

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань 13 – Механічна інженерія


Спеціальність 132 – Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

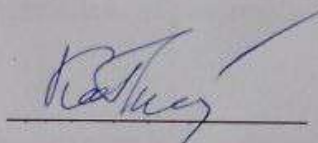
Освітньо-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів

на тему: «Сучасні способи відновлення трансмісії
автомобіля Renault»

Шифр: ДРМТВАТАМ 23.19126.000. ПЗ

Виконав студент 3 курсу, група МТВА -19-1  Андрій ПОПОВ

Керівник роботи д.т.н., проф.

 Павло КАПЛУН

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ  Олександр ДИХА

7 06 2023_р.

Хмельницький, 2023 р.

РЕФЕРАТ

У рамках випускної кваліфікаційної роботи бакалавра запропоновані сучасні способи відновлення трансмісії автомобілів Renault.

Ґрунтуючись на великому переліку літературних джерел, а також на проведеному аналізі вітчизняного та закордонного ринків, що існують патентів і корисних моделей, автором роботи була запропонована технологія для підвищення експлуатаційних характеристик деталей трансмісії автомобілів Renault.

Випускна робота бакалавра (ВРБ) складається із чотирьох розділів.

У першому розділі проведений аналіз сучасних поломок деталей трансмісії автомобілів Renault.

У другому розділі запропоноване технічне завдання на розробку технології, проведений аналіз новітніх технологій відновлення деталей трансмісії.

У третьому розділі розглянуті: особливості відновлення деталей трансмісії за допомоги вакуумних технологій; дана загальна схема технологічного маршруту; приведена функціональна схема сучасних установок ВКН; надані рекомендації з вибору обладнання, контролю та параметрів технологічного процесу.

У четвертому розділі наведена інформація з розрахунку економічної ефективності запропонованої технології.

Випускна кваліфікаційна робота складається з 65 сторінок, і містить у собі 14 ілюстрації, 15 джерел, 1 додаток.

Ключові слова: ТЕХНОЛОГІЯ, БЕЗВОДНЕВЕ ІОННО-ПЛАЗМОВЕ АЗОТУВАННЯ, УСТАНОВКА, ВІДНОВЛЕННЯ.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Факультет знань 13 – Механічна інженерія

Спеціальність – 132 Матеріалознавство

Рівень вищої освіти – Перший бакалаврський

Навчально-професійна програма – Відновлення та технічний сервіс автомобілів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

15 червня 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Попову Андрію Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові

Тема проекту (роботи) _____

Сучасні способи відновлення трансмісії автомобіля Renault»

Рівень проекту (роботи) Каплун Павло Віталійович д.т.н., професор

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

Затверджено наказом університету від 01 березня 2023р. № 5 (Д14)

Строк подання студентом проекту на кафедру 10 червня 2023 року

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

Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз стану питання; 2 Вибір технології для підвищення експлуатаційних характеристик трансмісії; 3 Технологічний процес; 4 Розрахунок ефективності запропонованої технології

Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) _____

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на флоридках

Консультанти розділів проекту (роботи)

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

Дата видачі завдання_ ----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ /п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	15.05.2023	
2	Технологічний розділ	25.05.2023	
3	Конструкторський розділ	30.05.2023	
4	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	2.06.2023	
5	Оформлення презентації бакалаврської роботи	5.06.2023	
6	Нормоконтроль бакалаврської роботи	9.06.2023	
7	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.06.2023	

студент

керівник проекту (роботи)


 Підпис

Андрій ПОПОВ
 Ініціали, прізвище

Павло КАПЛУН
 Ініціали, прізвище

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	8
1.1. Аналіз поломок силової передачі	9
1.2. Аналіз поломок куліси перемикування передач	11
1.3. Аналіз поломок зчеплення	13
1.4. Аналіз поломок валу трансмісії.....	14
2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАСМІСІЇ	17
2.1 Технічне завдання на розробку технології.....	17
2.2 Аналіз сучасних технології.....	19
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.....	32
3.1 Особливості відновлення деталей за допомогою вакуумних технологій	32
3.1.1 Способи і технологічні особливості ВКН покриттів термічним випаровуванням.....	33
3.1.2 Особливості ВКН покриттів іонним (катодним) розпиленням	36
3.2 Загальна структура технологічного маршруту відновлення деталей	44
3.3 Функціональна блок-схема і класифікація установок ВКН	46
3.4 Вибір обладнання	51
3.5 Діаграма стану залізо-азот	53
3.6 Випробування на кінетику зношування	56
3.7 Параметри технологічного процесу	57
4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	58
ВИСНОВОК.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
ДОДАТКИ.....	65

ДРАТТАМ 23.19126.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	
		Попов	<i>Попов</i>		Літ. Арк. Акрюшів
		Каплун	<i>Каплун</i>		4 65
		Реценз.			ХНУ група МТВА 19-1
		Н. Контр.	Бабак	19.06.23	
		Затверд.	Духа		

ВСТУП

За період з 2018 по 2023 роки в Україні спостерігалися певні тенденції щодо використання та ремонту трансмісій автомобілів Renault. Детальніше розглянемо зміни, що відбулися протягом цих років.

