ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМ-1-21
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

___Пузерей Артем Олександрович

Керівник: _____Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____Лисиця Микола Іванович

Дніпро 2022

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Інжинірингу технічних систем_____
Освітній ступінь: "Магістр"
Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ІТС_____
(назва кафедри)
___к.т.н. доцент_____
(вчене звання)
_____ __Дудін В.Ю.___
(підпис) (прізвище, ініціали)
„_____” _____ 2022 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____Пузерею Артему Олександровичу_____
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення післяремонтної довговічності гільз циліндрів дизельних двигунів_____
_____
керівник роботи _к.т.н. доц. Толстенко О.В._____
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від _____18.10.2022 року №_3008_____
2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2022_____
3. Вихідні дані до роботи _Існуючі методи відновлення гільз автотракторних двигунів. Аналіз конструкцій, матеріалів та зносів гільз двигунів. Показники стану ОП на підприємстві. Економічні результати роботи підприємства. _____
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)_ 1. Аналіз надійності гільз циліндрів та можливості її підвищення. 2. Теоретичне обґрунтування ефективності відновлення гільз циліндрів. 3. Результати досліджень. 4. Охорона праці та безпека життєдіяльності. 5. Економічна ефективність роботи. Висновки по роботі. Бібліографічний список. Додатки
_____

п/п	формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер Аркуша	Примітка
			Текстові документи			
	А4	46ДР.016 000. 000 ПЗ	Пояснювальна записка	76		
			Демонстраційні матеріали			
			Демонстраційні матеріали у форматі Microsoft PowerPoint	12		

46ДР.016 000. 000 РД

зм	лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб		Пузерей		
Перевір.		Толстенко		
Н.контр.		Мельянцов		
Затв.		Дудін		

Відомість дипломної роботи

Літер.	Лист	Листів
	3	

ДД

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена розгляду питань підвищення надійності гільз циліндрів дизельних двигунів. Включає п'ять розділів.

В першому, аналітичному розділі розглянуто будову, матеріал та умови роботи гільз циліндрів, а також типові для гільз дефекти та відмови. Причини відмов та можливі шляхи їх усунення.

У другому розділі обґрунтовано оптимальний спосіб відновлення гільзи циліндрів та технологічний процес її відновлення розробленим магніто-імпульсним методом.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням по запропонованому способу підвищення надійності гільз циліндрів.

Четвертий та п’ятий розділи присвячені охороні праці та економічній оцінці запропонованого способу відновлення гільзи.

Складається з текстового матеріалу об’ємом 76 сторінок та презентації з 12 слайдів.

Ключові слова - ДИЗЕЛЬНИЙ ДВИГУН, ГІЛЬЗА ЦИЛІНДРІВ, МЕТАЛІЗАЦІЯ, ГАЛЬВАНО-МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, БІМЕТАЛІЧНЕ ПОКРИТТЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП……..7

1. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

…….....9

1.1. Об'єкт дослідження та його характеристика …….9

1.2. Дефекти гільз циліндрів…….14

1.3. Висновок по розділу……..……19

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ……21

2.1. Аналіз надійності гільз циліндрів автотракторних двигунів та обґрунтування раціонального способу їх відновлення ……21

2.2. Розробка технологічного процесу відновлення гільзи двигуна IVECO 128.00 F3AE……23

2.2.1. Аналіз технічних умов виготовлення й ремонту…….23

2.2.2. Обґрунтування оптимального методу відновлення гільзи циліндру…….....26

2.2.3. Складання технологічного плану операцій……..31

2.2.4. Обґрунтування норми часу на відновлення гільзи циліндрів та розрахунок режимів її обробки…..…….39

2.3. Висновок по розділу……45

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ…….……..……

..46

3.1. Заходи з подовження ресурсу гільзи циліндрів при відновленні……..46

3.2. Методика експерименту, експериментальна установка та результати досліджень інтенсивності зношування гільз……..48

3.3. Висновок по розділу……..52
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ……..….53
4.1. Стан охорони праці в базовому підприємстві та її аналіз…….....……53
4.2. Дослідження виробничого травматизму……..54
4.3. Розробка заходів по безпечній роботі на стенді для електролітичного відновлення гільз циліндрів…….……56
4.4. Рекомендації щодо поліпшення умов праці на підприємстві……58
4.5. Висновок по розділу…….65
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ……66
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ ……...73
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК ……...……..….75

ВСТУП

Одним з важливих напрямків підвищення ефективності машин є зменшення втрат потужності на подолання сил тертя в їхніх функціональних вузлах. Установлено, що на тертя й витоки припадає 25-50 % усіх механічних втрат у двигуні автомобіля, а втрати в парі тертя «поршневе кільце – стінки циліндра» становить 9-15 % потужності двигуна [1, 2, 3, 4]. Зниження втрат у цій парі може дати величезну економію палива, а також приводить до істотного збільшення потужності двигуна.

Проблема збільшення термінів служби деталей у вузлах тертя двигунів внутрішнього згорання є актуальною, особливо для деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ), тому що ЦПГ визначає працездатність двигуна в цілому [2, 3].

Аналізуючи різноманіття методів підвищення довговічності гільз, класифікуючи їх як конструкторські, технологічні і експлуатаційні, відмітимо, що зміна поверхневих властивостей гільз забезпечує стійкість до різних видів зношування (абразивному, абразивно-корозійному і т.д.). Цей шлях представляється досить ефективним для підвищення довговічності гільз із позиції керування властивостями поверхні.

Аналізуючи способи зміни поверхневих властивостей, можна виділити основні шляхи підвищення довговічності поверхонь гільз: зміна хімічного складу поверхневих шарів шляхом впровадження легуючих компонентів для утворення структури, що добре опирається процесам зношування; механічного або теплового впливу на поверхневі шари металу, що приводять до структурних перетворень, що сприяють підвищенню стійкості при різних процесах зношування; нанесення на робочу поверхню гільз антифрикційних, припрацьовуючих або зносостійких шарів.

Саме антифрикційні покриття дозволяють у мінімальний термін створити оптимальну шорсткість пари тертя у період припрацювання, тим самим знижуючи високий рівень припрацювання та зношування і виникнення

мікрозадирів. Мідь вмісні антифрикційні покриття краще змочуються й утримують масло по відношенню до сталевих поверхонь [5].

Різноманіття наведених видів поідвищення зносостійкості пояснюється тим, що жоден з них не може претендувати на створення надійного захисту у сполученнях ЦПГ, що працюють у жорстких умовах тертя, що обумовлює необхідність розробки комплексних способів, що часто поєднують у собі механічні, хімічні й термічні методи.

З метою підвищення довговічності деталей ЦПГ була запропонована технологія нанесення електромеханічним методом антифрикційного мідь вмісного покриття на робочу поверхню гільз циліндрів. В основі пропонованого способу лежить комбінація термічного й механічного впливу на поверхневий шар оброблюваної деталі.

Сутність електромеханічної обробки полягає в тому, що в процесі нарощування через місце контакту мідь вмісного матеріалу й деталі проходить струм великої сили й низької напруги, внаслідок чого виступи мікронерівностей, сильно нагріваючись, скругляются по вершинах і одночасно заповнюються мідь вмісним матеріалом. При цьому поверхневий шар основи внаслідок термічного й механічного впливу ще й зміцнюється.

Публікації. За матеріалами дослідження опубліковано 1 статтю. Пузерей А.О. Шляхи підвищення післяремонтної надійності гільз циліндрів автотракторних двигунів / Пузерей А.О. Матеріали науково-практичної конференції. ДДАЕУ. Дніпро. 2022 – 32 – 34 с.

1. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ТА МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ

1.1. Об'єкт дослідження та його характеристика

Об'єкт досліджень. Процес відновлення деталей при ремонті та технічному обслуговуванні двигуна Iveco (FPT) N67.

Предмет досліджень. Ремонт гільз циліндрів автотракторних двигунів техніки відновленням розмірно-точносною обробкою.

Конструктивно гільзи циліндрів автотракторних двигунів можна розділити на три групи [6, 7] рис. 1.1.:

1. «Мокрі».
2. «Сухі».
3. З повітряним охолодженням.

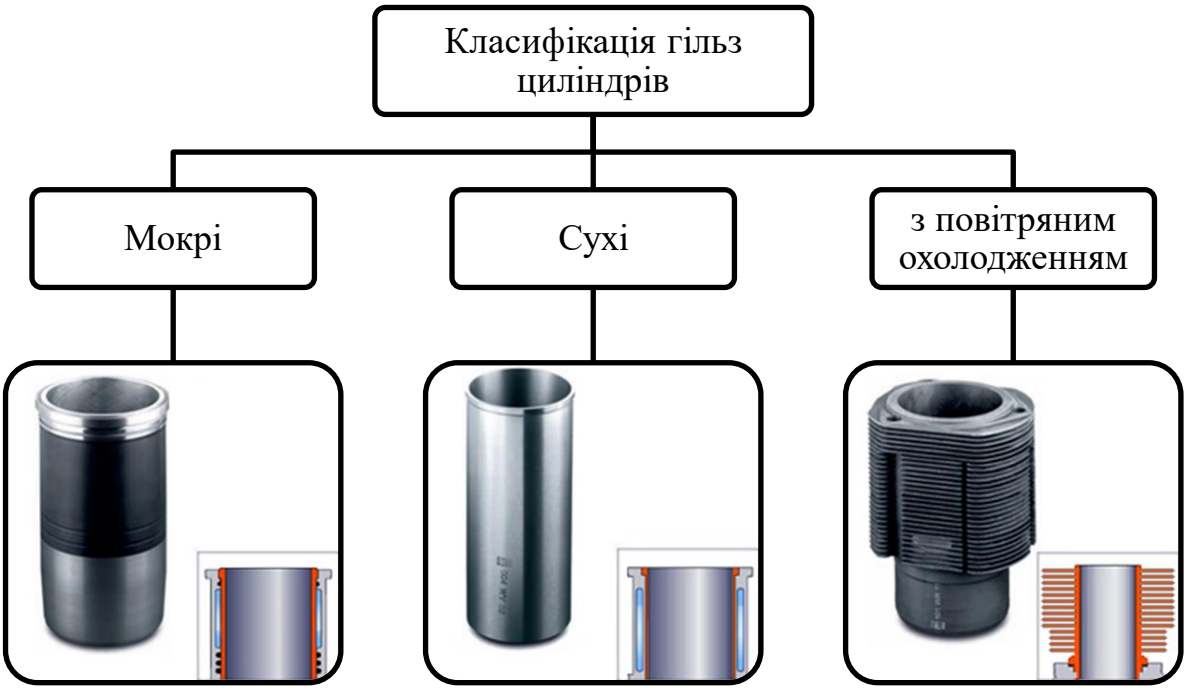


Рис. 1.1. Типи гільз циліндрів

Характеристики гільз циліндрів наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Характеристики гільз циліндрів

Сухі гільзи. Хонінговані	
Заготовка гільзи	**Мокра гільза**

Мокра гільза з нагарозємним кільцем	Циліндр для двигунів з повітряним охолодженням

Особливості виробництва гільз.

Усі гільзи циліндрів для двигунів рідинного охолодження виготовляються методом відцентрового лиття. Завдяки цьому забезпечується найбільш якісна структура матеріалу, віддаляються важкі домішки. Механічні властивості металу рівномірно розподіляються по всьому об'єму деталі.

Для підвищення механічних властивостей у процесі виготовлення гільзи проходять спеціальну термічну обробку.

Для забезпечення високої зносостійкості й додання антикорозійних властивостей поверхня гільзи фосфатується.

Для виробництва. При виробництві гільз дизельних двигунів використовується сірий чавун з різними домішками [8, 9]. Завдяки ним забезпечуються необхідні фізичні й механічні властивості таблиця 1.2.

Таблиця 1.2 – Легуючі домішки

Застосовувані легуючі елементи	
Cr Хром	Збільшує твердість, міцність і зносостійкість.
Mo Молібден	Підвищує твердість, не погіршуючи оброблюваність. Поліпшує зносостійкість.
Ni Нікель	Поліпшує оброблюваність чавуну. Поліпшує механічні властивості й підвищує зносостійкість чавуну. Нікель забезпечує рівномірну твердість матеріалу по всьому об’єму виливка.
Cu Мідь	Мідь по властивостях аналогічна нікелю. Чавуни з домішками міді мають високу твердість, необхідну в'язкість і гарною оброблюваністю.
V Ванадій	Надає чавуну дрібнозернисту структуру, змінюючи його металеву основу. Збільшує загальну міцність чавуну, не роблячи його крихким.
Ti Титан	Поліпшує структуру й механічні властивості відливки, сприяючи підвищенню міцності металевої основи чавуну. Будучи гарним розкислювачем, титан забезпечує одержання чавуну, вільного від газових раковин і шкідливих домішок.
P Фосфор	Поліпшує текучість чавуну, забезпечуючи рівномірність структури відливки. Зменшує усадку відливки при охолодженні. Сприяє збільшенню твердості.

Плосковершинне хонінгуванняие (ПВХ) рис. 1.2. представляє собою чергування поверхонь із низькою шорсткістю (плато) і глибоких западин (рисок). Плато забезпечує компресію, а ризки сприяють оптимальному втриманню масла. При ПВХ циліндри мотора й поршневі кільця швидше припрацьовують ся. Результат - менше зношування двигуна й стабільність його роботи.

а

б

Рис. 1.2. Види хонінгування гільз

а - плосковершинне хонінгування, б - Традиційне хонінгування

На рис. 1.3. наведено маркування гільз циліндрів.

Рис. 1.3. Маркування гільз циліндрів

1.2. Дефекти гільз циліндрів

Існує 5 основних дефектів гільз блоку циліндрів рис. 1.4.:

- зношування зовнішньої поверхні;
- надлам бурту гільзи циліндра;
- зношування посадкових пасків;
- дефект внутрішньої поверхні;
- тріщини.

