

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

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

на тему: «Дослідження сучасних методів підвищення надійності
колінчастих валів автотракторних двигунів»

Виконав: здобувач вищої освіти
за ступенем «*магістр*» групи _____

ОПП Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
_____ Романенко Андрій
Керівник: Іванкова Олена

Рецензент: _____

Полтава – 2022 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи на тему: «Обґрунтування способів і розробка режимів відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів»: 65 с., 30 рис., 10 табл., 2 додатки, 67 джерел.

Об'єктом дослідження є зношені поверхні шийок колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси колінчастих валів двигунів, що відновлюються зміцнюючими технологіями відновлення.

Мета роботи: розробка сучасної технології відновлення колінчастих валів двигунів внутрішнього згорання.

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

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

Визначена собівартість відновлення колінчастого валу при розробленому технологічному процесі 2205 грн., що нижче ціни нової деталі.

Ступінь впровадження результатів роботи – результати використовувалися при розрахунку режимів відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів.

Галузь застосування – агропромислове виробництво.

Ключові слова: двигун, колінчастий вал, дослідження, технологія відновлення, електроіскрова обробка, 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 двигунів тракторів та автомобілів 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 кваліфікаційної роботи «Обґрунтування способів і розробка режимів відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів» є актуальною на даний момент.

Мета дослідження - розробка сучасної високопродуктивної технології відновлення колінчастого валу

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

- провести аналіз характерних зносів колінчастих валів та способів їх відновлення;
- визначити оптимальний спосіб відновлення колінчастого валу;
- обґрунтувати можливість застосування відновлення дефектів колінчастих валів методом електроіскрової обробки;
- обґрунтувати вибір обладнання та матеріалів для відновлення зношених шийок;

- дослідити режими електроіскрової обробки і розробити оптимальні параметри відновлення;
- провести експериментальні дослідження: на міцність зчеплення; металографічні та зносостійкості відновлених валів;
- обґрунтувати ефективність способу відновлення;
- узагальнити результати досліджень відновлення колінчастого валу методом електроіскрової обробки.

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

Предмет дослідження – дефекти, які мають шийки колінчастих валів; відновлення дефектів методом електроіскрової обробки.

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 шийок колінчастих валів електроіскровим нарощуванням, 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

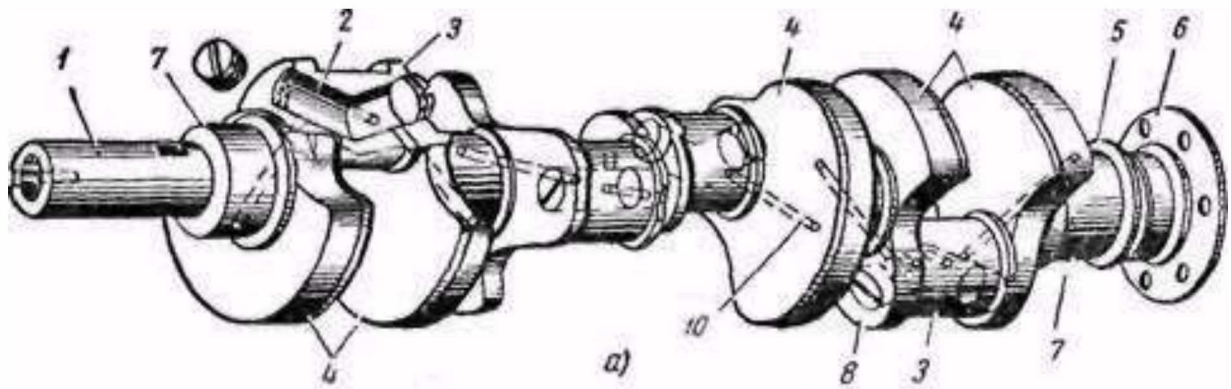
1.1 Аналіз конструкції та умов роботи виробу

Колінчастий вал є одним з найбільш відповідальних та напружених деталей двигуна. Конструкція колінчатого валу повинна мати достатню міцність, жорсткість та зносостійкість при порівняно невеликій вазі.

Він сприймає значні зусилля тиску газів, що передаються шатунно-поршневим механізмом. Діють навантаження від сил інерції мас деталей, які рухаються поступально і обертально, зусилля, що виникають внаслідок крутильних коливань. Сили, що діють на вал, викликають тертя, що спричиняє: - зношування шийок і підшипників, - втомні руйнування в місцях переходів шийок в щоки і в місцях виходів масляних каналів.

Конструкція і розміри колінчастого вала (рис.1.1) залежать від кількості та розташування циліндрів ДВЗ, кількості корінних і шатунних шийок, розміщення шатунів, рівномірності чергування робочих ходів і врівноваженості. Основними елементами колінчастих валів є [3]: - корінні шийки (7): однакового діаметру. Для фіксування колінчастого вала від осьових переміщень служить одна з крайніх чи середня шийка. Упорні підшипники у більшості двигунів розташовують з боку маховика; шатунні шийки (3) мають менший діаметр, ніж корінні. Мастило до шатунних шийок підводиться від корінних по висвердленим у валу каналах (10) або запресованим трубкам; щоки (8) пов'язують шатунні та корінні шийки; передній край вала (1), на якому знаходиться шестерня або шків вала відбору потужності (ВОМ), призначений для приводу в рух газорозподільного механізму (ГРМ) і допоміжних агрегатів, вузлів; задній край вала (хвостовик) з'єднується із маховиком; фланець (6) для встановлення маховика; противаги (4, 9) для розвантаження корінних підшипників від моментів та відцентрових сил.

На рисунку 1.1 представлений зовнішній вигляд колінчастого вала.



1 – передній кінець вала, 2 – брудоуловлювальна порожнина в шатунній шийці, 3 – шатуна шийка, 4 – противаги, 5 – масло відбивач, 6 – фланець, 7 – корінна шийка, 8 – щока, 9 – передня противага, 10 – мастилопровідні канали.

Рисунок 1.1 - Конструкція колінчастого валу [4].

У процесі тривалої роботи колінчасті вали піддаються зносу и починають втрачати свою роботоздатність.

Зношування валу визначається низкою характерних факторів:

- знакозмінні контактні навантаження;
- закономірна зміна площі контакту деталі в міру її зносу;
- зміна умов змащення деталі в міру зміни її форми;
- навантажувальні, швидкісні і теплові режими роботи деталі;
- коливання фізико-хімічних властивостей мастильних матеріалів.

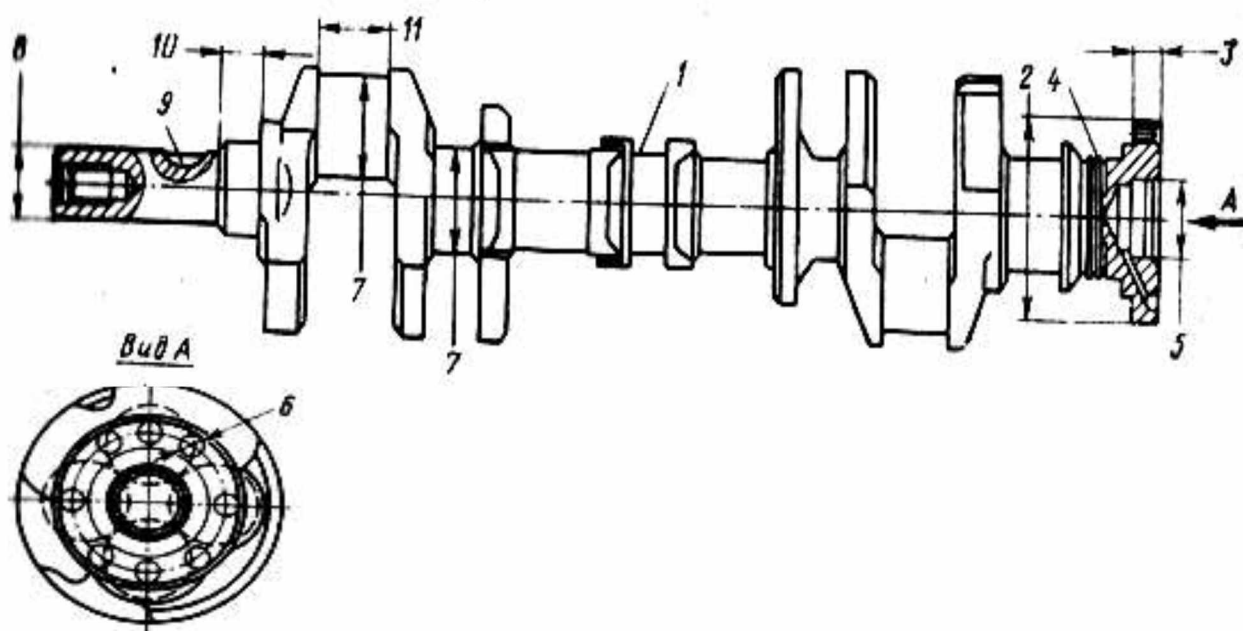
Комплекс цих факторів викликає, в основному, механічне (абразивне) зношування колінчастого валу.

В процесі експлуатації двигуна в результаті нерівномірності зносу, короткочасних перевантажень, зміщення опор блоку через старіння металу і ряду інших факторів виникають ситуації, при яких вал працює в умовах перевантажень. При цьому в ході багаторазового циклічного навантаження і деформування мікрооб'ємів металу поверхневого шару, в його структурі накопичуються втомні пошкодження, що призводять до втомного викришування найбільш напружених зон деталі. Такими зонами в колінчастих валах автомобільних двигунів є центральні частини корінних і шатунних шийок в області отворів для підводу мастила [3]. Таким чином, колінчаті вали двигунів

працюють в умовах переважно втомного і абразивного зношування поверхонь шийок, до яких висуваються жорсткі вимоги щодо дотримання геометричних розмірів. Отже, термін служби колінчастого вала залежить від опору втомного викришування і зносостійкості поверхні корінних і шатунних шийок.

Під час експлуатації двигуна виникає знос корінних і шатунних шийок ($\Delta_{зн}$ до 0,1мм), при чому їх знос нерівномірний. А саме: по довжині зношуються до форми конуса, а по діаметру – до форми овалу ($\Delta_{нецил}$ до 0,08мм). Порушення по якості поверхонь шийок: корозія, задири та риски. Механічні пошкодження поверхонь вала: пошкодження різьби та тріщини. Прогин колінчастого вала (до 0,150мм). Знос отворів під підшипник ведучого вала коробки передач фланця вала і т.д [10].

На рисунку 1.2 показані основні дефекти колінчастого вала



1 – прогин вала; 2 – знос фланця (зовнішньої його поверхні); 3 – биття фланця; 4 – зношування канавок маслосгонних, 5 – зношення отвору вала під підшипник; 6 – знос отворів болтів для закріплення маховика; 7 – знос шатунних та корінних шийок вала; 8 – знос шийки вала під шестерню і основу шківів; 9 – знос по ширині шпоночної канавки; 10 – підвищення довжини першої корінної шийки колінвала; 11 – підвищення довжини шатунних шийок.

Рисунок 1.2 – Основні зноси та дефекти колінчастого вала [4]

Аналіз умов експлуатації колінвалів дозволяє зробити висновок, що матеріал повинний мати такі властивості: високий опір втоми на вигин і крутіння, циклічна в'язкість, низька чутливість до концентрації напруг і висока зносостійкість. Таким вимогам відповідає вуглецева конструкційна сталь 40Х (табл. 1.1).

