

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістра
освітньо-кваліфікаційний рівень

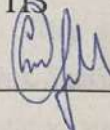
Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство»

Освітньо професійна програма Відновлення та технічний сервіс
автомобілів

На тему: «**Розробка технології нанесення електrolітичного покриття для підвищення зносостійкості розподільчого валу автомобіля**»

Шифр МР ТАМ 2217060.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група МТВАм 21 -1



О.М. Степанюк

Підпис, ініціали, прізвище

Керівник к.т.н., доц. каф. ТАМ




О.С. Дробот

Підпис, ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф..



О.В. Диха

Підпис, ініціали, прізвище

«В» 12 2022 р.

Хмельницький 2022

Реферат

Тема роботи «Розробка технології нанесення електролітичного покриття для підвищення зносостійкості розподільчого валу автомобіля»

Пояснювальної записки – 71 сторінок, кількість рисунків - 36, таблиць - 8, додатків 5, кількість джерел згідно із переліком посилань - 25.

Розподільчий вал відповідає за відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, тобто за газорозподіл безпосередньо в камері згоряння двигуна.

Розподільчий вал працює у важких умовах : дії зовнішнього середовища, значних навантажень, які викликають деформацію вала, його спрацювання та появу сколів, здирок та тріщин. Тому відновлення та підвищення зносостійкості кулачків та опорних шийок колінчатого валу є актуальною проблемою.

Ціль і завдання – запропонувати ефективні технологічні процеси для збільшення ресурсу роботи двигунів внутрішнього згоряння, підвищення міцності та зносостійкості таких важливих деталей як розподільчий вал .

Актуальність теми. Розподільчий вал відповідає за роботу газорозподільчого механізму, тому безперебійне надходження палива, за яке відповідає розподільчий вал має бути довготривалим та надійним.

Отже, відновлення розподільчого валу та підвищення строку його роботи є актуальним, своєчасним і перспективним завданням.

Ціль випускної роботи. Однією з основних цілей випускної роботи є аналіз причин зношування розподільчих валів та підвищення їх зносостійкості нанесенням електрохімічних покриттів на основі нікелю з додаванням наночасточок нітриду бору.

Вибір об'єкта досліджень.

Розподільчий вал в ДВЗ відповідає за відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, тобто за газорозподіл безпосередньо в камері згоряння двигуна. Під час роботи двигуна на розподільчий вал діють сили тертя, вібрації, знакозмінні навантаження, стан середовища та ін. Все це сприяє спрацюванню і порушенню якості поверхонь шийок, механічному ушкодженню, биттю, зміні початкової геометричної форми опорних шийок та значному викривленню профілю кулачків.

Зношені розподільчі вали можна відновити наплавленням, напиленням цементациєю тощо. В сучасних умовах ремонтного виробництва складно застосувати трудомісткий процес ремонту і відновлення техніки. Пропонується для відновлення розподільчих валів нанесення електролітичного покриття на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору, що не потребує дороговартісного обладнання та матеріалів і є ефективним способом відновлення швидкозношуваних деталей машин.

У даній випускній роботі ми докладно аналізували, розглядали можливі несправності, дефекти, способи ремонту й відновлення розподільчих валів автомобілів..

Перелік ключових слів: РОЗПОДІЛЬЧИЙ ВАЛ, ЕЛЕКТРОЛІТИЧНІ ПОКРИТТЯ, НАНОЧАСТОЧКИ, ДИСПЕРСНА ФАЗА, ЗМІЦНЕННЯ, ЕЛЕКТРОЛІТ.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки (спеціальність)

132 «Матеріалознавство

Освітньо-професійна програма

Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри TAM

проф., д.т.н. Диха О.В.

21 жовтня 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Степанюку Олексію Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи)

Розробка технології нанесення електролітичного покриття для підвищення
внесостійкості розподільчого валу двигуна автомобіля

керівник проекту (роботи)

Дробот Ольга Савівна к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 1 липня 2022р. № 83 (28)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру 10 грудня 2022 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення
в досліджуваних деталях; нормативно – технологічна документація по розбиранню,
дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки
роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи
підприємства.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану проблеми та огляд літературних джерел; 2 Аналітична частина;

3. Експериментальна частина; 4. Практична частина.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на
слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

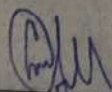
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _----

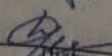
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Пр
1	Літературний огляд	30.09.2022	
2	Технологічний розділ	25.10.2022	
3	Дослідницький розділ	15.11.2022	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2022	
5	Оформлення презентації магістерської роботи	1.12.2022	
6	Нормоконтроль магістерської роботи	5.12.2022	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2022	

Студент


Підпис

Керівник проекту (роботи)


Підпис

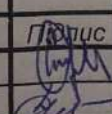
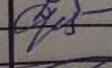


Степанюк О.М.
Ініціали, прізвище

Дробот О.С.
Ініціали, прізвище

ЗМН	Арк.	С
Розроб.		С
Перевір.		Д
Реценз.		
Н. Контр.		Е
Затверд.		Д

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	8
1.1. Умови та принцип роботи колінчатого валу.....	8
1.2. Аналіз дефектів розподільчого валу.....	8
1.3. Матеріали для виготовлення розподільчих валів.....	13
1.4. Основні причини виходу з ладу розподільчого валу.....	14
1.5. Огляд літературних джерел.....	17
1.5.1. Методи відновлення розподільчих валів.....	17
1.6. Висновки по розділу і постановка задачі.....	35
РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	36
2.1. Відновлення валів (правка) способами пластичної деформації.....	36
2.1.1. Загальні відомості.....	36
2.1.2. Теоретичне обґрунтування холодної правки валів.....	37
2.1.3. Теоретичне обґрунтування електролітичного відновлення валу.....	39
2.1.4. Основні поняття та розрахунки, що використовують у процесі електролізу.....	40
2.2. Висновки по розділу.....	43
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	44
3.1. Методика проведення експериментальних досліджень.....	44
3.1.1. Механічна обробка.....	44
3.1.2. Методика проведення мікроструктурних досліджень.....	44

МР ТАМ 22.17060. 000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	Розробка технології нанесення електролітичного покриття для підвищення зносостійкості розподільчого валу двигуна автомобіля	Лім.	Арк.	Акрушіє
		Стелянюк					4	71
		Дробот						
		Бабак						
		Диха						
						ХНУ група МТВАм 21-1		

ата
завданн
прийма

Примі

ок О.М.
ше

О.С.
ше

3.1.3. Методика проведення випробувань на знос отриманих покриттів.....	45
3.1.4. Дослідження мікротвердості експериментальних зразків.....	46
3.1.5. Трибологічні та механічні дослідження.....	47
3.1.6. Нанесення електролітичних покриттів.....	48
3.1.7. Підготовчі операції	49
3.1.8. Дослідження зносостійкості покриттів.....	50
3.1.9. Контрольно-вимірювальні прилади та інструменти.....	50
3.2. Результати експерименту.....	50
3.2.1. Технологія отримання КЕП.....	51
3.2.2. Вибір режимів нанесення покриття.....	53
3.2.3. Дослідження властивостей нанесених покриттів.....	55
3.2.3.1. Визначення вмісту дисперсної фази у покритті.....	55
3.2.3.2. Визначення пористості катодних нікелевих покриттів.....	55
3.2.3.3. Визначення адгезійних властивостей покриттів.....	56
3.2.3.4. Визначення мікротвердості одержаних покриттів.....	59
4. ПРАКТИЧА ЧАСТИНА.....	65
4.1. Технологія ннесення КЕП.....	65
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68
ДОДАТКИ.....	71

					<i>MP TAM 2217060. 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		5

ВСТУП.

Актуальність роботи.

Ремонтне виробництво призначене для заміни зношених деталей, а у більшості випадків їх відновленні та підвищені зносостійкості. Відновлення деталей проводять на більшості ремонтних виробництв. Сучасні технології відновлення характеризуються різноманітністю та отриманими результатами. Для відновлення зношених деталей використовують механічну обробку (видалення зношеного шару та відновлення розмірів деталі), зварювання, наплавлення, хіміко-термічну обробку та нанесення електrolітичних покриттів. В ремонтному виробництві поєднують операції відновлення з підвищенням зносостійкості відновленої деталі. Враховуючи, що процеси відновлення та зміцнення деталей під час ремонту є не дуже дорогими, він має розвиватись та удосконалюватись.

Відновити деталь дешевше, ніж виготовити нову. Отже проблема ремонту та відновлення колінчатого валу є актуальною і заслуговує на її вивчення та впровадження.

Розподільчий вал є відповідальною деталлю газорозподільчого механізму двигуна.

В ДВЗ розподільчий вал відповідає за відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, тобто за газорозподіл безпосередньо в камері згоряння двигуна. Від надійної роботи розподільчого валу залежить робота двигуна та автомобіля в цілому.

Мета і задачі досліджень

Вибрати спосіб відновлення та підвищення зносостійкості розподільчого валу автомобіля.

Задача досліджень – розробка технології нанесення електrolітичного покриття на основі нікелю для підвищення зносостійкості колінчатого валу.

Об'єкт і предмет досліджень - розподільчий вал легкового автомобіля.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Наукова новизна отриманих результатів – розробка технології нанесення комплексних електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням наночасточок нітриду бору.

Практична значущість отриманих результатів – в отриманні електролітичних покриттів на основі нікелю зміцнених наночасточками нітриду бору.

Апробація результатів роботи – результати роботи рекомендовані для впровадження на фірмі «Плотицька - Агро» для зміцнення шнеків кукурузозбиральних комбайнів.

Публікації

Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Степанюк О.М. Антифрикційні властивості гібридних карбопластиків //Актуальні питання науки, освіти і суспільства в Україні та світі: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 30 березня 2022 р.). Полтава: ЦФЕНД, 2022. –С.68-69.

Структура та об'єм роботи.

Робота складається з вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку послань і додатку. Робота має об'єм 93. сторінок, 8 таблиць, 36 рисунків, Додатки 8 сторінок. Список посилань містить 25 джерел.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ ТА ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1.1. Умови та принцип роботи розподільчого валу.

В ДВЗ розподільчий вал відповідає за відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, тобто за газорозподіл безпосередньо в камері згоряння двигуна.

Основними конструктивними елементами розподільчого вала є кулачки, які відкривають клапани безпосередньо або через штовхачі. Опорні елементи (шийки) встановлюються в підшипники ковзання (вкладки), на яких розподільчий вал обертається завдяки ефекту оливного клина з мінімальним тертям.

При обертанні вала кулачки в строгій черговості відкривають клапани (як правило, на один клапан – один кулачок, хоч є й інші варіанти конструкції), а закриття їх відбувається за рахунок пружин.



Рисунок 1.1 Загальний вигляд розподільчого валу

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		8

Функції розподільчого вала – забезпечення ефективної подачі повітря і відведення вихлопних газів

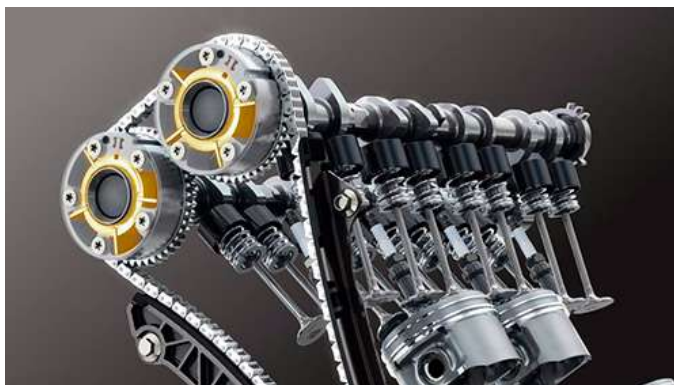


Рисунок 1.2 Розподільчий вал в сборі

В ДВЗ розподільчий вал відповідає за відкриття і закриття впускних і випускних клапанів, тобто за газорозподіл безпосередньо в камері згоряння двигуна. Від особливостей конструкції мотора і самого розподільчого вала, а також коректного налаштування ГРМ, залежить ефективність роботи двигуна: потужність, динаміка, ККД. Еволюція двигунів тягне за собою і деякі зміни в формі і функціях розподільчого валу: створюються системи, що підлаштовують газорозподіл під частоту обертів, встановлюються вали на впуск і випуск окремо, і, звичайно, змінюються матеріали і способи обробки металів.

Конструкція розподільчого валу (рис.1.3)



Рисунок 1.3. Основні елементи розподільчого валу

Основними конструктивними елементами розподільчого вала є кулачки, які відкривають клапани безпосередньо або через штовхачі. Опорні елементи (шийки) встановлюються в підшипники ковзання (вкладки), на яких розподільчий вал обертається завдяки ефекту оливного клина з мінімальним тертям.

При обертанні вала кулачки в строгій черговості відкривають клапани (як правило, на один клапан – один кулачок, хоч є й інші варіанти конструкції), а закриття їх відбувається за рахунок пружин.



Рисунок 1.4 Принцип роботи розподільчого валу

Особливу увагу конструктори приділяють формі і розмірам кулачків, адже саме від їх параметрів залежить, на яку висоту і на який час відкриваються клапани, а значить, наскільки ефективно буде подаватися повітря і відводитися вихлопні гази (рис.1.4).

Існує закономірність: чим довше відкритий клапан, тим більше повітря надходить в камеру згоряння, а значить, можна подати більше палива. З іншого боку, занадто тривале відкриття клапана загрожує «поцілунком» між ним і поршнем. Це протиріччя і намагаються всіма силами вирішити інженери.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		10

Швидкість обертання розподільчого вала в два рази менше, ніж у колінчастого вала: за один повний такт двигуна колінчастий вал робить два повних оберти, але кожен з клапанів повинен відкритися тільки один раз (на такті стиснення і робочому такті обидва клапана закриті). Для синхронізації швидкості обертання коленвала і ГРМ використовується ремінна або ланцюгова передача (зубчастий ремінь або ланцюг ГРМ), і найдосконалішим на сьогоднішній день варіантом є розрізна шестерня, зафіксована на одному кінці розподільчого вала, на яку передається обертання від двигуна. Конструкція шестерні для ремня і ланцюга відрізняється.

В конструкції двигуна може бути присутнім один, два або чотири розподільчі вали, залежно від компонування циліндрів і кількості клапанів.

При лінійному розташуванні і 2-3 клапанами на циліндр встановлюється один розподільчий вал, що керує і впуском, і випуском (система SOHC) (рис.1.5) .

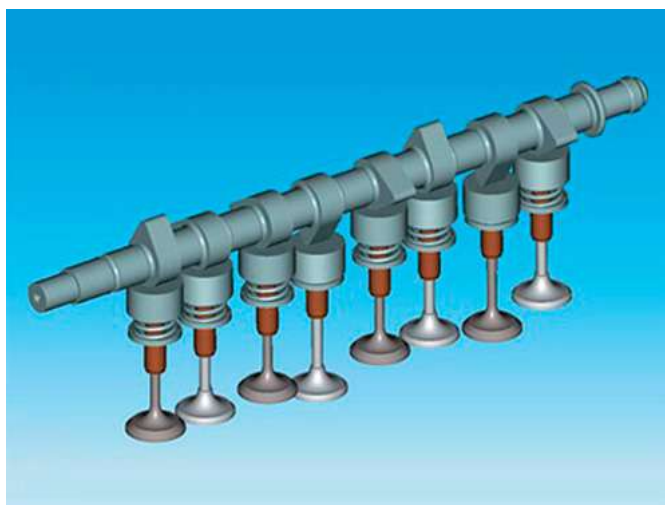


Рисунок 1.5 - Модель лінійного розташування клапанів

При 4 клапанах на циліндр ставиться 1 або 2 розподільчі вали (система DOHC – окремі вали на впуск і випуск) (рис 1.6).