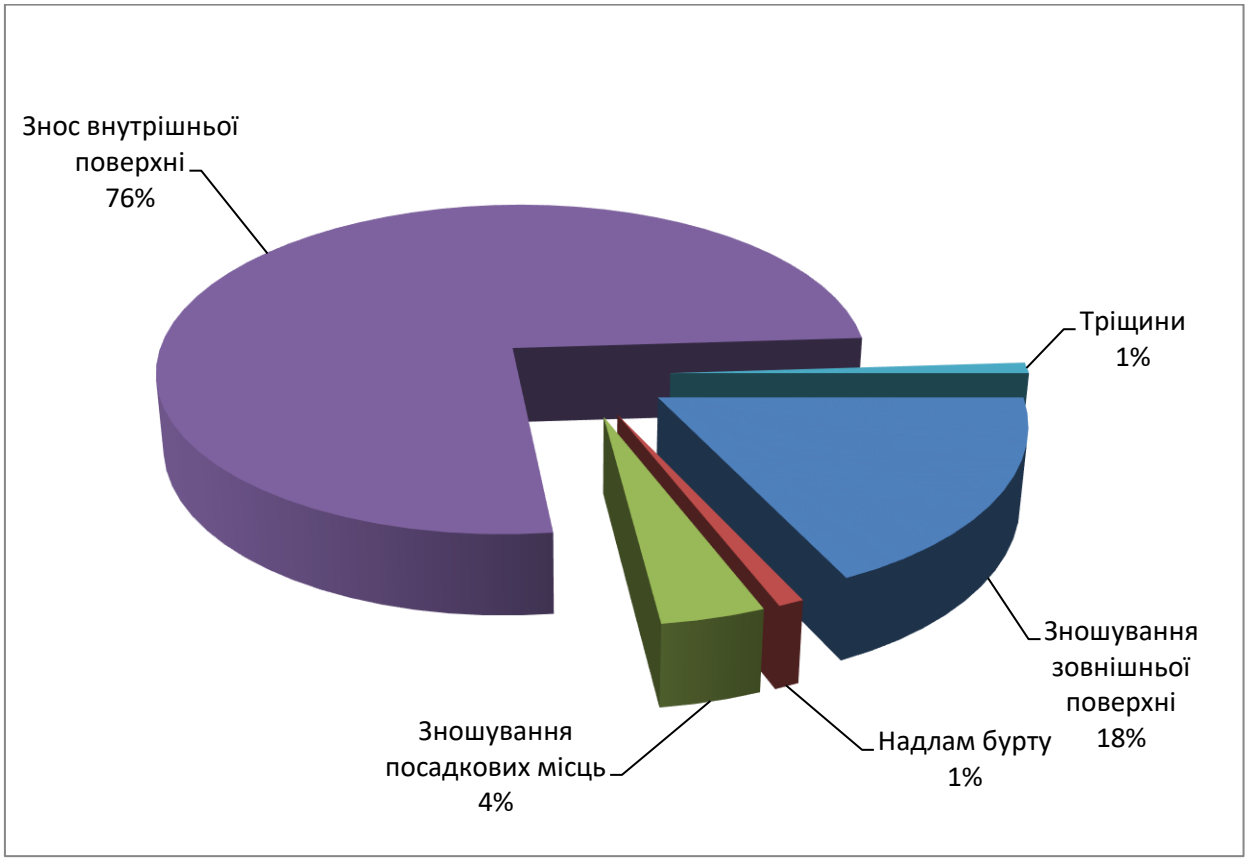


Рис. 1.4. Основні дефекти гільз блоку циліндрів

Зношування зовнішньої поверхні рис. 1.5. Через те, що майже вся частина зовнішньої стінки гільзи блоку циліндрів контактує з охолоджуючою рыдиною, з'являється кавітанційне зношування, яке є основною ознакою дефекту зовнішньої поверхні гільз. Це відбувається через вібрацію гільзи, що виникає при інтенсивній роботі двигуна.

Через таку сильну вібрацію створюються пухирці, які вибухають біля зовнішньої стінки гільзи. Цей процес називається кавітацією, що, як ми сказали, є основним дефектом зовнішньої поверхні гільз. Вона ж є істотним приводом для корозії, разом з якою ушкоджується й руйнується поверхня гільзи циліндра.

Рис. 1.5. Кавітаційне руйнування гільзи

Зношування гільз блоку циліндрів приводить до протікання охолодного розчину в усередину картера. Подальша взаємодія охолоджуючої рідини з маслом, яке змащує поршень, приводить до створення масляної емульсії, що негативно позначається на роботі всього двигуна в цілому.

Надлам бурту рис. 1.6. Причиною надлому бурта гільзи може бути:

- між гільзою блоку циліндра й буртом перебувають сторонні часточки (залишки прокладочних матеріалів, бруд, стружка та інші);

Рис. 1.6. Надлам бурту

- поверхня бурту не має торцевої кромки (фаски);
- в опорі бурту є перекіс;
- прокладка для головки блоку не підходить по розмірам;
- вогнетривка кромка на головці циліндра не вирівняна або не очищена;
- порушення процесу оброблювання при ремонті гільз.

Зношування посадкових поясків рис. 1.7. При роботі двигуна відбувається сильне вібрування, що приводить до зношування посадкових поясків.

Рис. 1.7. Знос посадкових поясків

Через кавітацію, яка руйнує або влаштовує накип, у проміжках між посадковими поясками з'являється овальність. Це приводить до порушення нормальної роботи гільзи циліндра й викликає підвищене зношування тим самим знижуючи термін служби двигуна.

Деформація дзеркала циліндрів рис. 1.8.

При роботі двигуна, у нього може попадати пил. Це відбувається коли повітря, через впускний колектор надходить у циліндр, через погане кріплення. Також повітря може потрапити з маслом і бензином при їхнім неправильному зберіганні. Абразивне зношування дзеркала циліндрів (внутрішня робоча поверхня гільзи), піддається механічному тертю, у результаті чого, у двигун може потрапити пил. Частіше цей процес спостерігається вгорі гільзи, це обумовлене високим тиском у верхньому місці ділянці гільзи.

Рис. 1.8. Знос гільзи

Ознаки тріщини гільзи циліндрів рис. 1.9.

- перегрів двигуна;
- погано працює система охолодження;
- під дією ударних факторів;
- у зв'язку з розморожуванням антифризу;
- через помилки, допущені в ході ремонту.

Рис. 1.9. Тріщини гільзи

Результатом усіх перерахованих вище причин є мікротріщини в гільзі, через які надалі відбувається їхнє руйнування, що у свою чергу чревате втратою продуктивності всього двигуна.

1.3. Висновки по розділу

Відновлення деталей на сьогодні є актуальним питанням, так як вартість нових деталей в рази перевищує вартість відновлення. Звісно потрібне якісне відновлення та наступна механічна обробка, а також обґрунтована ефективна технологія відновлення деталей.

Також відновлення деталей заощаджує ресурси, бо виготовлення деталі потребує високих затрат матеріалів, енергетичних та трудових ресурсів. однією із таких деталей є гільза циліндрів так як їх в двигуні стоїть від 4х до 12 шт. і сьогодні вони майже не відновлюються, а вартість нової гільзи, наприклад двигуна Iveco (FPT) N67, що встановлюються на трактори та автомобілі коштує 2800-3500 грн. шт., а комплект з 6 шт 16800-21000 грн. і це тільки гільзи.

Аналіз експлуатаційних відмов гільз циліндрів автотракторних двигунів дозволяє зробити наступні висновки:

Основними причинами виходу з ладу гільз циліндрів є:

- знос робочої частини (дзеркала);
- кавітація;
- тріщини та сколи.

Всі ці дефекти можливо відновити в умовах підприємства.

Мета роботи.

Обґрунтування оптимального методу відновлення поверхні гільзи циліндра автотракторного двигуна до розміру за кресленням шляхом нанесення антифрикційного шару.

Задачі роботи.

- дослідити конструктивні особливості, вид і характер зносу гільз циліндрів автотракторних двигунів;

- провести аналіз надійності гільз циліндрів автотракторних двигунів та визначити раціональний спосіб її відновлення;

- розробити технологічний процес відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів на прикладі гільзи двигуна Iveco (FPT) N67;

- розробити заходи з подовження ресурсу гільзи циліндрів, шляхом нанесення біметалічного покриття;

- розробити методику експериментальних досліджень та експериментальну установку для дослідження процесу нанесення біметалічного покриття;

- розробити заходи з покращення охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях;

- провести техніко-економічну оцінку проектних рішень.

2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

2.1. Аналітичне дослідження робото здатності гільз дизельних двигунів та визначення оптимального способу їх відновлення

Циліндропоршнева група (рис. 2.1) складається з таких з'єднань: гільза-блок циліндрів, поршневе кільце-гільза, гільза-юбка поршня, поршневе кільце-канавка поршня.

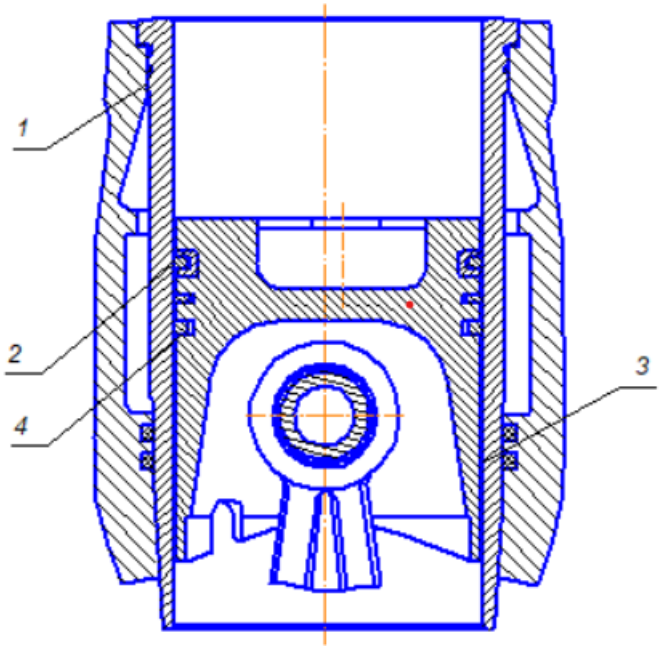


Рис. 2.1. З'єднання циліндропоршневої групи

1 - гільза-блок циліндрів, 2 - поршневе кільце-гільза, 3 - гільза-юбка поршня, 4 - поршневе кільце-канавка поршня

Робота виконувалась на базі ТОВ Реммаш м. Нікополь, яке займається капітальним ремонтом дизельних двигунів і накопичило значну статистичну базу з відмов різних механізмів, систем та деталей двигунів. Статистична обробка даних дала змогу отримати наступну діаграму відмов рис. 2.2.

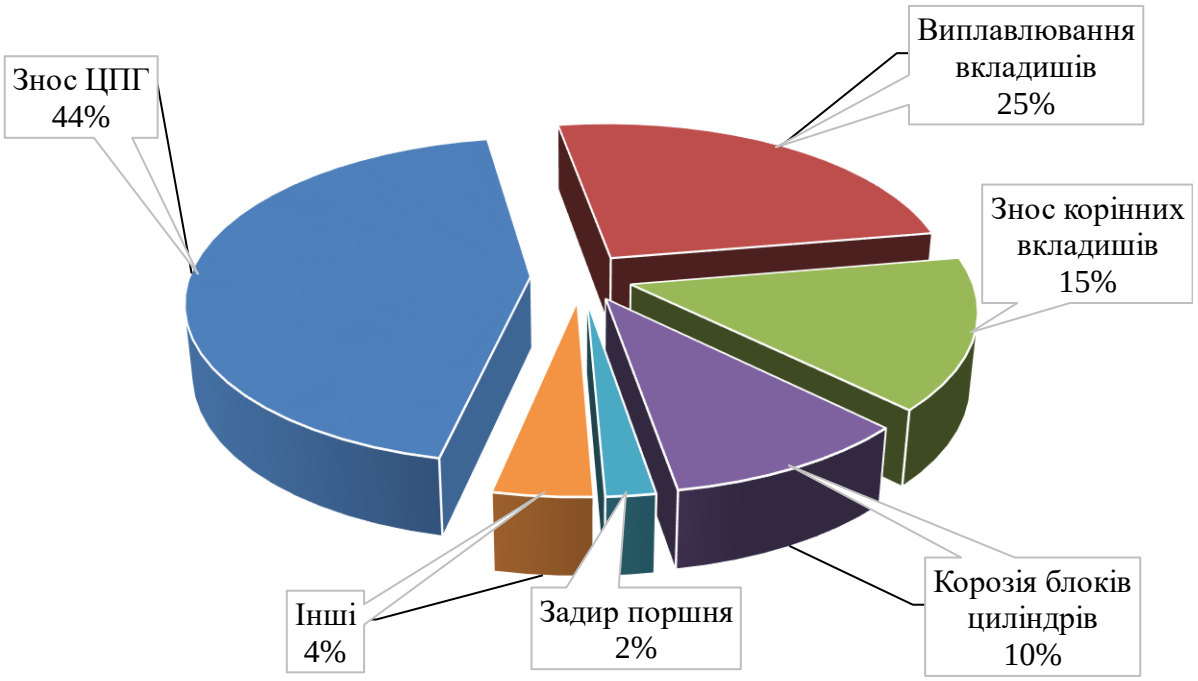


Рис. 2.2. Статистичні данні по відмовам двигунів

На долю циліндро - поршневої групи припадає 44 % відмов. Більш детальний аналіз відмов циліндро - поршневої групи вказує на такий розподіл відмов Існує 5 основних дефектів гільз блоку циліндрів рис. 2.3:

- зношування внутрішньої поверхні;
- надлам бурту гільзи циліндра;
- зношування посадкових пасків;
- дефект внутрішньої поверхні;
- тріщини.