У 2018 році збільшилась популярність автомобілів Renault з автоматичною трансмісією, що відображає світову тенденцію до зручності і ефективності. Попит на ремонт цих типів трансмісій відповідно зріс, особливо в містах, де водії віддають перевагу автоматичним коробкам передач.

У 2019 році автомобільний ринок стикнувся з певними складнощами. Загальний попит на ремонт трансмісій зменшився через збільшення економічних викликів, що вплинуло на всі бренди, включаючи Renault.

У 2020 році ремонтні роботи були обмежені через пандемію COVID-19. Зменшення обсягів ремонту та обслуговування автомобілів, зокрема Renault, спричинило зниження попиту на послуги по ремонту трансмісій.

В 2021 році ринок автосервісів почав відновлюватися. Зросла потреба у послугах з ремонту роботизованих та автоматичних трансмісій, особливо для моделей Renault, які виробляються з таким типом трансмісій.

В 2022 році автомобільна індустрія продовжила демонструвати оптимістичні зміни. Зростання економічної діяльності та відродження споживчого попиту були сприятливими для розширення продажу автомобілів в Україні. Renault не став винятком і отримав схвалення споживачів, які цінують високу якість його автомобілів та доступність цін.

В контексті ремонту автомобілів, за період 2018-2023 років було відзначено зростання зацікавленості в офіційних сервісних центрах, де власники машин мали доступ до оригінальних запчастин та професійного обслуговування. У цьому відношенні Renault також задовольнив своїх клієнтів високоякісним сервісом та післяпродажним супроводом.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, за останні п'ять років, автомобільний ринок України був під впливом різних факторів, проте продажі та ремонт автомобілів, включаючи бренд Renault, продемонстрували змінну, але стабільну динаміку, відображаючи економічні та соціальні зміни в країні.

Інформація про стратегії та тренди в автомобільному сервісі стосовно відмов в роботі трансмісій Renault може допомогти зрозуміти, як виробники та сервісні центри працюють над розв'язанням проблем з трансмісією та поліпшенням якості сервісу. Далі наведено деякі загальні стратегії та тренди, які можна спостерігати в цій галузі:

Вдосконалення виробничих технологій: Автовиробники постійно вдосконалюють технології виготовлення трансмісій для забезпечення їх надійності та довговічності. Використання сучасних матеріалів та технологій допомагає знизити ризик відмов і покращує якість трансмісій.

Електронні системи управління: Сучасні автомобілі оснащені електронними системами управління трансмісіями, які забезпечують більш точний контроль роботи трансмісії та запобігають пошкодженням. Ці системи надають більше можливостей для діагностики та виявлення потенційних проблем з трансмісією.

Покращення якості обслуговування: Сервісні центри та дилери зосереджуються на наданні високоякісного сервісу та ремонту трансмісій. Це включає професійний підхід до діагностики, використання оригінальних запчастин, кваліфікований персонал та сучасне обладнання.

Розширені гарантії та програми підтримки: Автовиробники надають розширені гарантії на трансмісії, що сприяє забезпеченню спокою власників автомобілів. Деякі виробники також пропонують програми підтримки, які допомагають власникам у випадку відмови трансмісії після закінчення гарантійного терміну.

Зворотний зв'язок та вдосконалення продукту: Виробники проводять аналіз відгуків власників автомобілів та сервісних центрів, щоб

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

вдосконалювати свої трансмісії та процес обслуговування. Це дозволяє виявляти слабкі місця та рішення проблеми, які виникають з трансмісіями.

Метою ВРБ є розробка сучасного технологічного рішення для підвищення експлуатаційних характеристик елементів трансмісії автомобіля Renault.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

- розглянути елементи конструкції трансмісій автомобілів Renault;
- розробити технічне завдання, технічну пропозицію та обрати конкретний елемент;
- розглянути особливості конструкції елемента що досліджується, визначити його експлуатаційні параметри для оцінки характеристик елемента, розробити практичні рекомендації з підвищення цих характеристик;
- зробити аналіз економічної доцільності запропонованої технології.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

В автомобільній індустрії з'являється все більше інноваційних підходів і трендів, що стосуються оптимізації трансмісій автомобілів Renault. Вони впливають на всі ключові елементи трансмісії: силову передачу, кулісу перемикавання передач, зчеплення і вал трансмісії.