Основні показники міцності легованої конструкційної сталі 40Х та співвідношення по втомній міцності приведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Показники міцності сталі 45

Показники міцності, МПа		
Межа міцності при розтягуванні	Межа втомної міцності при вигинанні	Межа втомної міцності при крученні
740	305	170
Межа втомної міцності, МПа		
Зразків гладких валів		Зразків колінчастих валів
305		122

З таблиці 1.1 ми бачимо, що межа міцності зразків колінчастих валів різко знижується в порівнянні з гладкими валами.

В галтелях і місцях виходу отворів на поверхню шийок при роботі виникають найбільші напруги. З них і починається руйнування колінчастого валу. Тому кромки отворів, що входять на поверхні шийок, скруглюють і полірують. Місця переходу шийок з'єднують радіусами 5 мм і додатково зміцнюють поверхневим наклепуванням, застосовуючи накатування роликками. Ця обробка галтелей підвищує втомну міцність колінчастого валу на 30...40%. Неспіввісність корінних шийок повинен не перевищувати 0,015 мм. Це досягається правкою колінвалу на пресі.

Необхідність відновлення колінчастих валів та заміни підшипників визначається по величині овальності шийок і по перевищенню допустимих зазорів в підшипниках, які встановлюють для кожної марки двигуна і кожного ремонтного розміру валу (таблиця 1.2) відповідними технічними умовами [6, 8].

Таблиця 1.2 - Ремонтні розміри шийок колінчастих валів [7]

Марка ДВЗ	Д-240	
Шийка вала	Корінна	Шатунна
H1	$75,25_{-0,101}^{-0,082}$	$68,25_{-0,096}^{-0,077}$
H2	$75,00_{-0,101}^{-0,082}$	$68,00_{-0,096}^{-0,077}$
P1	$74,50_{-0,101}^{-0,082}$	$67,50_{-0,096}^{-0,077}$
P2	$74,00_{-0,101}^{-0,082}$	$67,00_{-0,096}^{-0,077}$
P3	$73,50_{-0,101}^{-0,082}$	$66,50_{-0,096}^{-0,077}$
P4	$73,00_{-0,101}^{-0,082}$	$66,00_{-0,096}^{-0,077}$
Твердість, HRC	46	46
Радіус кривошипів	$62,50 \pm 0,04$	$62,50 \pm 0,04$

Спочатку виявляють дефекти валу: тріщини та задири шатунних і корінних шийок; зношення поверхонь валу під шків; зношення поверхні авлу під фланець, знос отворів під штифти фланця, знос шпонкових пазів валу, знос установчого штифта; згин валу; биття торцевої поверхні валу під фланець.

Технічні умови

- 1). брудодуловлювачі та масляні канали ретельно обчищені;
- 2). діаметр шатунних шийок - $85,00_{-0,015}$ мм; корінних - $90_{-0,015}$ мм;
- 3). овальність і конусність шийок - 0,015 мм;
- 4). шорсткість поверхонь шийок - Ra 0,2...0,32 мкм;
- 5). довжина передньої корінної шийки - 30,45-30,90 мм;
- 6). довжина шатунних шийок - 52,0-52,2 мм;
- 7). радіус галтелей шатунних шийок - $4_{-0,5}^{-0,2}$ мм.
- 8). при обертанні встановленого в призми крайніми корінними шийками колінвалу, биття шийок не повинно перевищувати:
 - а) середньої корінної шийки валу – 0,07 мм;
 - б) шийки валу під розподільчу шестерню – 0,03 мм;
 - в) шийки під шків вентилятора – 0,04 мм;

- г) шийки під сальник – 0,04 мм;
- д) по торцю фланця – 0,04 мм;
- 9). непаралельність твірних корінних та шатунних шийок відносно вісі валу – не більше 0,05 мм.

1.2 Технологія ремонту на ремонтний розмір колінчастих валів

Послідовність відновлення колінчастих валів [6, 7, 9]:

- заварення шпонкових пазів;
- наплавлення кінцевої поверхні під шків,
- наплавлення шийки під шестерню та передню противагу;
- проточка центрових отворів та наплавлених поверхонь шийок;
- шліфування наплавлених шатунних та корінних шийок;
- перевірка шатунних і корінних шийок на наявність тріщин;
- розточка отворів під втулку;
- запресування втулки;
- розточення отворів під фланець валу;
- фрезерування шпоночних пазів;
- скруглення фасок;
- суперфінішна обробка та полірування шатунних і корінних шийок;
- маркування валу;
- обробка отворів під штифт і запресовування його;
- балансування колінчастого валу;
- перевірка валу на відповідність технічним вимогам.

Перед ремонтом вал розбирають і піддають ретельній промивці в мийній машині на пристосуванні особливо масляні канали і порожнини для відцентрового очищення масла [9].

Контроль валу починають з перевірки наявності тріщин на магнітному дефектоскопі М-217. При цій перевірці вал намагнічується за допомогою виносних щупів і на шийки наносяться суспензії (феромагнітний найдрібніший порошок у вигляді окалини заліза з маслом або гасом в

співвідношенні 1:30–1:50). В місцях тріщин магнітний порошок утворює тонкі лінії. Відновлюють вали без тріщин або ті, які мають на поверхнях тонкі подовжні тріщини, які не виходять на галтель валу, довжина яких не перевищує 15 мм.

Шліфування на ремонтний розмір шатунних та корінних шийок

Для шатунних та корінних шийок усіх колінчастих валів двигунів тракторів існує чотири ремонтні розміри (основні) – Р1, Р2, Р3 і Р4. Розміри шатунних шийок відрізняються між собою на величину 0,75 мм, а корінних - на 0,5 мм [9]. Шліфування шийок колінчастого валу проводять на шліфувальних верстатах типу 311-42, 3423 або 3420 з необхідним набором пристосувань. Це дозволяє правильно встановлювати і перевіряти установку валу перед шліфуванням (рис.1.3).



Рисунок 1.3 - Шліфування шийок колінчастого валу

Спершу виконують шліфування корінних шийок валу, встановленого в нерухомих центрах верстата, обертаючи його від повідкового патрону передньої бабки верстату. Процес шліфування спочатку ведуть врізанням на повну ширину круга до виходу овальності біля обох галтелей шийки на однакову глибину, потім подовжньою подачею з глибиною 0,0-0,03 мм і кінцево без врізання подовжньою подачею 7-10 мм на один оберт валу.

Параметри режиму шліфування наступні:

- колова швидкість обертання шліфувального круга - 25-30м/с;

- при попередньому шліфуванні валу швидкість обертання - 28-32хв⁻¹.
- подача шліфування - 0,010-0,015мм/об;
- швидкість обертання валу при чистовому шліфуванні - 8-15хв⁻¹;
- подача круга - 0,003 - 0,005 мм/об.[4].

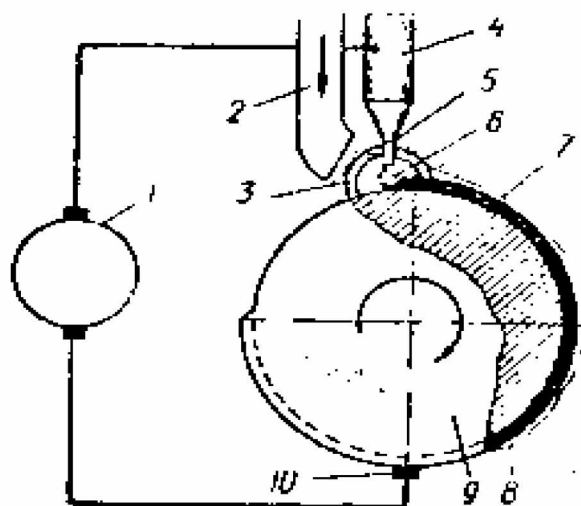
Відновлення зношених шийок для установки підшипників, розподільної шестерні та привідного шківа вентилятора можуть здійснювати: вібродуговим наплавленням, електроіскровим нарощуванням, або остальюванням з подальшою механічним обробленням до нормального розміру.

Зношені стінки канавок шпонок можуть обробляти на збільшений розмір. Колінчастий вал після ремонту динамічно балансують.

1.3 Аналіз способів та технологій відновлення шийок колінчастих валів автотракторних двигунів на нормальний розмір

1.3.1 Наплавлення зношених поверхонь під шаром флюсу

Спосіб наплавлення зношених поверхонь під шаром флюсу полягає у тому, що електрична дуга виникає між деталлю та електродним дротом. А гранульований флюс безперервно подається у зону горіння дуги (рис.1.4).



1 – джерело живлення дуги; 2 – пристрій для безперервної подачі флюсу; 3 – захисна оболонка; 4 – мундштук установки; 5 – дріт електроду; 6 – дуга; 7 – кірка зі шлаку; 8 – шар, наплавлений на деталь; 9 - деталь; 10 –

струмопідведення до деталі [13].

Рисунок 1.4 - Схема процесу наплавлення під шаром флюсу

Під дією високої температури електричної дуги, яка сягає 6000-7500°C, метал і флюс починають плавитися і утворюється на поверхні рідкого металу оболонку для захисту зони наплавлення від впливу зовнішнього середовища, а також попереджає розбризкування металу, утворенню пор та вигорання легуючих елементів та вуглецю. Флюс твердіє, утворює на поверхні наплавленого валика шлакову кірку [4].

Обладнання: зварювальна головка, джерело живлення і токарний (або спеціальний) верстат. При механізованому напавленні використовуються автомати (головки): ОКС-1252М, А-580М, А-874Н, тощо. Для напівавтоматичного зварювання під шаром флюсу – шлангові напівавтомати ПШ-54, ПДШМ-500 [13].

Ремонтні підприємства для наплавлення бігових доріжок ланок гусениць, опорних котків і натяжних коліс використовують спеціальне обладнання, зокрема, установки ОКС-11200, ОКС-11235, а для валів та інших деталей, що мають форму тіл обертання: СН-2, УД-209.

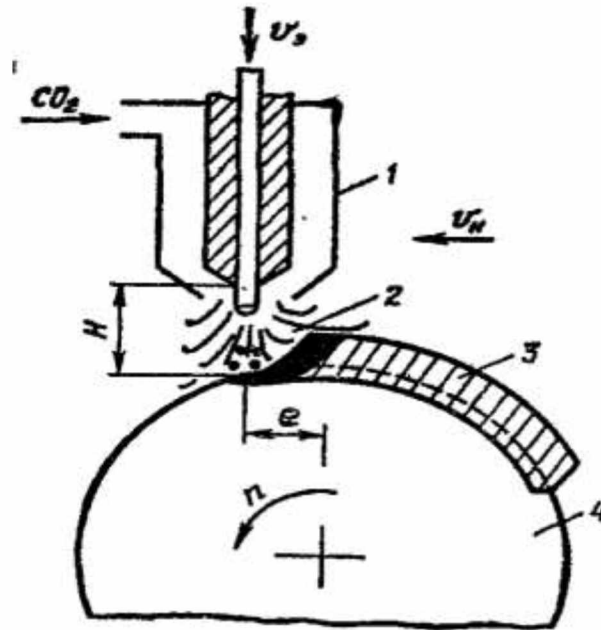
Основні недоліки наплавлення під шаром флюсу: флюс робить процес високовартісним, обмежує розмір відновлюваних деталей і робить неможливим виконання наплавлення в різних просторових положеннях; глибокий прогрів робить неможливим відновлення дрібних деталей.