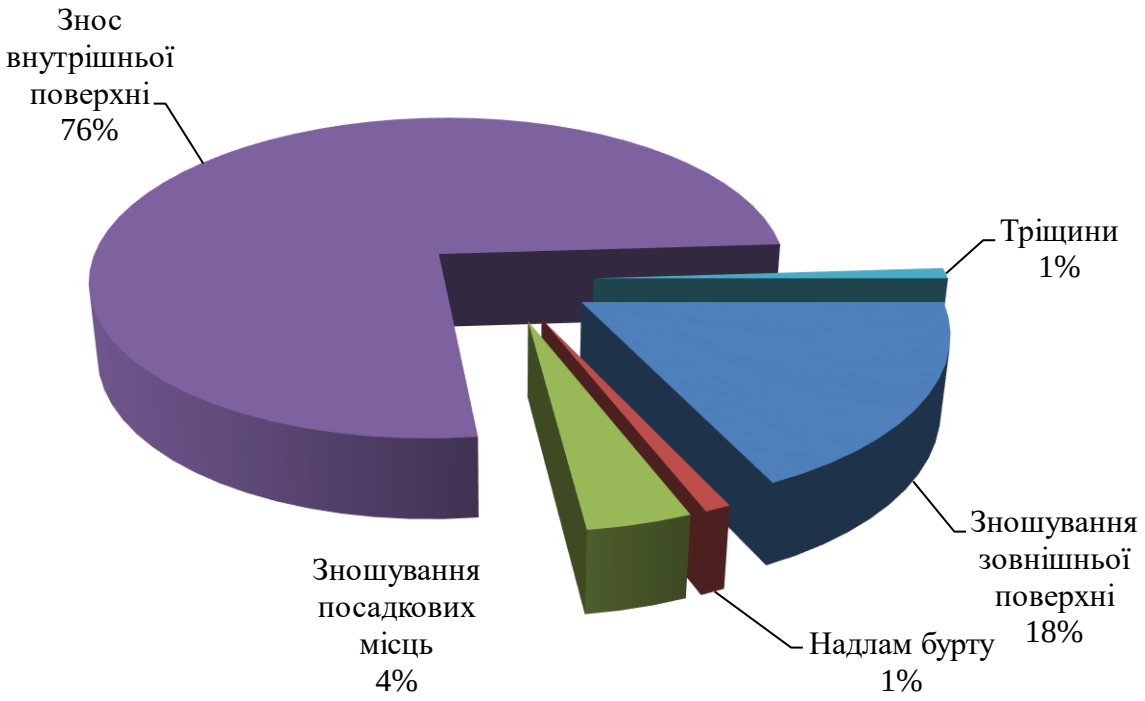


Рис. 2.3. Основні дефекти гільз блоку циліндрів

Гільзи є досить коштовними деталями і наприклад гільза яка розглядається в роботі IVECO 128.00 F3AE CURSOR 10 коштує 3500 грн/шт. тому подовження терміну їх служби і відновлення їх робото здатного стану є актуальним питанням. Одним із актуальних методів відновлення являється нанесення на робочу поверхню гільзи біметалічних покриттів з низьким коефіцієнтом тертя.

2.2. Розробка технологічного процесу відновлення гільзи двигуна IVECO 128.00 F3AE

2.2.1. Аналіз технічних умов виготовлення й ремонту

Технічні вимоги на виготовлення гільзи обумовлені робочим кресленням на виготовлення рис. 2.2.

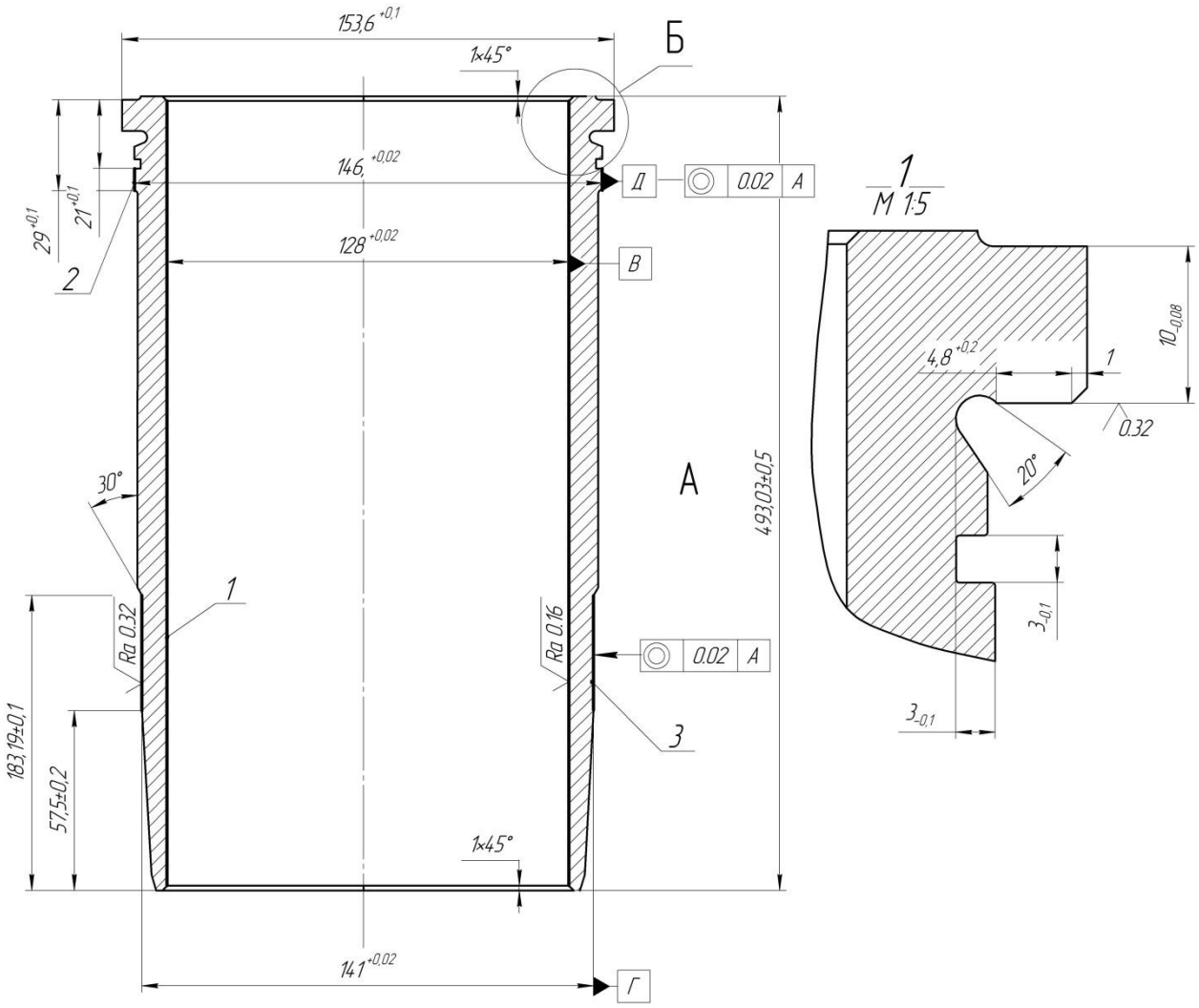


Рис. 2.2. Ремонтне креслення гільзи

Матеріал гільзи - чавун спеціальний (сірий 400).

Мікроструктура чавуну повинна являти собою пластинчастий перліт з рівномірно розподіленими середніми й дрібними пластинами графіту. Вміст фериту максимум 10% [13].

Внутрішній діаметр

Клас 13:……128-0^{,005} мм;

Загальна висота:……...253+0,5 мм.

Діаметр пояска;……153,76-0^{,1} мм.

Товщина пояска:

до № 535118:……від 10,05$^{+0,02}$ мм;

с № 535119:…….. від 9,90$^{+0,02}$ мм.

Відступ пояска від верхнього краю гільзи:……від $1^{+0,1}$ мм.

Діаметр верхнього краю:……....$142^{+0,02}$ мм,

Діаметр верхнього центрування:. ……..$145,80+^{0,02}$ мм.

Діаметр нижнього центрування: ……$141+^{0,02}$

Технічні умови на ремонт [14, 15, 16]

1. Конусоподібність внутрішньої поверхні А не більш 0,01 мм;

2. Овальність внутрішньої поверхні А не більш 0,01 мм;

3. Шорсткість внутрішньої поверхні А після остаточної обробки Ra 0,16 мкм;

4. Конусоподібність посадкових поверхонь Б и В не більш 0,02;

5. Овальність посадкових поверхонь Б и В не більш 0,02 мм;

6. Шорсткість посадкових поверхонь Б и В після остаточної обробки Ra 0,32 мкм;

7. Не допускається наявність тріщин, сколів й задирів на поверхнях А, Б и В;

8. Співвісність поверхонь А, Б и В не більш 0,01;

9. Поверхні А, Б и В мають покриття Fe-Cl, твердістю 250 – 300 кг/мм^2.

Дефекти гільз

Гільзи циліндрів двигуна Iveco тонкостінні. Товщина їх стінок 17 мм [16]. Вони відлиті зі спеціального високоміцного чавуну й відрізняються високою зносостійкістю [16, 17].

При надходженні двигунів у ремонт гільзи циліндрів мають максимальне зношування внутрішнього діаметра не більш 0.2 мм. Величина зношування циліндрів двигунів Iveco значно менше величин зносів інших дизельних і карбюраторних двигунів.

Основні дефекти гільзи:

1.Зношування дзеркала циліндра.

2.Зміна форми й взаємного розташування верхнього й настановних пасків щодо осі циліндра.

3.Відколи, тріщини.

4.Відкладання накипу на поверхні, омиваною водою.

5.Жолоблення, відколи.

6.Глибокі задири.

7.Втрата натягу вставки гільзи.

При наявності відколів або тріщин гільзи вибраковуються. Ці дефекти виявляють візуально, або гідравлічним випробуванням 4 кгс/см^2 протягом 1-2 хвилин. Дефекти гільзи, що підлягають відновленню наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Дефекти гільзи

№ деф	Дефект
1	Знос внутрішньої робочої поверхні А більше Ø 125,2 мм
2	Знос посадочної поверхні Б менше Ø 145,98 мм.
3	Знос посадочної поверхні В менше Ø 140,8 мм.

2.2.2. Обґрунтування оптимального методу відновлення гільзи циліндру

Вибір того чи іншого способу відновлення на конкретному підприємстві залежить від техніко-економічних показників. Найраціональнішим способом ремонту деталі буде той, що забезпечує найбільший термін їхньої служби відремонтованої деталі при найменших видатках, які перевищують вартість нової деталі.

Раціональний спосіб відновлення деталей вибирається шляхом послідовного використання наступних критеріїв [18, 19]:

- технологічного критерію;
- критерій довговічності;
- техніко-економічний критерій.

Технологічний критерій.

Варіанти способів відновлення наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Варіанти способів відновлення та їх вибір за технологічним критерієм

№	Назва дефекту	Спосіб відновлення	Технологічний критерій
1	Знос внутрішньої робочої поверхні А	Наплавлення під шаром флюсу	Не використовується
		Вібродугове наплавлення	Можливе, але враховуючи малий знос поверхні даний спосіб не прийнятний
		Наплавка CO2	Так
		Гальвано-механічна обробка	Так
		Металізація	Так
2	Знос посадочної поверхні Б	Наплавлення під шаром флюсу	Можливе використання але можливі і значні теплові навантаження які можуть призвести до жолоблення деталі
		Вібродугове наплавлення	Так
		Наплавка CO2	Так
		Залізнення	Так
		Обробка під ремонтний розмір	Не використовується так як заводом виробником не передбачено ремонтних розмірів
3	Знос посадочної поверхні В	Наплавлення під шаром флюсу	Можливе використання але можливі і значні теплові навантаження які

			можуть призвести до жолоблення деталі
		Вібродугове наплавлення	Так
		Наплавка СО2	Так
		Залізнення	Так
		Обробка під ремонтний розмір	Не використовується так як заводом виробником не передбачено ремонтних розмірів

Технічний критерій.

Визначається коефіцієнтом довговічності $К_д$. Коефіцієнт довговічності можна розрахувати за наступним виразом

$$К_д = К_{зн} \cdot К_в \cdot К_з \cdot К_п, \quad (2.6)$$

де $К_{зн}$ – коефіцієнт зносостійкості;

$К_в$ – коефіцієнт витривалості;

$К_з$ - коефіцієнт зчеплення покриттів [18];

$К_п$ – поправочний коефіцієнт (0,8...0,9).

Перший дефект гільзи: Знос внутрішньої робочої поверхні А, згідно таблиці 2.3. зношену поверхню гільзи можна відновити п’ятьма способами, але вібродугове наплавлення не раціонально виконувати і наплавлення під шаром флюсу також бо технологічно дуже важко це реалізувати залишаються:

- гальвано-механічна обробка;
- наплавка $СО_2$;
- металізація.

Тоді.

$$K_{д}^{ГМО} = 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,47$$

$$K_{д}^{НСО_2} = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,77$$

$$K_{д}^{Мет} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 0,9 = 0,99$$

Як видно з критеріїв, відновлення гільзи методом металізації дає довговічність у 0,99 тому саме металізація є найбільш оптимальним.

Техніко-економічний критерій.

Техніко-економічний критерій дає змогу порівняти довговічність відновленої деталі з вартістю відновлення.

Техніко-економічний критерій відновлення деталі запропонував професор В.І. Казарцев

$$K_{е} = \frac{C_{в}}{K_{Д}}, \qquad (2.7)$$

де $C_в$ – ціна ремонту деталі, грн.;

$C_н$ – ціна деталі, що не була в експлуатації, грн.;

$K_д$ – довговічність деталі після відновлення.

- вібродугова наплавка;

$$K_{е}^{ВДН} = \frac{627}{0,47} = 1334.$$

- Наплавка CO_2;

$$K_e^{CO} = \frac{502}{0,77} = 652.$$

- металізація.

$$K_e^{зал} = \frac{125,4}{0,99} = 127.$$

Розрахунки по іншим дефектам проводяться аналогічно, а результати заносяться в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Обґрунтування оптимального методу відновлення деталі

Номер і найменування дефекту згідно таблиці 2.2.	Коефіцієнт		
	Технологічний Кт	Довговічності Кд	Техніко-економічний К
Дефект 1	Вібродугова наплавка	0,47	1334
Дефект 2	Наплавка CO_2	0,77	652
Дефект 3	Металізація	0,99	127

Таким чином при відновленні зношених посадочних поверхонь Б, В використовуємо залізнення, а при відновленні робочої поверхні А електро-механічне залізнення.

Після проведення всіх розрахунків визначаємо основний та можливий методи відновлення і заносимо їх до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Методи відновлення гільзи

№ деф	Дефект деталі	Метод виправлення дефекту	
		Основний	можливий
1	Знос внутрішньої робочої поверхні А більше Ø 125,2 мм	Металізація (гальвано-	Обробка під ремонтний розмір

		механічне нанесення біметалу)	
2	Знос посадочної поверхні Б менше Ø 145,98 мм.	Гальванічне покриття	Металізація
3	Знос посадочної поверхні В менше Ø 140,8 мм.	Гальванічне покриття	Металізація

2.2.3. Складання технологічного плану операцій

005. Мийна

010. Алмазно-розточувальна (діаметр 128 мм.)