Силова передача: Силова передача є одним з основних елементів автомобільної трансмісії, вона перекладає обертальний момент від двигуна до коліс. Останніми роками виробники, включаючи Renault, активно вдосконалюють технології виготовлення силових передач. Вони використовують новітні матеріали, що мають високу міцність і довговічність, а також впроваджують технології, які знижують шум та вібрацію. Такі покращення сприяють зменшенню відмов і підвищенню надійності силової передачі.

Куліса перемикавання передач: Сучасні автомобілі використовують електронні системи керування для куліси перемикавання передач. Це дозволяє більш точно контролювати роботу трансмісії, мінімізувати ризик пошкоджень та підвищити ефективність роботи трансмісії. Крім того, виробники постійно вдосконалюють дизайн та ергономіку куліси перемикавання передач, щоб забезпечити максимальний комфорт для водія.

Зчеплення: Значні удосконалення було зроблено і в системах зчеплення, особливо для автоматичних трансмісій. Використання нових матеріалів і технологій, таких як двошарові зчеплення, дозволяє підвищити надійність і тривалість служби цих систем, що в свою чергу зменшує відмови трансмісії.

Вал трансмісії: Технології виготовлення валів трансмісії також вдосконалюються. Виробники, включаючи Renault, використовують новітні технології обробки металів і матеріалів для забезпечення високої міцності і довговічності валів трансмісії.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, ці підходи і тренди допомагають підвищити надійність трансмісій автомобілів Renault і знизити відсоток відмов.

Проаналізуємо кожну з цих частин трансмісії окремо.

1.1. Аналіз поломок силової передачі.

Силова передача - це критичний компонент автомобіля, який забезпечує передачу сили від двигуна до коліс. Оскільки вона постійно піддається великим навантаженням, у силовій передачі можуть виникнути різні поломки. Звичайно, вони залежать від типу трансмісії - ручної або автоматичної - але є деякі загальні проблеми, які можуть виникнути в будь-якому типі трансмісії.

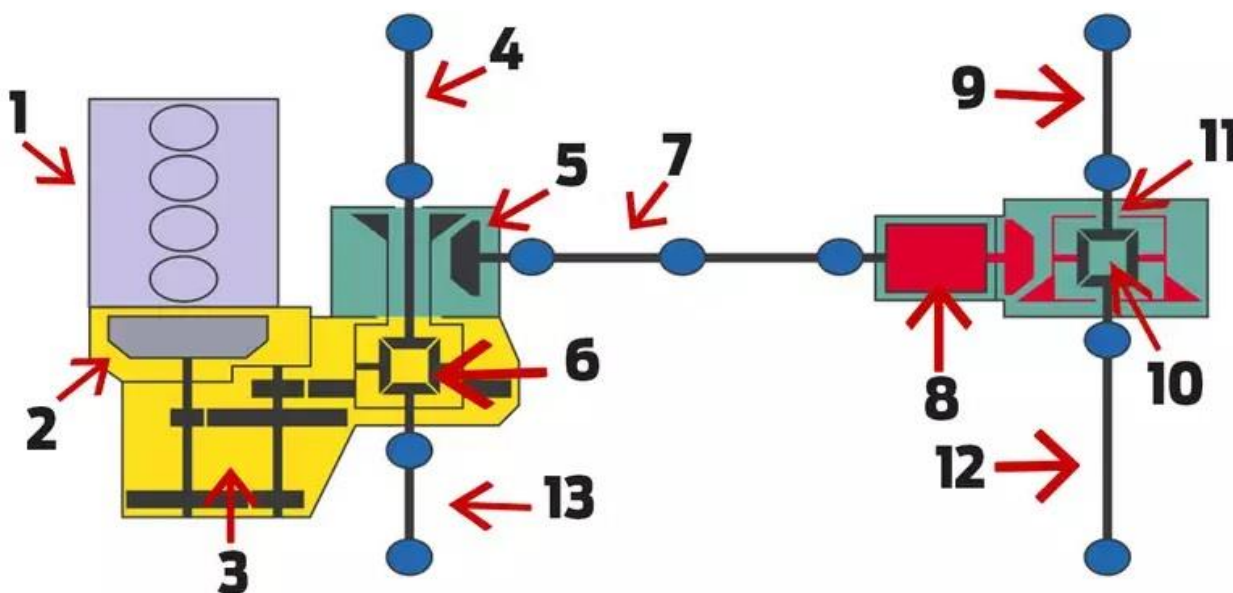


Рис. 1 – Схема трансмісії: 1-двигун; 2-зчеплення; 3-коробка передач; 4-привод правого переднього колеса; 5-кутовий редуктор; 6-межколісний диференціал передньої осі; 7- карданна передача; 8- електромагнітна муфта; 9- привод правого заднього колеса; 10-міжколісний диференціал задньої осі; 11-задній редуктор; 12-привід лівого заднього колеса; 13- привід лівого переднього колеса.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ

Арк.