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1.6 - Модель використання 2 –х розподільчих валів

Для V-образних або опозитних двигунів розподільчий вал встановлюється на кожен з блоків циліндрів окремо (один загальний на ряд або по два на ряд), або один загальний розподільчий вал на всі циліндри (ставиться по центру, в розвалі двигуна). Конструктори вважають за краще розділяти впускні і випускні вали, щоб зменшити навантаження на них і складність конструкції.

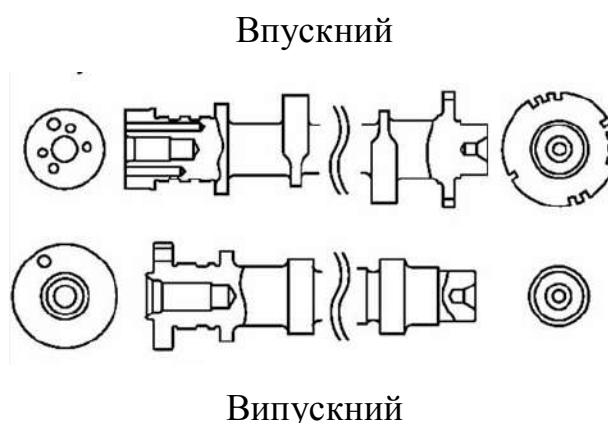


Рисунок 1.7. Відміни в конструкції розподільчих валів

Як правило, впускний і випускний розподільчий вал майже не відрізняються: однакова довжина і діаметр вала, однакова висота і профіль кулачків. Різниця полягає в конструкції крайніх опорних шийок і приводних шківів (рис.1.7).

1.2. Аналіз дефектів розподільчого валу

Розподільчий вал є стрижнем з опорними шийками і кулачками, призначеними для своєчасного відкриття клапанів. Конструкція вала та його розташування щодо інших деталей механізму показано на (рис.1.1; 1.8).

Головними конструктивними елементами розподільчого вала є : опорні шийки, впускні та випускні кулачки, шийка під розподільну шестерню, різьба для закріплення шестерні, центрові отвори.

Під час експлуатації двигуна на розподільчий вал діють сили тертя, вібрації, знакозмінні навантаження, стан середовища та ін. Все це сприяє спрацюванню і порушенню якості поверхонь шийок, механічному ушкодженню, биттю, зміні початкової геометричної форми опорних шийок та значному викривленню профілю кулачків.

Число опорних шийок у розподільного вала відповідає числу корінних шийок колінчастого вала ; число кулачків відповідає числу клапанів, а розміщення їх на стрижні вала визначається розташуванням циліндрів, порядком роботи двигуна і прийнятими фазами газорозподілу.

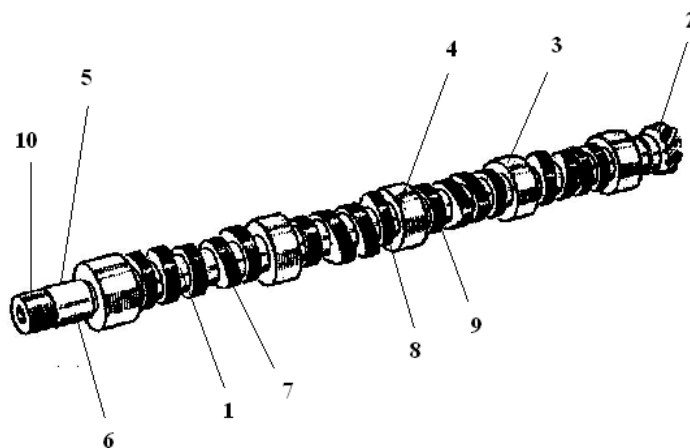


Рисунок 1.8 – Ескіз розподільчого вала двигуна ЗМЗ

1. Зовнішні поверхні мають пошкодження у вигляді обломів, чи тріщин. 2. Поверхні зубів шестерні – спрацювання. 3. Поверхні опорних

						MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			13

шийок переважно піддаються деформуванню. 4. Поверхні опорних шийок по діаметру мають спрацювання. 5. Поверхні шийок під розподільну шестерню - спрацювання. 6. Поверхні шпонкового паза - спрацювання. 7. Поверхні впускних кулачків - спрацювання. 8. Поверхні випускних кулачків - спрацювання. 9. Поверхні циліндричної частини впускних і випускних кулачків. 10. Різьбова поверхня - спрацювання, зривання ниток різьби.

1.3. Матеріали для виготовлення розподільчого валу

Розподільчий вал легкових автомобілів виготовляють із сталей 40, 45, 20Х, 18ХГТ. Вал піддається цементації на глибину 2...2,5 мм, гартуванню та низькому відпуску і має твердість кулачків та опорних шийок 58...63 HRC. Серцевина має твердість 26.. 28 HRC.

1.4. Основні причини виходу з ладу розподільчого валу

Надійна робота ГРМ (рис.1.9), і в тому числі розподільчого вала, безпосередньо залежить від якості оливи. Подача оливи на підшипники ковзання (ліжку і вкладиші розподільчого вала), а також на поверхню кулачків, повинна бути безперервною. Отвори всередині розподільчого вала, призначені для подачі оливи до пар тертя, досить тонкі і розраховані на моторну оливу певної в'язкості і якості. Несвоєчасна заміна або неправильний підбір оливи приводять до засмічення каналів, після чого тертя розподільчого вала відбувається не по шару рідини (гідродинамічне), а по поверхні метал-метал. Внаслідок цього виникає швидке зношування кулачків і штовхачів, а також шийок і вкладок, що викликає збої в роботі двигуна. Від надмірного тертя розподільчий вал може зламатися, що потребуватиме капітального ремонту двигуна. Особливість конструкції розподільчого вала

						MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			14

в тому, що навіть мінімальне спрацювання призводить до його вібрації та остаточного виходу з ладу. У більшості випадків основною причиною ремонту розподільчих валів є саме неякісна олива, несвоєчасна її заміна або невідповідна в'язкість.

Крім оливного голодування, причинами поломок може стати перегрів, від якого метал «веде», природне зношення, поломки суміжних деталей (шків, ланцюг або ремінь ГРМ), а також спочатку низька якість розподільчого вала (поганий метал, неточне виготовлення). Ознаки визначають візуально: характерним симптомом несправності саме розподільчого вала буде стукіт під час запуску холодного двигуна (на початку проблеми стукіт пропадає, коли мотор прогріється, а з погіршенням ситуації двигун буде стукати постійно).

Спрацьовані елементи і задираки (рис.1.9) на шийках, підшипниках, сальниках або кулачках є слідами пошкоджень розподільчого вала .



Рисунок 1.9 – Дефекти розподільчого вала

Розподільчий вал може викривлятися (деформація, як правило, визначається не візуально, а тільки на спеціальному обладнанні) через прогинання опорних шийок. Для легкових автомобілів допустима ступінь викривлення розподільчого вала становить 0,05 мм, якщо більше – посилюється вібрація, виходять з ладу суміжні вузли двигуна.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		15

У разі неправильно виконаного складання вала, а також некоректної складання двигуна (недотягнуті кріпильні болти ГБЦ, розподільчого вала, шківів і шестерень) з'являється вібрація під час роботи. Вал зриває кріплення, після чого двигун в більшості випадків відправляється на капітальний ремонт. На самому розподільчому валі можуть з'явитися тріщини, а пази під штифти розбиваються від прикладених навантажень. В таких випадках вал не ремонтують, а замінюють на новий (рис.1.10).

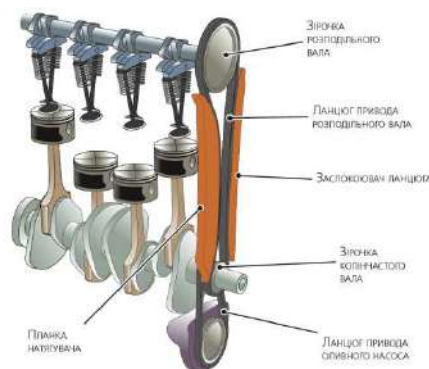


Рисунок 1.10 Схема будови газорозподільчого механізму

Знос проміжних опорних шийок. Знос задньої опорної шийки. Овальність і конусність шийок. Биття центральної шийки. Знос кулачків: по вершині. Знос по висоті впускних і випускних кулачків. Сколи металу на поверхнях торців вершин кулачків. Деформація вала. Зминання шпонкового паза. Згинання вала (биття по середній опорній шийці більше 0,05 мм). Риски, задири і спрацювання опорних шийок. Спрацювання впускних і випускних кулачків по висоті, коли різниця між найбільшим і найменшим розміром впускних клапанів не перевищує 5,7 мм, а для випускних клапанів – 5,1 мм. Спрацювання шийки під розподільну шестерню до розміру менше 28,0 мм. Спрацювання шпонкового паза по ширині до розміру 5,1 мм. Спрацювання і зривання різьби більше двох ниток.

						MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			16

1.5. Огляд літературних джерел

1.5.1. Методи відновлення розподільчих валів.

1.5.1.1. Відновлення кулачків газопорошковим наплавленням

Відновлення кулачків газопорошковим наплавленням полягає в нанесенні на розігріту газокисневим полум'ям відновлювану поверхню порошкового матеріалу, нагрітого цим же полум'ям до рідинно-текучого стану. Від оплавлення міцність зчеплення покриття з основним металом досягає 400-600 МПа.

Підготовка порошку і поверхні до наплавлення. Порошкові матеріали, що застосовують для наплавлення, гігроскопічні, тому їх зберігають у герметичній тарі. Перед наплавленням порошки просушують при температурі 150-200 °С протягом 30 хв.

При наплавленні велике значення має гранулометричний склад, від якого залежить продуктивність і коефіцієнт використання. Тому порошки для одержання фракції 40-100 мкм просіюють на віброситі типу СММ з набором сит розміром чарунок 0,04 мм; 0,10 мм; 0,125 мм (ГОСТ 3884-77*).

Відновлювані поверхні кулачків очищують від плівок, на гару і слідів корозії щітками, обдирними кругами, струминною обробкою корундом. Для запобігання потряпання порошку в отвори масляних каналів їх закривають азбоцементними або графітовими пробками.

Наплавлення порошку. Поверхню кулачка підігривають до 300-400 °С для зменшення деформації і можливості появи тріщин від локального нагрівання. Потім встановлюють надлишкове полум'я (за ацетиленом) і періодичним натисканням на важіль подають в наплавлювальну ванну необхідну кількість порошку. Переміщуючи полум'я пальника, рівномірно розплавляють і розподіляють шар порошку товщиною не більше 50 мм по нагрітій поверхні. Дистанція при нанесенні порошку — 20-40 мм. Полум'я

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

газового пальника при оплавленні розміщують під кутом 30-60° до площини поверхні, яку наплавляють, і спрямовують до холодної ділянки. Дистанція оплавлення — 10-15 мм. Чергуючи напилення і оплавлення, забезпечують необхідну товщину шару.

Наплавлення здійснюють навуглецьовувальним полум'ям для запобігання окислення і зменшення глибини проплавлення основного шару. Наплавляють так, щоб теплова вісь проходила через центри ваги деталі. Рекомендується по чергово наплавляти діаметрально розміщені поверхні кулачків під вершини до тильної частини, починаючи з крайніх кулачків до середини. Кількість проходів визначається спрацюванням кулачка і припуском на подальшу механічну обробку.

Після наплавлення для запобігання утворення тріщин в наплавлених шарах охолодження рекомендується виконувати у піску або азбестовій шубі. Контроль якості наплавлених покриттів на відсутність дуття, тріщин, сколів і від тарувань виконують візуально. Для вибіркової перевірки застосовують лупу 70-кратного збільшення ЛП-4 (ГОСТ 25706-83*).

1.5.1.2. Відновлення кулачків плазмовим наплавленням

Наплавлення низькотемпературною плазмою виконують на спеціальному верстаті а копі ром, причому рух по копіру, який забезпечує вибіркoву відстань до оброблюваної поверхні на будь-якій ділянці профілю кулачка, здійснює плазмотрон. а деталь обертається синхронно з копіром. В якості наплавочних матеріалів рекомендується застосовувати порошки типу ПГХН80СР3 та ПГХН80СР4 а розміром фракцій 100-400 мкм (рис.1.11)

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		18



Рисунок 1.11 – Плазмове наплавлення

1.5.1.3. Відновлення кулачків лазерним наплавленням

Відновлення лазерним наплавленням полягає в нанесенні на поверхню кулачків наплавлювального матеріалу за допомогою клеючої речовини. Застосовують порошки самофлюсуючих сплавів типу ПГ-СР з частинками розміром 200-300 мкм. Клеючою основою є водний розчин оксилетилцелюлози, який наносять на кулачок пензлем, валиком або занурюванням у спеціальну пристрої, де вал обертається зі швидкістю 5—10 хв⁻¹. Розчин оксилітетенцелюлози не тільки формує шар порошку, а й посилює поглинання лазерного випромінювання, яке підвищує ККД наплавлення. Оптимальна товщина шару порошку становить 0,8-1 мм. Після оплавлення отримують покриття товщиною 0,6-0,8 мм. Наплавлення кулачків здійснюють у спеціальній пристрої, який забезпечує коливання розподільного вала відносно осі в межах 110-130°.

Кулачок встановлюють вершиною до лазерного променя, який рухається вздовж осі вала зі швидкістю 2-4 мм/хв. Частота коливання вала досягає 6-10 хв⁻¹. Пристрій для наплавлення розміщують на стояку установки 01.03-165 «Ремдеталь», яку застосовують разом з лазером ЛГН-702 або «Комета-2». Діаметр променя в зоні впливу — 2,5-3 мм. При спрацюванні кулачка в межах 1 мм наплавлення здійснюють за один прохід променя протягом 5-7 хв. Міцність зчеплення покриття залежать від складу порошку і

										Арк.
										19
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

Заготовки для відновлення вирізають із сталюї стрічки товщиною 0,3-0,4 мм. Матеріал стрічки повинен забезпечувати міцність відновлюваних поверхонь: сталь 65Г — для опорних шийок; сталь 45 — для шийки під розподільну шестерню. Ширина заготовки повинна дорівнювати ширині шийки, довжина — периметру. Зазор у місці стику кінців стрічки — не більше 0,5мм, напуск кінців не допускається. Приварювання стрічки виконують на установці 011-1-02 «Ремдеталь» за два заходи: спочатку стрічку прикріплюють зварювальними точками, потім приварюють. Розподільний вал закріплюють у патроні установки, підводять електроди до середньої частини відновлюваної поверхні. При обертанні деталі подають стрічку з механізму подачі під нижній електрод. У момент дотикання електроду і стрічки натискають кнопку «Зварювання» і прикріплюють стрічку коротким швом до поверхні деталі без подачі зварювальних клещів. Остаточне приварювання стрічки виконують з включеною подачею зварювальних клещів. Зусилля стискання електродів — 1,5 кН.

