового режиму від струму, напруги і швидкості наплавлення

Таким чином, одні і ті ж значення погонної енергії дуги, а отже, і фізико-механічні характеристики відновлених наплавленням деталей можна

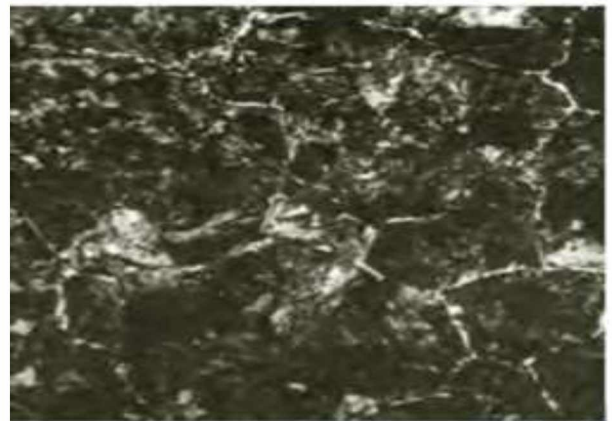
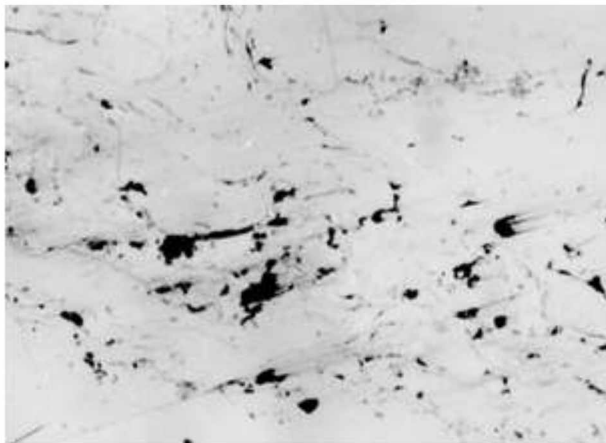
отримати не при одному значенні параметрів режиму, а в широкому діапазоні зміни одного з параметрів при відповідній зміні двох інших.

3.4 Дослідження структури покриття

Особливості формування структури вивчали з використанням різних сучасних методів детально розглянутих в розділі 2.

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

На рис.3.8 приведено фото відновленого шару зразка електродуговою металізацією (x100) та мікроструктура поверхневого шару зразка, нанесеного шару (x400)



a). - фото зміцненого шару зразка електродуговою металізацією (x100)

б). мікроструктура поверхневого шару зразка, зміцненого електродуговою металізацією (x300)

Рисунок 3.8 - Мікроструктура обробленого поверхневого шару режима :
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;

Для напиленого шару характерна витягнутість дефектів структури, розміщених паралельно поверхні основи.