9

Знос та пошкодження зубців змінювача передач

Зубці на колесах змінювача передач можуть зноситися або пошкоджуватися через постійні навантаження. Якщо вони пошкоджені або зношені, це може призвести до складностей при перемиканні передач або до нестабільності роботи трансмісії. Виправлення цього зазвичай вимагає заміни зношених частин.

Поломка підшипників

Підшипники в силовій передачі використовуються для забезпечення плавного і стабільного обертання змінювача передач. Проте, вони також можуть зноситися або пошкоджуватися, що може призвести до неприємного шуму або вібрації при русі. Виправлення цього зазвичай вимагає заміни підшипників.

Проблеми з маслом трансмісії

Масло трансмісії забезпечує змащення та охолодження частин силової передачі. Якщо рівень масла занадто низький, або якщо масло забруднене або зношене, це може призвести до перегріву та зносу компонентів трансмісії. Це може виправити заміна або долив масла.

Несправність синхронізаторів

В ручних трансмісіях синхронізатори забезпечують плавне перемикання передач. Якщо вони зношені або пошкоджені, це може призвести до "гриміння" при перемиканні передач або до того, що передача не вмикатиметься взагалі. Виправлення цього зазвичай вимагає заміни синхронізаторів.

Несправність соленоїдів

В автоматичних трансмісіях соленоїди керують потоками гідравлічної рідини для перемикання передач. Якщо соленоїд несправний, це може призвести до проблем з перемиканням передач або до роботи трансмісії в режимі "аварійного режиму". Виправлення цього зазвичай вимагає заміни соленоїдів.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці та інші поломки силової передачі можуть виникати у результаті різних причин, включаючи неправильне обслуговування, неправильне використання, недоліки виробництва або просто натуральний знос.

1.2. Аналіз поломок куліси перемикачя передач.



Рис. 2 – Куліса коробки передач рк5 6 рf6 автомобіля Renault Master Trafic

Куліса перемикачя передач є важливим компонентом трансмісії автомобіля, особливо у трансмісіях з ручним перемикачям передач. Ця складова дозволяє водію вибрати потрібну передачу для руху автомобіля. Проте, як і всі механічні компоненти, куліса перемикачя передач може зазнати зносу та поломок. Наступні є деякими з типових проблем, які можуть виникнути з кулісою перемикачя передач:

Знос або пошкодження куліси перемикачя передач

З часом, куліса перемикачя передач може зноситися або пошкоджуватися в результаті постійного використання. Пошкодження може

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ

Арк.

11

включати знос, тріщини або зламані компоненти. Це може призвести до того, є що перемикання передач стає важким, неправильним або неможливим. Виправлення цієї проблеми може вимагати заміни або ремонту куліси перемикання передач.

Проблеми з кабелем перемикання передач

Куліса перемикання передач часто пов'язана з трансмісією за допомогою кабелю. Якщо кабель стає слабким, пошкодженим або розтягнутим, це може вплинути на здатність куліси перемикати передачі. Виправлення цієї проблеми може вимагати заміни кабелю перемикання передач.

Несправність механізму блокування

Деякі куліси перемикання передач мають механізм блокування, який запобігає неправильному перемиканню передач. Якщо цей механізм несправний, він може заблокувати кулісу в одному положенні або дозволити перемикання на передачі, які можуть пошкодити трансмісію. Виправлення цієї проблеми може вимагати ремонту або заміни механізму блокування.

Поломка пружини возврату

В багатьох кулісах перемикання передач є пружина возврату, яка відтягує кулісу назад до нейтрального положення після перемикання передач. Якщо ця пружина зламана або витягнута, куліса може не повертатися до нейтрального положення, що може призвести до неправильного або важкого перемикання передач. Виправлення цієї проблеми може вимагати заміни пружини возврату.

Ці та інші проблеми з кулісою перемикання передач можуть вплинути на здатність автомобіля перемикати передачі та впливати на загальний досвід водіння. Правильна діагностика та виправлення цих проблем можуть допомогти забезпечити безпечне та ефективне функціонування трансмісії автомобіля.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1.3. Аналіз поломок зчеплення.