1.5.1.5. Відновлення опорних шийок електродуговою металізацією

Електродуговé напилювання (електродугова металізація) — газотермічне напилювання, під час якого нагрівання та плавлення напилюваного металу у вигляді дроту, стрижня або стрічки здійснюється електричною дугою, а диспергування струменем стисненого газу, звичайно повітря.

Відновлення опорних шийок електродуговою металізацією виконують за допомогою комплекту КДМ-2 (установка з електродуговим металізатором ЕМ-14М). Технологічний процес електродугової металізації передбачає:

- шліфування циліндричних поверхонь опорних шийок до відповідних діаметрів для забезпечення шорсткості поверхні 1,6 мкм;
- закривання отворів і шпонкового паза пробками з термостійкої гуми так, щоб були виступи над відповідними поверхнями висотою 4-5 мм;

						МР ТАМ 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

-струминно-корундову обробку корундовим порошком 14А зернистістю 80-125;

Наплавлення виконують на зворотній полярності. Стійкий процес наплавлення забезпечується при високих (цільностях струму, тому рекомендується використовувати дріт малого діаметра (1-1.2 мм). Застосування малих діаметрів дроту дає можливість скоротити припуск на наступну механічну обробку. Швидкість подачі дроту обирають залежно від величини зварювального струму, напруги дуги, діаметра електродного дроту, товщини наплавленого шару.

1.2.1.6. Механічна обробка.

Обробкою на токарно-гвинторізному верстаті усувають биття опорних шийок, обробляючи центрові фаски валу. Досягають биття опорних шийок після обробки центрових фасок не більше 0,05 мм.

Сколи металу на поверхнях торців вершин кулачків величиною менше 3 мм зачищають корундовим кругом 200 мм бормашини марки И-54А з гнучким валом.

Пошкоджену різьбу усувають обробкою плашкою; забоїни і заусенці на шестерні приводу масляного насоса зачищають напилком.

Зношені по висоті впускні і випускні кулачки шліфують на копіювально - шліфувальному верстаті

Зношені шийки шліфують до одного з ремонтних розмірів на круглошлифовальному верстаті. Після шліфування шийки полірують .

Опорні шийки розподільчого валу, що вийшли з ремонтних розмірів, відновлюють нанесенням електролітичних покриттів (осталюванням, хромуванням тощо), після сталювання шліфують до необхідного номінального розміру або ремонтного розміру.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Профіль кулачків шліфують до отримання різниці розміру між циліндровою частиною і висотою кулачка не менше 5,8 мм і розміру циліндрової частини не менше 34 мм.

Зношені по висоті впускні і випускні кулачки шліфують на копіювально - шліфувальному верстаті

1.2.1.7. Відновлення наплавленням

При великому зносі (коли висота профілю кулачка менше 5,8 мм) вершину кулачка наплавляють сормайтм № 1. При наплавленні кулачків газоацетиленовим полум'ям використовують флюс такого складу: бура — 50%, двовуглекисла сода — 47 % і кремнезем — 3%. [5] . Перед наплавленням поверхню кулачка шліфують.

Електроди Сормайт в даному випадку використовують для формування зносостійких шарів, яких може бути декілька. Є два різновиди електродів Сормайт : №1 (марка ЦС—1) і №2 (марка ЦС—2). Відрізняються вони кількістю легуючих елементів в складі, а так само експлуатаційними характеристиками , №2 міцніше і довговічніше, ніж №1.

Найбільше використання має сормайт № 1, твердість якого 50 HRC. За хімічним складом (2,5 - 3,5%С, 25 – 31% Cr , 2,8 – 4,2% Si, 3,5 % Ni, до 1,5% Mn, до 0,08% S і до 0,08% P) подібний білим чавунам. Сормайти використовують при наплавленні як матеріали що підвищують зносостійкість поверхонь інструментів и деталей машин, які працюють за умов абразивного зносу, без мастила та підвищених температурах.

1.2.1.8. Відновлення електродітичними покриттями

Зношену шийку розподільної шестерні відновлюють хромуванням або осталоюванням. Перед гальванічним покриттям шийку шліфують до діаметра 29,8 мм на довжині 32 мм Після нарощування до 31,2 мм шийку повторно шліфують.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

густині струму та високій температурі, мало пористі, мають високу зносостійкість і підвищену в'язкість. Блискучі осади, що отримані при середніх значеннях густини струму і температурі, більш пористі та крихкі, менш зносостійкі ніж молочні. Зношені деталі звичайно покривають молочними та блискучими осадами, причому деталі, що працюють при високих тисках і циклічному характеру навантаження, покриваються молочними осадами. У випадку більш сприятливого характеру навантаження можна приймати блискучі покриття.

Технологічне обладнання для електролітичного хромування: комплект ванн включає ванни для електрохімічного знежирення, хімічного або анодного декапування, власно, хромування, анодного травлення (для отримання пористого шару хрому), промивання (холодного та гарячого). При невеликої продуктивності іноді анодне декапування, хромування та анодне травлення проводять у одній ванні. Основною є ванна для хромування (рис.1.16; 1.17)

Вона, звичайно, складається з двох зварювальних баків 3 і 4, виконаних з листової сталі товщиною 3-4мм. Зовнішній бак служить ємністю, де міститься вода, яка підігріває електроліт. Підігрів води проводиться парою, яка пропускається через змійовик, що розташований між баками, або теплоелектричними нагрівачами (ТЕН). Внутрішні поверхні ванн для хромування, звичайно, облицьовуються вініпластом. Розміри та об'єм ванни визначається виходячи з таких умов: розміру та кількості деталей, що одночасно хромуються; відстаней, що рекомендуються між деталями, які хромуються, їх відстанями від стінок ванни та д нища; глибини занурення деталей у ванну та рівню електроліту; об'ємної концентрації електричного струму; відношення площі поверхні деталі до об'єму ванни.

Місцеве хромування (без занурення усього валу в електроліт) крупних валів проводиться: у переносних ваннах; у проточному електроліті; у струменю електроліту.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

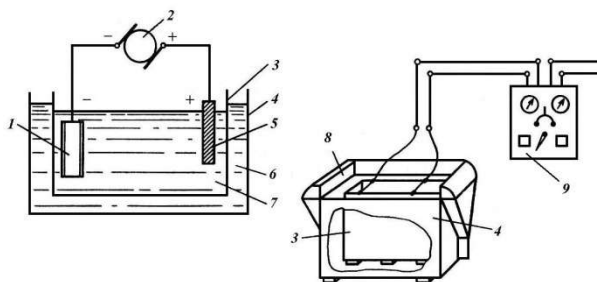


Рисунок 1.16 - Ванна для хромування:

1 – деталь, що хромується; 2 – джерело постійного струму; 3 – внутрішній бак; 4 – зовнішній бак; 5 – анод; 6 – вода для підігріву електроліту; 7 – електроліт; 8 – бортовий відсмоктувач; 9 – електроцист.

Переносну ванну надівають на місце вала (шип або шийку), яке підлягає хромуванню. Для запобігання шкідливого для людини електроліту його покривають захисною рідиною, наприклад, керосином.

На рис.1.17, а показана схема установки для хромування валів у проточному електроліті. Вал 1, що хромується, укладають на підставку 2. Поверхня 5 валу, що підлягає хромуванню оточується кільцевим перфорованим анодом 4 і жерстяним кожухом 6 з вініпластовою обкладкою всередині. Кожух виконує функції маленької ванни. Електроліт витікає з нього у нижню велику ванну 8, у ній підігрівається та подається насосом 7 у кожух 6, де проходить електролітичний процес. Установка накрита кришкою 3 та постачена бортовими відсмоктувачами для видалення шкідливих парів електроліту.

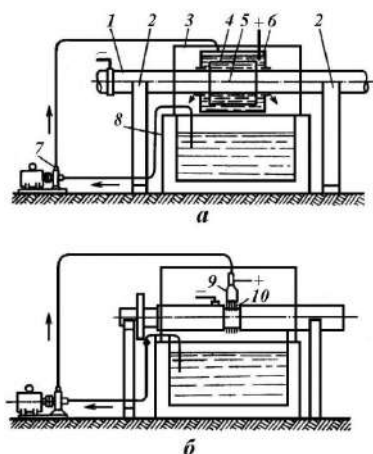


Рисунок 1.17. - Схема установки для хромування валів у проточному електроліті (а) і потоку електроліту (б):

1- вал; 2 – опори; 3 – кришка; 4 – перфорований анод; 5 – ділянка валу; 6 – кожух; 7 – насос; 8 – ванна; 9 – наконечний; 10 – потік

На рис.1.17, б наводиться схема установки для хромування у струмені електроліту. Електроліт, що підігрівається, подається насосом 7 з ванни 8 у свинцевий наконечник 9, який є катодом, та у виді потоку 10 поступає на ділянку 5 валу 1, котра хромується. При цьому відновлювальний вал 1 повільно обертається.

Виходячи з особливостей електролітичного хромування та властивостей електролітичного хрому, доцільно відновлювати деталі електролітичним хромуванням у таких випадках: твердість ділянки деталі, яка відновлюється, повинна бути не менш 60-62 HRC; пояснюється тим, що міцність шару хрому залежить від жорсткості основи – висока довговічність шару хрому виходить при нанесенні його на загартовану сталь; величина зносу деталі, що відновлюється не повинна перевищувати 0,15-0,2 мм на сторону, тому з урахуванням механічної обробки, товщина шару хрому приймається не більш 0,25 мм на сторону, оскільки при більшій товщині різко погіршується міцність шару та час його нарощування;

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	MP TAM 2217060. 000 ПЗ				

Електролітичне насталування - нанесення шару заліза дозволяє отримувати товсті шари (2-3 мм та більше); забезпечується висока швидкість осадження заліза $v = 0,2 - 0,5$ мм/год.; високий вихід металопотоку; дозволяє проведення термічної та термохімічної обробки; міцнісні властивості близькі до властивостей середньо-вуглецевої незагартованої сталі; добре покривається шаром хрому.

Виходячи з позитивних властивостей електролітичного заліза, відновлення деталей електролітичним насталуванням доцільно, якщо: знос деталей більший за допустимий при електролітичному хромуванні; у цьому випадку, шар хрому наноситься на підшар заліза; твердість шару, що хімічно або термохімічно оброблюється, забезпечує нормальну роботу вузла; необхідне зміцнення робочих поверхонь деталей з маловуглецевих сталей.

Головним компонентом електроліту при осталуванні є хлористе або сірчанокисле залізо чи їхня суміш. Температура електроліту в залежності від його типу може змінюватися від 20 до 98°C. Анодами служать пластини з маловуглецевої сталі, які при електролізі розчинюються. Припуск на механічну обробку шару, що осаджується, приймається у межах 0,2-0,3 мм. При електролітичному насталуванні, взагалі, використовується таке ж технологічне обладнання, як і при електролітичному хромуванні.

Розподільчі вали з тріщинами, зменшенням циліндричної частини кулачків до 29,0 мм, спрацьованими зубцями шестерні приводу масляного насосу не відновлюють.

Електролітичне нікелювання. КЕП на основі нікелю.

Широке використання КЕП на основі нікелю пояснюється як фізико-хімічними властивостями електрохімічно висадженого нікелю – високою твердостійкістю і зносостійкістю, здатністю захищати основний метал від корозії і забезпечувати йому високу декоративну обробку, так і легкістю співвисадження з більшістю дисперсних частинок різної природи. Для отримання КЕП на основі нікелю придатні практично всі електроліти,

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP TAM 2217060. 000 ПЗ					

частіше за все використовують сульфохлоридний і сульфаматний. КЕП на основі нікелю використовують, головним чином, з метою отримання дисперсно-зміцненого зносостійкого і жаростійкого покриття та захисно-декоративної обробки виробів і деталей. Сил-нікель(Seal-Ni) – трьохшарове покриття, в якому між нікелем і хромом наноситься проміжний шар нікелю товщиною 0,25 – 3мкм, який містить більшу кількість діелектричних частинок з переважаючим розміром 0,1 – 3мкм. Осаджений хром товщиною 0,25мкм має підвищену мікропористість, що забезпечує рівномірний розподіл корозійного струму і високу хімічну стійкість покриття. Гарні результати досягаються при наявності пор в кількості 40000 на 1 см². Підвищена кількість пор може призвести до зниження блиску покриття. Наповнювачем проміжного шару можуть також слугувати газу, які утворюються в процесі електрохімічної реакції в електроліті. Товщина прошарку нікелю звичайно не перевищує 10 – 12мкм.

Дур-нікель(Dur-Ni) призначається для отримання блискучих нікелевих покриттів з високою корозійною стійкістю, близькою до нержавіючої сталі і відноситься до різновидності сил-нікелю, в якому проміжний шар (0,25мкм) містить 0,01% по масі частинок розміром 0,02 – 0,2мкм.

Захисно-декоративні КЕП на основі нікелю являються багатошаровими покриттями, які складаються, головним чином, Нікеп – Cr, Ni – Нікеп – Cr. Можливі і інші варіанти нанесення проміжних шарів з міддю або сплавами металів. Наприклад, Ni – Cu – Нікеп – Cr або Cu – Нікеп – Cr. Для підвищення твердості і корозійної стійкості нікелеве покриття хромується. Тонкий шар хрому має стільки пор, скільки частинок знаходиться на поверхні проміжного шару, що сприяє найбільш рівномірному розподілу корозійного струму в системі Ni – Cr і різкому (в 2-4 рази) підвищенню корозійної стійкості покриття. Такі КЕП при товщині 10мкм по корозійній стійкості близькі до покриттів блискучого нікелю товщиною 60мкм. Склади

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

покриття. Чим вища твердість і зносостійкість частинок в покритті, тим вища твердість і зносостійкість самого покриття.

Наприклад, зносостійкість КЕП, які складаються з алмазу АСП5 і нікелю, в 10 разів вища зносостійкості бронзи та в 7,5 раз твердого сплаву ВК-15. Карбід титану підвищує мікротвердість нікелевого покриття в 1,5 – 2 рази і дозволяє використовувати його в високонавантажених вузлах тертя. Вміст карбіду титану в покритті залежить від природи електроліту. Так, при концентрації TiC 30 г/л і густині струму 2 А/дм² вміст його в покритті складає, % по масі: 5,5 при співвисадженні з сульфатно-хлоридного електроліту (рН=3,5; $V_c=90,8\%$); 6,1 – сульфаматного (рН=2,6; $V_c=86,7\%$); 2,6 – пірофосфатного (рН=8; $V_c=57,8\%$); 1,7 – хлоридного (рН=1; $V_c=15,8\%$). Композиційне покриття на основі нікелю, яке містить 20% по об'єму алмазів, одержане з нікель-фосфатного електроліту, по зносостійкості на 40% краще за КЕП, отримані з інших електролітів. Зносостійкість КЕП на основі нікелю та алмазів зростає з підвищенням розміру частинок і досягає максимуму при 3 – 6мкм.