1.3.2 Відновлення наплавленням у середовищі захисних газів

У галузі технічного сервісу наплавлення у середовищі вуглекислого газу, широко використовують для відновлення зношених поверхонь. Його використання забезпечує високу якість відновлюваної поверхні при низькій собівартості відновлення. Схему процесу зображено на рисунку 1.5.[6]

Розплавлений метал захищається від взаємодії з киснем і азотом повітря струменем газу, що витискає їх із зони горіння електричної дуги. В якості захисних газів використовуються: аргон та гелій – придатні для захисту всіх

металів, азот – придатний для захисту міді та сплавів, вуглекислий газ - для захисту чавуну і сталі.



1 - пальник; 2 - подача вуглекислого газу; 3 - метал, що наплавляється; 4 - деталь; e - зміщення електроду, H - висота електроду.

Рисунок 1.5 – Схема процесу наплавлення у середовищі захисного вуглекислого газу

Електродний дріт безперервно подається в зону наплавлення. Через наконечник всередині мундштука до дроту підводиться струм. Запалюється дуга і під її дією на поверхні деталі з'являється рідка ванна, в ній перемішуються матеріал деталі та електроду. Через сопло пальника в зону наплавлення надходить вуглекислий газ [6].

Обладнання для наплавлення у середовищі вуглекислого газу: наплавлювальні головки АБС, А-384, А-580, джерела живлення - ВС-200, ВСУ-300, ПСГ-300, ПСГ-500. Наплавлення проводиться на постійному струмі зворотної полярності. Марка дроту вибирається у залежності від матеріалу деталі і властивостей наплавлюваного металу. Дроти: для середньовуглецевих сталей: НП-30ХГСА, СВ-0,8ГС, або СВ-08Г2С, діаметром 0,5 – 2,5 мм,

(твердість наплавленого шару HB 220 – 290). Для одержання більш твердої поверхні, проводять гартування СВЧ, цементацію.

Переваги відновлення наплавленням у середовищі захисних газів: відсутність шлакової кірки; велика щільність дуги; можливість наплавлення шару незначної товщини; висока продуктивність та низька собівартість робіт.

Використання наплавлення у середовищі захисних газів: - при відновленні деталей складної форми; - при багат шаровому наплавленні сплавів з високим вмістом домішок; - при наплавленні дрібних деталей діаметром 10 мм.

1.3.3 Наплавлення порошковими електродами

Електродний дріт має форму згорнутої сталевий стрічки у безперервну трубку, яка заповнена порошковою шихтою. Шихта складається з легуючих, розкислювальних, шлако- і газоутворюючих компонентів [13]. Застосовують два типи порошкового дроту: - із зовнішнім захистом (у середовищі CO₂, або під шаром флюсу); - самозахисні.

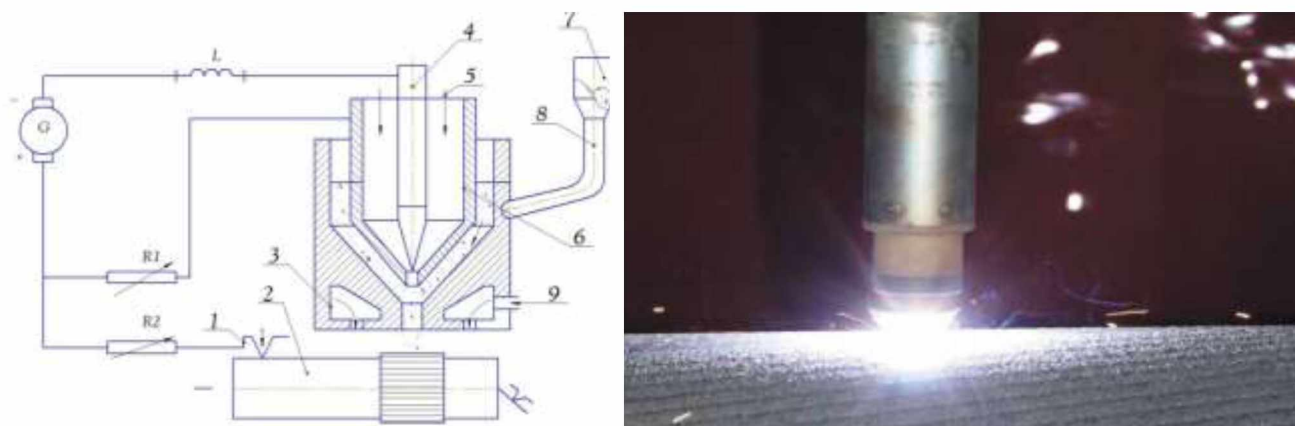
Наплавляють порошковим дротом постійним струмом оберненої полярності. Діаметр електроду обирають у залежності від товщини наплавленого шару, а силу струму - від швидкості наплавлення та діаметра електроду.

1.3.4 Відновлення плазмово-дуговим напиленням

Плазма це іонізований, нагрітий до високій температури газ, створений дуговим електричним розрядом у каналі плазмотрона. При цьому супроводжується обдуванням електричної дуги потоком плазмотвірного газу - аргону, чи азоту (18000⁰ C). Присадним матеріалом може бути електродий 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 15⁰ - 18⁰ тис. [27,37].

Схема технологічного процесу відновлення плазмово-дуговим напиленням зображена на рисунку 1.7 [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 1.6 – Схема технологічного процесу відновлення плазмово-дуговим напиленням

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. Присадочним матеріалом виступають порошки марок ПН701030 і ПХ23Н19. Товщина напиленого шару знаходиться в межах 0,6...0,8 мм [30].

Контактне приварювання сталльної стрічки на зношену поверхню деталей машин – один із прогресивних способів їх відновлення.

Технологія контактної приварювання складається з наступних процесів: підготовка стрічки; приварювання її; механічна обробка. Після приварювання стрічку шліфують абразивним кругом. Вдосконалення способу: армування сталльної стрічки зернистими твердими сплавами. На поверхню стрічки наноситься твердий сплав ПТЖ23Н6М, ВК-8, Т-15К6 із зернами 200...600 мкм, а потім цю поверхню шліфують алмазними кругами. Армування підвищує зносостійкість відновлених деталей у 5...10 раз.

Контактне приварювання сталльної стрічки використовують для отворів корінних опор блоків двигунів, гільз циліндрів, отворів нижніх головок

шатунів, зовнішніх і внутрішніх поверхонь стаканів підшипників та інших деталей. [31,33].

У порівнянні з наплавленням знижується витрата металу майже у 4 рази, відсутнє вигорання легуючих матеріалів, підвищується продуктивність праці в 2...3 рази і покращуються умови праці оператора.

Електрошлакове наплавлення двома стрічками забезпечує високу якість уже в першому наплавленому шарі. Метод характеризується високою продуктивністю (20кг/год.) і забезпечує однорідність структури наплавленого металу. Але при відновленні циліндричних тіл і дрібних деталей виникають певні складнощі утримання шлакової ванни.

1.3.5 Відновлення зношених деталей машин електролітичними і хімічними покриттями

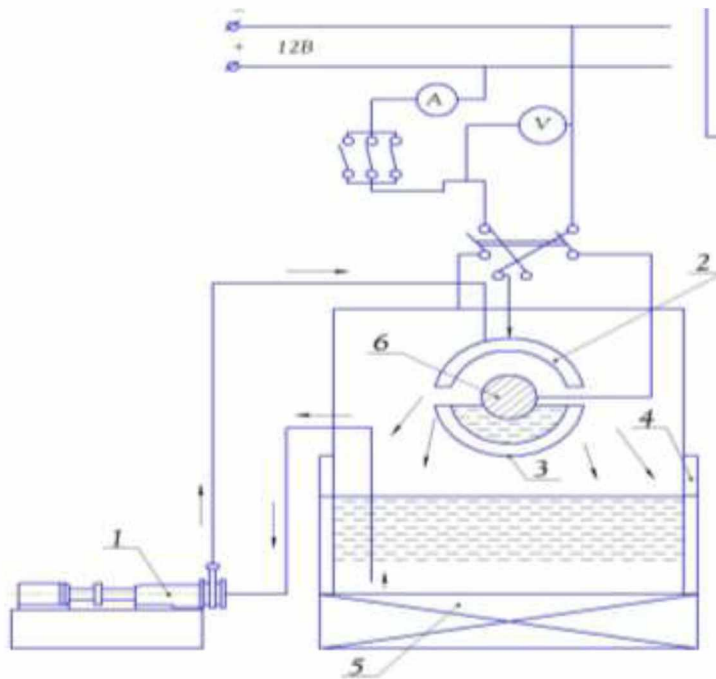
Електролітичні та хімічні покриття використовують для відновлення, а також для зміцнення деталей машин, зокрема: хромування, залізнення, нікелювання, цинкування, кадмування та ін. Мета нанесення покриттів – зміцнення поверхонь, захист від корозії і надання деталям гарного зовнішнього вигляду. [7].

Використовують аноди, виготовлені з того самого металу, що наноситься на деталь. Електроліт - розчин солей осаджуваного металу у дистильованій воді з кислотою (для стабільності протікання процесу і якості покриття).

Три стадії технологічного процесу нанесення електролітичних та хімічних покриттів:

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

Струминне електролітичне покриття (у проточному електроліті) показано на рис. 1.7. Електроліт з основної ванни 4 подається через анодну насадку на поверхню деталі 6, яка обертається, причому вона частково занурена в електроліт, що налитий у ванночку 3, а потім знову направляється в основну ванну 4.



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

Рисунок 1.7 - Схема нанесення електролітичного покриття

Остаточні операції: миття деталей, термічна і остаточна механічна обробка. Кінцева обробка - шліфування, хонінгування, тощо.

1.3.6 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 [15].

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 [30].

Спосіб подачі порошку інертними газами сприяє зниженню окислення розпавлених частинок металу. Подача порошку стиснутим повітрям характерна простотою технологічного обладнання і відсутністю транспортувального газу. Але має місце інтенсивна взаємодія порошку з навколишнім середовищем [15].

Стійкі до зношування порошки, на основі нікелю або на основі заліза мають високі експлуатаційні і технологічні властивості, використовують для відновлення деталей, що працюють в умовах інтенсивного тертя.

Відновлення деталей методом 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. 1.8) 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 [46].

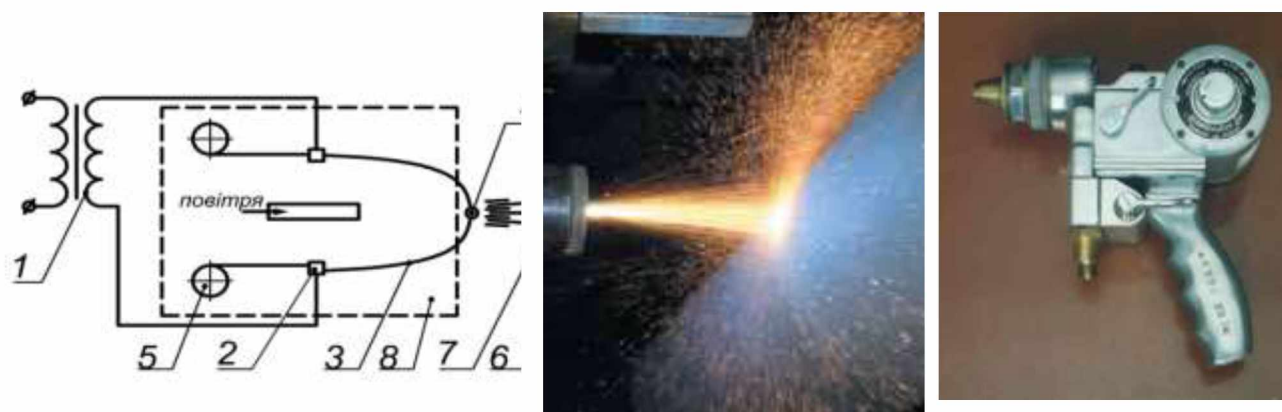


Рисунок 1.8 – Схема процесу електродугової металізації

Металевий дріт 3, розплавлений електричною дугою 4, що виникає між електродами (електродний дріт), розпилюється (розміри часток від 2 до 100 мкм) струменем стиснутого повітря тиском 0,5-0,6 МПа і покриває поверхню деталі 6 найдрібнішими 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 [41,44,46]. Дуга, перебуваючи під впливом електродинамічних і газодинамічних сил, рухається в міжелектродному просторі. Простежуються два етапи в циклі горіння. На першому, тривалістю в 10,5-10,6 с, відбувається збудження і розвиток початкової стадії горіння дуги. Теплота, що виділяється в активних плямах, практично повністю витрачається на плавлення електродного дроту.