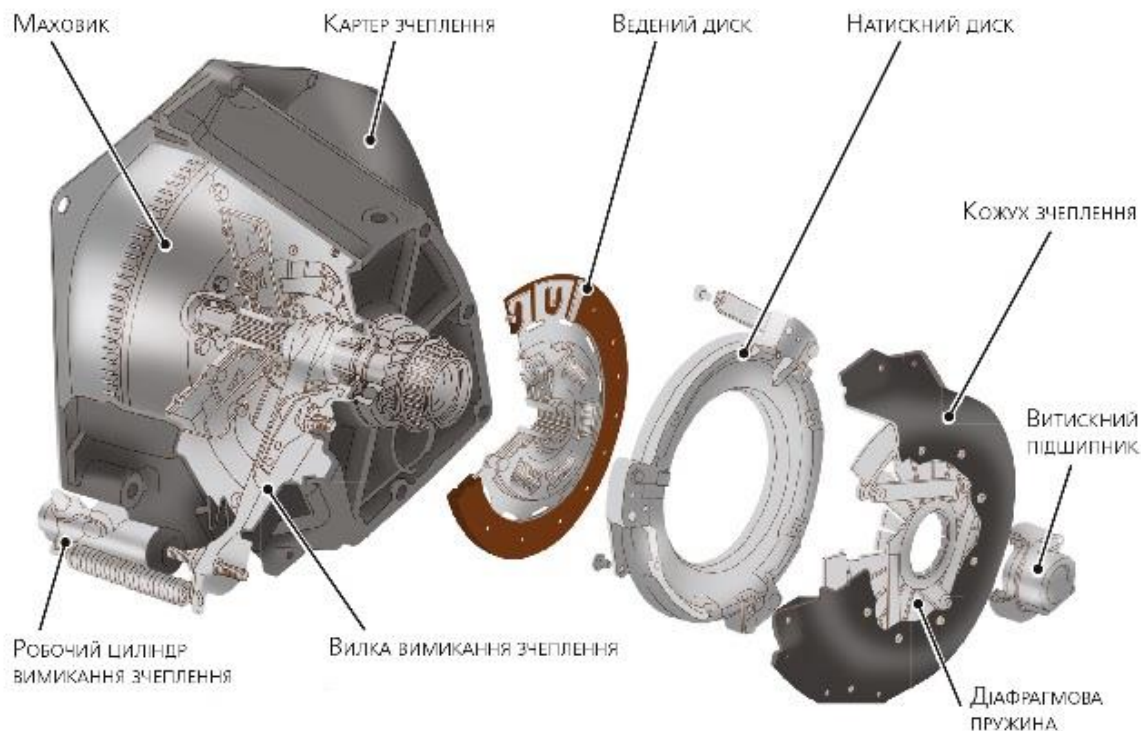


Рис. 3 – Будова однодискового сухого зчеплення

Зчеплення є важливою складовою автомобіля, яка забезпечує гладке й ефективне переключення передач. Втім, як і будь-який інший механічний компонент, зчеплення може зноситися або поламатися. Ось декілька типових поломок зчеплення, які можуть виникнути:

Знос дисків зчеплення

Диск зчеплення виконує ключову роль у процесі передачі крутного моменту від двигуна до трансмісії. З часом ці диски можуть зноситися, що призведе до зниження ефективності зчеплення та зміни характеристик водіння. У випадку серйозного зносу, автомобіль може не відгукатися на дії водія при намаганні перемкнути передачу.

Несправність гідравлічної системи

Сучасні системи зчеплення часто використовують гідравліку для передачі сили від педалі зчеплення до механізму зчеплення. Якщо гідравлічна система втрачає герметичність або має інші проблеми, це може призвести до проблем з перемиканням передач.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Втрата робочого тиску

Якщо система зчеплення не може створити достатній робочий тиск, інколи виникає проблема "проковзування зчеплення". У такому випадку, хоча педаль зчеплення і віджимається, зчеплення не від'єднується повністю, що може призвести до важкого або неможливого перемикання передач.

Пошкодження корпусу зчеплення

Корпус зчеплення служить захисним кожухом для дисків та інших внутрішніх компонентів зчеплення. Якщо корпус має тріщини, деформації або інші пошкодження, це може вплинути на роботу всієї системи зчеплення.

Несправність важеля від'єднання

Важіль від'єднання забезпечує від'єднання зчеплення від двигуна при натисканні педалі зчеплення. Якщо важіль пошкоджений або зношений, це може призвести до проблем з від'єднанням зчеплення, ускладнюючи перемикання передач.

Знос або пошкодження вилки зчеплення

Вилка зчеплення використовується для натискання на диск зчеплення для його від'єднання від двигуна. Знос або пошкодження вилки може призвести до неможливості адекватного від'єднання зчеплення, що утруднює перемикання передач.