Значний інтерес являє собою КЕП на основі нікелю та карбіду кремнію, що використовується фірмою “Blasberg u Audi NSU” для покриття поверхонь двигуна типу Ванкеля, що підлягають тертю.

Покриття товщиною 350мкм наноситься з сульфаматного електроліту з густиною струму 20 А/дм² протягом 2 годин, після чого шліфується алмазними кругами до 250мкм. Твердість КЕП складає HV450 – 600, допускається його знос до 70мкм. КЕП на основі нікелю, отримані з сульфатно-хлоридного електроліту наступного складу, г/л: $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ – 300; $NiCl_2 \cdot 6H_2O$ – 45, H_3BO_3 – 30 при густині струму 5А/дм² та температурою 18 – 25 оС, - що містять дисперсні частинки твердих матеріалів (1 – 3мкм) у кількості до 1,5% за об'ємом, мають у порівнянні з чистим нікелем ряд переваг. До них відноситься підвищення мікротвердості на 100 – 250 кг/мм², зниження внутрішніх напружень у 3 – 8 разів,

										Арк.
										34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

покращення корозійної стійкості у 1,5 – 2,5 рази. Зносостійкість цих покриттів при масовому вмісті окислів 10 – 12% підвищується в 1,5 – 2,5 рази, карбідів – у 4 – 50 разів. Міцність на розрив даних КЕП збільшується у 2,5 – 4,5 разів у порівнянні з чистим нікелем. Шершавість поверхні катода може мати високе значення у випадку використання частинок, розмір яких не перевищує 10мкм.

Висновки по розділу і постановка задачі

Виходячи з проведеного огляду способів відновлення зношених деталей треба відмітити, що їх є значна кількість. Вибір способу та методів його реалізації є також достатньо. Перевагу потрібно віддавати тим способам, які забезпечують одержання потрібних експлуатаційних властивостей та з стану і можливостей ремонтного виробництва.

Виходячи з вищевикладеного була поставлена задача досліджень:

Розробити технологічний процес відновлення розподільчого валу нанесенням комплексного електролітичного покриття на основі нікелю з додаванням нанорозмірних частинок нітриду бору.

Композиційні електрохімічні покриття (КЕП) – це плівки, які одержують одночасним електрохімічним осадженням металу та дисперсних матеріалів. Плівки можуть містити дисперсні включення одного виду або кількох одночасно.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		35

Розділ 2. Аналітичний розділ

2.1 Відновлення валів (правка) способами пластичної деформації

2.1.1. Загальні відомості

Погнутість валів виникає у результаті їх перевантаження у процесі роботи або помилок при монтажі.

При роботі погнутого валу можлива недопустима деформація або руйнування контактуючих з ним деталей, у першу чергу, підшипників. Тому найбільший прогин f вала не повинний перевищувати 0,0002-0,0003 відстані l між опорами, тобто

$$f = (0,0002-0,0003) * l.$$

Прогин впливає на кут повороту поперечного перерізу вала. У місці встановлення підшипника не повинно перевищувати нижче наведених значень :

- підшипники ковзання 0,001 рад.;
- радіального однорядного шарикопідшипника 0,005–0,01 рад.;
- сферичного радіального шарикопідшипника 0,05 рад.;
- конічного роликпідшипника 0,0017 рад.

Погнутість вала встановлюється при його перевірці на биття у центрах або на призмах за допомогою індикатора (рис.2.1), при цьому визначається площа вигину вала та величина биття

$$b = 2 * f \quad (2.1)$$

Погнутість вала усувається правкою шляхом пластичної деформації визначеної частини вала, що піддається навантаженням чи нагріванням. Переважно застосовують такі способи правки валів: холодна правка при статичному навантаженні; наклеп; термічна обробка; термомеханічна обробка.

										Арк.
										36
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата						

2.1.3. Визначення величини навантажень для правки сталевго валу

Задаються розміри валу: найбільший діаметр, до наприкладу, $d = 50$ мм; відстань між опорами $l = 600$ мм. Межа текучості матеріалу валу $\sigma_T = 400$ МПа. Навантаження для правки валу прикладається симетрично до опор. Припускаємо, що діаметр валу не змінюється по довжині.

Граничний згинаючий момент за формулою (2.7)

$$M_T = \sigma_T W_{пл}, \quad (2.7)$$

де $W_{пл}$ - пластичний момент опору.

За формулою (2.2)

$$W_{пл} = d^3/6 = 0,05^3 / 6 = 2,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3. \quad (2.8)$$

$$M_T \cdot 10 = 400 \cdot 10 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5} = 8400 \text{ м} \quad (2.9)$$

$$M_T = P_T \cdot l/4, \quad (2.10)$$

де P_T – зусилля, що випрямляє.

$$M_T \cdot 10 = 400 \cdot 10 \cdot 2,1 \cdot 10^{-5} = 8400 \text{ м} \cdot \text{Н} \quad (2.11)$$

Для двоопорного сталевго валу визначити з умови жорсткості допустиму згинаючу силу P_d визначають в такій послідовності

Розміри валу: найбільший діаметр $d = 50$ мм;

відстань між опорами $l = 600$ мм.

Згинаюча сила P_d , прикладена посередині між опорами.

Опори на радіальних шарикопідшипниках.

Умова жорсткості валу

$$f_{\max} [\leq f] \quad (2.12)$$

$$\alpha_A = \alpha_B [\leq \alpha], \quad (2.13)$$

де f_{\max} – прогин перерізу валу у місці прикладення сили P_d ;

α_A, α_B – кути повороту перерізу валу під опорами (рис.2.х),

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	MP TAM 2217060. 000 ПЗ				

де E - модуль пружності першого роду матеріалу валу;

для сталі $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа;

J – осьовий момент інерції поперечного перерізу валу, м^4 ; для круглого перерізу

$$J = 0,05d^4.$$

За формулами (2.12), (2.13)

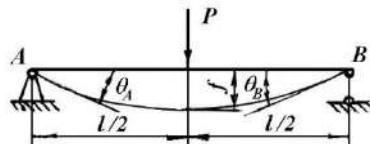


Рисунок 2.3 - Вал як двоопорна балка.

Знайдемо допустиму згинаючу силу $P_{д1}$ з умови допустимого прогину $[f]$, для цього визначимо осьовий момент інерції J

$$J = 0,05d^4 = 0,05 \cdot 10^{-4} = 3,125 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 \quad (2.13)$$

З рівняння знайдемо допустиму згинаючу силу $P_{д2}$ з умови допустимого куту повороту $[\theta]$ перерізу валу під опорою.

Прийнято $[\theta] = 0,005$ рад для опор с радіальними шарикопідшипниками.

Приймається менша з двох допустимих згинаючих сил, тобто $P_{д1} = 1870$ Н.

2.1.4. Теоретичне обґрунтування електролітичного відновлення валів.

Сутність електролітичного відновлення ушкоджених поверхонь металевих деталей полягає у осадженні на цих поверхнях шару визначеного металу, необхідної товщини.

Молекули деяких розчинених речовин у результаті взаємодії з розчинником дисоціюють (розпадаються) на електрично заряджені частки –

										Арк.
										40
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	MP TAM 2217060. 000 ПЗ					

іони. Практично повністю дисоціюють у водному розчині солі, що є важливим для процесів нанесення металевих покриттів. Електрична дисоціація обумовлює іонну провідність розчинів. При пропусканні постійного електричного струму через іонізований розчин іони під дією електричного поля приходять у рух, прямуючи до електродів (рис.2.4). До негативно зарядженого електроду (катода) прямують позитивно заряджені іони (катіони); до позитивно зарядженого електроду (анода) – негативно заряджені частки (аніони). У електродів іони розряджаються, перетворюючись у нейтральні атоми або групи атомів. Хімічні речовини та системи, де перенос електричних зарядів здійснюється іонами називаються електролітами; зокрема це розчини солей, кислот, лугів. Сукупність хімічних процесів, що відбувається на електродах при проходженні через електроліт електричного струму (рис.2. 4) називається електролізом.

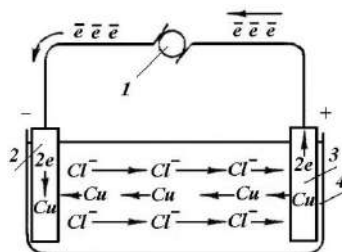


Рисунок 2.4 - Схема електролізу водного розчину хлористої міді:

1 – джерело постійного струму; 2 – катод; 3 – анод; 4 – ванна.

Оскільки іони металів мають позитивний заряд, то у якості катода використовується деталь, що ремонтується, на відновлювальній поверхні якої осаджується шар металу.

У кількісному відношенні процес електролізу підпорядковується двом законам Фарадея:

- кількість (маса) речовин, що утворюються при електролізі, прямо пропорційна силі струму, що проходить через електроліт та часу його

проходження, тобто прямо пропорційна кількості електрики, яка проходить через електроліт;

- кількість речовин, що утворюються у процесі електролізу при проходженні тієї ж самої кількості електрики прямо пропорційна їх електричним еквівалентам.

На основі цих законів теоретична маса M_T речовини, що виділяється на катоді (розчиняється на аноді) визначається за формулою

$$M_T = cIt, \text{ г} \quad (2.14)$$

де c – год.; \square електрохімічний еквівалент речовини, г/А I – сила струму, А; t – час, год.

2.1.5. Основні поняття та розрахунки, що використовуються у процесі електролізу

Режим електролізу при заданому складі електроліту характеризується такими основними показниками:

кислотністю електроліту, виражається в г/л або в одиницях РН;

температурою електроліту t , °С;

катодною густиною струму D_k , А/дм².

Густина струму – сила струму I , що приходиться на одиницю площі s поверхні електрода

$$D_k = I / s \quad (15)$$

Вихід металу по струму. Фактична маса M_f металу, що осаджується при електролізі буде менше теоретичної M_T , оскільки на катоді виділяється водень та проходять інші побічні процеси, на що витрачається частина електричного струму. Це враховується коефіцієнтом \square , який має назву катодного виходу по струму і визначається за формулою [8].

Вихід металу по струму є важливим показником електролізу, що характеризує використання електричного струму. Значення \square для

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		42

електричного осадження деяких металів: хром $Cr \square = 10-18\%$; $Fe \square = 85-95\%$. При електролізі деяких металів майже увесь електричний струм витрачається лише на одну електрохімічну реакцію осадження металу, наприклад, для срібла та міді $\square \square 100\%$.

Вихід металу по енергії, [9] враховує U – робоча напруга на ванні, V (враховуючи, що $M_{\phi} = cIt / 100\square$. Для скорочення витрати електроенергії необхідно вибирати склад електроліту та режим електролізу, щоб відношення U/c було мінімальним.

Тривалість електролізу, товщина покриття, швидкість осадження металу. Звичайно, при розрахунках процесу електролізу задаються товщиною h шару металу, що наноситься на деталь. При відновленні зношених деталей h залежить від величини зносу та припуску на механічну обробку. Тому розраховується тривалість t електролізу для отримання заданої товщини покриття. Маса металу, що осаджується

$$M_{\phi} = V_{\phi} \square = s h \square, \quad (2.16)$$

де V_{ϕ} , \square - відповідно об'єм та густина металу, що осаджується.

Формули (2.14) і (2.16) підставляємо у (2.18); при вирішенні відносно t отримуємо

$$t = 1000 \square h / D_{\kappa} \square \quad (2.17)$$

де t , год.; \square , $г/см^3$; h , мм; D_{κ} , А/дм; c год. \square , г/А

Швидкість осадження металу визначається за формулою

$$v = h / t = c D_{\kappa} \square / 1000\square \quad (2.18).$$

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		43

Розділ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Методика проведення експериментальних досліджень

3.1.1. Механічна обробка

Розподільчі вали , які надходять для ремонту піддають мехнічній обробці. Операції механічної обробки виконують переважно на шліфувальних та токарних верстатах.

На копіювально шліфувальному верстаті ЗА433 шліфувальним кругом СМ1-СМ2 ПП 600 X 20 X 305.

Полірування здійснюють абразивною стрічкою ЕБ № 5—3 або пастою ГОІ № 10; шорсткість поверхні повинна відповідати Ra 0,5 .

Наплавлену поверхню кулачка обробляють шліфувальним кругом Э46СМХК 200 мм електрошліфувальної машини И-54А.

Шліфування виконують на круглошліфувальному верстаті моделі 3161, копіювально-шліфувальному верстаті ЗА433, бормашині марки И-54А.

Зношену канавку шпонки заварюють постійним струмом зворотної полярності, використовуючи електрод УОНІ 13/5504 мм. Режим наплавлення наступний: сила струму 200 А, напруга 30...35 В. Для запобігання від нагрівання прилеглі шийки і різьблення обмотують мокрим азбестом.

Після зварювання фрезерують нову канавку шпонки.

3.1.2. Термічна обробка досліджуваних зразків

Для гартування та відпуску вала використана камерна електрична піч опору типу СНЗ, яка має розміри робочого простору 2300x4600x1500 мм. Живлення печі здійснюється від мережі трифазного струму (рис.3.1) .

					МР ТАМ 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		44



Рисунок 3.1 Камерна електрична піч опору СНО для проведення термічної обробки.

3.1.3. Мікоструктурні дослідження експериментальних зразків

Мікрошліфи виготовляли з допомогою шліфувального приладу (рис.3.2)



Рисунок 3.2 - Зовнішній вигляд установки для приготування мікрошліфів

Дослідження мікроструктури виконане з допомогою оптичного мікроскопа ММР -2, який дає збільшення у 2000 разів (рис.3.3).

					МР ТАМ 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		45

Мікроструктуру зразків виявляли травленням поверхні мікрошліфів 4 % розчином азотної кислоти в спирті при кімнатній температурі.



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд оптичного мікроскопу MMP-2 для проведення мікроструктурних досліджень

3.1.4. Дослідження мікротвердості експериментальних зразків

Мікротвердість виміряна на мікрошліфах згідно ГОСТ 9450-60 на приладі ПМТ-3 при навантаженні 100 г (рис.3.4)



Рисунок 3.4 - Загальний вигляд приладу ПМТ-3 для вимірювання мікротвердості

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		46

Мікроструктуру зразків виявляли травленням поверхні мікрошліфів 4 % розчином азотної кислоти в спирті при кімнатній температурі.

3.1.5. Трибологічні та механічні дослідження

Порівняльні випробування стійкості до зношування здійснене на зразках з покриттям.

Оцінку зношення проводили за втратами маси зразка при зношуванні. Втрати металу оцінювали за різницею маси зразків до та після випробувань на вагах марки ВЛ- з точністю 0,0001г.

Для випробувань на знос вибране контр тіло із сталі ШХ15 з твердістю HRC 63-64.

Твердість зразків до зміцнення вимірювали за методом Брінелля згідно ГОСТ ГОСТ 9012-59 Метали. Метод вимірювання твердості за Брінеллем (рис.3.5) та після термічної обробки за методом Роквелла згідно ГОСТ ГОСТ 9013-59 Метали. Метод вимірювання твердості за Роквеллом (ИСО 6508-86) (рис.3.6).