015. Гальваномеханічне залізнення (діаметр 128 мм)

020. Контроль якості покриття

025 Шліфувальна (діаметри 145,8 мм, 141 мм.)

030 Гальванічна (діаметри 145,8 мм, 141 мм.)

035. Контроль якості покриття

040. Шліфувальна (діаметри 145,8 мм, 141 мм.)

045. Токарна

050 Мийна

055. Хонінгувальна

060. Контрольна

005. Алмазно-розточувальна.

Устаткування: верстат алмазно-розточувальний мод. 2А78;

Різальний інструмент: різець розточувальний ВК6 ГОСТ 18063-72

Вимірювальний інструмент — нутромір індикаторний НІ 100-160 ГОСТ 868-72.

Зміст операції:

1. Установити гільзу в пристосування й закріпити її.

2. Відцентрувати гільзу із пристосуванням щодо шпинделя алмазно-розточувального верстата.

3. Виставити різець зі шпинделя на потрібну глибину різання за допомогою індикатору.

4. Розточити до діаметра 128,8+0,02 на глибину 253±0,5 мм., витримавши шорсткість 2,5 Ra.

5. Зняти гільзу із пристосування.

Режими різання:

подача – 0,14 мм/ об;

швидкість різання – 130 м/хв;

частота обертання шпинделя – 300 об/хв;

виліт – різця 0,5 мм.

Розточування дзеркала гільзи циліндра проводиться за один прохід.

Основний машинний час для розточування визначається

Тшт – 18 хв.

010 Гальваномеханічна

Устаткування: гальваномеханічна установка, затискач;

Інструмент: брусок АС6М1; віденське вапно, волосяна кисть;

Електроліт: ($Fecl_2 x4H_2O$)-450г/л; $T_{ЕЛ}$ =20^{o}C, C_{HCL} = 1 г/л. pH=0,7, t=250 С

Зміст операції:

1. Промити заготовку в холодній воді (Т=1 хв);
2. Знежирити заготовку віденським вапном (Т=2 хв);
3. Промити заготовку в гарячій воді (t = 800 С), (Т=1хв);
4. Сушіння (Т = 5 хв)
5. Монтаж деталі в установку (Т=3хв)
6. Попереднє хонінгування (Т = 3 хв).

Режими попереднього хонінгування:

Колова швидкість обертання хона: 60 м/хв;

Зворотно-поступальна швидкість: 8 м/хв;

Тиск на бруски: 8 кгс/дсм^2;

Частота обертання шпинделя: 320 об/хв;

7. Анодна обробка (Т = 2 хв).

Режими анодної обробки:

Колова швидкість обертання хона: 60 м/хв;

Зворотно-поступальна швидкість: 8 м/хв;

Тиск на бруски: 4 кгс/см^2;

Частота обертання шпинделя: 320 об/хв;

Щільність струму на аноді: 30, А/дм^2;

8. Включення струму (щільність струму 5 А/дм^2, Т= 5 сек;)

9. Вихід на режим (щільність струму 10 А/дм^2, Т= 10 хв; щільність струму 20 А/дм^2, Т= 10 хв)

10. Залізнити до діаметра 128+0,040 мм, на глибину 253±0,5 мм, (Т = 25 хв);

Режими залізнення:

Колова швидкість обертання хона: 60 м/хв;

Зворотно-поступальна швидкість: 8 м/хв;

Тиск на бруски: 0,25 кгс/см^2;

Частота обертання шпинделя: 320 об/хв;

Щільність струму на аноді: 300, А/дм^2;

11. Остаточне хонінгування (Т = 15 хв).

Режими остаточного хонінгування:

Колова швидкість обертання хона: 60 м/хв;

Зворотно-поступальна швидкість: 8 м/хв;

Тиск на бруски: 8 кгс/см^2;

Частота обертання шпинделя: 320 об/хв;

12. Демонтаж деталі зі стенда (Т = 3 хв);

13. Промити деталь у гарячій воді (80-95 С) (Т=30с)

14. Нейтралізація.

Витримка гільзи в 10% розчині каустичної соди (80-90С) (Т=2 хв);

15. Промити деталь у гарячій воді (80-95 С) (Т=1хв)

Тшт = 73 хв;

020. Контроль якості покриття

Інструмент вимірювальний: : нутромір індикаторний НІ 100-160 ГОСТ 868-72.

Тшт = 4 хв.

015. Шліфувальна

Устаткування: верстат кругло-шліфувальний мод. 3Б151;

Інструмент ріжучий: коло абразивне ПП750х40х305х15А32СМ26 К5;

Інструмент вимірювальний: мікрометр МК 100-150 ГОСТ 6507-78;

Зміст операції:

1 Установити деталь у верстат, базуючи її по внутрішньому діаметру 128 мм, і верхньому й нижньому торцю деталі (шліфування в центрах);

2 Виставити шліфувальне коло, щодо верхнього посадкового паска;

3 Шліфувати верхній посадковий пасок до діаметра 145, +0,1, витримуючи шорсткість 0,32 Ra

4 Виставити шліфувальне коло, щодо нижнього посадкового паска;

5 Шліфувати нижній посадковий пасок до діаметра 140,2+0,1, витримуючи шорсткість 0,32 Ra

6 Демонтувати деталь зі стенда

7 Зробити контроль розмірів мікрометром МК 100-150 ГОСТ 6507-78;

Режими шліфування:

глибина шліфування 0.01 мм;

поздовжня подача 2 мм/об;

швидкість обертання шліфувального кола 30 м/с;

швидкість обертання виробу 20 м/хв.

Тшт=10 хв;

020. Гальванічна

Устаткування: гальванічна установка, випрямляч мод. ВУ12/600.

Пристосування: оправлення центрове.

Інструмент: віденське вапно, волосяний пензель.

Електроліт: $FeCl_2$ х $4H_2$ = -450г/л; $T_{ЭЛ}$ =20^{o}C, C_{HCL}= 1 г/л. pH=0,7, t=250 С

Зміст операції:

1. Знежирити заготовку віденським вапном.

Т = 3 хв;

2. Промити заготовку в холодній воді (до 30 С) (Т = 30 с);
3. Анодна обробка.

Обробка гільзи в 30% розчині сірчаної кислоти. (Т = 3 хв)

4. Промити заготовку в гарячій воді (80-95 С) (Т = 30 с)
5. Установити деталі в стенд
6. Включення струму (щільність струму 5 А/дм^2, Т= 5 сек;)
7. Вихід на режим (щільність струму 10 А/дм^2, Т= 10 хв; щільність струму 20 А/дм^2, Т= 10 хв)
8. Залізнити верхній пасок до діаметра 146,1+0,1; залізнити нижній пасок до діаметра 141,1+0,1, (щільність струму 30 А/дм^2, Т= 10 хв);
9. Демонтаж деталі зі стенда;
10. Промити деталь у гарячій воді (80-95 С) (Т=30с)
11. Нейтралізація.

Витримка гільзи в 10% розчині каустичної соди (80-90С) (Т=30хв)

12. Промити деталь у гарячій воді (80-95 С) (Т=1хв);

Режими залізнення:

Включення струму: щільність струму 5 А/дм^2, Т= 5 сек;

Вихід на режим: щільність струму 10 А/дм^2, Т= 10 хв; щільність струму 20 А/дм^2, Т= 10 хв;

Залізнення: щільність струму 30 А/дм^2, Т= 10 хв.

Тшт = 35 хв;

025. Контроль якості покриття

Вимірювальний інструмент: мікрометр МК 100-150 ГОСТ 6507-78040.

Зміст операції:

Зробити контроль розмірів верхнього й нижнього посадкових пасків мікрометром МК 100-150 ГОСТ 6507-78;

030. Шліфувальна

Устаткування: верстат кругло-шліфувальний мод. 3Б151;

Інструмент ріжучий: коло абразивне ПП750х40х305х15А32СМ26 К5;

Інструмент вимірювальний: мікрометр МК 100-150 ГОСТ 6507-78;

Зміст операції:

1 Установити деталь у верстат, базуючи її по внутрішньому діаметру 128 мм, і верхньому й нижньому торцю деталі (шліфування в центрах);

2 Виставити шліфувальне коло, щодо верхнього посадкового паска;

3 Шліфувати верхній посадковий пасок до діаметра 145,80+0,02, витримуючи шорсткість 0,32 Ra

4 Виставити шліфувальне коло, щодо нижнього посадкового паска;

5 Шліфувати нижній посадковий пасок до діаметра 141+0,02, витримуючи шорсткість 0,32 Ra

6 Демонтувати деталь із верстата

7 Зробити контроль розмірів мікрометром МК 100-150 ГОСТ 6507-78;

Режими шліфування:

глибина шліфування 0.01 мм;

поздовжня подача 2мм/с;

швидкість обертання шліфувального кола 35 м/с;

швидкість обертання виробу 65 м/хв.

Тшт = 10 хв;

035. Токарно-гвинторізна

Устаткування:

Верстат токарно-гвинторізний 1К62.

Вибір інструмента:

Різець ВК-6 ГОСТ 18879-73.

Інструмент вимірювальний:

Штанген-глибиномір ШГ-150 ГОСТ 162-80.

Зміст операції:

1. Закріпити різець.

2. Установити гільзу циліндра в цангове оправлення за внутрішню поверхню.

3. Установити цангове оправлення з гільзою циліндра в патрон.

4. Точити поверхню канавки верхнього посадкового паска, шириною 3-0,1мм і глибиною 2-0,1 мм;

5. Точити фаску нижнього посадкового паска під кутом 30^0

Тшт = 5 хв;

040 Хонінгувальна

Вибір устаткування:

Верстат 3Г833.

Вибір інструмента:

Бруски АСМ 150×12×6×4 60⁄40 100 М1-02 ГОСТ 25594-83.

Нутромір індикаторний НІ-50-150 ГОСТ 868-72.

Зміст операції:

1.Закріпити гільзу в затискне пристосування й відцентрувати її щодо хона.

2. Закріпити бруски хона.

3. Хонінгувати внутрішню поверхню гільзи.

4. Витримати розмір діаметр 128+0,01

Мікрогеометрія внутрішньої поверхні гільзи повинна являти собою рідку сітку западин глибиною 2,5…7,5 мкм із майданчиками між ними з висотою нерівностей 0,5…1,5мкм. Сумарна площа повинна становити від ½ до ⅔ площі внутрішньої поверхні гільзи. Сітка хона повинна бути нахилена до осі внутрішньої поверхні гільзи під кутом 44…64°.

Режими хонінгування:

Колова швидкість: 80 м/хв;

Зворотно-поступальна швидкість20 м/хв;

Тиск на бруски 3 кгс/см^2;

СОЖ: гас;

Тшт = 30с

045 Контрольна

Інструмент вимірювальний: нутромір індикаторний НІ 100-160 ГОСТ 868-72, мікрометр МК 100-150 ГОСТ 6507-78040; штанген-глибиномір ШГ-250 ГОСТ 162-80; штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-73, пристосування: КИ-3343 ГОСНИТИ,. КИ-3340 ГОСНИТИ.

Зміст операції:

Зробити контроль на точність розмірів: ∅128+0,01 мм, ∅ 145,80+0,02,мм ∅ 141+0,02мм після завершення операцій по відновленню.

Овальність посадкових пасків визначити за допомогою пристосування КИ-3343 ГОСНИТИ, биття опорного бурту й посадкових пасків щодо внутрішньої поверхні гільзи пристосуванням КИ-3340 ГОСНИТИ.

Тшт = 6 хв.

2.2.4. Обґрунтування норми часу на відновлення гільзи циліндрів та розрахунок режимів її обробки

Для прикладу розглянемо дві операції 010 та 015 результати розрахунків інших операцій наводимо в маршрутній карті.

010. Алмазно-розточувальна

Шорсткість обробленої поверхні Ra = 1.25 мкм. Матеріал оброблюваної поверхні спеціальний чавун, σ = 1200 МПа.

Ухвалюємо різець розточувальний ВК6 для обробки наскрізних отворів (ГОСТ 18063-72). Матеріал пластинки твердий сплав ВК6; матеріал державки - сталь 40Х. Глибина різання при знятті припуску за один прохід t = 0,5 мм.

Для шорсткості поверхні Ra = 1.25 мкм при обробки матеріалу: σ = 800 МПа, s = 0,06…0,18 мм / об.

Ураховуємо поправочний коефіцієнт на подачу (радіус при вершині різця 0,8 мм) 1,25 при чистовому точінні різцем із твердого сплаву [18]:

$$S = (0,06 - 0,14) \cdot 1,25 = 0,14 \text{ мм / об} \qquad (2.8)$$

Призначаємо період стійкості різця, T = 160 хв. [18] Визначаємо швидкість різання, м/хв:

$$V = Cv / Tm \cdot tx \cdot Sy, \qquad (2.9)$$

При внутрішньому поздовжньому розточуванні з подачею s до 0,14 мм/ об для різця із пластинкою зі сплаву ВК6 (з наступним поправочним коефіцієнтом, зокрема на розточування) знаходимо[18]:

$$Cv = 200;\ Xv = 0,15;\ Yv = 0,2;\ m = 0,2.$$

Ураховуємо поправочні коефіцієнти на швидкість різання; коефіцієнт на вид обробки Кvv = 0,9; для оброблюваного чавуну з σ = 1200 МПа Кmv = 0,69; для твердого сплаву ВК6 Kuv = 1,4; для кута φ = 60^0, Кφv = 0.9.

З урахуванням коефіцієнтів:

$$V = (Cv / Tm \cdot tx \cdot Sy) \cdot Kvv \cdot Kmv \cdot Kuv \cdot K\varphi v; \quad (2.10)$$

V = 150 м/хв.

Частота обертання шпинделя, м/хв:

$$n = 1000 \cdot V / \pi \cdot D; \quad (2.11)$$

де D = 128 мм;

n = 248 об / хв.

Ухвалюємо частоту обертання nд = 300 об / хв. Тоді дійсна швидкість різання, м/хв:

$$V_д = \pi \cdot D \cdot n_д / 1000; \quad (2.12)$$

$V_д$ = 130 м/хв.