На другому етапі, тривалістю в 10,2-10,3с відбувається винесення дуги за межі оплавлених торців електродів. Максимальна температура дуги при цьому складає близько 4000-6000⁰С. В цей час відбувається інтенсивне плавлення металу. Частина теплоти стовпа дуги витрачається на нагрів газу, який

розпилює метал дроту. Розділовим моментом між двома етапами в циклі являється скидання розплавленого металу з торців електродів. Смуга частот цих процесів знаходиться в межах 250-2500 Гц. 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.

Порівняння позитивних і негативних характеристик газотермічних методів та їх технологічних особливостей приведене в табл. 1 додатку А.

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

- покриття можуть наноситися на більшість типів деталей;
- відсутня термічна деформація або металургійні зміни напилюваних деталей;
- низька теплопередача під час напилення;
- не потрібно теплову обробку після напилення;
- дуже висока продуктивність;
- тривала і надійна корозійна стійкість металовиробів будь-яких габаритів, в різних умовах експлуатації з 30-50-річною гарантією терміну захисту [22]
- немає обмежень за розміром оброблюваних деталей;
- можливе нанесення покриття в незахищених, відкритих місцях;
- можливість варіювати товщину покриття залежно від вимог, що пред'являються, до тієї або іншої ділянки поверхні;
- можна використати для відновлення і антикорозійного захисту на пошкоджених зварюванням ділянках сталі, що гальванізується.

У Німеччині зношені деталі автомобільних двигунів відновлюють із застосуванням підшару із сталевого дроту марки 45C4Si34 діаметром 1,6мм [22]. 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 [24]. 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 3800°C–4000°C, 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 [23].

1.3.4 Електроіскрове нарощування металу

Широке застосування на практиці для і відновлення і зміцнення зношених поверхонь використовуються методи, які ґрунтуються на концентрованих потоках енергії; в зоні нагріву питома потужність 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. Юткін виявив, що серія електроіскрових розрядів може створювати гідравлічні формоутворюючі удари. Це дало поштовх використанню електроіскрового штампування металів [1]. У 1943 році подружжя науковців Б. Р. Лазаренко і Н. Й. Лазаренко, запропонували використати для властивості електроерозійних розрядів формоутворення в повітряному проміжку. З цього часу електроіскрова обробка почала використовуватися у промисловості.

Ефективність цього методу полягає в тому, що він забезпечує [1-4]:

- одержання поверхонь тертя із заданими властивостями;
- нарощення і зміцнення шару при збереженні властивостей серцевини деталі;
- нарощення шару із зносостійких, але нетехнологічних матеріалів: чавунів, високо вуглецевих заевтектоїдних сплавів;
- формування дрібнозернистого зміцненого шару;

- формування метастабільних фаз спавів;
- 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, ефективна у випадку, коли величина зносу деталі не перевищує шару покриття $\leq 1,0$ мм. З аналізу літературних джерел [1-5] видно, що 90% відсотків зношених деталей, мають знос до 0,1мм. А для збільшення продуктивності процесу доцільно використовувати одночасно декілька електродів.

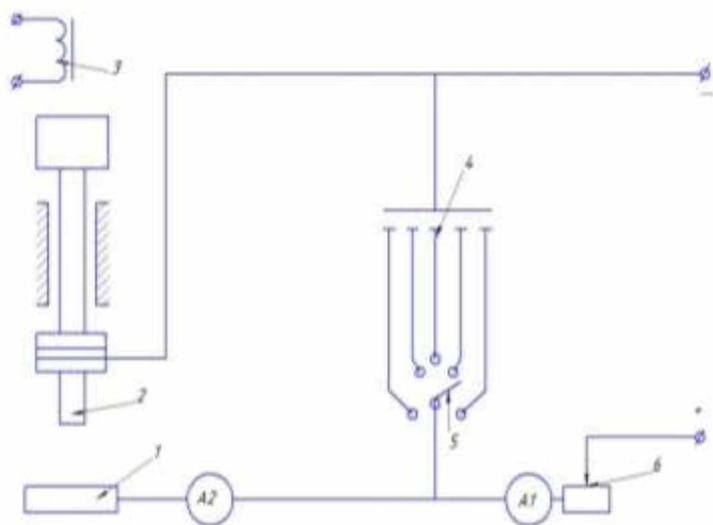
Методами електроіскрової обробки в даний час відновлюють з метою: підвищення зносостійкості та твердості поверхні деталей машин, що експлуатуються в умовах значного навантаження, великих швидкостей обертання, при підвищених температурах; підвищення корозійної стійкості поверхні; зміни властивостей інструментальних сталей та поверхонь виробів з кольорових металів.

Електроіскрове нарощування базується на явищах електричної руйнування (ерозії) і перенесення металу електрода-анода (інструменту) 2 (рис. 1.9) 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.



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

Рисунок 1.9 - Схема електроіскрової установки:

Як матеріал анода використовують сормайт, тверді сплави Т15К6 Т30К4.

Режими електроіскрового нарощування в загальному випадку можуть бути рекомендовані наступні: струм в розрядному контурі від 1 до 10 А; напруга на електродах до початку пробою від 50 до 100 В; ємність конденсатора від 10 до 150 мкф.

При електроіскровому зміцненні (нарощуванні) використовують установки УПР-2 УПР-3 ЕФД-10 ЕФД-45 та інші. Коливання електрода-інструмента передаються від електромагнітного вібратора.

Розроблена і використовується технологія відновлення плунжерних пар методом електроіскрового зміцнення [1-5]. Електроіскровою обробкою відновлюються деталі з чавуну, зокрема, вилки переключення передач коробки зміни швидкостей (коробка ZF) [1-5].

Успішно реалізуються технології відновлення блоку і головки циліндрів дизельного двигуна DXi 11 вантажного автомобіля «Вольво» з використанням установки «БІГ-4» в якості електродів застосовуються прутки з ніхрому Х20 Н80 діаметром 2 мм.

Електроіскрові покриття ефективно застосовуються також при відновленні наступних дефектів блоків циліндрів: знос корінних опор, знос гільз циліндрів [1-5]. Технологія відновлення гільз передбачає після електроіскрового покриття операцію хонінгування на номінальний розмір.

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

Проте, попри те, що останнім часом накопичений великий теоретичний і експериментальний матеріал по використанню цього способу, на нашу думку доцільно сформулювати вимоги та розробити конкретні практичні рекомендації по режимах процесу відновлення конкретних деталей на ремонтних підприємствах.

Висновки

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

1. Конструкція розподільних валів автомобільних двигунів, велика кількість концентраторів напруги, а також знакозмінні навантаження в роботі, зумовлюють високі вимоги до їх якості. В зв'язку з цим важливим є питання застосування ефективних методів їх ремонту.

2. Традиційні методи відновлення, що основані на процесах наплавлення, застосовувати не доцільно, так як високотемпературна обробка вуглецевих

сталей приводить до виникнення високого рівня внутрішніх напружень і, можливо, утворення тріщин, Тому необхідно обрати таку технологію відновлення, яка без істотного термічного впливу забезпечувала б високий рівень якості відновлення.

3. Серед методів, які чинять мінімальний термічний вплив, не змінюють структуру серцевини відновлених деталей, з точки зору технологічності і економічності найбільш доцільною є технологія електроіскрового нарощування. Останнім часом розроблений великий теоретичний і експериментальний матеріал по застосуванню електроіскрового нарощування, недостатня дослідженість використання методу у відновленні автотракторних деталей суттєво стримує широке його впровадження для відновлення зношених деталей двигунів.

1.4 Обґрунтування теми дипломної роботи

Прогресивні технології відновлення зношених деталей машин дуже важливі для системи технічного сервісу сільськогосподарського виробництва.

Актуальність теми. Відновлення зношених деталей машин електроіскровою обробкою наразі немає широкого застосування в нашій країні. Технологічний процес електроіскрової обробки дозволяє інтенсифікувати процеси ремонту деталей ДВЗ. Впровадження електроіскрового нарощування є важливим напрямком у технічному сервісі. Але, можливості цього методу ще не повністю з'ясовані. Отже, дослідження розширення технологічних можливостей використання методів електроіскрового нарощування, є однією з *актуальних задач*.

Необхідні дослідження можливостей застосування електроіскрового нарощування для відновлення колінчастих валів з метою підвищення післяремонтного ресурсу деталей, ресурсозбереження та зменшення затрат праці.

Мета та задачі дослідження. Метою роботи є вивчення технологічного процесу електроіскрового нарощування для виявлення можливостей

відновлення зношених деталей цим методом з метою вдосконалення існуючої технології, розробка режимів відновлення конкретної деталі (колінчастих валів) і впровадження у виробництво високопродуктивного технологічного процесу відновлення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз стану зношених робочих поверхонь колінчастих валів ДВЗ, що надходять у ремонт;
- визначення можливих способів їх відновлення та дослідження можливості застосування електроіскрового нарощування для відновлення та зміцнення зношених поверхонь колінчастих валів;
- підібрати обладнання для електроіскрового нарощування зношених поверхонь;
- дослідити параметри режиму нарощування і розробити оптимальні режими процесу;
- обґрунтувати підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування;
- вивчити фізико-механічні властивості матеріалу після електроіскрової обробки шляхом експериментальних металографічних досліджень;
- дослідити залежність зносостійкості зміцнених поверхонь від способу їх відновлення;
- обґрунтувати економічну ефективність способу;
- узагальнити результати проведених досліджень.

Об'єкт дослідження – зношені поверхні шийок колінчастих валів двигунів, а також методи і способи їх відновлення.

Предмет дослідження – дефекти та зноси колінчастих валів двигунів, що відновлюються зміцнюючими технологіями.

Методи дослідження: аналіз дефектів та зносів колінчастих валів та способів їх відновлення; математичної статистики; металографічний аналіз; мікроструктурний аналіз матеріалу; визначення твердості та мікротвердості; випробування поверхонь деталей на зносостійкість; порівняння та узагальнення результатів проведених досліджень.

Теоретична значущість - підтвердження можливості використання відновлення колінчастих двигунів електроіскровим нарощуванням, а також використання результатів для відновлення інших деталей машин. Практична значущість - підтвердження можливості використання даного способу на ремонтних підприємствах з метою підвищення довговічності деталей.

Новизна одержаних результатів: підтверджено можливість практичного застосування способу електроіскрового нарощування колінчастих валів і використання даного способу на ремонтних підприємствах.

Практичні значення одержаних результатів.

1. Визначено можливість застосування електроіскрового нарощування для відновлення та зміцнення зношених поверхонь колінчастих валів

2. Підібрано і обгрунтовано технологічне обладнання для електроіскрового нарощування зношених поверхонь

3. По результатах досліджень параметрів режиму нарощування і розроблені оптимальні режими процесу

4. Обгрунтовано вибір матеріалу для нарощування і досліджені фізико-механічні властивості матеріалу після електроіскрової обробки

5. Використання запропонованих способу, технологічного обладнання і матеріалу дозволяє підвищити ресурс деталей відновлених електроіскровим способом, зменшити витрати на ремонт.