Рисунок 3.5. Загальний вигляд приладу ТШ-2

Напівавтоматичний твердомір Брінелля

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		47



Рисунок 3. 6– Прилад для вимірювання твердості за методом Роквелла

3.1.6. Нанесення електролітичних покриттів

Схема та опис установки для нанесення нікелевого композиційного покриття (рис.3.7).

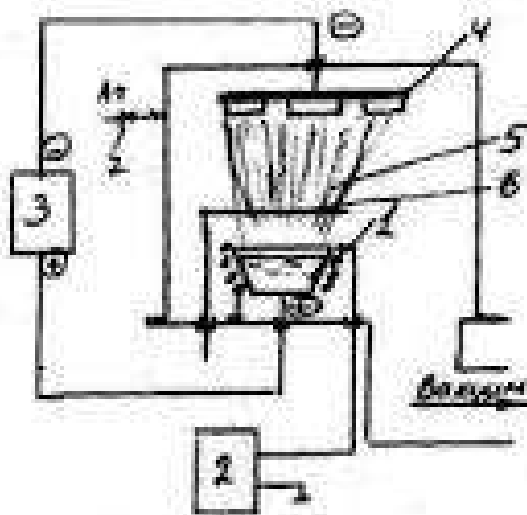


Рисунок 3.7 Схема установки для нанесення нікелевого композиційного покриття

1 - ванна для робочого електроліту; 2 - катод і анод; 3 - джерело струму; 4 – провідники; 5 – компресор; 6 -барботер.

Склад електроліту матового нікелювання, г/л:

Сірчаноокислий нікель	140-200
Хлористий нікель	30-40
Борна кислота	25-30
Сірчаноокислий натрій	40-50
Сірчаноокислий магній	50-60
Режим роботи:	
Температура, оС	20-30
Катодна густина струму, А/дм	0,4-1
рН електроліту	5-5,5
Вихід за струмом, %	90-100

3.1.7. Підготовчі операції

Перед початком процесу електролізу проведена попередня підготовка анодів та сталевих зразків, яка полягає в механічному шліфуванні, промивці, знежиренні холодному, знежиренні гарячому, травленні в HCl, промивці. Розрахована тривалість електрохімічного осадження металів в хвилини розраховується з урахуванням σ – товщина покриття, мкм; ρ – густини металу, що осаджують, г/см³; j_k – катодної густини струму, А/дм²; k_e – електрохімічного еквіваленту, г/А · год; V_c – виходу за струмом, %; 60 – числа для перерахунку годин в хвилини.

Визначена тривалість осадження нікелевого композиційного покриття:

$$\tau_g = 120 \text{ хв} = 2 \text{ год}$$

Визначена товщина покриття:

Маса зразка до покриття складала 3,722 г

Маса зразка після покриття складала 3,959 г.

$$\Delta m = 3,959 - 3,722 = 0,237 \text{ г.}$$

$$\delta = m / (\rho \cdot S) = 0,23 / (8,9 \cdot 20) = 13 \text{ мкм.}$$

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		49

3.1.8. Дослідження зносостійкості покриттів

Покриття досліджувались за схемою контакту «сфера–площина» в умовах тертя–ковзання в дизельному мастилі. В якості контртіла вибрана загартована кулька із сталі ШХ15. За отриманими результатами визначали вплив шляху тертя, при постійному навантаженні, на трибологічні властивості досліджуваних покриттів.

3.1.9. Контрольно-вимірювальні прилади та інструменти



Рисунок 3.8 Магнітний дефектоскоп М-127,

Індикатор ИЧ ГОСТ 577-68

Мікрометр МКГОСТ 6507-6025...50 мм

Різьбові калібри Калібр НЕ 5,1 мм

3.2. Результати експерименту

3.2.1 Технологія отримання КЕП на основі нікелю з включеннями нанодисперсних матеріалів

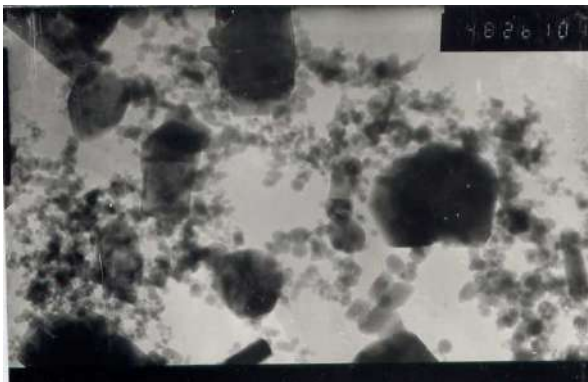
Для осадження композиційних покриттів робочим середовищем слугує

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		50

В технології отримання КЕП на основі нікелю з добавкою наноструктур були використані блискучі та матові електроліти. Матовий електроліт нікелювання був вибраний з метою одержання менш напружених осадів. Електроліт з блискоутворюючими добавками вибраний для підвищення мікротвердості, за рахунок введення більшої концентрації дисперсної фракції, це пояснюється адсорбцією ПАР на дисперсних частинках і наданням їм електростатичного позитивного заряду, в результаті чого частинки притягуються до поверхні катода і механічно включаються в електрохімічне покриття.

Структура нанопорошків представлена на рисунках 3.8, 3.9.

Склади нанопорошків та їх сумішей наступні: BN – 100%, TiN+ Si₃N₄ (нітриду титану – 70%, нітриду силіцію – 30%).



а



б

Рисунок 3.8 - Нанопорошки: а – , б – (48 000)

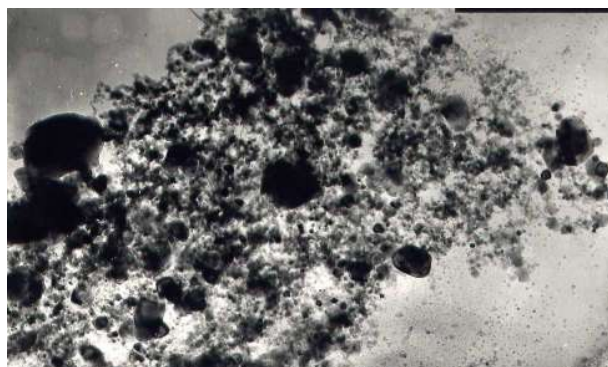


Рисунок 3.9. Суміш нанопорошків + (48 000)

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		52

3.2.2. Вибір режимів нанесення покриття

Можливість утворення покриттів заданого складу визначається складною кореляційною залежністю факторів, що залежать від природи та форми частинок, від умов та режимів електролізу.

Умови проведення електролізу: густина струму, температура, перемішування, концентрація частинок та інші фактори мають найбільший вплив на властивості та склад КЕП.

При електроосадженні металів струмовий режим має вирішальне значення для якості покриття. Змінюючи той чи інший параметр можна одержати покриття різної якості. Відомо, що висока густина струму сприяє збільшенню швидкості осадження, яка розраховується за формулою.

Умовою для створення рівномірної концентрації частинок в суспензії та в приелектродному шарі є постійне підтримання дисперсного порошку в завислому стані та його транспортування. Для цього ми застосовували інтенсивне механічне перемішування, перемішування барботуванням повітря. Для проведення експерименту використано суспензії-електроліту з концентрацією дисперсних частинок 5 - 10 г/л, що є оптимальним варіантом.

Режими електролізу для КЕП на основі нікелю з добавкою нанопорошків наведені в таблиці 3.1.

Властивості катодноосаджених металів визначаються умовами осадження і залежать як від якості поверхні основи, так і від її підготовки. Відповідно, поверхня, яка покривається, повинна бути чистою, що досягається її знежиренням, травленням і активацією. Основні вимоги до металопокриттів - це надійне зчеплення з основою, що обумовлюється дією міжатомних сил. Дія міжатомних сил посилюється за рахунок шорсткості поверхні. Чим більша шорсткість поверхні, тим міцніше зчеплення покриття з основою.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 3.1 Режими електролізу для КЕП на основі нікелю з добавкою нанопорошків.

Назва параметра	Катодна густина струму	Температура електроліту	Вихід за струмом	Перемішування
Одиниці вимірювання	А/дм ²	°С	%	мкм/год
Електролітичний нікель матовий	1 - 2	20	95	-
КЕП на основі нікелю з добавкою нанопорошку BN	1-2	20	98	незначно
КЕП на основі нікелю з добавкою суміші нанопорошків Si ₃ N ₄ +TiN	1-2	20	96	інтенсивно

За результатами аналізу (таблиця 3.2) впливу швидкості осадження порошоків на їх здатність знаходитися у завислому стані в електролітах зроблено висновок, що для порошоків нітриду бору ці показники кращі ніж для суміші порошоків нітридів силіцію та титану. Отже в процесі електроосадження електроліт, який містить порошкову суміш нітридів силіцію і титану потребує інтенсивнішого перемішування, ніж електроліт в який додали нітрид бору. Катодна густина струму вибрана 2 А/дм.

Таблиця 3.2. Швидкість осадження дослідних порошоків

Час, год	Швидкість осадження нанопорошків, мл	
	BN	Si ₃ N ₄ +TiN
0,5	154	28
1	108	24
1,5	95	23
2	75	20
4	75	18
24	75	18

Після термообробки,	1	355	0,155
	2	408	0,133
	3	375	0,231
Після термообробки,	1	365	0,148
	2	420	0,124
	3	394	0,242
Після термообробки,	1	376	0,150
	2	429	0,114
	3	410	0,248

За результатами експериментів (табл. 3.5), для спрощення обробки отриманої інформації, було побудовано графіки залежностей границі міцності покриттів при дряпанні від режимів термічної обробки зразків (рис. 3.10), та коефіцієнта опору тертя покриттів (рис.3.11) [8].

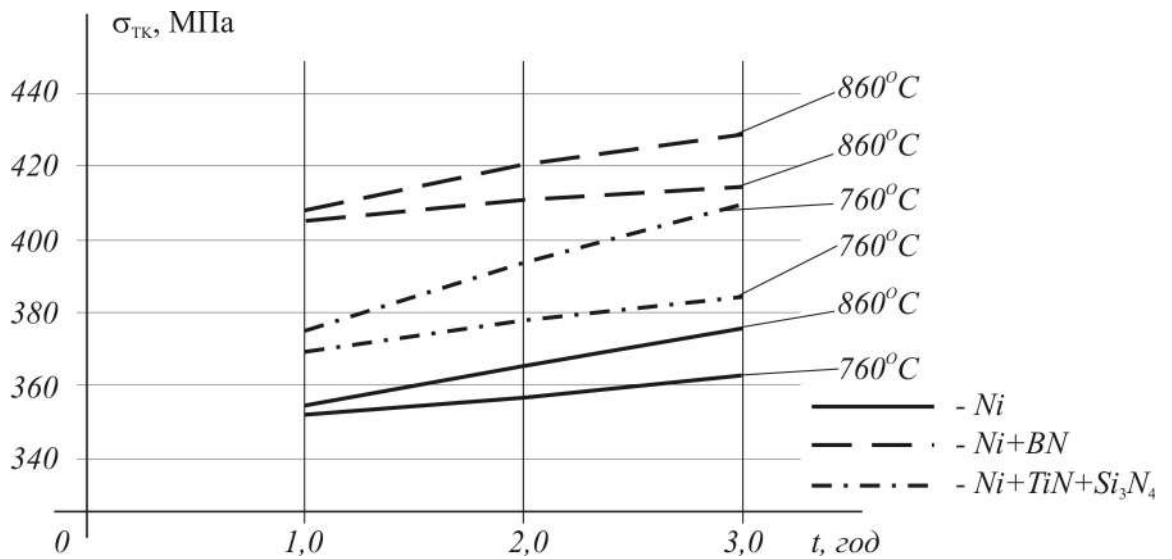


Рисунок 3.10. Залежність границі міцності покриттів від температури та тривалості процесу відпалу.

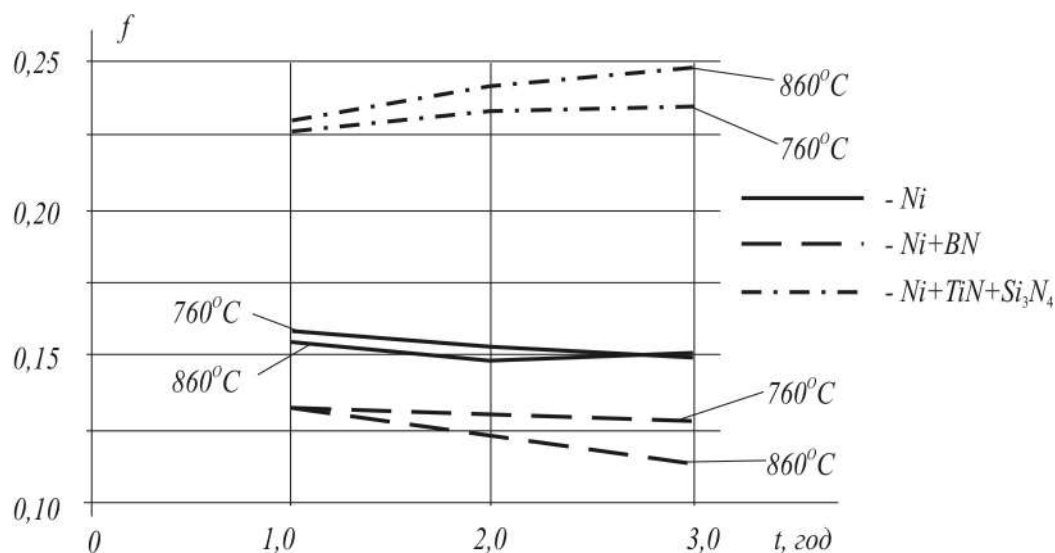


Рисунок 3.11. Залежність коефіцієнта опору тертю покриттів від температури та тривалості процесу відпалу.

Аналізуючи отримані результати, можна сказати, що покриття без термообробки мають мінімальну границю міцності: =181, 276 , 321 МПа . Такі покриття будуть мати підвищену крихкість та мають схильність до відшарування. Застосування термічної обробки для отримання нікелевих покриттів та КЕП значно покращує їх адгезійні властивості.

Найвищу адгезію мають нікелеві покриття з додаванням суміші нітридів титану та силіцію (табл.3.4). Відпал даних зразків при 760С ... 860С з витримкою в печі протягом 1 години сприяє підвищенню граничної міцності покриттів. Адгезійна міцність для нікелевого покриття з часточками нановключень зростає до =429 МПа, що дещо вище ніж для нікелевого покриття з добавкою суміші нітридів титану та силіцію, де = 410 МПа.