Потужність, затрачувана на різання, кВт:

$$N = Pz \cdot V_д / 60 \cdot 102; \quad (2.13)$$

$$Pz = 10 \cdot Cpz \cdot tx \cdot Sy \cdot Vn \cdot Kpz, H; \quad (2.14)$$

Виписуємо коефіцієнти й показники ступені формули: Cpz = 300; x = 1; в = 0,75; n = -0.15. Ураховуємо поправочні коефіцієнти на силу різання: Км = 1,4; Кφ = 0.94 [19]. Знаходимо силу різання в системі СИ: Pz = 1200 Н;

$$Nріз = 120 \cdot 130 / 60 \cdot 102 = 2,5 \text{ кВт.}$$

Основний машинний час, хв [18]:

$$T0 = Lp/n \cdot s; \quad (2.15)$$

$$Lp = l+l1+l2; \quad (2.16)$$

де l – довжина оброблюваного отвору, мм; l = 253 мм;

l1 – довжина врізання інструмента, мм;

l2 – перебіг інструмента, мм;

У реальних умовах сума l1+l2 береться 2 мм [18];

n = частота обертання шпинделя, об/хв; n = 300 об/хв;

s – подача, мм/ об; s = 0,14 мм/ об;

$$Lp = 253+2 = 255 \text{ мм;}$$

$$T0 = 255/300 \cdot 0,14 = 2,5 \text{ хв;}$$

Допоміжний час:

$$T_д = t_{уст} + t_{пер} = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ хв.} \quad (2.17)$$

$$T_{шт} = (T_0 + T_B) \cdot (1 + K) = (2,5 + 0,53) \cdot (1 + 0,08) = 5,3 \text{ хв.} \quad (2.18)$$

Розрахунки припусків на механічну обробку розточенням до нанесення покриття.

На розглянутій операції необхідно вилучити погрішності всіх параметрів зношеної поверхні, що сформувалися в процесі зношування. Виходячи із цього, формула для визначення мінімального припуску на обробку має вигляд:

$$2Z_{1\min} = 2(R_{Zu} + T_u + \sqrt{\rho_u{}^2 + \varepsilon_{y1}{}^2}), \quad (2.19)$$

де R_{Zu}, T_u, ρ_u - відповідно висота нерівностей профілю, глибина дефектного поверхневого шару й просторове відхилення;

ε_{y1} - погрішність установки деталі.

Складова припуску ρ_u в загальному випадку призначена для компенсації похибок: ρ_{u1} - погрішність форми по довжині; ρ_{u2} - відхилення форми по діаметру. Їх визначаємо виходячи з даних за найгіршим значенням $\rho_{u1} \cdot = \rho_{u2}$ =0,010 мм [19]

T_u = 0,04мм.- глибина дефектного поверхневого шару для сталей. [19]

R_{Zu} =1,5 - задири й ризики є.

ε_{y1} =0,03 мм. - установка в пристосуванні із пневмоприводом.

$$2Z_{1\min} = 2(0,04 + \sqrt{0,010^2 + 0,03^2}) = 0,112 \text{ мм.}$$

Максимальний припуск на обробку по розглянутій операції

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + \delta_{Ди} + \delta_{Д1}\ , \quad (2.20)$$

де $\delta_{Ди}$ = 0,21 мм. - допуск на розсіювання величини діаметра елементарної зношеної поверхні;

$\delta_{Д1}$ = 0,046 мм. - допуск на діаметр по виконаній операції розточування.

$$2Z_{1\max} = 0,112 + 0,210 + 0,046 = 0,368 \text{ мм.}$$

015 Гальваномеханічна

У даній операції необхідно розрахувати процес залізнення, який складається із двох складових: механічна (хонінгування), гальванічна (залізнення).

1. Розрахунки режимів хонінгування при гальваномеханічній обробці:

Швидкість обертання $V_{в.п.}$ =60 м/хв. Швидкість зворотно-поступального руху $V_{П}$=8 м/хв. Питомий тиск брусків Р = 0,025 МПа.

Число обертів шпинделя, про/хв.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 128} = 300 \text{ об/хв} \qquad (2.21)$$

По паспорту верстата $n = 320$ об/хв.

Фактична швидкість при n=320 об/хв.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{3.14 \cdot 128 \cdot 320}{1000} = 68 \text{ м/хв.} \qquad (2.22)$$

Визначимо довжину робочого ходу в брусків, мм

$$L_{рх} = l_x + 2y + L_u \ ; \qquad (2.23)$$

де l_x - довжина хонінгування (l_x =128 мм.);

y - довжина виходу брусків (y =45 мм.);

L_u - довжина брусків (L_u =150 мм.).

$$L_{рх} = 128 + 2 \cdot 45 + 150 = 368 \text{ мм.}$$

Визначимо повне число подвійних ходів:

$$n_{П} = t / B = 0,01 / 0,004 = 12,5\ , \qquad (2.24)$$

де B - товщина шару металу, що знімається за подвійний хід.

Частота обертання подвійних ходів хід/хв:

$$n_{дх} = 1000 \cdot v_{вп} / 2 \cdot L_{рх}\ ; \qquad (2.25)$$

де $v_{вп}$ - швидкість зворотно-поступального руху.

$$n_{дх} = 1000 \cdot 8 / 2 \cdot 368 = 10,8 \text{ хід/хв.}$$

2. Розрахунки режимів залізнення при гальваномеханічній обробці:

Дк = 100 А/дм², Мікротвердість 6500 МПа

Швидкість осадження металу, мм/година:

$$T = (10^3 x\ \gamma\ xh)/(Дк\ x\ Зx\ ή); \qquad (2.26)$$

де γ- щільність осадження заліза (7,8 г/см³)

h- товщина покриття, мм;

з-с- електролітичний еквівалент (1,042 г/Ахг)

ή- катодний вихід заліза по струму (%)

Товщина покриття, мм

$$h = (Dн - Do + \sigma)/2; \qquad (2.27)$$

де Dн – номінальний розмір, мм; Dн = 128

Do – діаметр перед залізненням, мм; Do = 129 мм;

σ – припуск на механічну обробку, мм; σ = 0,05 мм;

$$h = (128 – 129 + 0,05)/2 = 0,525 \text{ мм};$$

$$T=(10^3 x 7,8 x 0,525)/(300 x 1,042 x 10) = 1,3 \text{ мм/година};$$

Сила струму, А/дм^2:

$$I = D_к S; \quad (2.28)$$

де S – площа осталюваної поверхні, дм^2

S = 3,2 дм^2;

I = 300 ·3,2 = 960 А;

Нарощування металу товщиною 1,3 мм відбувається за 1 годину, при нарощуванні металу товщиною 0,525 мм буде потрібно Т = 25хв. Загальний час відновлення комплекту гільз (6 шт) складе 204,8 хв. А однієї 34, 2 хв.

2.3. Висновок по розділу

Лімітуючим вузлом, що забезпечує надійну роботу двигуна є циліндро-поршнева група на її долю припадає 44 % відмов, що вказує на необхідність проведення робіт з підвищення довговічності деталей даної групи та їх відновлення.

Аналізом відмов механізмів двигуна встановлено, що найбільша кількість відмов припадає на проміжок в 1500…3500 мото. годин. Цей проміжок набагато менше ніж потрібен бути і гарантується заводом виробником.

Таким чином відновлення ресурсу та підвищення післяремонтної надійності гільз дизельних двигунів є актуальним питанням.

Розроблено технологічний процес відновлення гільзи циліндрів та вибрано раціональний спосіб її відновлення, а саме гальвано-механічне залізнення. Час відновлення гільзи складе 34,2 хв.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

3.1. Заходи з подовження ресурсу гільзи циліндрів при відновленні

Однією із причин виникнення зношування є порушення умов пластичного відтискування матеріалу однією з тертьових поверхонь. Під впливом навантаження збільшується глибина заглиблення мікронерівностей поверхні, що приводить до переходу від пружної до пластичної деформації й далі - до мікрорізання або задиру (перехід зовнішнього тертя, при контакті двох тіл, у внутрішнє) [12].

Для зниження зношування й утворення позитивного градієнта необхідно зменшити міцність тонкого поверхневого шару. Це можливо за рахунок збільшення чистоти обробки тертьових поверхонь при їхнім виготовленні або при відновленні.

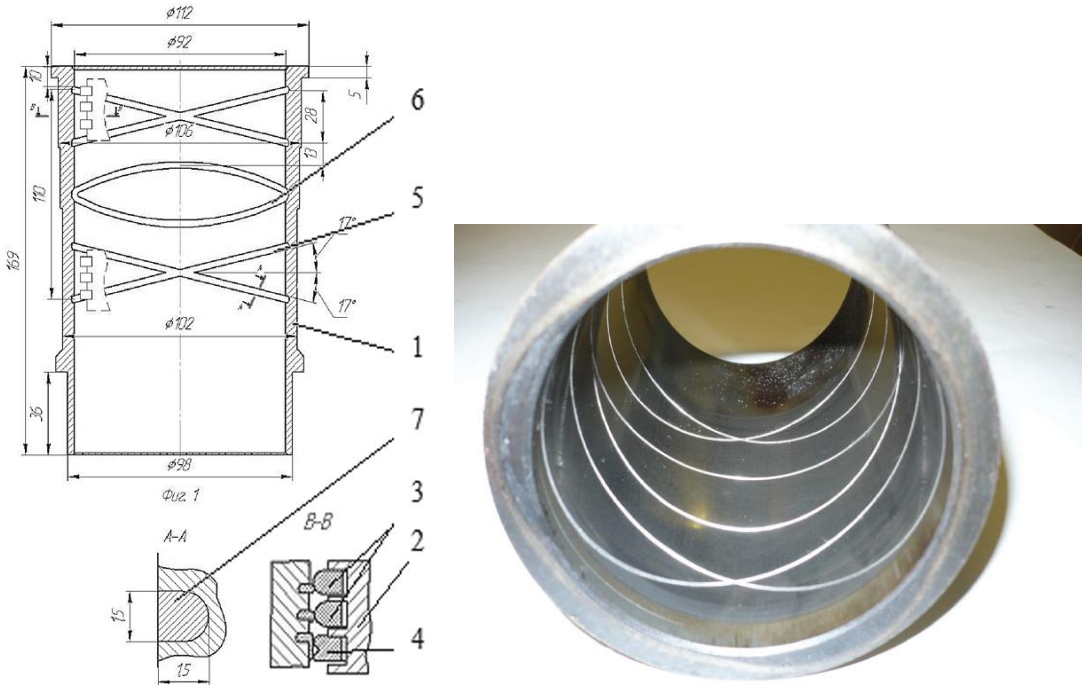
Однак це трудомісткий процес, що вимагає дорогого встаткування й кваліфікованих фахівців. Тому розв'язок даної проблеми можливо методом металізації тертьових поверхонь кольоровими металами. При покритті тертьової поверхні більш м'якими металами в процесі припрацювання відбувається заповненням западин і вирівнювання загальної поверхні, що дозволяє збільшити площу контакту.

Крім того, ці метали мають меншу міцність на зрушення, чим основний матеріал, що забезпечує позитивний градієнт механічних властивостей по глибині й запобігає переходу зовнішнього тертя у внутрішнє.

Однак металізація всієї робочої поверхні гільзи вимагає значних трудових і грошових витрат. Тому ми пропонуємо виконати на внутрішній поверхні гільзи три ряди кільцевих канавок, заповнених кольоровим металом – міддю (рис. 3.1).

Середній ряд канавок розгорнуто на 90 градусів щодо верхнього й нижнього рядів. Відстань від початку перших канавок до верхнього торця

гільзи становить 10±0,5 мм. Канавки виконують у вигляді пересічних попарно кілець, відділених друг від друга. Кут підйому канавок становить 17º до діаметральної площини гільзи. У поперечному перерізі канавки мають форму напівовалу глибиною й шириною по 1,5 мм. Максимальна відстань між сусідніми парами кілець відповідає відстані між верхнім компресійним і нижнім маслоз'ємним поршневими кільцями.



а б

Рис. 3.1. Модернізована гільза циліндра

а – схема нанесення канавок, б – загальний вигляд гільзи

У процесі роботи двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) поршень 2 з кільцями 3 і 4 робить зворотньо поступальний рух нагору-униз. При цьому кільця 3 і 4, рухаючись по робочій поверхні гільзи 1, за допомогою пластичної деформації переносять частину кольорового металу 7 з канавок 5 і 6 і «розмазують» його по робочій поверхні гільзи 1 від верхньої до нижньої мертвої точки. Цей процес відбувається протягом усіх тактів роботи ДВС і триває доти, поки на робочій поверхні гільзи 1 не утворюється шар кольорового металу певної товщини рис. 3.2.

У результаті цього процесу коефіцієнт тертя робочих поверхонь поршневих кілець 3 і 4 по робочій поверхні гільзи 1 знижується, а кільця 3 і 4 перестають знімати кольоровий метал 7 з канавок 5 і 6. У міру зменшення товщини «розмазаного» кольорового металу 7 на поверхні гільзи 1 коефіцієнт тертя робочих поверхонь поршневих кілець 3, 4 по робочій поверхні гільзи 1 трохи збільшується.

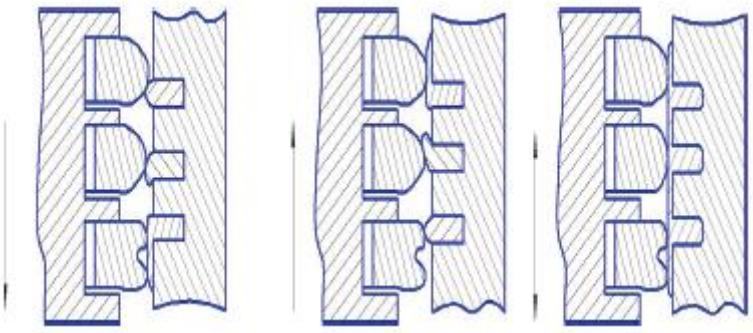


Рис. 3.2. Схема утворення плівки на поверхні гільзи циліндрів:
1-поршень; 2-поршневе кільце; 3-гільза циліндрів; 4-вставка

Одночасно починає підвищуватися й інтенсивність зняття поршневими кільцями 3 і 4 кольорового металу 7 з канавок 5 і 6, і процес «розмазування» кольорового металу 7 по робочій поверхні гільзи 1 повторюється. Таким чином, процес нанесення шару кольорового металу 7 на робочу поверхню гільзи 1 супроводжує весь період експлуатації циліндропоршневої групи ДВЗ .