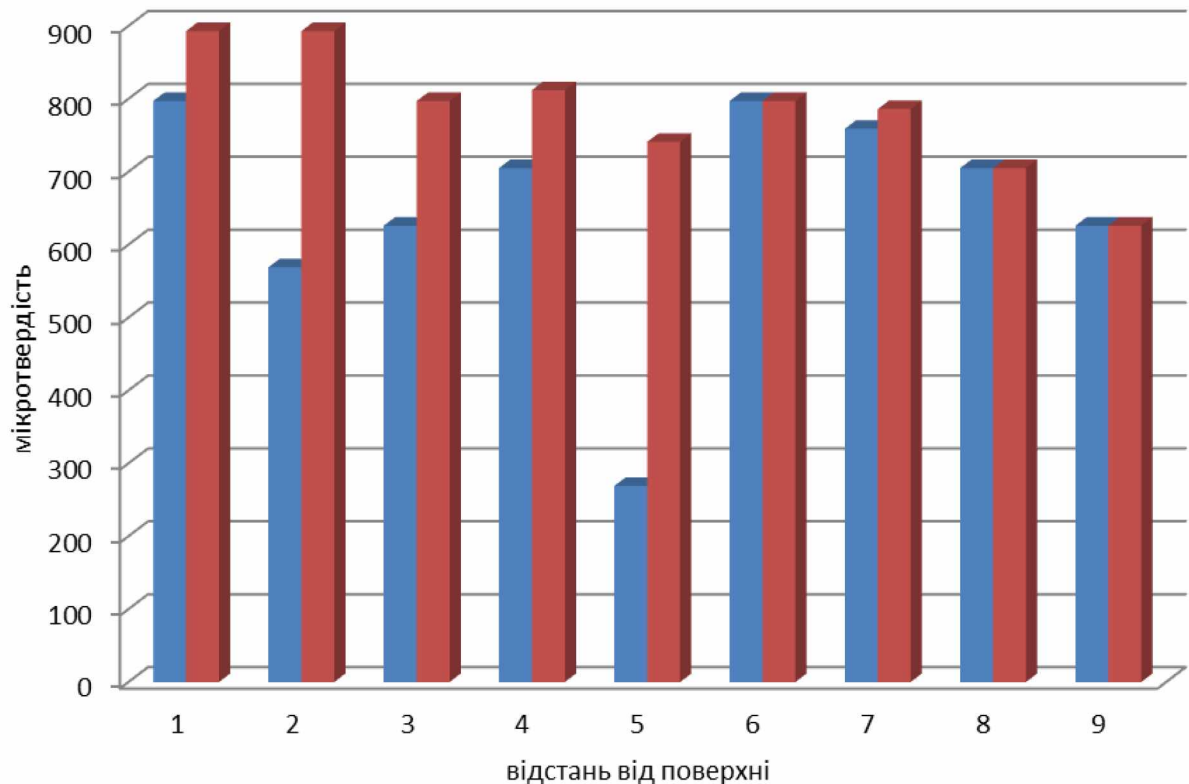
Аналіз структури меж нанесених крапель показав, що їх з'єднання в покритті відбувається, в основному в результаті сплаву, чим і пояснюється висока міцність отриманого покриття. Наявність тонких плівок оксидів, за умови копіювання виступів і западин при взаємодії крапель свідчить про те, що не виключений 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 (напряга 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 [47], первинний діаметр крапель склав 21 мкм.

Таблиця 3.3 - Мікротвердість по глибині нарощуваного шару

Назва	Відстань від поверхні, мм								
	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25
Min	797	569	626	705	569	569	625	657	569
max	893	893	797	812	741	797	759	705	626
mid	741	702	706	740	683	710	703	688	580

На рисунку 3.9 представлений графік зміни середнього значення мікротвердості по відстані від поверхні зразка



- Ряд1 - Мінімальне значення мікротвердості по глибині нарощуваного шару
- Ряд2 - Максимальне значення мікротвердості по глибині нарощуваного шару

Рисунок 3.9 - 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. Колодка зі сплаву свинцю, олова та міді.

Зразки для випробувань: високоміцний чавун прямокутної форми, 20x40x5 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 кН. Для вимірювання зносу користувалися аналітичними вагами ВЛА-200М, похибка – не більше 0,002г. Середню