Найнижчий коефіцієнт опору тертю мають нікелеві покриття з нанодобавкою BN, отримані при таких режимах відпалу: температура Т=760...860С, витримка в печі = 2...3 год. Залежність коефіцієнта опору тертю від режимів відпалу зображено на рис.3.12. [7]

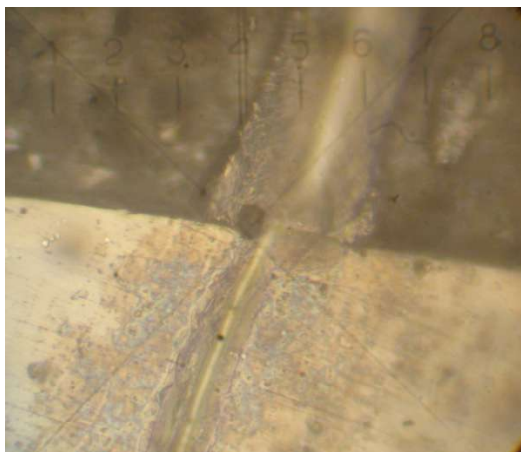


Рис. 3. 12. Покриття з треком для визначення адгезійної міцності
(x 462).

3.2.3.4. Визначення мікротвердості одержаних покриттів.

Мікротвердість одна з найбільш важливих експлуатаційних характеристик. Важливим фактором, який впливає на мікротвердість покриття є склад покриття та режими відпалу. Регулюючи ці параметри, можна отримувати покриття з різною мікротвердістю і відповідно з різними експлуатаційними характеристиками. Введення в покриття нанодисперсних включень приводить до підвищення мікротвердості покриттів до - і після термообробки. Результати визначення мікротвердості наведені у таблиці 3.6.

Присутність дисперсних включень нанодобавок у складі електролітичних нікелевих покриттів сприяло підвищенню у 1,5 -1,65 разів мікротвердість поверхневого шару.

Термічна обробка проводиться для покращення адгезійних властивостей Ni покриттів, зняття внутрішніх напружень, гомогенізації структури та утворення інтерметалідних сполук, які в свою чергу підвищують мікротвердість відпаленого покриття.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		59

Таблиця 3.6. Результати досліджень мікротвердості зразків з покриттям.

Режими обробки	Матеріал покриття	Мікротвердість шліфа,	Мікротвердість покриття,
Без термообробки	1	197	
	2	283	
	3	325	
Після термообробки,	1	239	253
	2	382	332
	3	383	325
Після термообробки,	1	226	279
	2	380	360
	3	389	353
Після термообробки,	1	216	282
	2	377	376
	3	400	376
Після термообробки,	1	232	273
	2	380	350
	3	391	335
Після термообробки, ,	1	213	267
	2	373	383
	3	409	376
Після термообробки, ,		193	219
		360	376
		419	405

3.2.3.5. Результати випробовувань на знос.

Важливою експлуатаційною характеристикою досліджуваних покриттів є їх зносостійкість. Для отримання порівняльних даних в роботі досліджували зношування гальванічних нікелевих покриттів без добавок та з нанодисперсними включеннями нітридів бору та суміші нітридів титану та силіцію до і після термічної обробки. Склад покриттів, режими термічного відпалу та результати досліджень наведені в таблиці 3.6.; (рис.3.14 -3.16).

Таблиця 3.7 Результати експериментальних досліджень покриттів на зношування

Матеріал покриття	Режими відпалу		Ширина канавки після тертя, мкм	Зношування, мкм
	1	2		
1.	Без відпалу		529	22
2.	760	1	453	17,1
3.	760	2	430	15,2
4.	760	3	416	15,4
5.	860	1	427	15,5
6.	860	2	388	17
7.	860	3	368	19,8
8.	Без відпалу		537	8,4
9.	760	1	492	4,7
10.	760	2	446	2,8
11.	760	3	426	1,8
12.	860	1	446	3,5
13.	860	2	374	1,5
14.	860	3	354	2,4
15.	Без відпалу		431	13,8
16.	760	1	341	13,7

17.	760	2	328	11,7
18.	760	3	323	10,1
19.	860	1	333	13,1
20.	860	2	315	10,1
21.	860	3	304	8,2

Залежність зношування від шляху тертя .

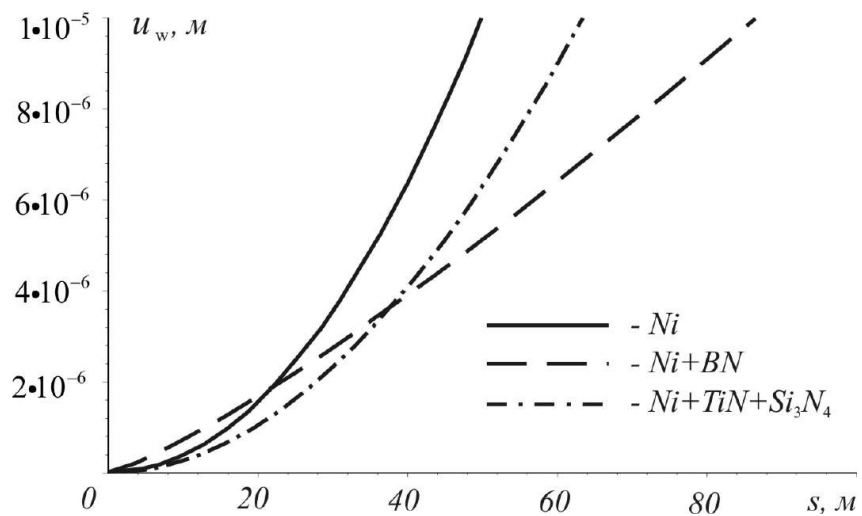


Рисунок 3.13 - Залежність зношування від шляху тертя .

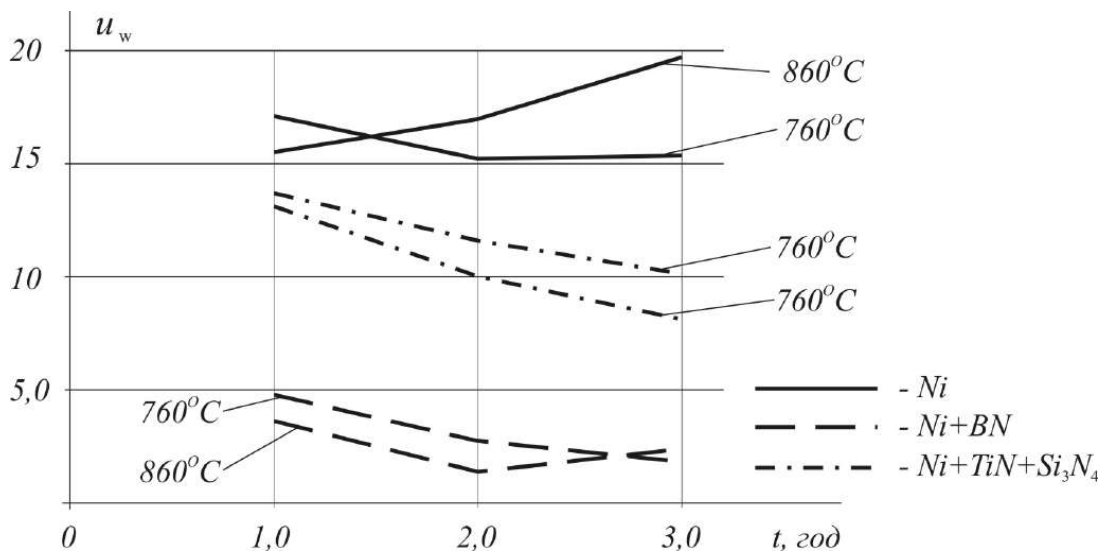


Рисунок 3.14 - Залежність зношування після 75 метрів від часу та температури відпалу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

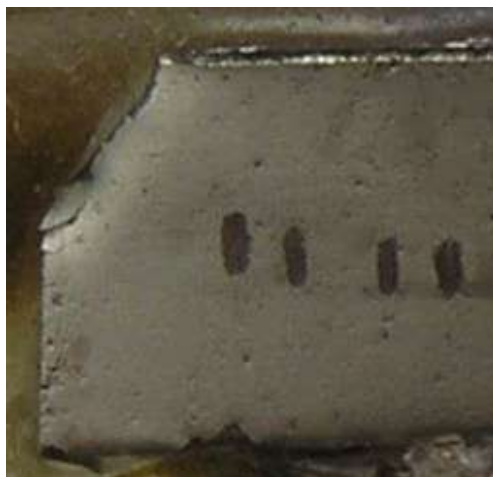


Рисунок 3.15 Мікроструктуру зразків виявляли травленням поверхні мікрошліфів 4 % розчином азотної кислоти в спирті при кімнатній температурі.

Поверхня зразка з гальванічним нікелевим покриттям з включеннями нітриду бору після тертя, ширина сліду тертя – а :

1 - після 25 м тертя; 2 - 50м; 3 - 75м; 4 - 100м.

Проведені дослідження на зношування покриттів без відпалу (табл.3.6), (рис.3.7) показали, що найменше зношування мають зразки, матриця-покриття яких містить нановключення нітриду бору .

Найбільш зносостійкими виявились гальванічні покриття з включеннями нітридів. При термічній обробці () у покриття з введеним нанодисперсним бором зносостійкість підвищилась у 5,5.

Висновки по розділу

1. Катодна густина струму для нанесення покриттів на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору має бути до 2 А/дм.

2. Проведення термічної обробки – відпалу при температурах 760..860 °С сприяє підвищенню міцності щеплення покриття з основою та покращує їх зносостійкість.

3. Для підвищення зносостійкості комплексних нікелевих покриттів на основі нікелю доцільним є співосадження нікелю разом з нанорозмірними

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		63

частинками та наступна термічна обробка покриттів з метою отримання дифузійних шарів.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		64

РОЗДІЛ 4. ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

4.1. Технологія нанесення КЕП

1. Приготування дрібнодисперсних частинок: помол і очищення порошку. Частинки повинні мати розмір від 0,01 до 10 мкм.

2. Підготовка поверхні основи для електрохімічного співвисадження металу та дисперсних частинок: шліфування для одержання заданої шорсткості поверхні; знежирення промиванням гарячою та холодною водою; травлення, активація.

3. Приготування електролітів і приведення їх у робочий стан.

Порошки для електролітів очистити від домішок травленням в соляній кислоті та прокалити, провести їх дезактивацію.

4. Склад розробленого електроліту.

Таблиця. 4.1. Склади електролітів для одержання КЕП на основі нікелю, г/л.

Компоненти електроліту	Номер електроліту					
	1	2	3	4	5	6
	Технологічна ознака – ступінь блиску покриття					
	Ni _м	Ni _б , Ni _{зк}	Ni _{полубл}	Ni-сил	Ni-сил	Ni-сил
Нікель сірчаноокислий	-	250-300	250-300	250-300	280-320	260-280
Нікель сульфаміново-кислий	300-400	-	-	-	-	-
Нікель хлористий		50-60	50-60	50-60	40-60	40-60
	12-15	25-40	25-40	25-40	30-40	30-35
Кислота борна	25-40	-	-	-	-	-

Лаурилсульфат натрію	0,1-1,0	1,0-2,0	-	1,0-1,5	0,5-2,0	0,7-1,2
Сахарин	0,5-1,5	0,15-	0,05-0,1		0,08-	0,2-0,3
0,4-бутандіол (100%)	-	0,18	-	-	0,25	-
Фталімід	-	0,08-	0,1-0,3	-	-	-
Формалін в перерахунку на формальдегід	-	0,12	-	0,1-3,0	-	0,3-2,0
Каолін (розмір частинок 0,1-3,0 мкм)	-	-	-	-	1-50	-
Кремнійвмісна речовина	-	-	4,3-5,1	3,0-4,0	0,08-50	3,0-3,4
РН	3,6-4,2		2-8	5-6	4,0-4,7	2-8
Катодна густина струму, А/дм ²	5-12	4,0-4,8 3-8			3-5	

Примітка: 1. Температура електролітів усіх приведених складів 50 – 60оС. 2. Анодна густина струму для електроліту №6 не більше 2,5 А/дм2.
5.Проце електролітичного нанесення покриттів. Режим процесу

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			66

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.

1. Досліджена можливість одержання електролітичного покриття на основі нікелю з нітридними включеннями наночастинок BN.

2. Для підвищення зносостійкості комплексних нікелевих покриттів на основі нікелю доцільним є співсадження нікелю разом з нанорозмірними частинками та наступна термічна обробка покриттів з метою отримання дифузійних шарів.

3. Вибрано спосіб зміцнення розподільчих валів для підвищення їх зносостійкості – нанесення електролітичного покриття на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору.

4. Запропоновано склад електроліту для нанесення електролітичного покриття на основі нікелю, який не містить шкідливих складових, не вимагає використання дорогих і дефіцитних матеріалів та обладнання, є екологічно безпечним.

5. Розроблена технологія нанесення електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору забезпечує одержання високих характеристик зносостійкості відновленим деталям.

6. Отримання таких покриттів представляє науковий та практичний інтерес, є реально можливим та економічно доцільним, враховуючи наявність гальванічного та хіміко-термічного обладнання для їх отримання.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

20. Раємська, О.Ю. Навчально-методичний посібник до оформлення дипломного проекту, ЧТТКТ, 2013. - 16 с. іл.

21. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / упор. В. Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. - 720 с.

22. Сігова В.І., Руденко П.В. Методика локальної поверхневої обробки деталей машин: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во Сум. ДУ, 2008. - 218 с. ISBN 978-966-657-235-9.

23. Погребна Н.Е., Куцова В.З., Котова Т.В. Способи зміцнення металів: Навчальний посібник. – Дніпро: НМетАУ, 2021. - 89 с.

24. Спосіб електроконтактного приварювання стільникової зерно-порошкової металевої стрічки. Номер патенту: 105069

Опубліковано: 10.03.2016

Автори: Пархомец Глеб Романович, Устименко Микола Сергійович, Камель Георгій Іванович, Яковлев Павло Константинович, Руденко Роман Артурович.

25. Матеріалознавство: підручник / С.С. Дяченко, І.В. Дощечкіна, А.О. Мовлян, Е.І. Плешаков; за ред. . проф. С.С. Дяченко. _ Харків: ХНАДУ, 2007. - 440 с.

					MP TAM 2217060. 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		70

ДОДАТКИ

					<i>MP TAM 2217060. 000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		71

Хмельницький національний університет
Кафедра трибології, автомобілів та
матеріалознавства.

**Розробка технології нанесення
електролітичного покриття для
підвищення зносостійкості розподільчого
валу двигуна автомобіля**

Магістр гр. МТВАм 21-1

Степанюк Олексій Миколайович

Цілі та задачі магістерської роботи

Мета роботи:

на основі визначення основних дефектів розподільчих валів та методів їх відновлення розробити технологію зміцнення відновлених розподільчих валів нанесенням електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору.

Постановка задачі

Тому вирішувались такі **задачі**:

1. Науково обґрунтувати використання технології нанесення електролітичних покриттів з додаванням твердих часточок нітриду бору.
2. Дослідити залежність впливу властивостей нанорозмірних частинок твердої фази на властивості отриманих покриттів.
3. Встановити зв'язок характеристик одержаних електролітичних покриттів з властивостями відновлених розподільчих валів
4. Запропонувати технологію нанесення електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору.