Враховуючи всі ці можливі проблеми, важливо проводити регулярний огляд та обслуговування системи зчеплення, щоб забезпечити її правильну роботу і максимальний термін служби. Це також допоможе знизити ризик виникнення серйозних проблем, які можуть призвести до дорогого ремонту або навіть заміни системи зчеплення.

1.4. Аналіз поломок валу трансмісії.

Вал трансмісії є важливою складовою автомобільної трансмісії, яка відповідає за передачу крутного моменту від двигуна до коліс. Внаслідок постійних навантажень, вал трансмісії може зазнати зносу та поломок.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Знос підшипників

Підшипники вала трансмісії забезпечують плавне і безперебійне обертання вала. З часом підшипники можуть зноситися або пошкоджуватися внаслідок інтенсивного використання трансмісії. Зношені підшипники можуть призвести до шуму, вібрації або неправильного функціонування трансмісії. Виправлення цієї проблеми вимагає заміни зношених підшипників.

Пошкодження зубців шестерень

Шестерні вала трансмісії мають зубці, які забезпечують передачу сили та перемикання передач. При надмірному навантаженні або зносі, зубці можуть пошкодитися або зламатися. Це може призвести до складнощів у перемиканні передач або неправильного функціонування трансмісії. Виправлення цієї проблеми може вимагати заміни пошкоджених шестерень.

Знос або пошкодження муфт та синхронізаторів

Муфти та синхронізатори відповідають за плавне перемикання передач і синхронізацію обертання вала. З часом вони можуть зноситися або пошкоджуватися, що може призвести до складнощів у перемиканні передач, нестабільності в роботі трансмісії або шуму. Виправлення цієї проблеми може вимагати заміни пошкоджених муфт або синхронізаторів.

Важливо вчасно розпізнавати та виправляти поломки вала трансмісії, оскільки вони можуть впливати на ефективність, надійність та безпеку автомобіля. Регулярний технічний огляд, обслуговування та усунення проблем з валом трансмісії допоможуть забезпечити безперебійну роботу трансмісії і зберегти її працездатність.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАСМІСІЇ

2.1 Технічне завдання на розробку технології

Технологія покращення експлуатаційних характеристик деталей трансмісії, що застосовується під час технічного обслуговування та ремонту автомобілів Renault, належить до сфери відновлення технічного стану цих деталей. Цю технологію можуть використовувати сервісні центри, автомайстерні та інші відповідні організації для здійснення ремонтних робіт.

Завдання на розробку випускної кваліфікаційної роботи було видане кафедрою "Трибології, автомобілів та матеріалознавства" Хмельницького національного університету.

Розробка технології відновлення механічних деталей трансмісії передбачає дотримання таких початкових умов:

Аналіз ушкоджень: Перед розробкою технології необхідно детально проаналізувати типи ушкоджень, які зазвичай виникають у механічних деталях трансмісії автомобілів. Це можуть бути знос, тріщини, вирви, деформації та інші. Розуміння типових ушкоджень допоможе визначити оптимальні методи відновлення.

Матеріальні характеристики: Необхідно дослідити матеріальні характеристики деталей трансмісії автомобілів, такі як міцність, твердість, стійкість до зношування. Це дозволить вибрати оптимальні матеріали та методи відновлення, щоб забезпечити максимальну тривалість експлуатації.

Технологічні можливості: Розробка технології повинна враховувати наявні технологічні можливості та обладнання для проведення процесів відновлення. Це можуть бути станки для обробки, зварювання, наплавлення, термічної обробки та інші технології.

Ефективність і вартість: Розробка технології повинна бути ефективною та економічно обґрунтованою. Вона повинна забезпечувати високу якість

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

відновлення деталей при розумних витратах на матеріали, обладнання та робочу силу.

Тестування та перевірка: Розроблена технологія повинна бути піддана тестуванню та перевірці, щоб підтвердити її ефективність та надійність. Це можуть бути лабораторні випробування, випробування на практиці або спостереження в реальних умовах експлуатації.

Урахування цих вихідних умов допомагає створити оптимальну технологію відновлення механічних деталей трансмісії автомобілів з метою досягнення найкращих результатів у відновленні та тривалому функціонуванні.

Технологія для відновлення експлуатаційних характеристик деталей трансмісії автомобілів передбачає ряд процесів та методів, що залежать від стану пошкоджених деталей та їх типу. Основною метою такої технології є повернення пошкодженим деталям їхніх оптимальних робочих характеристик, забезпечення надійності та тривалого функціонування трансмісії.