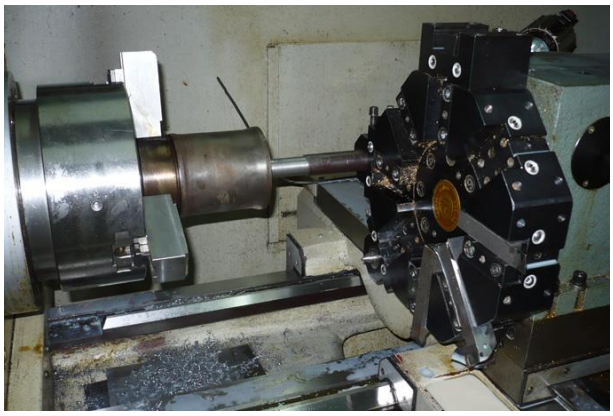
3.2. Методика експерименту, експериментальна установка та результати досліджень інтенсивності зношування гільз

Експериментальні дослідження проводились на відновлених гільзах циліндрів. Технологічний процес відновлення металізованою міддю гільзи циліндрів (рис. 3.3) містить у собі наступні основні операції:

- нарізання кільцевих канавок і їх наплавлення;
- зачищення внутрішньої поверхні після наплавлення;

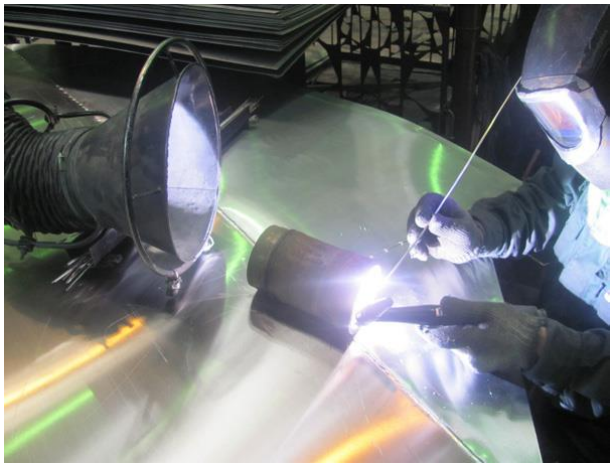
- чорнове й чистове шліфування внутрішньої поверхні.

Для перевірки теоретичних розрахунків експериментальними дослідженнями була розроблена загальна програма, яка включає лабораторні дослідження дослідних зразків з різними кутами нахилу мідної вставки, прискорені випробування металізованих гільз циліндрів на зносостійкість, порівняльні стендові дослідження.



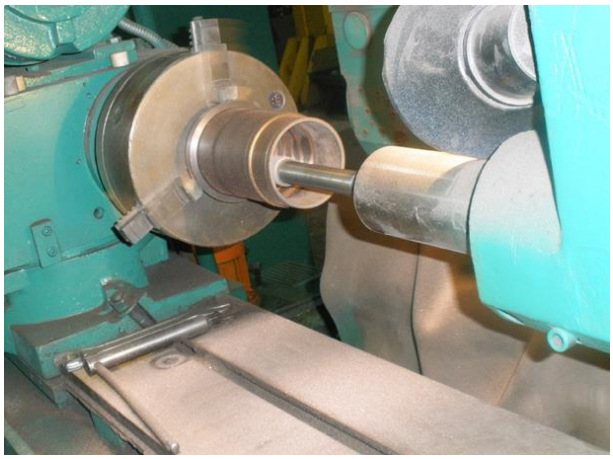
а

б



в

г



д

е

Рис. 3.3. Технологічний процес відновлення металізованою міддю гільзи циліндрів:

а) нарізка кільцевих канавок; б) гільза з нарізаними кільцевими канавками; в) наплавлення канавок міддю; г) зачищення внутрішньої поверхні; д) шліфування внутрішньої поверхні; е) металізована гільза циліндрів.

Випробування зносостійкості покриттів проводилось на токарному верстаті, до диску діаметром 200 мм притискався зразок гільзи із зусиллям 50 Н. результати заносились до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати дослідження зносостійкості зразків

Напрацювання, км	Знос, мкм	
	Біметалізована гільза	Типова гільза
0	0	0
200	5,1	14,2
400	10,3	25,6
600	14,0	30,2
800	16,4	36,1
1000	18,8	41,3
1200	20,2	48,5
1400	21,3	52,6
1600	22,9	59,2
1800	23,7	65,1

На підставі отриманих результатів найменше зношування зразків відповідало куту нахилу вставки 15…20º. Результати порівняльних прискорених досліджень гільз циліндрів на зносостійкість представлено на рис. 3.4.

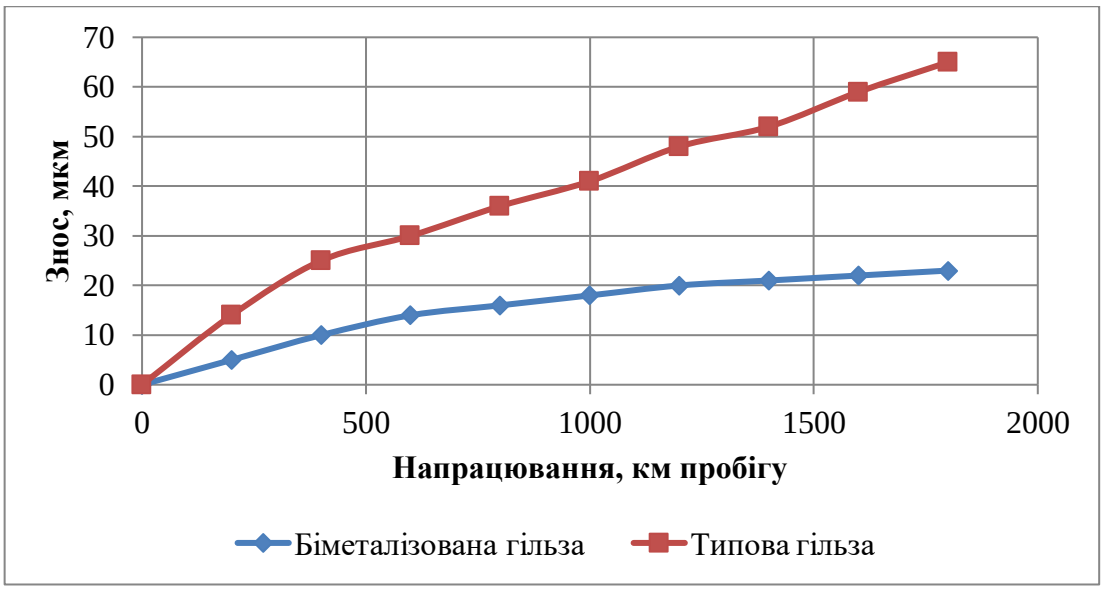


Рис. 3.4. Інтенсивність зносу

Таким чином, дослідження показали, що металізація гільзи циліндра дозволяє знизити інтенсивність зношування гільзи в середньому в 2,7 рази.

За результатами зважування середнє зношування металізованих гільз циліндрів в 3, 4 рази менше типових гільз, що обумовлене утворенням на поверхні тертя антифрикційного шару й зниженням коефіцієнта тертя.

На ТОВ "Реммаш" м. Нікополь, дані дослідження проводяться з 2017 року. Так на підприємстві було відновлено два комплекти гільз на автомобіль DAF XF 95 з причепом і DAF XF 95 без причепа. Результати досліджень наведені на графіках рис. 3.5.

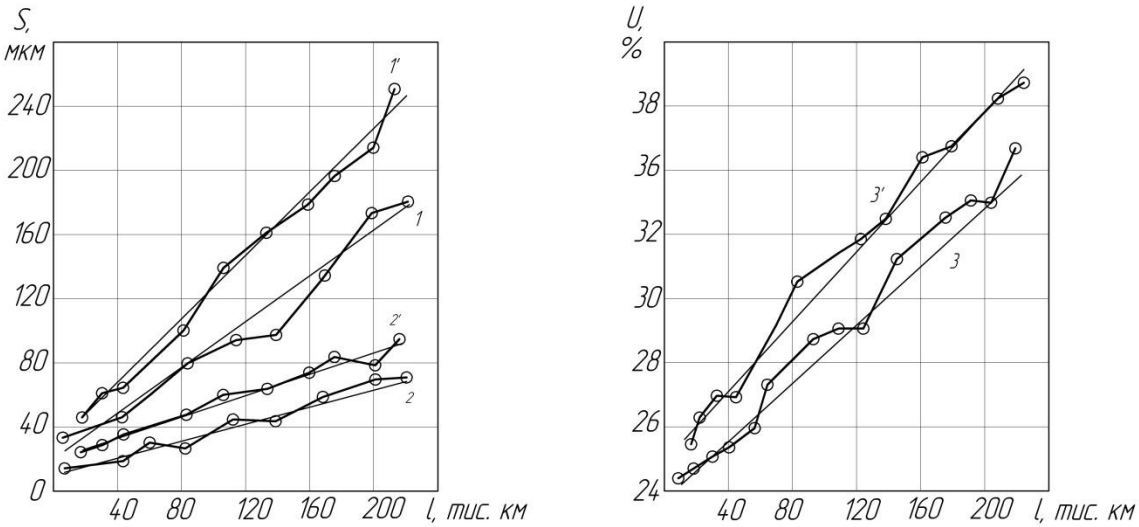


Рис. 3.5. Залежність зносу гільз від пробігу автомобіля

1 – середній знос гільз, 2 – овальність, 3 – втрати повітря з ЦПГ

Штрихом позначені криві побудовані в результаті спостережень за автомобілями, що експлуатувались з причепом.

3.3. Висновок по розділу

Встановлено, що для відновлення гільз циліндрів та підвищення їх ресурсу можливо використати нанесення на поверхню гільзи канавок в які способом металізації наноситься мідь. Мідь зменшує тертя на 15-20 %, що подовжує термін служби гільзи.

Дослідження показали, що металізація гільзи циліндра дозволяє знизити інтенсивність зношування гільзи в середньому в 2,7 рази.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Стан охорони праці в базовому підприємстві та її аналіз

Дослідження розробленого методу підвищення довговічності гільз проводилось на спеціалізованому ремонтному підприємстві у м. Нікополь. Це товариство з обмеженою відповідальністю Реммаш, подальші заходи з охорони праці будуть розглядатись саме по цьому підприємству. Власник підприємства відповідає за охорону праці в товаристві, спеціаліст з охорони праці на підприємстві розробляє заходи по безпечній роботі, проводить інструктажі та розглядає недоліки в роботі.

Спеціаліст з охорони праці дотримуються методик і рекомендацій, розроблених для ремонтних підприємств. У свою чергу директор створює умови праці на підприємстві. Це відбувається згідно рекомендацій, нормативних документів та законодавства України.

Керівник підприємства також забезпечує керування то роботу системи охороною праці, для чого:

- утворює службу охорони праці та призначає спеціаліста з охорони праці, який забезпечує вирішення питань охорони праці, формує службу та обирає помічників, затверджує інструкції з охорони праці та регламентує обов'язки, права та відповідальність за покладену на них роботу та напрямок підприємства, здійснює контроль за їх дотриманням;

- Розробка і здійснення комплексних заходів за участю всіх сторін колективного договору щодо виконання встановлених нормативів і підвищення існуючого рівня охорони праці;

- Впроваджувати передові технології, відслідковувати новітні розробки науки і техніки, засоби і вимоги що до поліпшення умов праці шляхом механізації виробництва та впровадження роботизовано техніки.

Структура управління службою охорони праці наведено на рис. 4.1.

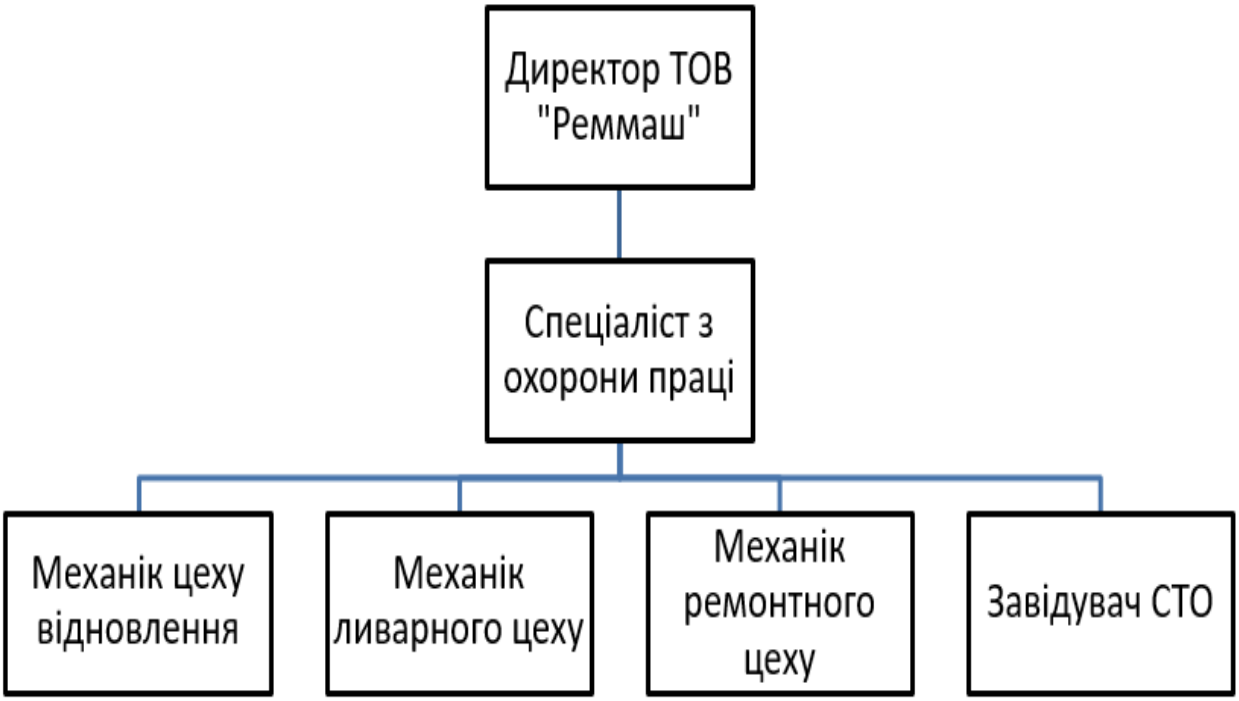


Рис. 4.1. Структура управління службою охорони праці

4.2. Дослідження виробничого травматизму

За даними про несчастні випадки на підприємстві протягом трьох останніх років стався 1 несчасний випадок. Провівши аналіз травматизму в господарстві та причин, що їх спричинили можна буде розробити заходи з поліпшення умов праці та уникнення травмувань.