Об'єктом досліджень є зношені розподільчі вали легкових автомобілів

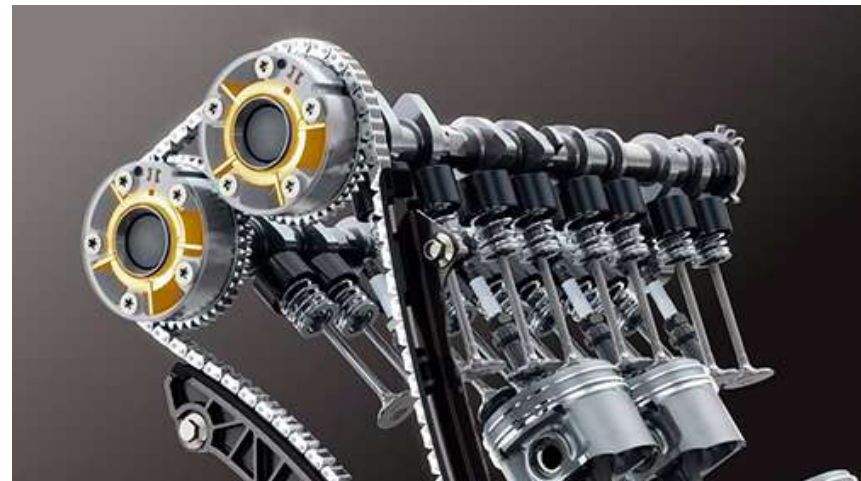
Методи досліджень.

Заплановані дослідження для виконання поставлених цілей проведені за сучасними методиками, які базуються на математичному апараті, використанні пакетів комп'ютерних програм та сучасного обладнання і матеріалів для проведення досліджень і обробки результатів експериментів.

Предмет досліджень - технологія відновлення зношених розподільчих валів нанесенням електролітичних покриттів на основі нікелю з додавання часточок нітриду бору.

Наукова новизна роботи: В роботі науково обґрунтована технологія підвищення зносостійкості відновлених розподільчих валів нанесенням електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням наночасточок твердої фази.

Принцип дії розподільчого валу двигуна



Розподільчий вал та принцип його дії

Основні елементи розподільчого валу



Основні елементи розподільчого валу.

Матеріали і технології ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ

Розподільчі вали **виготовляють із сталей та чавунів**.
Переважно використовують сталі марок 40, 45, 45Х,
для важко навантажених колінчатих валів дизелів -
40ХНМА, 18ХНВА та інші.

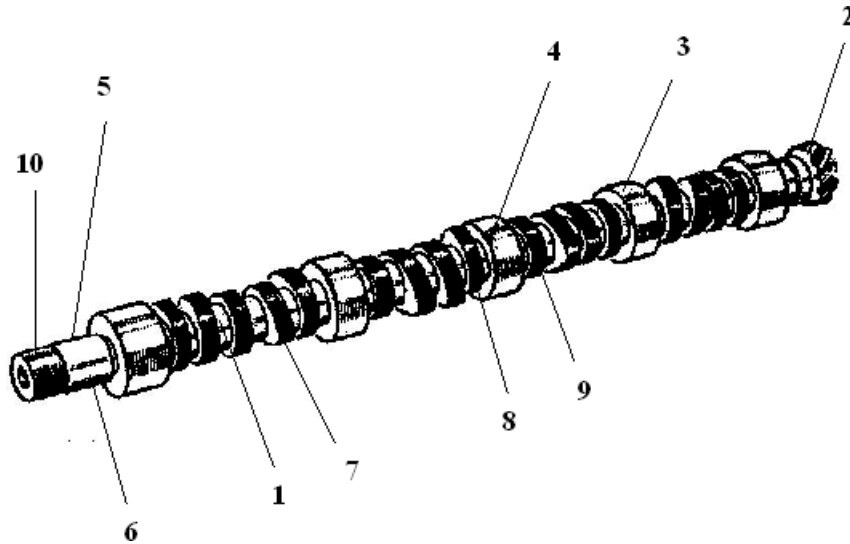
Чавунні розподільчі вали виготовляють методом лиття з
високоміцного чавуну марок ВЧ 500-12, ВЧ 700-2.

Розподільчі вали для підвищення міцності піддають
гартуванню та високому відпуску.

Зносостійкість шийок та кулачків підвищують
поверхневим гартуванням струмом високої частоти, лазерним
гартуванням та хіміко-термічною обробкою - цементациєю з
наступним гартуванням та низьким відпуском.

Твердість валів по Роквеллу 50..55 HRC, Мікроструктура -
мартенсит чи троостомартенсит. Глибина загартованого шару
від 3 до 6 мм, що дозволяє використовувати під час ремонту валів
операції шліфування.

Аналіз дефектів і причин виходу з ладу.



Аналіз дефектів

1. Зовнішні поверхні мають пошкодження у вигляді обломів, чи тріщин.
2. Поверхні зубів шестерні – спрацювання.
3. Поверхні опорних шийок переважно піддаються деформуванню.
4. Поверхні опорних шийок по діаметру мають спрацювання.
5. Поверхні шийок під розподільну шестерню - спрацювання.
6. Поверхні шпонкового паза - спрацювання.
7. Поверхні впускних кулачків - спрацювання.
8. Поверхні випускних кулачків - спрацювання.
9. Поверхні циліндричної частини впускних і випускних кулачків.
10. Різьбова поверхня - спрацювання, зривання ниток різби.

Дефекти розподільчого валу



Спрацьовані кулачки, шийки, задири на шийках та кулачках.

Методи відновлення розподільчих валів

Основними способам відновлення є:

- механічна обробка,
- спосіб ремонтних розмірів,
- пластичне деформування,
- зварювання і наплавлення,
- хромування,
- залізніння (осталювання),
- нанесення синтетичних матеріалів.

Методи відновлення розподільчих валів



Плазмове наплавлення

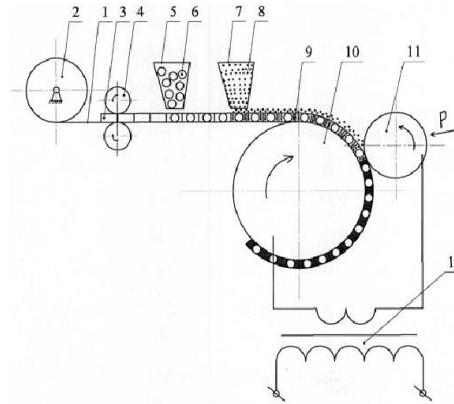
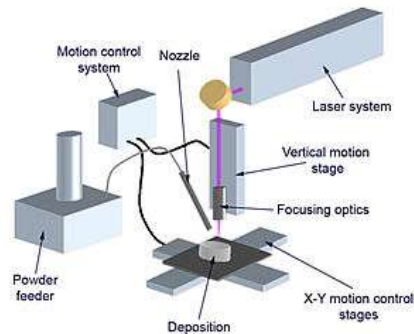
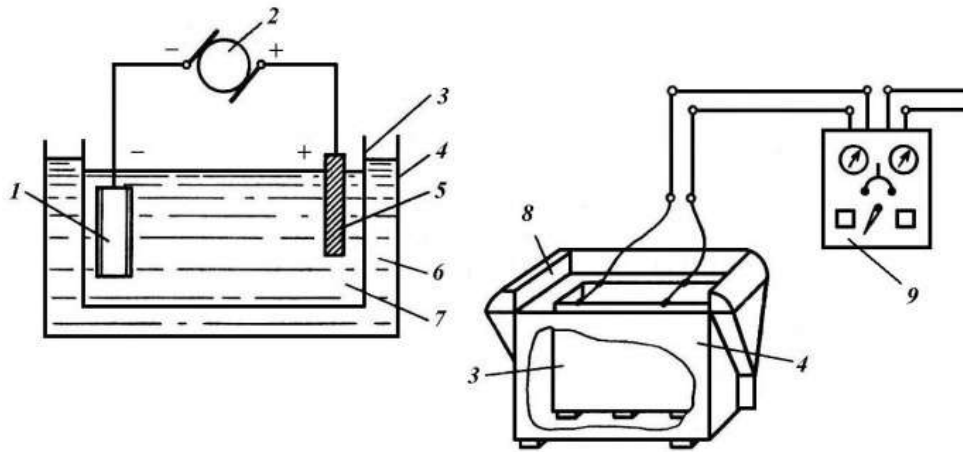


Схема електроконтактного приварювання стрічки



Лазерне наплавлення

Нанесенням електролітичних покриттів хромування, залізнінням



- 1 – деталь, що хромується;
- 2 – джерело постійного струму;
- 3 – внутрішній бак;
- 4 – зовнішній бак;
- 5 – анод;
- 6 – вода для підігріву електроліту;
- 7 – електроліт;
- 8 – бортовий відсмоктувач;
- 9 – електрощит.

Ванна для хромування:

Постановка задачі

- Виходячи з проведеного огляду способів відновлення зношених деталей треба відмітити, що їх є значна кількість. Вибір способу та методів його реалізації є також достатньо. Перевагу потрібно віддавати тим способам, які забезпечують одержання потрібних експлуатаційних властивостей та з стану і можливостей ремонтного виробництва.
- Виходячи з вищевикладеного була поставлена задача досліджень:
- **Розробити технологічний процес відновлення розподільчого валу нанесенням комплексного електролітичного покриття на основі нікелю з додаванням нанорозмірних частинок нітриду бору.**

Обладнання для проведення досліджень



Загальний вигляд оптичного мікроскопу MMP-2 для проведення мікроструктурних досліджень



Загальний вигляд камерної електричної печі для проведення термічної обробки

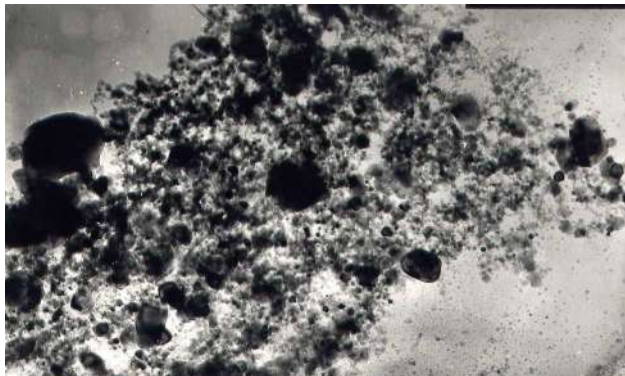
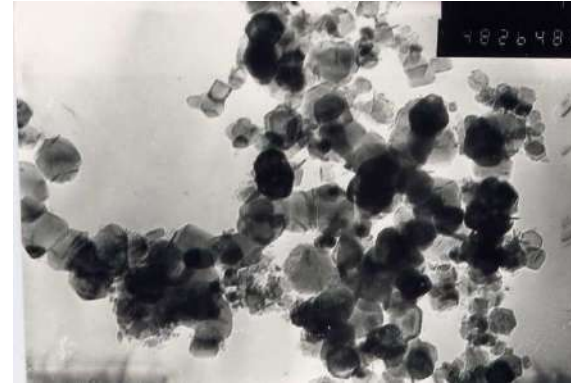
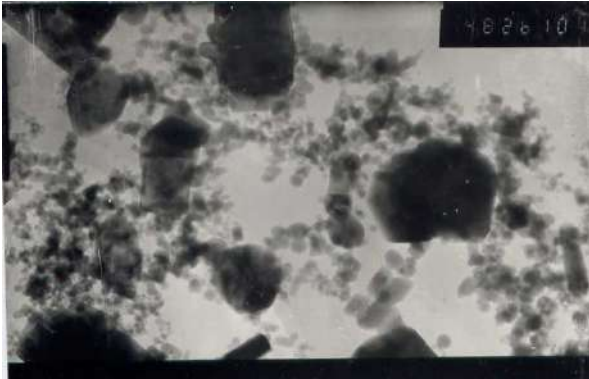


Загальний вигляд приладу ПМТ-3 для вимірювання мікротвердості



Ультразвуковий дефектоскоп Моделі **УД3701**

Експериментальні дані



Склад нанопорошків та їх сумішей наступні: BN – 100%, TiN+ Si₃N₄ (нітриду титану – 70%, нітриду силіцію – 30%).

Режими електролізу для КЕП на основі нікелю з добавкою нанопорошків

Назва параметра	Катодна густина струму	Температура електроліту	Вихід за строумом	Перемішування
Одиниці вимірювання	А/дм ²	°С	%	мкм/год
Електролітичний нікель матовий	1-2	20	95	-
КЕП на основі нікелю з добавкою нанопорошку VN	1-2	20	98	незначно
КЕП на основі нікелю з добавкою суміші нанопорошків Si ₃ N ₄ +TiN	1-2	20	96	інтенсивно

Швидкість осадження дослідних порошків

Ч а с , г о д	Ш в и д к і с т ь о с а д ж е н н я н а н о п о р о ш к і в , м л	
	BN	Si ₃ N ₄ +TiN
0,5	154	28
1	108	24
1,5	95	23
2	75	20
4	75	18
24	75	18

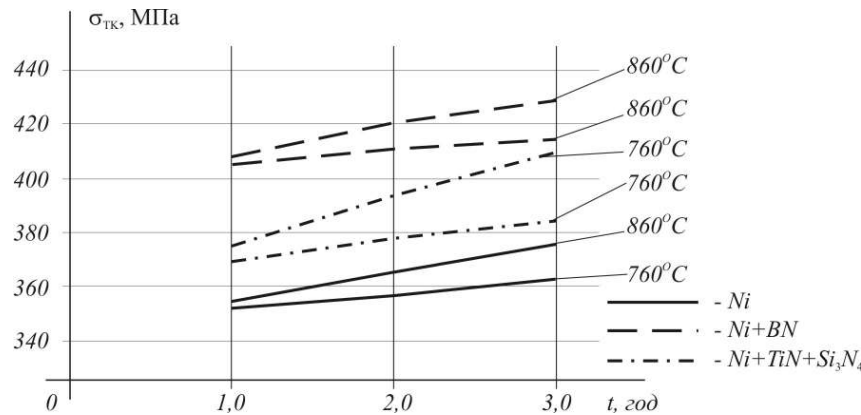
Вміст дисперсної фази в покритті

Покриття	Маса наважки покриття, г	Маса осаду, що не розчинився, г	Вміст у % дисперсної фази в покритті
Ni+BN	1	0,006	0,6
Ni+Si ₃ N ₄ +TiN	1	0,011	1,1

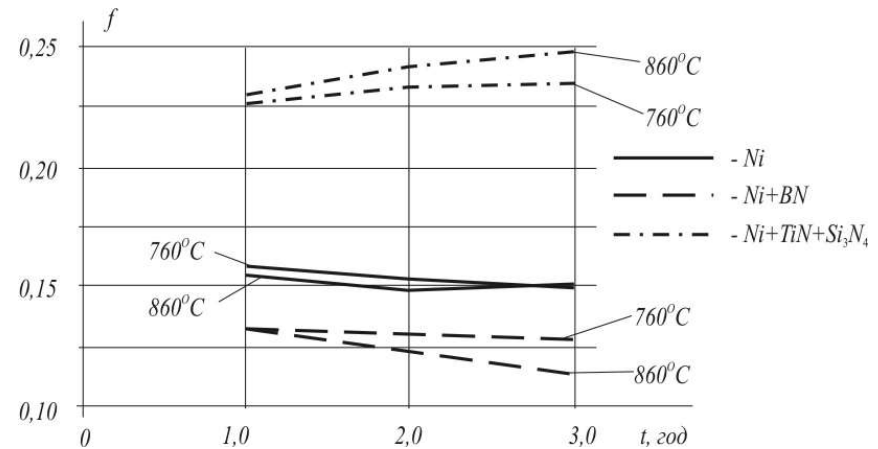
Результати досліджень механічних властивостей покриттів