Результати були опубліковані:

Структура та обсяг роботи. Дипломна 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

Наукове дослідження вимагає застосування наукових методів, які могли б дати всебічні характеристики предмету дослідження. Мета і задачі дослідження визначають вибір методів дослідження. Застосування певних наукових методів також залежить від інформаційного забезпечення наукових пошуків.

Визначення достовірних оціночних критеріїв характеристик відновлених поверхонь колінчастих валів, управління їх властивостями, вимагає проведення аналізу відомих методик і розробки нових. На основі аналізу умов експлуатації колінчастих валів і відповідно до вимог підібрані методи випробувань поверхонь, які були відновлені із застосуванням електроіскрової обробки.

Послідовність проведення досліджень

1. Аналіз літературних джерел з метою обґрунтування вибору способу відновлення шийок колінчастих валів.
2. Визначення оптимального способу відновлення валів.
3. Вивчення характеру спрацювання шийок колінчастих валів та визначення можливості відновлення їх обраним способом.
4. Вибір технологічного обладнання, матеріалу та інструментів здійснення електроіскрового норощування зношених місць.
5. Підбір та розрахунок параметрів режиму електроіскрової обробки відновлення.
6. Дослідження механічних властивостей відновлених поверхонь, зокрема, міцності зчеплення матеріалу покриття з основою, зносостійкості та мікроструктури відновлених поверхонь.
7. Розробка рекомендацій щодо практичного впровадження обраної технології відновлення шийок колінчастих валів, включаючи екологічну експертизу, безпеку виконання робіт та техніко-економічну оцінку розроблених заходів.

2.1 Методика визначення зносу колінчастих валів

В даній кваліфікаційній роботі було проведено дефектування шатунних і корінних шийок, визначено биття корінних шийок.

Визначення зносу шийок колінчастих валів двигунів Д-240 проводили за допомогою мікрометра МК 75... 100 мм з точністю відліку 0,01 мм. Вимірювали діаметри шийок у двох перпендикулярних поясах, у чотирьох площинах.



Рисунок 2.1 – Зношений колінчастий вал Д-240

Знос кожної шийки визначається як різниця номінального значення і отриманих вимірів [4].

Для визначення биття шийок використовується штатив з індикатором годинникового типу ІЧ 10 МН. Колінчастий вал розміщується на повірочній плиті на опорах. Ніжка індикатора розміщується на шийці у крайній верхній точці і, провертаючи вал на 360° [25], [28] фіксується найбільше відхилення стрілки індикатора. Виміри проводяться по другій, третій і четвертій корінних шийках. (Дані заносили в таблицю додатку А)

Овальність шийки визначається в одному поясі але в двох площинах кожної із них. Різницю діаметрів двох взаємно перпендикулярних площин потрібно розділити на два. Таким чином ми отримуємо по два значення овальності на кожній із шийок. Із них вибирається найбільше і заноситься в таблиці додатку А.

2.2 Обґрунтування обраного методу оцінювання міцності зчеплення матеріалів нанесеного покриття з поверхнею деталі

При відновленні зношених деталей методом електроіскрової обробки якість відновлення залежить у найбільшій мірі від міцності зчеплення матеріалу нарощеного покриття з металом деталі.

Проведений нами аналіз методів оцінювання міцності зчеплення покриття з металом деталі дозволяє в загальному випадку розділити їх на: механічні виробування, випробування на розрив, випробування на зрушення, та інші.

Виконуючи дослідження методів оцінки міцності з'єднання нанесеного покриття, з'ясували, що єдиної стандартної методики не існує. Багатофакторність чинників, які визначають міцність з'єднання ускладнює, або робить неможливим порівняння отриманих даних [32]. Крім цього для покриттів, що містять значну кількість пір, що характерно для методу електроіскрової обробки, характерно заниження результатів у разі застосування штифтових методів. При визначенні адгезійної міцності із застосуванням клейових композицій на досліджуваній параметр великий вплив чинить глибина просочення і склад клейової композиції, які підбираються методом спроб і помилок [38]. Істотним недоліком більшості з вище перелічених методів 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 неприпустимо при оцінці доцільності застосування обраного покриття для відповідальних деталей, зокрема колінчастих валів.

Дослідження міцності з'єднання призначенне для того, щоб визначити чи забезпечить обраний нами спосіб нанесення покриття достатній рівень міцності зчеплення нанесеного покриття з основою.

Міцність зчеплення нарощеного електроіскровим способом шару з основою можна оцінити не по загальноприйнятій методиці, а по методиці, яку розробили у своїх роботах А.П. Гуляєв та Н.Т. Гудцов [36]. Суть цієї методики полягає у тому, що 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). Розрахунок приводиться за формулою:

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

де H – значення 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 не відбувається, то міцність зчеплення буде не менше, ніж значення, визначене за формулою:

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

2.3 Методика проведення металографічних досліджень

2.3.1 Зразки для лабораторних досліджень

Для досліджень якісної технології відновлення деталей двигунів внутрішнього згорання методом електродугової металізації з використанням рекомендованого матеріалу покриття були вибрані колінчасті вали тракторних двигунів Д-240 (Сталь 45) та колінчасті вали двигунів СМД60/62. Вибір дизельних двигунів був обумовлений тим, що вони працюють у важчих умовах, в порівнянні з карбюраторними.

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 тих самих перерізах, на зразках і деталях робилися мітки.

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

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.

2.3.2 Методика дослідження мікроструктури зразків

Для оцінки мікроструктури і кінетики формування шару при проведенні досліджень відбір проб здійснювали з ділянок з площею поверхні 3-6 см², заввишки 2 см, що включають області з нанесеним покриттям, перехідною зоною і основним матеріалом. Загальну кількість відібраних зразків визначали з розрахунку 3 проби на кожне поєднання покриття – основний матеріал (покриття - сталь) [38]. Приготування шліфів здійснювали по методикам, широко висвітленим в літературі [53, 56, 57, 58]. В якості реактиву для травлення використали 4%-ний розчин кислоти в етиловому спирті.

Для мікроструктурних досліджень із зразків (сталь 45) були виготовлені шліфи. Зразок сталі вирізується з місця, яке могло б характеризувати внутрішню будову всього матеріалу зразка, який досліджується. Фрагменти зразків вирізалися на фрезерному верстаті. При цьому уникали перегріву, так як він приводить до змін структури металу.

Методика вивчення мікроструктури:

- 1). встановити і закріпити мікрошліф на предметний столик мікроскопу;
- 2). включити мікроскоп і налагодити фокус зображення;
- 3). розглянути мікроструктуру різних ділянок шліфу.

2.3.3 Визначення мікротвердості дослідних зразків

Мікротвердість зразків виміряли в перерізі, поперечному напрямку нанесення електроіскрового покриття. Вимірювання у відповідності до стандарту (ГОСТ 6996-96) проводили по двох суцільних лініях на відстані близько 3 мм від поверхні [59].

Визначення твердості структурних складових, а також окремих фаз окремих зерен, або тонкого поверхневого шару застосовується метод мікротвердості на приладі ПМТ-3 (ГОСТ 9450-96). Випробування на мікротвердість за допомогою приладу ПМТ-3 (рис. 2.5).



Рисунок 2.3 – Вимірювання мікротвердості зразків

2.4.4 Методика проведення порівняльних випробувань на знос

Оцінка зносостійкості відновлених деталей проводиться у відповідності зі стандартом (ГОСТ 23.224-86). Цей стандарт охоплює відновлені деталі рухомих спряжень, які зношуються в експлуатації, і регламентує загальні положення методів оцінки зносостійкості деталей. Методи досліджень твердості ґрунтуються на визначенні з допомогою спрацювання зразків відповідних матеріалів і покриттів на експериментальних установках[32].

Метод випробувань відповідає групі А. Суть цих випробувань полягає у визначенні співвідношенні інтенсивності зносу поверхні деталей, відновлених звичайним і вібраційним деформуванням. Випробування проводяться при ідентичних умовах [32].

Матеріали і прилади для проведення випробувань вибиралися у відповідності до вимог ГОСТ 23.208-79, ГОСТ 23.211-80, ГОСТ 23.220-84 і ГОСТ 23.224-86. Для вимірювання зносу користувалися аналітичні ваги ВЛА-200М, похибка – не більше 0,002г. Лабораторні випробування зносостійкості

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

Дослідження проводилися на зразках пари тертя «ролик-колодка». Зразки, що імітують роботу пари тертя, були виготовлені з конструкційних матеріалів: ролик з сталі 45, а колодка – Бр АЖ- 9-4.

Машина тертя показана на рис. 2.4

Ролик приводився в обертальний рух з частотою 500 хв.^{-1} , після чого здійснювався його контакт з колодкою під навантаженням $0,56 \text{ кН}$. [57]

У відповідності з ГОСТ 23.215-84 і ГОСТ 23.224-86 зразки притиралися, після чого промивалися, просушувалися, важилися і профілографувалися.

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



Рисунок 2.4 – Машина тертя МІ-1М.



Рисунок 2.5 - Постановка зразків на машину тертя



Рисунок 2.6 – Аналітичні ваги ВЛА-200М

Вимірювання величини зносу проводилося у два етапи:

- 1) після завершення припрацювання, яке визначалося по стабілізації сил тертя і робочих температур;
- 2) після завершення випробувань на кожній ступені.

Загальна тривалість випробування повинна бути достатньою для досягнення такого значення зносу, яке можна вірогідно визначити прийнятим методом. Вибір методу вимірювання зносу проводилося в залежності від умов випробувань, форми і матеріалу зразків.

Висновки

1. Запропонована методика визначення оптимального способу відновлення колінчастого валу
2. Грунтуючись на результатах аналізу умов експлуатації даних деталей (колінчастих валів), вимог до їх якості, а також вивчення видів і методів випробувань, запропоновані методи оцінки покриття на міцність зчеплення.
3. Для оцінки якості покриття пропонуються сучасні методи досліджень: металографічного, оцінки мікротвердості.
4. Запропонована методика досліджень, що складається з: проведення експериментів за оцінкою структури, з визначання властивостей покриттів з урахуванням властивостей матеріалу і параметрів процесу електроіскрової обробки. Розроблена послідовність виконання досліджень з метою вирішення поставлених завдань та досягнення поставленої мети.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Аналіз можливості відновлення колінчастих валів ДВЗ методом електрометалізаційного покриття

Зниження надійності колінчастих валів у період експлуатації автотракторних двигунів призводить до істотного скорочення ресурсу двигуна в цілому.

Як було показано в огляді інформаційних матеріалів (розділ 1), умови роботи колінчастих валів - деталей складної конфігурації [14], характеризуються високими навантаженнями від тиску газів в циліндрах, сил інерції і підвищених температур. Тому на на поверхнях шийок колінвалів виникають і розвиваються дефекти, усунути які можна тільки в процесі виконання капітального ремонту двигуна.

Нами було проведено на базі приватної агрофірми «Світоч» Глобинського району та інших підприємств дослідження зносів колінчастих валів, зокрема шатунних і корінних шийок колінчастого валу (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Визначення величини зносу шийок колінчастого валу та зношені корінна та шатунна шийки валу

Для оцінки можливості відновлення дефектів колінчастих валів, які поступили в ремонт після експлуатації шляхом електроіскрової обробки була проаналізована вибірка зношених валів. Вибірка карт мікрометражу приведена у таблиці А1 додатків, по даних яких побудовані діаграми зміни зносів шийок валів (рис.3.2). З діаграми видно що величина зносів шатунних шийок переважає величину зносів корінних шийок валів.