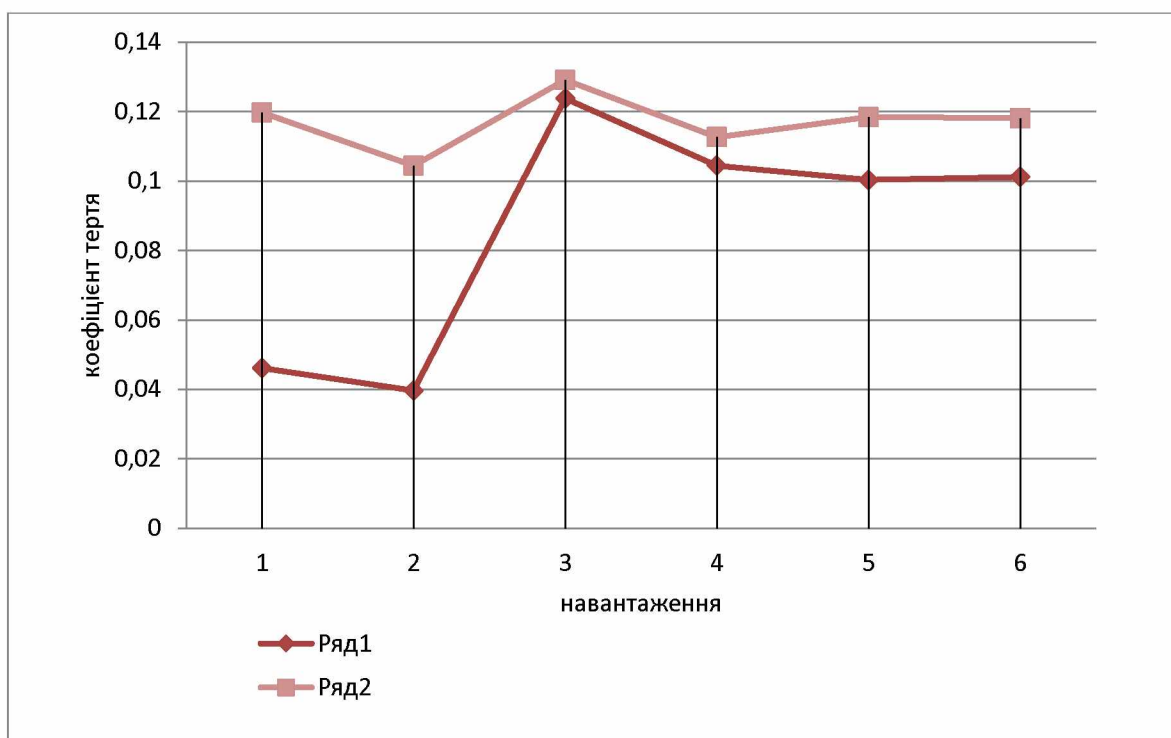
зносостійкість оцінювали по втраті ваги. Ми отримали суттєве зниження зміни маси (рис. 3.9)

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

Результати випробувань зведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Результати випробувань

Матеріал покриття	Матеріал ролика	Величина навантаження	Потужність Nтр, Вт	Коефіцієнт тертя
ПГ-СР4		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
(основа) + ПГ-СР4+3%A1		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, нарощений дротом ПГ-CP4,; 2- Ролик, напилений дротом ПГ-CP4+3%A1 ($V=0.8$ м/с)

Рисунок 3.10 - Залежність коефіцієнта тертя від навантаження на випробувальний ролик

З отриманих даних виходить, що сплав, легований 3%A1 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.

Висновки

1. В результаті проведеної оцінки причин виходу з експлуатації, що надходять в капітальний ремонт блок-картерів автотракторних двигунів встановлено, що основними групами дефектів, складових до 95% від загального числа деталей, являються: раковини дії кавітації на нижньому посадочному пояску під гільзу циліндра, зім'яло, деформація пояска - 2%; знос, забоїни на торцевій поверхні гнізда блок-картера під бурт гільзи - 3%; пошкодження різьби шпильок і різьбових отворів, обрив шпильок - 12%; тріщини, пробоїни у блоці - 16%; знос, неспіввісність, ушкодження ліжок корінних підшипників - 67%. При цьому загальний рівень дефектів, усунення яких можливе шляхом нанесення покриття методом металізації електродуги складає - 36%.

2. На підставі аналізу умов роботи і пошкодженості блок-картера сформульовані основні вимоги, що висуваються до якості покриття.

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.

Першою вимогою є мінімальна відмінність коефіцієнтів лінійного розширення матеріалу покриття і основи, формування значної напруги, що виключає, в період роботи деталей, що перевищують межі адгезійної і когезійної міцності покриття. Для визначення міри ефективності покриття за цим критерієм можна скористатися результатами виконаної теоретичної оцінки, згідно якої відмінність в коефіцієнтах лінійного розширення в 1×10^{-6} $1/^\circ\text{K}$ в межах робочих температур експлуатації навантажених деталей може привести до підвищення їх рівня до 18 МПа.