Режим обробки зразку	Матеріал покриття	Гранична міцність , МПа	Коефіцієнт опору тертя
Без термооб робки		181	0,135
		276	0,073
		321	0,187
Після термооб робки, ,		352	0,158
		406	0,134
		369	0,227
Після термооб робки, ,		357	0,153
		411	0,131
		378	0,233
Після термооб робки, ,		363	0,149
		415	0,128
		386	0,237
Після термооб робки, ,		355	0,155
		408	0,133
		375	0,231
Після термооб робки, ,		365	0,148

Досліджено залежність границі міцності та коефіцієнта опору тертя покриттів від температури та тривалості процесу відпалу

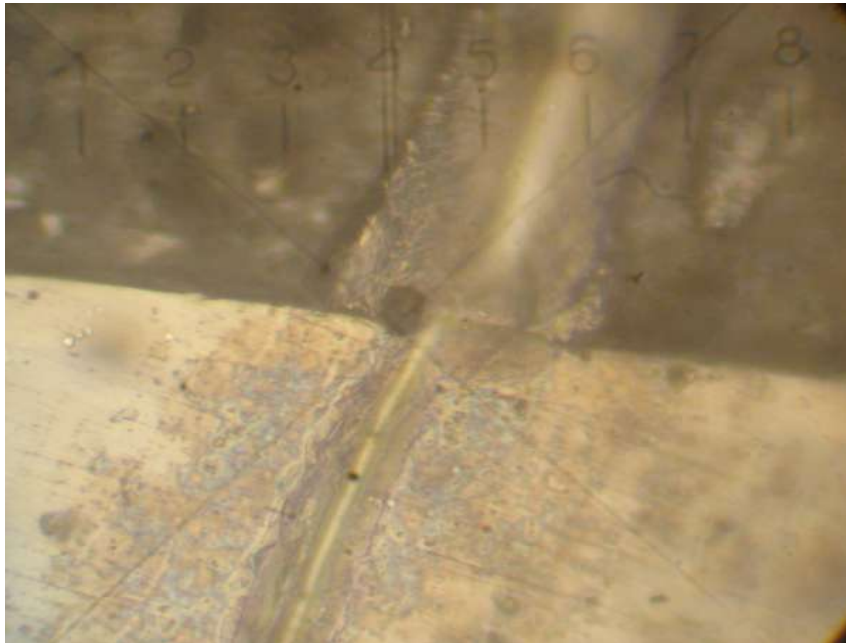


Залежність границі міцності покриттів від температури та тривалості процесу відпалу



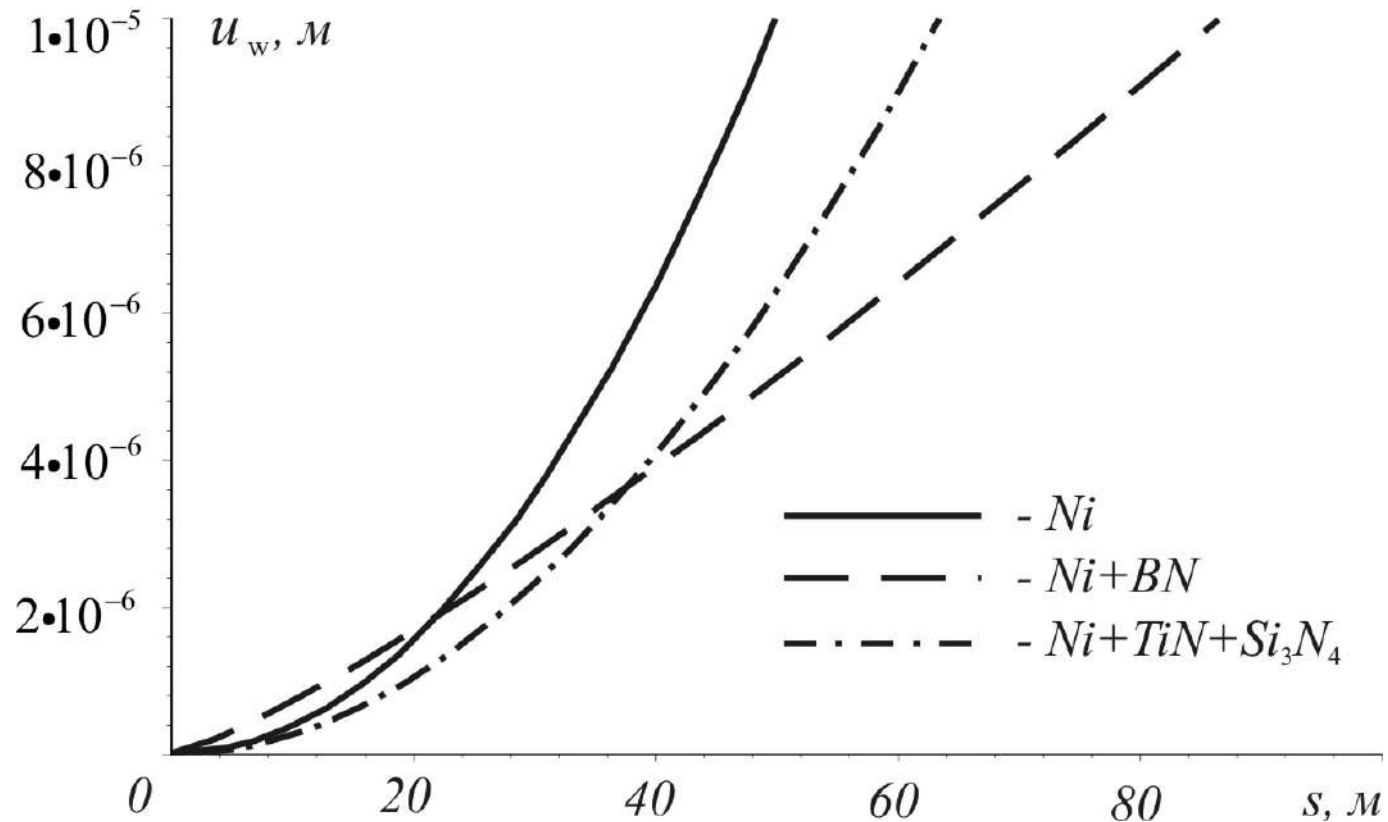
Залежність коефіцієнта опору тертю покриттів від температури та тривалості процесу відпалу

Властивості покриття

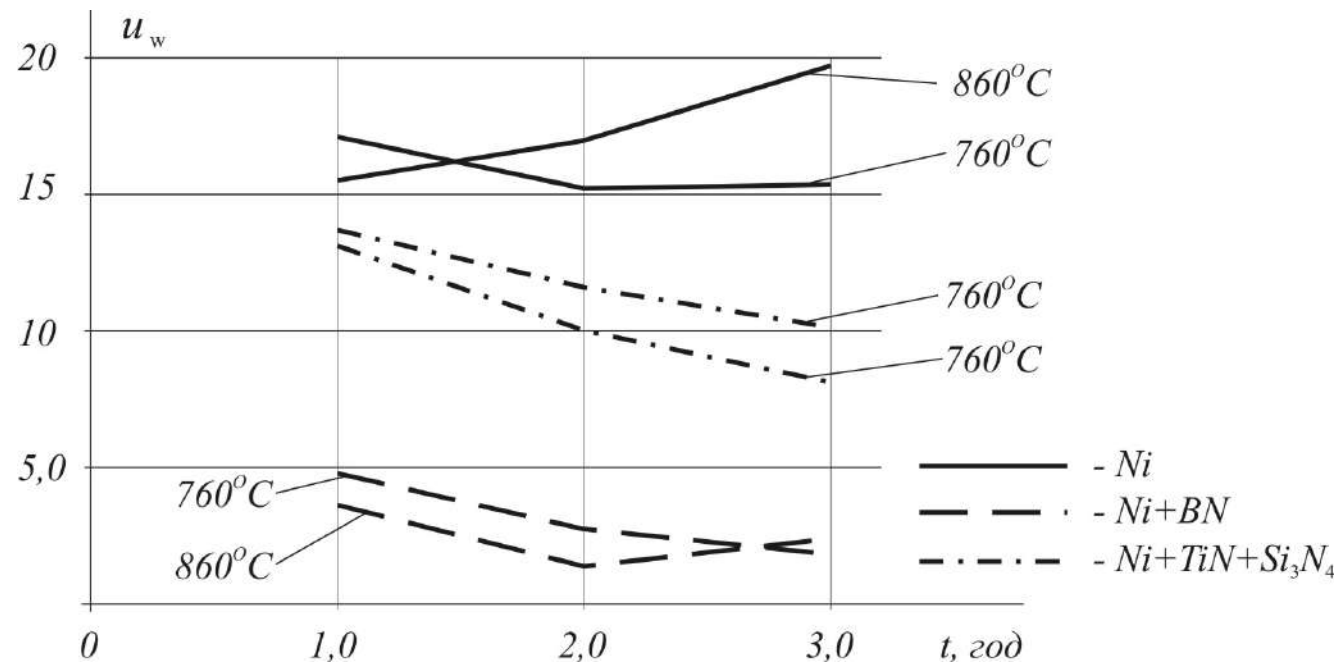


Покриття з треком для визначення адгезійної міцності (x 462)..

Залежність зношування від шляху тертя



Залежність зношування після 75 метрів від часу та температури відпалу



Технологія нанесення КЕП

1. Приготування дрібнодисперсних частинок: помол і очищення порошку. Частинки повинні мати розмір від 0,01 до 10мкм.

2. Підготовка поверхні основи для електрохімічного співвисадження металу та дисперсних частинок: шліфування для одержання заданої шорсткості поверхні; знежирення промиванням гарячою та холодною водою;

травлення, активація.

3. Приготування електролітів і приведення їх у робочий стан.

Порошки для електролітів очистити від домішок травленням в соляній кислоті та прокалити, провести їх дезактивацію.

4. Склад розробленого електроліту.

Склади електролітів для одержання КЕП на основі нікелю, г/л.

Компоненти електроліту	Номер електроліту					
	1	2	3	4	5	6
	Технологічна ознака – ступінь блиску покриття					
	Ni _к	Ni _к , Ni _с	Ni _к , Ni _с , Ni _{ср}	Ni-силт	Ni-силт	Ni-силт
Нікель сірчаноокислий	-	250-300	250-300	250-300	280-320	260-280
Нікель сульфаміново-кислий	300-400	-	-	-	-	-
Нікель хлористий	12-15	50-60	50-60	50-60	40-60	40-60
Кислота борна	25-40	25-40	25-40	25-40	30-40	30-35
Лауритсульфат натрію	0,1-1,0	-	-	-	-	-
Сахарин 0,4-бутандіол (100%)	0,5-1,5	1,0-2,0	-	1,0-1,5	0,5-2,0	0,7-1,2
Фталімід	-	0,15-0,18	0,05-0,1	-	0,08-0,25	0,2-0,3
Формалін в перерахунку на формальдегід	-	0,08-0,12	-	-	-	-
Каолін (розмір частинок 0,1-3,0 мкм)	-	-	0,1-0,3	0,1-3,0	-	-
Кремніймісна речовина	-	-	-	-	1-50	0,3-2,0
РН	-	-	-	-	0,08-50	-
РН	3,6-4,2	4,0-4,8	4,3-5,1	3,0-4,0	4,0-4,7	3,0-3,4
Катодна густина струму, А/дм ²	5-12	3-8	2-8	5-6	3-5	2-8

Висновки по роботі

1. Вибрано спосіб зміцнення розподільчих валів для підвищення їх зносостійкості – нанесення електролітичного покриття на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору.
2. Запропоновано склад електроліту для нанесення електролітичного покриття на основі нікелю, який не містить шкідливих складових, не вимагає використання дорогих і дефіцитних матеріалів та обладнання, є екологічно безпечним.
3. Розроблена технологія нанесення електролітичних покриттів на основі нікелю з додаванням нанорозмірних часточок нітриду бору забезпечує одержання високих характеристик зносостійкості відновленим деталям.

Результати досліджень можуть бути впроваджені в учбовий процес при читанні лекцій, лабораторних робіт студентам спеціальностей «Матеріалознавство» та «Автомобільний транспорт» та також запропоновані фірмі «Плотицька – Агро» для зміцнення шнеків кукурудзозбиральних комбайнів.

Під час навчання я брав участь і виконанні наукової роботи

Виступав на науково-практичній конференції ХНУ, 2021р. з доповіддю на тему: **«Використання порошків, одержаних електроерозійним диспергуванням для наплавки колінчатих валів»**

Науковий керівник – доц. Дробот О.С.

Тези доповіді: **«Використання порошків, одержаних електроерозійним диспергуванням для наплавки колінчатих валів»**

Метою дослідження було підвищення зносостійкості відновлених колінчатих валів шляхом нанесення на поверхню відновлених валів покриття плазмовим наплавленням з порошків, що одержані з відходів швидкоріжучої сталі електроерозійним диспергуванням. Досліджена зносостійкість відновлених за розробленою технологією валів. З аналізу літературних джерел встановлено, що найбільш поширеними деталями, які піддають відновленню є вали і вісі. Колінчатий вал зазнає під час роботи двигуна значного впливу дії, температури, агресивності середовища, абразивного і ерозійного зносу. Проведений аналіз показав, що основним дефектом, який обмежує ресурс деталей типу «вал» є знос, тому необхідно збільшувати зносостійкість цих деталей за рахунок підвищення характеристик міцності їх робочих поверхонь.

З практики відомо, що високою зносостійкістю володіють поверхні відновлені наплавленням. Склад порошків для наплавлення визначає основні властивості таких поверхонь. Враховуючи це з'ясовано, що найбільш перспективним в якості вихідних речовин є порошки, які одержані з відходів твердих сплавів, шарикопідшипникової сталі, швидкоріжучої сталі. Порівняно з іншими матеріалами вони містять значну кількість дорогих легуючих елементів (вольфраму, ванадію, хрому) які і забезпечують високу зносостійкість наплавленому металу. Порошок для наплавлення отримують електроерозійним диспергуванням. Спосіб є недорогий і не вимагає дорогівартісного обладнання. Покриття, нанесені з таких порошків дозволяють підвищити зносостійкість відновлених деталей у 1, 4 -1, 5 разів. Вартість відновлення вала за розробленою технологією 2 тис. грн., а новий вал коштує 6 тис. грн..

Під час навчання в магістратурі брав участь у роботі науково-практичної конференції м. Полтава,

X11-а Міжнародна науково-практична конференція «Розвиток сучасної освіти і науки: результати, проблеми, перспективи. Якісні дослідження для покращення життя людини» м. Полтава березень 2022 р.

Антифрикційні властивості гібридних карбопластиків

Дробот Ольга - кандидат технічних наук, доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету.

Степанюк Олексій Миколайович - магістрант кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету.

-
- **Доповідь закінчена. Дякую за увагу!**
-