Нами було встановлено, що на зниження ресурсу колінчастого валу найбільше впливають дефекти: знос корінних, шатунних шийок, шийки під шестерню і маточину шківів; вигин валу; биття торцевої поверхні фланця та знос зовнішньої поверхні фланця; знос маслосгонних канавок та отвору під підшипник, а також отворів під болти кріплення маховика; знос шпоночної канавки по ширині.



Рисунок 3.2 – Діаграма зносів шийок колінчастого валу

Усунення таких дефектів, як знос корінних та шатунних шийок виконують методами механічної обробки, тобто перешліфуванням їх на ремонтний розмір. Відновлення на номінальний розмір не виконується. Тому ми проведемо дослідження питання можливості та доцільності впровадження відновлення на номінальний розмір способом електроіскрового нарощування зношених шийок.

3.2 Обґрунтування вибору технологічного обладнання

Експерименти проводилися на експериментальній установці, основним технологічним вузлом ми обрали установку для електроіскрового нарощування БІГ - 4. Параметри технічної характеристики установки для електроіскрового відновлення приведені у таблиці 3.1.

Основні технологічні параметри процесу електроіскрової обробки: кількість дотиків електродів до відновлювальної поверхні деталі; висота мікронерівностей поверхні; радіус, крок нерівностей, радіус округлення западин одиничної лунки; коефіцієнт суцільності покриття, а також режими процесу: поздовжня подача, частота обертання деталі, продуктивність процесу.

Таблиця 3.1 – Технічна характеристика установки БГ-4 [11]

.	БГ-4
Комплектність	генератор, вібратор
Напруга живлення (+-10%) при частоті 50 Гц	220В
Потужність, кВт	0,5
Кількість електричних режимів	35
Максимальна енергія імпульсів, Дж	5
Частота імпульсів, Гц	12-3000
Частота вібрації електроду, Гц	
Товщина покриття (мм) при контактній суцільності 15-30% Твердим сплавом Т15К6 /сталлю ШХ15/ бронзою БрКМц 3-1	0,01-0,4/0,01-2,2/ 0,03-2.3
Висота мікронерівностей Ra(мкм) твердим сплавом Т15К6	2.5-50
Максимальна продуктивність нанесення покриття без пропусків, см ² /хв.	10
Габаритні розміри генератора, см	170x430x250
Маса генератора, кг	14
Режим роботи	Ручний та механізований.

Основні технологічні параметри електроіскрової обробки: кількість дотиків електродами поверхні відновлювальної деталі; висота мікронерівностей; параметри одиничної лунки (радіус, крок нерівностей, радіус округлення западин, що формуються); коефіцієнт суцільності покриття, а також режими процесу: частоту обертання деталі, поздовжня подача, продуктивність процесу.

3.3 Вибір матеріалу електрода

Матеріали, які використовуються для виготовлення деталей, визначають їх технологічність при виробництві, надійність в експлуатації, економічність і ремонтпридатність. Від матеріалу деталей машин і способів їх виробництва значною мірою залежать вибір методу і технології нанесення покриття, марки матеріалів електродів і порошоків [16,18, 19, 21].

Вибір електродного матеріалу [16, 19] визначається на фізико-механічними властивостями матеріалу деталі, яка відновлюється та умовами її експлуатації.

Хімічний склад анода визначає експлуатаційні показники: рівень фізико-механічних властивостей, зносостійкість, схильність до викришування, міцність зчеплення нанесеного шару з металом відновленої деталі.

3.3.3 Визначення оптимальної кількості проходів електроду

Важливе значення у формуванні якості нарощеного шару відіграє кількість проходів електрода.

У роботах [16, 19, 22] приведена закономірність, яка свідчить про те, що із збільшенням кількості проходів електроду зростає мікропористість покриття. А при 1-3 проходах електроду формується дисперсна структура на основі хімічних елементів катода і анода.

При збільшенні числа проходів електрода частка хімічних елементів катода в шарі практично відсутня. А починають кристалізуватися оксидні фази, та зростає кількість скоагульованих і відокремлених карбідних включень (рис. 3), що пов'язано із збільшенням у шарі частки карбідоутворюючого елементу анода і зменшенням матричної фази катода.

Ріст мікропор, кількості оксидних фаз на поверхні шару особливо чітко спостерігається після трьох проходів при $E = 3,4$ Дж. В цьому випадку за рахунок розкладу оксидних фаз при наступних проходах електрода формуються пори, що спричиняє крихкість покриття.

Рівняння регресії, що описує залежність сумарного прирощення катода $\sum \Delta k$ (Y), від вмісту основних і легуючих елементів аноду, а також від числа проходів електроду - n; від енергії імпульсу – E_u , з коефіцієнтом кореляції $R > 0,9$ [19] :

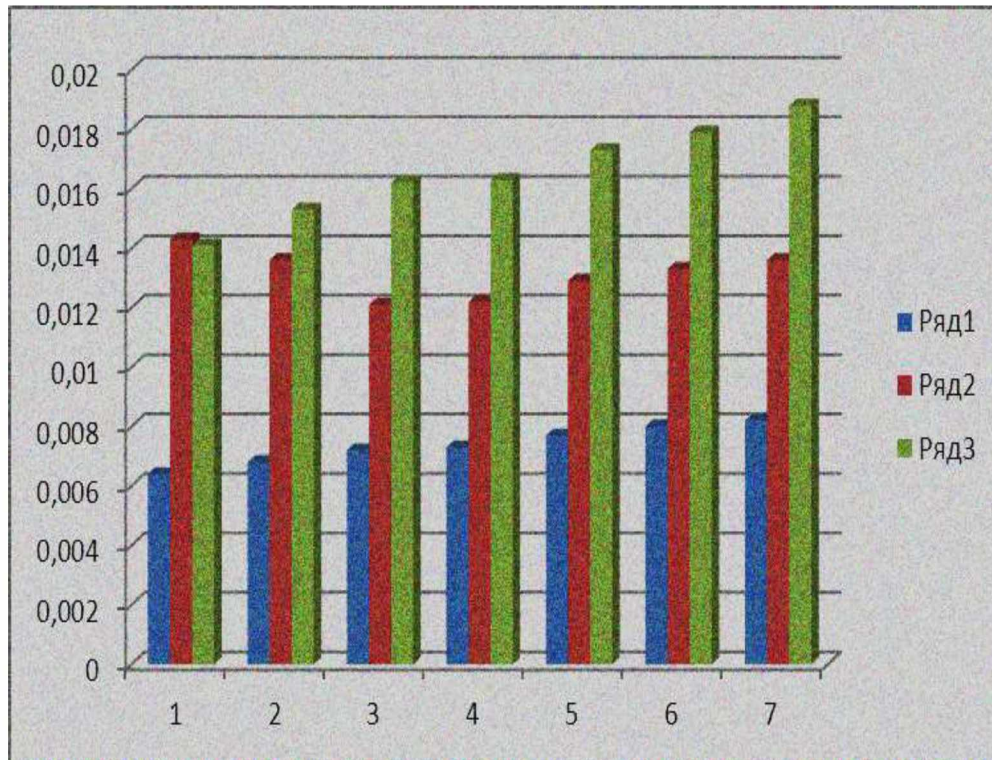
$$\sum \Delta k = 1.11 \frac{\sqrt{C \cdot E_u}}{C_r^2} \cdot n - 0.02 \frac{E_u \cdot \sqrt{C}}{C_r} \cdot n^2, \quad (3.2)$$

де C, C_r - концентрація вуглецю і хрому відповідно в електроді, мас.%;

n - число проходів електрода;

E_u - енергія імпульсу обробки, Дж.

Нами було вивчено вплив на прирощення електроду $\sum \Delta k (Y)$ вмісту $C, \%$ та числа проходів n електроду, задаючись вмістом $C_T=15\%$ та значенням енергії імпульсу – $E_u=0,22$ Дж. На рис. 3.3 приводимо залежність $\sum \Delta k (Y)$ від вмісту в ньому $C, \%$ та числа проходів електроду, n .



Ряд 1 – відповідає 1 проходу електроду, ряд 2 – відповідає 2 проходів електроду, ряд 3 – 3 проходів електроду; 1 – 1,5%С, 2 – 1,7%С, 3 – 1,9%С, 4 – 2%С, 5 – 2,2%С, 6 – 2,4%С, 7 – 2,5%С.

Рисунок 3.3 – Залежність зміна сумарного приросту катода в залежності вмісту вуглецю та числа проходів (енергія імпульсів, $E_u=0,22$ Дж)

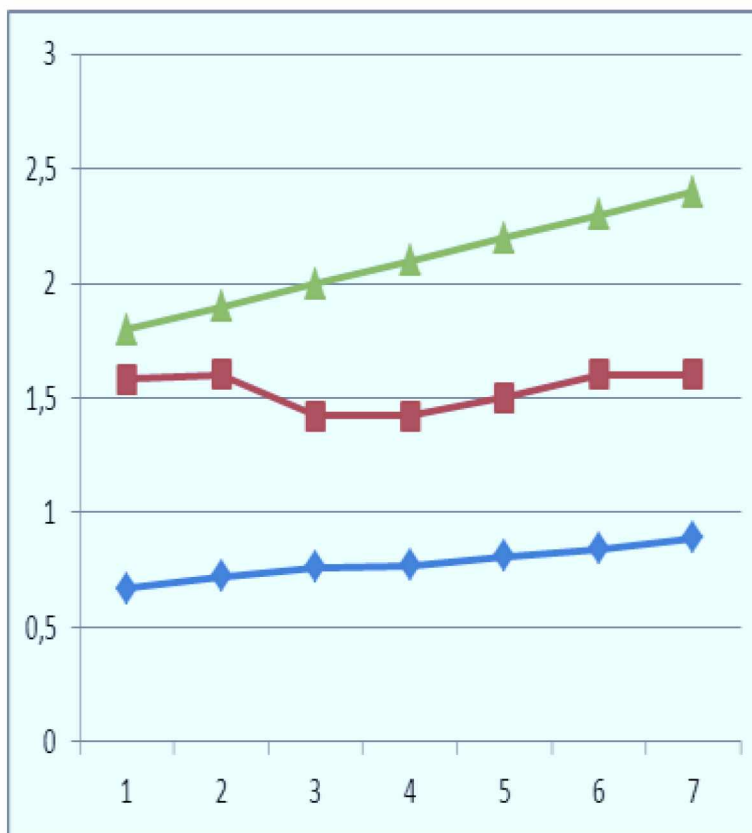
3.3.4 Оцінка товщини шару

Величина сумарного приросту катода $\sum \Delta k (Y)$, дозволяє оцінити товщину шару h , що наноситься на поверхню деталі [19]:

$$h = \frac{\beta \cdot \sum \Delta k}{\rho}, \quad (3.3)$$

де β - поправочний коефіцієнт, який враховує нещільність покриття, а також

наявність пор і шорсткості: $\beta \geq 0,78$ при $n=1$, $\beta = 0,89$ при $n=2$, $\beta = 0,97$ при $n=3$,
 ρ – пи тома вага матеріалу електрода, г/см³.



Ряд 1 – товщина покриття, h за 1 прохід електрода, ряд 2 – товщина покриття h за 2 проходи електрода, ряд 3 – товщина покриття h за 3 проходи електрода

Рисунок 3.4 – Зміна товщини h нанесеного шару покриття

Проведені дослідження (рис. 3.3 і 3.4) показують, що використання як електродів матеріалів з вмістом вуглецю 1,5-2,5% і хрому 10,0-15,0% не доцільно виконувати більше 3 проходів. Тоді забезпечується достатній приріст катода.