Друга вимога передбачає необхідність забезпечення міцності зчеплення з основою не менше 80 МПа. Цей показник визначений з урахуванням 5-ти кратного коефіцієнта запасу міцності, що приймається для більшості відповідальних деталей. Встановлено, що основна напруга, здатні привести до руйнування покриття, формується під дією тангенціальних складових результуючої сили. Тому оцінку ефективності застосування покриття за цим критерієм доцільно вести методами випробувань на зрушення.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

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

Згідно із Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» (6 розділ, 26 стаття) має обов'язково проводитися екологічна експертиза у господарських, управлінських, законотворчих процесах та інших видах діяльності, котрі впливають на стан оточуючого середовища. Також мають бути перевірені всі будівельні проекти та об'єкти, включно з об'єктами, що проходять реконструкцію та модернізацію [31].

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

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

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

Головними завданнями екологічної експертизи є:

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

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

Принципами екологічної експертизи є:

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

Відповідно до теми наукової роботи «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення блоку циліндрів автотракторних двигунів» на базі СТО «Автомоторна компанія» досліджуємо головні екологічні проблеми зварювально – наплавлю вального процесу, а саме виконання електродугової металізації.

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

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

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

Щоб уберегтися від шкідливих променів – мають бути застосовані спеціальні світлофільтри та зварювальні маски. Задля нормалізації хімічного складу повітря повинна проводитися безперебійна вентиляція й постійний контроль за складом повітря на ділянці, застосовуватися засоби індивідуального захисту(або блоки подачі очищеного повітря). На ділянках з великим рівнем шуму мають бути застосовані засоби захисту органів слуху.

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

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми охорони праці у виробничому середовищі

Охорона праці – важливий аспект будь якого виробництва.

Охорона праці – це система правових, соціально – економічних, організаційно – технічних, санітарно – гігієнічних та лікувально – профілактичних заходів і засобів, котрі спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності кожної людини у процесі праці [29, 30].

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

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

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

У відповідності до теми дипломної роботи «Дослідження технологічних процесів ремонту з розробкою технології відновлення блоку циліндрів автотракторних двигунів» проводимо аналіз можливості впровадження розробок з точки зору забезпечення усіх вимог з охорони праці. Технологічний процес відновлення блоку циліндру з використанням установки для електроіскрового нарощування БГ – 4. Впровадження плануємо в цеху ТОВ «Автомоторна компанія», яка є спеціалізованим підприємством з повним комплексом технологічного обладнання для якісного ремонту двигунів.

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

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

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

Будь які маніпуляції та обслуговування електрообладнання виконується лише у відповідності до «Правил технічної безпеки при експлуатації електроустановок користувачів» [29].

4.2.3 Розробка комплексу організаційних та технічних заходів з охорони праці та пожежної безпеки [30].

Організаційні заходи

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

Протипожежні заходи

1. Впровадження новітньої системи попередження пожеж.
2. Встановлення новітньої автоматичної системи пожежогасіння.
3. Постійний контроль за наявністю та станом пожежного інвентарю.

Технічні заходи

1. Установлення захисної огорожі навколо електротрансформатора на території підприємства.

2. Обладнання додатковими джерелами освітлення всієї робочої ділянки.

3. Обладнання ділянки кондиціонерами для покращення температурного режиму.

Санітарно – гігієнічні заходи

1. Контроль за наявністю миючих засобів біля рукомийників.

2. Забезпечення засобами індивідуального заходу.

3. Покращення обладнання кімнати відпочинку персоналу.

4. Встановлення додаткових кондиціонерів у адміністративних приміщеннях.