Данні для розрахунків взяті з форм 7ТВН та актів розслідування несчасних випадків форма Н1

Розрахунки проведемо для 2019 року так як саме в цей рік трапився несчасний випадок, результати заносяться до таблиці 4.2.

Частота травмувань ($К_ч$) [20, 21]

$$К_ч = \frac{1000 \cdot Т}{П} = \frac{1000 \cdot 1}{135} = 7,4 \ . \qquad (4.1)$$

де Т – кількість травмувань робітників за звітний період;

П – кількість робітників підприємства чи структурного підрозділу який оцінюється;

Показник важкості травматизму ($К_т$) [20, 21]

$$К_Т = \frac{Д}{Т} = \frac{36}{1} = 36 \quad (4.2)$$

Д – дні непрацездатності за звітний період внаслідок травмувань.

Показник втрат ($К_н$) [20, 21]

$$К_н = \frac{1000 \cdot Д}{П} = \frac{1000 \cdot 36}{135} = 266,7 \quad (4.3)$$

Дані показники вказують на рівень та стан травматизму на підприємстві і відповідно стан системи охорони праці. Всі несчасні випадки реєструються у спеціальну форму 7-ТВН і згідно цієї форми розраховуються за певний період часу, в нашому випадку за п'ять років з 2018 по 2022.

Результати розрахунків заносяться до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Показники виробничого травматизму в господарстві за 2018 – 2022 роки

№	Показники	Роки				
		2018	2019	2020	2021	2022
1.	Середня списочна чисельність робітників	135	135	135	135	135*
2.	Кількість робітників, що втратили працездатність	-	1	-	-	-
3.	Кількість днів непрацездатності	-	36	-	-	-
4.	Виплати лікарняних та компенсацій, тис. грн.	-	7,6	-	-	-
5	Частота травмувань Кч	-	7,4	-	-	-

6.	Важкість травм Кт	-	36	-	-	-
7.	Коефіцієнт непрацездатності	-	266,7	-	-	-

* на даний момент підприємство не працює, це пов’язано з веденням бойових дій і постійними обстрілами м. Нікополь, а також частковою руйнацією цехів внаслідок потрапляння ракет.

4.3. Розробка заходів по безпечній роботі на стенді для електролітичного відновлення гільз циліндрів

Загальні вимоги.

Зосередьте увагу на роботі, яку виконуєте, не відволікайтесь сторонніми справами та розмовами і не відволікайте інших.

Не допускайте на своє робоче місце осіб, що не мають відношення до роботи, яка доручена вам.

Не спирайтесь на стенд під час його роботи і не дозволяйте це робити іншим.

Під час ремонту стенда на кнопках “пуск” стенду повинен бути вивішений плакат: “Не вмикати-ремонт!”.

Встановлюйте та знімайте деталі (вага яких більше 16 кг) тільки за допомогою під`ємних механізмів.

Суворо виконуйте всі вимоги техніки безпеки.

Перед початком роботи.

Привести в порядок робочу одежу: застібнути або прив’язати краї рукавів, надіти головний убір, жінки повинні підібрати волосся під косинку, яка пов’язується без звисаючих кінців.

Перевірити наявність та справність:

а) огородження приводних пасів, струмоведучих частин електричної арматури (мускателів, рубильників, кнопок і т.д.);

б) заземлення;

в) запобіжних пристроїв;

г) засобів для кріплення деталі та інструменту.

Працювати тільки справним інструментом та пристроями та використовувати їх суворо за призначенням.

Ввімкнути витяжну вентиляцію і перевірити її дію.

Перевірити цілісність, справність та надійність кріплення голівки для натирання.

Під час роботи.

Не встановлювати на стенд несправні головки для натирання.

Не вмикати стенд до тих пір, поки тампон повністю не ввійде в корпус золотника.

При зменшенні діаметра тампону його необхідно замінити.

Заміну тампона та всі операції, що пов’язані з електролітом необхідно виконувати в гумових рукавичках.

Під час роботи стенду забороняється відкривати захисну кришку та контактувати з пасами, заміняти інструмент.

Після закінчення роботи.

Вимкнути стенд та електродвигун.

Перекрити подачу електроліта.

Прибрати зі стенда інструмент, залишки електроліту; відчистити стенд від бруду, пилу; змостити поверхні стенду, що труться; акуратно скласти готові корпуси, а також ті, що не встигли зробити.

Попередити майстра про всі неполадки, що були помічені в процесі роботи.

Зняти спец. Одяг та прибрати його в спеціально відведене для цього місце.

Вимити руки та обличчя теплою водою з милом або прийняти душ.

4.4. Рекомендації щодо поліпшення умов праці на підприємстві

4.4.1. Екологічний вплив процесу мікродугового оксидування на навколишнє середовище й рекомендації з утилізації електроліту

Після проведення МДО електроліт повинен бути утилізований. Питання утилізації електроліту безпосередньо пов'язаний із забезпеченням екологічної безпеки навколишнього середовища.

В Україні існують вимоги до відпрацьованих скидань у міську каналізаційну мережу. Ці вимоги відбиті в санітарних нормах і правилах ДСанПіН «Водовідведення населених місць, санітарна охорона водних об'єктів». Згідно із цими нормами скидання в каналізаційну мережу заборонено, якщо: (у воді присутні хімічні речовини в кількості, що перевищує гранично припустиму концентрацію (ГПК); (водневий показник (ph) виходить за межі 6,5-8,5; у воді присутні зважені речовини в кількості більш 0,75 мг/дм^3.

Згідно з перерахованими вище факторами, в електроліті після МДО присутні джерела екологічної небезпеки: хімічні речовини, лужний розчин і зважені речовини. Відповідно ДСТУ EN ISO 835:2018 їдкий калій відноситься до речовин 2-го класу небезпеки, його присутність у повітрі робочої зони допускається в кількості – не більш 0,5 мг/м^3 (ГПК). Вміст КІН у розчинах не регламентується.

Метасиликат натрію (Na2Sio3) відноситься до малонебезпечним речовинам 3-го класу небезпеки. Орієнтовний безпечний рівень по ГПК у повітрю робочої зони – 0,3 мг/м^3, зміст у стічних водах: ГПК води по Sio3 – 30 мг/л, ГПК води по натрію – 120 мг/л.

Виходячи із цих даних – забороняється злив електроліту, якщо кількість Na2Sio3 перевищує 30 мг/л. Для зливу, необхідно розбавити електроліт водопровідною водою до припустимої концентрації. Найбільш істотним

екологічно небезпечним фактором є рн розчину, який перевищує 8,5. Водневий показник електроліту можна розрахувати по відомій формулі:

$$pH = 14 - pOH = 14 + \lg(\gamma(OH^-) \cdot [OH^-]) \quad (4.4)$$

де pH – водневий показник розчину;

γ - коефіцієнт активності розчину, γ = 0,84 (табличне значення);

$[OH^-]$ – молярна концентрація КОН, моль/л.

Молярна концентрація визначається по формулі:

$$[OH^-] = C_{KOH} / M_{KOH} \quad (4.5)$$

де C_{KOH} – концентрація КОН у розчині електроліту, г/л;

M_{KOH} – молярна маса речовини в розчині, г/моль.

З урахуванням того, що молярна маса КОН (M_{KOH} = 56,1 г/моль, водневий показник електроліту, що містить 1 - 4 г/л КОН буде перебувати в діапазоні ph = 12,17 - 12,87. Присутність метасиликата натрію на водневий показник впливає незначно, у виді малого значення константи дисоціації:

$$K_a\,(Na_2SiO_3) = 1{,}3 \cdot 10^{-10}$$

Таким чином, для зливу розчину в каналізаційну мережу потрібно знизити його водневий показник до рн = 8,5.

У загальному випадку способів зниження рн декілька:

- нейтралізація розчину змішанням, коли лужний розчин змішують із кислотними стоками сусідніх підприємств або лабораторій;

- додаванням кислотних реагентів: сірчаної, соляний, азотної, оцтової кислот;

- нейтралізація кислими газами: CO2, SO2, NO2.

Вибір способу нейтралізації залежить від особливостей виробництва, але, в основному, рекомендується нейтралізація електроліту технічною сірчаною кислотою з наступним промиванням водою. Потім стоки збирають і утилізують. Відзначається також, що присутність в електроліті іонів K+, дозволяє використовувати електроліт після очищення як сільськогосподарське добриво.

Запропоновано проводити аерацію електроліту, у результаті чого іони калію окисляться, утворюючи K_2O. Ця речовина є коштовним добривом, яке сприяє збільшенню врожайності рослин. Також запропоновано використовувати електроліт у сільському господарстві для нейтралізації кислих ґрунтів.

Іони кремнезему пропонується видаляти шляхом хімічного осадження й іонного обміну з використанням гідроксида заліза, магнію або алюмінію. Отримані осади пропонується пресувати й використовувати в якості будівельних матеріалів.

4.4.3. Розробка організаційно-технологічної карти безпечної роботи на робочому місці по відновленню гільз циліндрів

При проведенні робіт по відновленню дзеркала гільзи методом анодно-механічної обробки виникають небезпечні зони та фактори які можуть призвести до травмування робітника, тому при організації робіт на такому робочому місці необхідно врахувати небезпечні фактори та розробити заходи по їх усуненню.

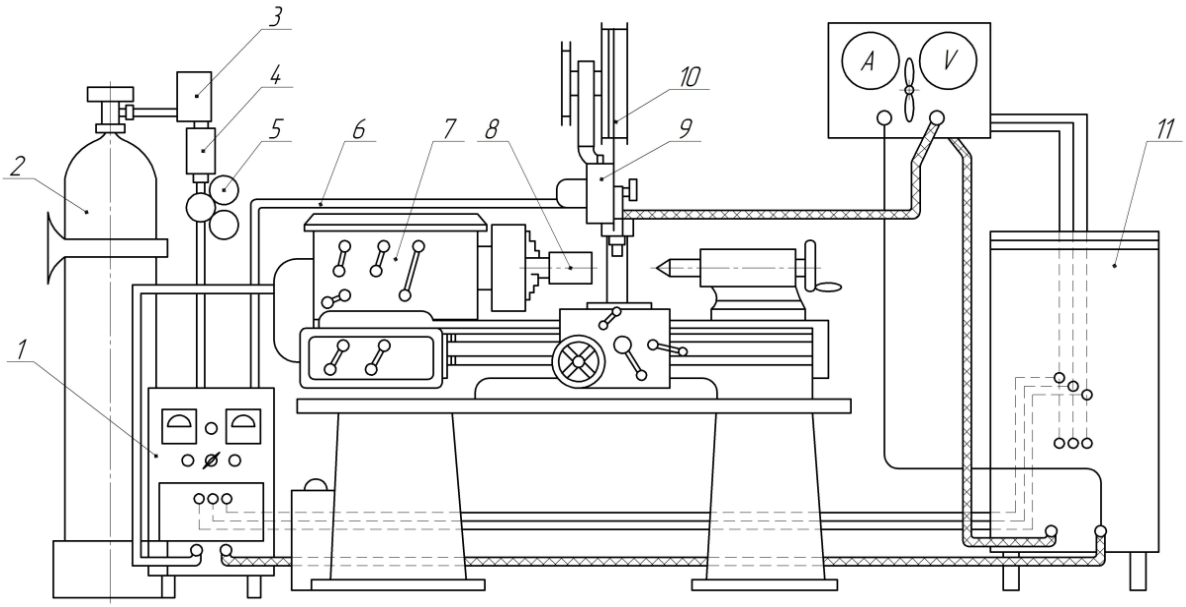


Рис. 4.2. Схема установки для анодно-механічної обробки гільз в CO2:

1 – електрошафа; 2 – балон з CO2; 3 – електропідігрівач; 4 – осушувач; 5 – редуктор; 6 – трубопровід для підводу газу; 7 – токарно-гвинторізний верстат; 8 – гільза; 9 – редуктор приводу котушки з дротом; 10 – котушка; 11 – пертворювач

Рекомендації з безпечної роботи на приставці ГМВК – 1 наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – небезпечні зони та заходи по безпечній роботі у цих зонах

№	Можливі небезпеки		Умови безпечного виконання операцій
	зона	фактор	
1	Зона наплавки	Ураження електричним струмом, ураження очей та шкіри зварювальною дугою та краплями металу, ураження	1. При підведеному струмі до верстату забороняється його ремонтувати чи проводити ТО; 2. Забороняється працювати без захисної маски чи спеціального щитка з захисним склом. 3. Верстат повинен бути заземлений.

		шкідливими випаровуваннями	4. Забороняється робити будь які маніпуляції з дугою під час наплавлення. 5. Робоче місце повинно бути оснащено місцевою вентиляцією.
2	Деталь, що оброблюється	Травмування кінцівок, та органів зору	1. Вал повинен бути надійно закріплений у патроні. 2. Обов'язково вал повинен кріпитись центром задньої бабки. 3. При наплавленні деталей довжина яких перевищує 1 м використовувати люнет.
3	Наплавлювальна головка	Травмування кінцівок, органів зору та ураження електричним струмом	1.Заправляти касету дротом з використанням спеціальних пристосувань та рукавиць. 2.Головку надійно кріпити до установочних плит токарно-гвинторізного верстату. 3. Зміну швидкості подачі дроту проводити при вимкненому верстаті. 4. Не допускати зменшення зазору між мундштуком і валом менше 7 мм.
4	Зварювальний трансформатор	Ураження електричним струмом	1.Забороняється вмикати трансформатор при непрацюючій системі охолодження. 2. Контактні кабелі повинні надійно кріпитись до відповідних виходів "+, -".

			3. Обслуговування трансформатора проводити при відключенні від мережі.
5	Балон з CO_2	Ураження кінцівок	1. При отриманні балону зі складу перевірити його цілісність. 2. Слідкувати за проходженням перевірок балонів на герметичність. 3. При відігріванні замерзлого редуктора балона не допускається перевищення температури води вище + 25 ^{0}C. 4. Відстань від балонів до найближчого джерела випромінювання тепла повинно бути не менше 5 м.
6	Шланги та кабелі	Ураження кінцівок та електричним струмом	1. Шланги для подачі вуглекислоти повинні бути цілими і надійно закріпленими на балоні та на вхідному парубку в мундштук. 2. Електрокабелі повинні бути надійно закріплені, не мати оголених частин. 3. Кабелі та шланги повинні бути прокладені у безпечному місці, потрапляння крапель металу на них не допускається.