3.4 Розрахунок та підбір параметрів режиму обробки

Лінійну швидкість переміщення точки контакту електрода з деталлю визначаємо за формулою:

$$V = \frac{1}{K_1} d \cdot f, \text{ мм/с}, \quad (3.5)$$

де f - частота проходження імпульсів.

Приймаємо, $d=1\text{мм}$, тоді лінійна швидкість преміщення електрода дорівнюватиме $v = 3000d/\text{хв.}$, або $V = 3\text{м}/\text{хв.}$

Згідно даним літературних джерел [], швидкість наплавлення найбільш поширених методів, зокрема, наплавлення в середовищі CO_2 та вібродугового наплавлення, знаходиться в межах 20-40м/год.

Підставляючи у формулу частоти обертання замість швидкості (V) вираз (3.5) можемо, в залежності від діаметру деталі (D) і, задаючись величинами (K_1 , d і f), визначити частоту обертання n_d :

$$n_d = \frac{60 \cdot D \cdot f}{\pi d \cdot K_c}, \text{ об/хв.}, \quad (3.6)$$

де D - діаметр відновлюваної деталі, мм.

Повздовжню подачу (S) на один оберт оброблюваної деталі визначаємо з виразу:

$$S = \frac{d}{k_2}, \text{ мм/об.} \quad (3.7)$$

Виконавши підстановку значень d , K_1 , d і f , ми отримали: $n_d = 121.7$ об/хв., $s = 1.27$ мм/об. Змінюючи значення діаметра деталі D і керуючись даними досліджень [], приймаємо рекомендовані параметри режиму: обертання n_d деталей зі швидкістю 100-250хв⁻¹.; переміщенням супорту $S=1,0$ мм/об.; частота вібрації електрода - 50Гц, кількість проходів n електрода - від 1 до 8.

3.2 Випробування на зносостійкість

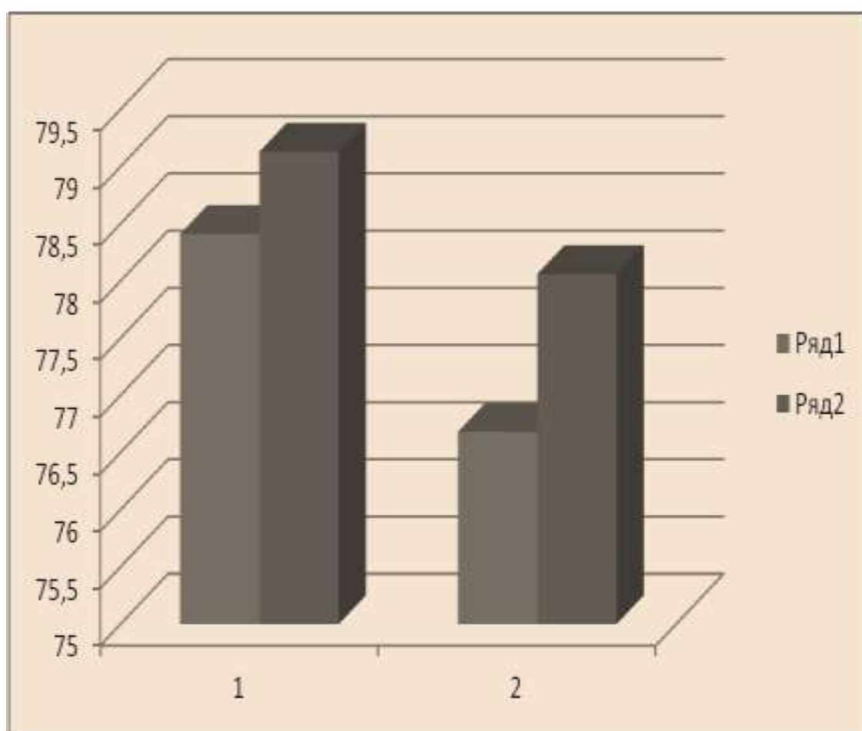
Випробування на зносостійкість зразків з нанесеним покриттям і без нього показують, що в нелегованих вуглецевих сталях втрата ваги зразків практично не відрізняється від початкових зразків. Висока зносостійкість в покритті досягається при

використанні анодів з високовуглецевих або низьковуглецевих легованих матеріалів. У таблиці 3.3 приведені результати випробувань на знос.

Таблиця 3.3 - Результати випробування зразків з покриттям на зносостійкість

Матеріал покриття	Матеріал покриття	Маса зразка, г		Зміна маси, г	Величина зносу порівняно зі сталлю Ст.3
		початкова	кінцева		
Сталь 40X	30X13	78,41	76,68	1,43	0,58
	150X30	78,55	76,89	1,66	0,63

З аналізу експериментальних даних бачимо, що для нанесення покриттів на сталь 40X та сірий чавун доцільно використовувати аноди з легованих матеріалів, зокрема з високим вмістом хрому, які забезпечують зносостійкість і високі показники корозійної стійкості та жаростійкості.



Ряд 1 – початкова маса зразка; ряд 2- кінцева маса зразка

Рисунок 3.5 – Зміна маси зразків: 1 – нарощеного електродом 30X13; 2 – нарощеного електродом 150X30

Виходячи з даних (табл. 3.3) та діаграми (рис. 3.5) можемо зробити висновок, що зносостійкість зразків з покриттям електродами 150X30. Високий вміст хрому забезпечує зносостійкість, жаростійкість і корозійну стійкість [36].

3.3 Оцінка рівня міцності зчеплення нарощеного матеріалу з основним

Ми, виходячи з умов проведення експериментів, прийняли рішення, що міцність зчеплення нарощеного шару з основним ми будемо оцінювати за методикою, розробленою А.П. Гуляєвим та Н.Т. Гудцовим [28]. Оцінку рівня міцності зчеплення проводили при навантаженні на індентор $P=50$.

Відшаровування нанесеного електроіскровим способом шару від основного матеріалу не відбулося, тому міцність зчеплення шару перевищуватиме, значення, визначене за формулою:

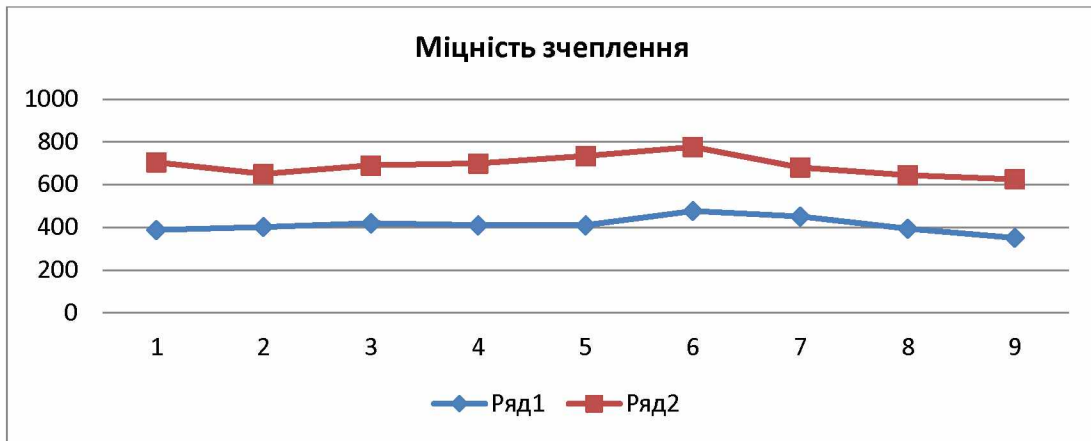
$$\sigma = 2 \frac{P}{d^2}, \quad (3.4)$$

Підраховуємо міцність зчеплення за формулою (3.11). Значення міцності зчеплення нарощеного шару з основним металом приведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Значення міцності зчеплення нарощеного шару з основним металом

Електроіскрове нарощування електродом	довжина діагоналі відбитка індентора								
	0,508	0,499	0,483	0,494	0,494	0,459	0,471	0,504	0,534
	міцність зчеплення нарощеного шару з основним металом								
	387,4	401,6	419,2	409,8	409,8	476,2	450,5	393,7	350,8
Електроіскрове нарощування електродом	довжина діагоналі відбитка індентора								
	0,377	0,393	0,393	0,379	0,378	0,347	0,384	0,388	0,400
	міцність зчеплення нарощеного шару з основним металом								
	704,2	649,4	689,7	699,3	833,3	476,2	680,3	644,6	625,0

На рисунку 3.6 показані графіки рівня міцності зчеплення нарощеного шару з основою.



Ряд1 - Електроіскрове нарощування електродом 30X13; ряд 2 - електроіскрове нарощування електродом 150X30

Рисунок 3.6 - Графіки рівня міцності зчеплення нарощеного шару з основою.

Отже, результати випробувань свідчать про те, що найвищу міцність зчеплення покриття з основою мають зразки з зовнішнім шаром, ортманим електроіскровим нарощуванням електродом 150X30

3.6 Дослідження мікроструктури та твердості покриття

Мікроструктуру нарощених зразків досліджували після травлення 4% розчином азотної кислоти в етиловому спирті [27, 28]. У випадку нарощування електродами із сплаву 150X30 (15%С і 30,0%Cr) формується голчаста мартенситна структура (рис.3.7) з дрібним зерном.

Нарощений електроіскровим способом шар має невитравлену структуру. У структурі видно білі тонкі зони-лінії, товщиною 0,33-1,67мкм, що вказує на наявність карбідної фази. Білі лінії утворюють структуру, що складається з декількох тонких шарів.

При формуванні шару більше, ніж трьома проходами електроду виявляється неоднорідність кристалічної структури. Це видно особливо добре після травлення поверхні зразків (рис. 3.8).

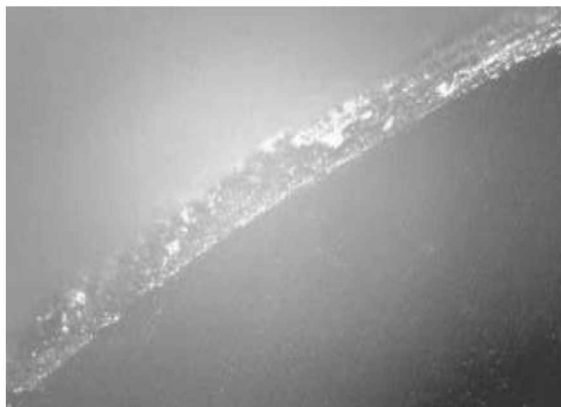


Рисунок 3.7 - Фото зміцненого шару зразка електроіскровим методом (x100)

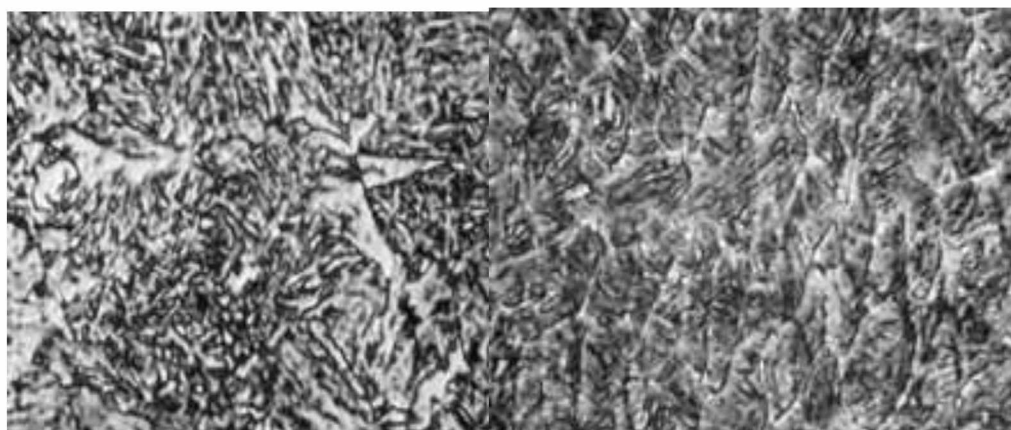


Рисунок 3.8 - Поверхневий шар зразків оброблених електродом із сплаву 150X30: а - 1 прохід електроду; б - 3 проходи електроду.