4.3 Техніко – економічне обґрунтування розробок

Розрахунок собівартості ремонту

Собівартість – це комплексний економічний показник, який об'єднує в собі витрати матеріалізованої праці (засоби виробництва й обладнання) і витрати живої праці(заробітна плата робітників) [33].

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

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

У таблиці 4.2 приведено дані необхідних матеріалів для виконання ремонту одного блоку циліндрів.

Таблиця 4.2 - Витрати матеріалів та ресурсів для ремонту блоку циліндрів

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

З таблиці 4.2 видно, що загальні витрати на матеріали склали :

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

Розраховуємо кількість використаної енергії [32]:

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

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання,

N_b - загальна витрата електроенергії кВт/год.

Витрати на електроенергію:

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

Обладнання працюватиме 8 годин на добу.

Витрати електроенергії за добу:

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

Витрати за рік :

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

Визначаємо потребу та розрахунок оплати персоналу на 2022 рік.

Таблиця 4.3 - Розрахунок оплати персоналу.

Фах працівника	К/к працівників	Оплата праці, грн		
		За місяць	За рік	Питома вага, %
Наплавлювальник (зварювальник)	1	7500	90000	31,81
Шліфувальник	1	15000	180000	36,37
Контролер - діагност	1	7500	90000	31,81
Разом	3	30000	360000	100,0

Приймемо, що діагностика – 2 година; електродугова металізація – 3 години; шліфування 4 години. Заробітна плата в цьому випадку :
 $187,5 + 562,5 + 375 = 1125$ грн.

Собівартість ремонту БЦ визначаємо за формулою:

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

де O_n - заробітна плата, грн.,

H – накладні витрати, грн.

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

Отримані результати вартості витрачених матеріалів та наданих послуг приводимо в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Розрахунок собівартості ремонту БЦ

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

Економічна доцільність:

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

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

$C_{\text{нов.}} = 18500$ грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

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

$$\frac{2044,6}{0,9} = \text{грн.}, \text{ а саме } 2271,8 < 18500 \text{ грн.}$$

Отже, собівартість ремонту автомобільного БЦ двигуна СМД становить 2271,8 грн., тоді як вартість нового БЦ - 18500 грн. Із співвідношення видно, що ремонт даним способом є доцільним.

Висновки.

У даному розділі ми запропонували розроблені нами:

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

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

В даній роботі нами було досліджено способи відновлення блоку циліндрів. За даними дослідженнями ми отримали результати в яких найефективнішим способом відновлення є електродугова металізація. Цей спосіб має всі характеристики (продуктивність, якість, ефективність, економічність) які задовольняють головні вимоги при відновленні наплавленням такої деталі як блок циліндрів автотракторних двигунів.

В першому розділі ми розглянули основні способи відновлення блоку циліндрів. Аналіз наведених способів відновлення блоку циліндрів переконує в тому, що більшість з них або складні, або трудомісткі, або дорогі. Найбільш перспективним способом вважаємо електродугову металізацію.

Розроблена методика досліджень, яка включає проведення експериментів по визначенню міцності щеплення шару металу з основою, визначення структури, властивостей покриттів з урахуванням хімічного складу матеріалу і параметрів процесу електродугової металізації.

Встановлено характер розподілу мікротвердості по глибині і по ширині.

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

В розділі з охорони праці ми вияснили, що процес електродугової металізації є шкідливим через викиди шкідливих газів, та опромінення.

В екологічній експертизі нами розглянуті основні закони якими слід користуватися при шкідливих умовах праці, та надані пропозиції щодо покращення екологічного стану на підприємстві в цілому.

Виконали техніко-економічне обґрунтування ефективності способу відновлення: собівартість відновлення БЦ - 2271,8, тобто це вигідною, так як вартість одного нового блоку циліндрів – 18500 грн.

Виходячи з отриманих даних ми пропонуємо впровадити нашу розробку, а саме відновлення блоків циліндрів автотракторних двигунів методом електродугової металізації, оскільки цей метод є вигідним як з точки зору технологічності так і економічно доцільний.