4.5. Висновок по розділу

Аналіз діяльності підприємства вказав на задовільний рівень стану охорони праці на підприємстві. Але в більшості випадків це стосується робітників цеху відновлення. Стосовно ремонтників то ситуація дещо гірша, робітники не дотримуються правил безпечної роботи, нехтують індивідуальними засобами захисту та інше.

Для поліпшення безпеки праці при використання нестандартного обладнання запропоновано розроблені вимоги безпечної роботи на стенді для електролітичного натирання корпусів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

ТОВ Реммаш є потужним підприємством Нікопольського району. На базі підприємства працює потужна ремонтна база на базі якої запропоновано організувати відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів. При проведенні техніко-економічної оцінки визначимо ефективність впровадження технології відновлення деталей зварюванням та наплавленням.

Економічна оцінка проектних рішень по вдосконалюванню технології й організації виробничого процесу проводиться на основі порівняння показників вартості відновлення внутрішньої поверхні гільзи циліндра двигуна Д-240 гальваномеханічним способом у випадку зношування гільзи до розмірів, що перевищують ремонтні й вартістю нової гільзи.

5.1 Собівартість відновлення гільзи двигуна IVECO 128.00 F3AE CURSOR

Собівартість розточування гільзи

Собівартість розточування гільзи циліндру дизельного двигуна IVECO 128.00 F3AE CURSOR згідно з даними ТОВ Реммаш складає 550 грн/шт..

Для аналізу економічної ефективності необхідно знати собівартість ремонту з урахуванням балансової вартості усього встаткування, тому до собівартості відновлення гільзи додаються амортизаційні відрахування й витрати на ремонт розточувального верстата моделі 278.

1. Амортизаційні відрахування визначаються по формулі [16]:

$$A_{обл} = \frac{Б_{верст} \cdot \lambda_{обл}}{100 \cdot Q} \qquad (5.1)$$

де $Б_{верст}$ – вартість верстата моделі 278 по балансу, грн..;

$\lambda_{обл}$ – нормативний показник амортизаційних відрахувань, %;

Q – річний обсяг робіт на даній операції, шт.

$$A_{обл} = \frac{156000,0 \cdot 21,93}{100 \cdot 1200} = 28,4 грн./шт.$$

2. Витрати на ремонт і ТО підраховуємо аналогічно амортизаційним відрахуванням:

$$B_{ремТО} = \frac{Б_{верс} \cdot r}{100 \cdot Q} \quad (5.2)$$

де r – норма відрахувань на ремонт і ТО, % (r = 6,5…10%).

$$B_{ремТО} = \frac{156000 \cdot 8}{100 \cdot 1200} = 10,4 грн./шт$$

5.2. Собівартість гальваномеханічного нанесення покриття гільзи

1. Повна заробітна плата, робітників зайнятих на відновленні гільзи:

$$Сз.п. = З.з.п. + Сд.з.п. + Ссоц \quad (5.3)$$

де З.з.п. – основна заробітна плата, грн.

Сд.з.п. – додаткова заробітна плата, грн.:

Ссоц – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата визначається по формулі:

$$З_{з.п.} = \frac{\sum C_г \cdot Л_i}{\gamma} \quad (5.4)$$

де Сгі – годинна тарифна ставка і – го розряду, грн. Сгі = 80 грн. (3 розряд);

Лі – кількість працівників, оплачуваних по і-му розряду, чол. Лі = 1.

γ – ритм виконання операції, шт./г.

Величина γ розраховується по формулі:

$$\gamma = \frac{Л}{T_{пит}} \tag{5.5}$$

де Л – кількість робітників в операції; чол.;

Тпит – трудомісткість одиниці ремонтної продукції (роботи.), чол.-г/шт.

Тпит = 1,132 чол.-г/шт.

$$\gamma = \frac{1}{1{,}132} = 0{,}883$$

$$З_{з.п.} = \frac{80 \cdot 1}{0{,}883} = 90{,}6 \text{ грн}..$$

Додаткову оплату праці (Сд.з.п.) і відрахування на соціальні потреби (Ссоц) розраховуємо за методикою, викладеною в [22].

Додаткову заробітну плату приймаємо у розмірі 5 – 12 % від основної.

$$C_{д.з.п.} = \frac{(5...12)З_{з.п.}}{100} = \frac{10 \cdot 90{,}6}{100} = 9{,}06 грн \tag{5.6}$$

Відрахування на соціальні потреби

$$Ссоц = Кот \cdot (Сз.п. + Сд.з.п.) \tag{5.7}$$

$$Ссоц = 0,395 \cdot (90,6 + 9,06) = 39,3 \text{ грн.}$$

Тоді загальна заробітна плата становитиме

$$Сз.п. = 90,6 + 9,06 + 39,3 = 139 \text{ грн.}$$

2. Амортизаційні відрахування на хонінгувальний верстат визначаються по формулі 5.1:

$$A_{обл} = \frac{Б_{верст} \cdot \lambda_{обл}}{100 \cdot Q} \quad (5.8)$$

де Бк – балансова вартість хонінгувального верстата 3Б833, грн.;

$$A_{обл} = \frac{115000,0 \cdot 21,93}{100 \cdot 1200} = 21 грн./шт.$$

3. Витрати на ремонт і ТО підраховуємо аналогічно амортизаційним відрахуванням:

$$B_{ремТО} = \frac{115000 \cdot 8}{100 \cdot 1200} = 7,7 грн./шт$$

Вартість ремонтних матеріалів (Ср), електроенергії (Се), допоміжних матеріалів (Св) визначають виходячи з існуючих на них цін і норм витрати на одиниці об'єму ремонтної продукції.

Вартість електроенергії:

$$B_{ел} = \frac{K_п \cdot P_{вер} \cdot Ц_{ел} \cdot Ф_{об}}{Q} \ , \qquad (5.9)$$

де Кп – коефіцієнт попиту. Кп = 0,6;

Рвер – потужність верстату по електродвигуну. Рвер = 2,8 кВт;

Цел – вартість 1 квт·г. Цел = 1,99 грн.;

Фоб – річний фонд часу обладнання, ч. Фоб = 1706 г.

$$B_{ел} = \frac{0,6 \cdot 2,8 \cdot 1,99 \cdot 1706}{1200} = 4,8 \text{грн/шт},$$

При ремонті використовуються ремонтний і допоміжний матеріал вартістю: Ср = 121 грн. і Св = 58 грн.

Таким чином повна собівартість відновлення гільзи становитиме:

$$Спов = Сз.п. + (Ароз+Ахон) + (Времроз+Времхон) + Се + Ср + Св \qquad (5.10)$$

Спов = 139 + (28,4+21) + (10,4+7,7) + 4,8+ 121 + 58 = 390,4грн/шт.

5.3 Аналіз економічної ефективності роботи

Для того щоб оцінити ефективність відновлення необхідно знати вартість гільзи. Гільза двигуна IVECO 128.00 F3AE CURSOR коштує в середньому 3000 грн. Тоді можна зрівняти вартість нової гільзи й витрати на відновлення й визначити, чи має сенс відновлювати гільзи гальваномеханічним способом.

Прибуток від відновлення однієї гільзи становить:

$$П = Цнг – Спов = 1500 – 390,4 = 1109,6 \text{ грн.} \qquad (5.11)$$

де Цнг – ціна нової гільзи, грн./шт..

Отже, річний прибуток становить:

$$Пгцр = П \cdot Q = 1109,6 \cdot 1200 = 1331520 \text{ грн.} \quad (5.12)$$

Строк окупності капіталовкладень при купівлі хонінгувального і розточного верстатів становитиме:

$$T_o = \frac{Б_{роз} + Б_{хон} + Б_{прис}}{\Delta П} = \frac{156000 + 115000 + 56000}{1331520} = 0,25 рок. \quad (5.13)$$

де Б – вартість розточного, хонінгувального верстатів та пристосувань, грн..

Зробивши розрахунки по знаходженню собівартості ремонту гільзи при програмі 1200 штук у рік і зрівнявши їх із цінами нових можна зробити висновок, що запропонована технологія відновлення гільз із впровадженням нанесення біметалічного покриття буде вигідною. Прибуток у цьому випадку буде становити 1331520 грн/рік., а строк окупності 0,25 року.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

Встановлено, що на автотракторних двигунах експлуатується три типи гільз, а саме: мокра, суха та з повітряним охолодженням. Найбільшого розповсюдження набули мокрі гільзи.

Досліджено види та характер зносу гільз циліндрів автотракторних двигунів в результаті виділено п'ять основних дефектів: знос робочої поверхні, кавітація, руйнування буртика гільзи, тріщини на поверхні гільзи, зношування посадкових поверхонь гільзи.

Дослідження відмов та поломок двигуна вказують на те, що лімітуючим вузлом є циліндро-поршнева група на її долю припадає 44 % відмов, що вказує на необхідність проведення робіт з підвищення довговічності деталей даної групи та їх відновлення.

Статистична обробка експериментальних даних спостережень за роботою гільз циліндрів показала, що найбільша частина відмов припадає на інтервал 1,5 – 3,5 тис. мото-годин, що суттєво менше наробітку заявленого заводом виробником. Таким чином відновлення ресурсу та підвищення довговічності гільз циліндрів є актуальним питанням.

Розроблено технологічний процес відновлення гільзи циліндрів та вибрано раціональний спосіб її відновлення, а саме гальвано-механічне залізнення. Час відновлення гільзи складе 34,2 хв.

Встановлено, що для відновлення гільз циліндрів та підвищення їх ресурсу можливо використати нанесення на поверхню гільзи канавок в які способом металізації наноситься мідь. Мідь зменшує тертя на 15-20 %, що подовжує термін служби гільзи.

Дослідження показали, що металізація гільзи циліндра дозволяє знизити інтенсивність зношування гільзи в середньому в 2,7 рази.

Аналіз діяльності підприємства вказав на задовільний рівень стану охорони праці на підприємстві. Але в більшості випадків це стосується робітників цеху відновлення. Стосовно ремонтників то ситуація дещо гірша,

робітники не дотримуються правил безпечної роботи, нехтують індивідуальними засобами захисту та інше.

Для поліпшення безпеки праці при використання нестандартного обладнання запропоновано розроблені вимоги безпечної роботи на стенді для електролітичного натирання корпусів.

Зробивши розрахунки по знаходженню собівартості ремонту гільзи при програмі 1200 штук у рік і зрівнявши їх із цінами нових можна зробити висновок, що запропонована технологія відновлення гільз із впровадженням нанесення біметалічного покриття буде вигідною. Прибуток у цьому випадку буде становити 1331520 грн/рік., а строк окупності 0,25 року.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Иващенко С.Г. Разработка технологии восстановления зеркала гильзы цилиндра двигателя СМД-62 путем постановки компенсационной вставки / С.Г. Иващенко, Т.С. Скобло //Сб. научн. тр. КГТУ /-Кировоград: 2000. С. 21…24. (Автор розробив рекомендації з вибору параметрів технології ремонту гільзи циліндра).

2. Мельянцов П. Т. Організація використання техніки за умов дефіциту матеріально - технічних ресурсів / П. Т. Мельянцов, Є. В. Калганков. // Zbiór raportów naukowych. „Inżynieria i technologia. Teoria. Praktyk Sp. z o.o. «Diamond trading tou. – 2010. – С. 84–87.

3. Обобщенная теория износа упруго-наследственных сред / А. С.Кобец, В. И. Дырда, Е. В. Калганков, И. Н. Цаниди. // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2012. – №2. – С. 81–84.

4. Калганков Є.В. Деякі проблеми гідроабразивно-втомного зносу деталей об’ємного гідроприводу мобільних машин / Є.В. Калганков // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2013. – №108. – С. 133-142.

5. Бессмертный А. [Електронний ресурс] http://www.autotruck-press.ru/articles/4316/.

6. Долганов І. І., Автомобільні двигуни: підручник для студ. вищ. навч. закладів / Долганов, І. І. - 2-ге вид. - К. 2005. - 476 с.

7. Кисликов В. Ф. Будова й експлуатація автомобілів / В. Ф. Кисликов, В. В. Лущик. – Київ: Либідь, 2006. – 400 с. – (6-те).

8. Отделочно-упрочняющая обработка деталей ГТД [Текст] / В. А. Богуслаев, В. К. Яценко, П. Д. Жеманюк [и др.]. - Запорожье : Мотор Сич, 2005. - 559 с.

9. Калганков Е.В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Е.В.

// Геотехнічна механіка: Міжвід. зб . наук . Праць , Ін-т геотехнічної механіки ім. М .С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – No 113. С. 181–202.

10. Армашов Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки [Навчальний посібник] / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ.: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.

11. Черепанов С.С. Оборудование для текущего ремонта сельскохозяйственной техники [Справочник] / Черепанов С.С., Афанасьев А.А., Мочалов И.И. М.: Колос. 1981, - 256 с.

12. Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Є. В.; Грачова В. М.; Косенко А. В. - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.

13. Select a Brand Iveco [Електронний ресурс]: https://www.iveco.com/Pages/Iveco-brands.html.

14. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих навчальних закладів [Текст] /. В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Днівськ, Журофонд, 2015. – 292 с.

15. Дехтеринский Л.В. Капитальный ремонт автомобилей. –М.: Транспорт, 1989. - 335 с.

16. Ремонт двигателей Iveco [Електронний ресурс]: http://www.service-engine.com.ua/ru/uslugi/remont-dvigateley-luboy-slognosti-diagnostika/kachestvenniy-remont-dvigatelaj-iveco.

17. Митряков А.В. Восстановление деталей железнением / Митряков А.В. –Саратов: СГТУ, 2005. – 224 с.

18. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В., Зайцев М.Г. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 75 с.

19. Матвеев В.А. Нормирование работ / В.А. Матвеев, - М.: Колос, 1979. – 288 с.

20. Вінокурова Л.Є. Основи охорони праці / Вінокурова Л.Є. К.:

Вікторія, 2001 – 192 с.

21. Ганзюк М.П. Основи охорони праці / Ганзюк М.П. К.: Каравела, 2004 – 408 с.

22. Карінос П. В. Економіка ремонтного підприємства / Карінос П.В. . – К. : ЦНЛ, 2015. – 152 с.

23. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.