Мікротвердість H_m зразків визначали за допомогою приладу ПМТ-3 при навантаженні на індентор $P=50\text{г}$. [28] Середнє значення H_m для кожної точки обчислювали на підставі 5 вимірювань; середньоквадратичне відхилення складало $\pm(20...30)$ од.

Аналізуючи рівень зміни твердості, зона термічного впливу незначно змінюється. У обох випадках по показниках твердості вона наближена до нарощеного шару.

Електроіскрове нарощування електродами 30X13 суттєвого впливу на підвищення твердості нарощеної поверхні не мала – підвищення незначне близько 400Н порівняно з твердістю основного металу. При нарощуванні електродами із сплаву 150X30 твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу.

Висновки

1. Встановлено, що при відновленні деталей кількість проходів електроду не повинна перевищувати трьох проходів.

2. Отримані розрахункові значення параметрів режиму, а саме: лінійна швидкість переміщення контакту електроду з поверхнею деталі, якщо $d=1\text{мм}$, то $V = 3\text{м/хв.}$; частота обертання $n_d = 121.7\text{об/хв.}$; повздовжня подача на один оберт деталі $S = 1.27\text{ мм/об.}$

3. Обґрунтовано підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування, запропонувавши конструкцію електродотримача для дискового електроду, шириною 1-2 мм.

4. Проведений аналіз мікроструктури та твердості, що дало змогу зробити висновок: при нарощуванні електродами із сплаву 0,5%С і 30,0%Сг твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу.

5. Проведена оцінка зчеплення нарощеного шару з основним матеріалом - при використанні електроду із сплаву 0,5%С і 30,0%Сг знаходиться в межах від 470 МПа до 650 МПа.

6. Визначено, що підвищення зносостійкості відновлених деталей (до повного виходу їх з експлуатації) в 1,5-2,0 рази.

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 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» (6 розділ, 26 стаття) обов'язково має здійснюватися екологічна експертиза в господарських, законотворчих, управлінських, процесах та інших видах діяльності, що впливають на стан навколишнього середовища. Також екологічній перевірці підпадають всі будівельні об'єкти та проекти, включно з об'єктами, які реконструюються або модернізуються [31].

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

Екологічна експертиза - це комплекс заходів, досліджень, санітарно-епідеміологічних експертиз, що спрямовуються на забезпечення підтримання екології і оточуючого середовища в гарному стані.

Мета екологічної експертизи - запобігання шкідливому впливу антропогенної діяльності людства на стан оточуючого середовища і людського здоров'я; оцінювання екологічної ситуації на окремо взятих об'єктах, а також територіях і ступеню екологічної безпеки виробничої діяльності підприємств.

Головні завдання екологічної експертизи:

1) оцінювання впливу діяльності об'єктів екологічної експертизи на стан оточуючого середовища та здоров'я людей, а також якості природних ресурсів;

2) визначення ступені ризику екологічного і безпеки дійсної чи запланованої діяльності;

- 3) організація комплексного, науковообґрунтованого оцінювання об'єктів екологічної експертизи;
- 4) встановлення відповідності об'єктів експертизи до вимог екологічного законодавства, санітарним та будівельним нормам і правилам;
- 5) підготовка всебічно обґрунтованих, об'єктивних, висновків;
- 6) оцінка обґрунтованості, ефективності, повноти і достатності заходів з охорони оточуючого середовища та здоров'я людей.

Принципи екологічної експертизи:

- 1) законність;
- 2) державне регулювання;
- 3) гарантування безпечного оточуючого середовища для життя людей;
- 4) збалансованість економічних, екологічних, соціальних, медико – біологічних інтересів з врахуванням громадської думки;
- 5) екологічна безпека, економічна, територіально – галузева доцільність об'єктів екологічної експертизи, здійснюваної чи запланованої діяльності;
- 6) об'єктивність, незалежність, наукова обґрунтованість, варіативність, гласність і превентивність, комплексність.

Відповідно до теми кваліфікаційної роботи «Дослідження сучасних методів підвищення надійності колінчастих валів автотракторних двигунів» на базі СТО «Автомоторна компанія» вивчаємо основні екологічні проблеми процесу електроіскрової обробки.

Результатом впровадження процесу електроіскрового нарощування є ультрафіолетове, світлове, інфрачервоне випромінювання.

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 – дуже важливий аспект будь-якого підприємства.

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].

Основною метою охорони праці є забезпечення безпечних умов праці на робочих місцях, можливість безпечного виконання будь-яких робіт; правильна експлуатація обладнання та інструментів; зниження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Система охорони праці в нашій країні 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 кваліфікаційної роботи «Дослідження сучасних методів підвищення надійності колінчастих валів 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

БІГ – 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 ліцензювання 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 під час 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 заходів 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 – комплексний економічний показник, що об'єднує в собі витрати матеріалізованої праці - засоби виробництва й обладнання і витрати живої праці - заробітна плата робітників [33].

Собівартість 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 4.1 приведено необхідні матеріали для виконання відновлення одного колінчастого валу.

Таблиця 4.1 - Витрати матеріалів та ресурсів для ремонту колінвалу

Необхідний матеріал, ресурс	Діагностика КШМ		Відновлення колінчастого валу		Ремонт КШМ		Шліфування шийок валу	
	Необ- хідна к-ть	Ціна, грн	Необ- хідна к- ть	Ціна, грн	Необ- хідна к-ть	Ціна, грн	Необ- хідна к-ть	Ціна, грн
Електроенергія, кВт	2.4	4.54	22	41.58	4,5	8.5	13	24,57
Електроди для електроіскрового нарощування, шт.	-	-	4	156	-	-	-	-
Шліфувальний круг ПП600 × 25 × 305 ЭБ16- 25С1Б ЭБ16-25С1К, шт	-	-	-	-	-	-		73
Шліфувальний круг ПП600 × 25 × 305 КЧ16- 25С1К КЗ 16-25С1К, шт	-	-	-	-	-	-		76,45
Разом		4.75		197.58		8.5		174,02

З таблиці 4.1 видно, що загальні витрати на матеріали склали :

- діагностика КШМ – 4,75 грн.;
- ремонт - 497 грн.;
- шліфування відновлених поверхонь – 149,45грн.;
- перевірка виконаних робіт – 3,325 грн.

Розраховуємо кількість використаної енергії [32]:

$$N = k \times N_B = 0,55 \times 41,9 = 23,45 \text{ кВт/год}, \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт одночасної роботи технологічного обладнання,
 N_B - загальна витрата електроенергії кВт/год.

Витрати на електроенергію:

$$1,89 \times 23 = 44,3 \frac{\text{грн}}{\text{кВт/год}}$$

Обладнання працюватиме 8 годин на добу.

Витрати електроенергії за добу:

$$B_{e,d.} = 44,3 \times 8 = 354,5 \text{ кВт.}$$

Витрати за рік :

$$B_{e,p.} = 354,5 \times 253 = 89704,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо потребу та розрахунок оплати персоналу на 2023рік.

Таблиця 4.3 - Розрахунок оплати персоналу.

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

Прийmemo, що діагностика – 1 година; електроіскрове нарощування – 3 години; шліфування 3 години. Заробітна плата в цьому випадку :
 $187,5+562,5+375=1125$ грн.

Собівартість ремонту колінвалу визначаємо за формулою:

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

де $O_{\text{п}}$ - заробітна плата, грн.,

H – накладні витрати, грн.

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

Отримані результати вартості витрачених матеріалів та наданих послуг приводимо в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахунок собівартості ремонту колінвалів

Найменування статті витрат	Ремонт блоку циліндрів
Електроенергія, грн	319,6
Оплата праці, грн	1125
Вартість витрачених матеріалів та ресурсів	540
Разом	1984,6

Економічна доцільність:

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

де $C_p=1984,6$ грн. – собівартість відновлення при розробленому способі відновлення;

$C_{нов.}= 8400$ грн. – вартість нової деталі з урахуванням націнки;

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

$$\frac{1984,6}{0,9} = \text{грн. , а саме } 2205 < 8400\text{грн.}$$

Отже, собівартість ремонту колінчастого валу двигуна СМД60 становить 2205 грн. , тоді як вартість нового - 8400 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 колінчастих валів;
- 2) Покращення заходів з охорони праці;
- 3) Техніко – економічне обґрунтування впровадження розробок у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті всебічного аналізу літературних джерел зроблено висновок, електроіскрова обробка є однією з прогресивних у ремонтному виробництві, можливості якої ще повністю не з'ясовані. А, також про доцільність проведення експериментального дослідження процесу електроіскрового нанесення покриттів.

2. На основі аналізу умов експлуатації колінчастих валів ДВЗ, вимог до якості поверхонь корінних та шатунних шийок, підібрано методи оцінки якості нарощуваного шару металу, запропоновані методи оцінки покриття на міцність зчеплення, металографічного, оцінки мікротвердості.

3. В результаті проведених дослідів:

1). встановлено, що при відновленні деталей кількість проходів електроду не повинна перевищувати трьох проходів.

2). отримані розрахункові значення параметрів режиму, а саме: лінійна швидкість переміщення контакту електроду з поверхнею деталі, якщо $d=1\text{мм}$, то $V = 3\text{м/хв.}$; частота обертання $n_d = 121.7\text{об/хв.}$; повздовжня подача на один оберт деталі $S = 1.27\text{мм/об.}$

3). обгрунтовано підвищення продуктивності процесу електроіскрового нарощування, запропонувавши конструкцію електродотримача для дискового електроду, шириною 1-2 мм.

4). проведений аналіз мікроструктури та твердості, що дало змогу зробити висновок: при нарощуванні електродами із сплаву 0,5%С і 30,0%Cr твердість підвищується у 2,2 рази у порівнянні з твердістю основного металу.

5). проведена оцінка зчеплення нарощеного шару з основним матеріалом - при використанні електроду із сплаву 0,5%С і 30,0%Cr знаходиться в межах від 470 МПа до 650 МПа.

6). визначено, що підвищення зносостійкості відновлених деталей (до повного виходу їх з експлуатації) в 1,5-2,0 рази.

4. Проведені екологічна експертиза та аналіз заходів з охорони праці

5. Виходячи з отриманих результатів економічно обгрунтована

доцільність впровадження відновлення шийок колінчастих валів (та інших деталей з аналогічними дефектами) нарощуванням шару методом електроіскрової обробки.

Тому, розробка технології відновлення конкретних зношених деталей сільськогосподарської техніки методом електроіскрового легування, є актуальною задачею, яка вимагає проведення подальших досліджень по застосуванню електродних матеріалів та параметрів режимів процесу.

Отже, використання запропонованих способу, обладнання і розрахованих параметрів режиму відновлення дозволяє підвищити зносостійкість відновлених деталей, зменшити витрати на ремонт, тому пропонуємо впровадити у виробництво, що є доцільним як з технологічної, так і з економічної точки зору.