До неї пред'являються наступні вимоги: Технологія відновлення механічних деталей трансмісії автомобілів передбачає комплекс заходів та процесів, спрямованих на відновлення пошкоджених або зношених деталей до оптимальних робочих характеристик. Вона має включати такі етапи:

- Діагностика та оцінка пошкоджень: Перший крок - визначення ступеня пошкоджень та зносу деталей. Це може включати візуальний огляд, вимірювання розмірів та геометрії, а також використання додаткових методів, таких як дефектоскопія або неруйнівний контроль.
- Видалення пошкоджень: Після визначення пошкоджень необхідно виконати їх видалення. Це може включати різні процеси, такі як зварювання, наплавлення, шліфування або фрезерування.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Термічна обробка: Деякі деталі можуть вимагати термічної обробки, наприклад, закалювання або відпускання, для покращення їх механічних властивостей та забезпечення оптимальної міцності.
- Обробка поверхонь: Для відновлення геометрії та поверхневих властивостей деталей можуть бути застосовані різні процеси обробки, такі як фрезерування, шліфування, полірування або хімічне покриття.
- Випробування та контроль якості: Після відновлення деталей проводяться випробування та контроль якості, щоб переконатися в їхній відповідності вимогам та стандартам. Це можуть бути механічні випробування, вимірювання розмірів, геометрії, твердості, контроль дефектів тощо.
- Збірка та повторна установка: Після успішного відновлення деталей вони збираються разом і повторно встановлюються в трансмісію з дотриманням необхідної геометрії та параметрів.

Технологія відновлення механічних деталей трансмісії автомобілів може варіюватися залежно від конкретного типу деталей, рівня пошкоджень та доступних ресурсів та обладнання. Оптимальний підхід до відновлення деталей може бути визначений спеціалістами, що мають досвід у роботі з трансмісіями та доступ до відповідного обладнання та технологій.

Технологічна документація, розроблена в рамках технічного проекту, підлягає узгодженню з керівником випускної кваліфікаційної роботи та технічними фахівцями, які запрошені керівником роботи.

2.2 Аналіз сучасних технологій.

Технологія відновлення механічних деталей трансмісії автомобілів передбачає застосування різноманітних процедур та методів, спрямованих на відновлення або покращення робочих характеристик пошкоджених деталей. Основні етапи такої технології можуть включати наступні кроки.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- **Діагностика:** Спочатку проводиться діагностика для визначення стану пошкоджених деталей, виявлення несправностей та оцінки обсягу необхідного ремонту.
- **Розбирання:** Трансмсія розбирається для доступу до пошкоджених деталей.
- **Очищення:** Поверхні деталей очищаються від забруднень, окалини та інших накладень.
- **Відновлення:** Застосовуються різні методи відновлення, такі як поверхнева обробка, зварювання, шліфування, виправлення та заміна. Відновлення може включати покриття поверхонь, видалення пошкоджень, вирівнювання деталей або заміну непридатних деталей новими.
- **Збирання:** Відновлені або нові деталі збираються разом для складання трансмісії автомобіля.
- **Випробування:** Відновлену трансмісію перевіряють шляхом проведення випробувань для виявлення можливих несправностей та переконання у її надійності та правильному функціонуванні.

Технологія відновлення механічних деталей трансмісії автомобілів може варіюватися в залежності від конкретного типу деталей, їх стану та типу коробки передач. Кожний випадок потребує індивідуального підходу та професійної оцінки фахівців для вибору оптимальних методів відновлення та забезпечення надійної роботи трансмісії автомобіля.

Покращення поверхневих характеристик деталей є важливою складовою процесу відновлення механічних елементів коробки передач. Ця процедура включає в себе різноманітні методи та технології, спрямовані на відновлення або покращення якості поверхні деталей. Основні методи покращення поверхні включають наступні:

Ціанування: також відома як ціанідне осадження або газове ціанування, є одним із методів хімічного покриття металевих поверхонь для покращення

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

їхніх властивостей. Ця технологія широко використовується в різних промислових галузях, включаючи автомобільну, електронну, машинобудівну та інші галузі, де важливо забезпечити захист металевих деталей від корозії та зносу.

Процес ціанування включає взаємодію металевої поверхні з ціанідним розчином, що містить розчинений метал або його сполуки. Зазвичай використовуються ціаніди металів, таких як цинк, нікель або кобальт. Процес відбувається при високих температурах, часто під дією пари ціаніду, алкалію або інших хімічних сполук.

Основні кроки технології ціанування включають:

Підготовка поверхні: Перед ціануванням поверхня металу повинна бути очищена від бруду, жиру, окалини та інших забруднень. Це можна зробити за допомогою хімічних розчинів, абразивних матеріалів або механічного оброблення, яке забезпечує гладку поверхню.

Іммерсія в розчин: Очищену металеву деталь піддають зануренню в ціанідний розчин. Розчин містить розчинений метал або його сполуки, які реагують з поверхнею металу, утворюючи новий шар на поверхні.

Формування покриття: Під впливом хімічних реакцій на поверхні металу утворюється тонкий шар нового матеріалу. Цей шар може мати різні властивості, такі як міцність, стійкість до корозії, антифрикційність або декоративний вигляд, в залежності від використовуваного розчину та умов ціанування.

Обробка після ціанування: Після формування покриття металева деталь може пройти додаткові обробки, такі як промивання, нейтралізація розчину, сушіння або додаткове покриття іншими матеріалами для поліпшення властивостей покриття.

Технологія ціанування має кілька переваг, серед яких:

Зносостійкість: Ціанідне покриття може покращити міцність та стійкість до зносу металевих деталей, забезпечуючи тривалу експлуатацію.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висока стійкість до корозії: Покриття, отримане за допомогою ціанування, забезпечує високий рівень захисту металу від впливу негативних середовищ та корозії.

Естетичний вигляд: Залежно від типу ціанування, можливо надати поверхні металу декоративний вигляд, що додає значення зовнішньому вигляду продукту.

Широкий спектр застосувань: Технологія ціанування використовується в різних галузях, включаючи виробництво автомобілів, машинобудування, електроніку, медичну техніку та інші сфери, де важливо забезпечити захист та покращення властивостей металевих поверхонь.

Проте, важливо враховувати потенційні ризики та небезпеки, пов'язані з ціануванням, такі як токсичність ціанідних сполук та необхідність дотримання високих стандартів безпеки та екологічних норм при використанні ціанідних розчинів.

Узагальнюючи, технологія ціанування є ефективним методом покриття металевих поверхонь з метою поліпшення їхніх властивостей, забезпечення захисту від корозії та зносу, а також надання декоративного вигляду.

Цементування: є одним з методів покращення поверхневих характеристик механічних деталей. Це процес, в результаті якого на поверхню деталей наноситься шар вуглецю, що сприяє покращенню їх міцності та зносостійкості.

Основний принцип цементування полягає у використанні хімічної реакції між деталлю та спеціальними матеріалами, які містять вуглець. Цей процес зазвичай виконується при високих температурах (близько 900-950 °C) протягом тривалого часу, залежно від розміру та типу деталей.

Основні етапи процесу цементування включають:

Підготовка деталей: Деталі піддаються очищенню від забруднень, оксидного шару та інших відкладень, що можуть перешкоджати процесу цементування.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Нанесення цементуючої суміші: На поверхню деталей наноситься спеціальна суміш, яка містить вуглець та інші добавки. Ця суміш може містити речовини, які відповідають за появу активних атомів вуглецю.

Термічна обробка: Деталі, покриті цементуючою сумішшю, піддаються нагріванню до високої температури. Це може відбуватися в спеціальних печах або промислових установках. Тривалість нагрівання залежить від типу деталей та бажаної глибини проникнення шару вуглецю. Під час нагрівання відбувається хімічна реакція між вуглецем з цементуючою суміші та поверхнею деталі, що призводить до утворення вуглецевого шару.

Охолодження: Після завершення термічної обробки деталі охолоджуються повільно, щоб уникнути деформацій або напружень в матеріалі.

Обробка поверхні: Після цементування деталі можуть піддаватися додатковим обробкам, таким як полірування, шліфування або видалення надлишків вуглецевого шару.

Цементування дозволяє створювати твердий та стійкий до зносу вуглецевий шар на поверхні деталей, тим самим покращуючи їхню міцність та тривалість служби. Цей метод широко використовується у виробництві автомобільних передач, зубчастих коліс, шестерень та інших механічних компонентів, де вимагається висока зносостійкість і міцність.

Карбуризація: є одним із методів покращення поверхневих характеристик механічних деталей. Вона використовується для зміцнення поверхневого шару деталей, забезпечуючи їм високу міцність та стійкість до зносу.

Карбуризація полягає в процесі насичення поверхневого шару деталей вуглецем шляхом введення вуглецю в метал. Цей процес відбувається при підвищених температурах і в присутності вуглецевих джерел, таких як вуглецевий газ або тверді вуглецеві сполуки.

Основні етапи технології карбуризації включають:

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Підготовка деталей: Деталі піддаються очищенню від забруднень та окисних шарів. Це може включати процеси деоксидування та очищення в кислотних розчинах.

Карбурізаційний процес: Деталі розташовуються в спеціальній камері або печі, в якій створюється середовище з вуглецевим джерелом. Це може бути вуглецевий газ або тверді вуглецеві сполуки, які виділяють вуглецевий газ при підвищених температурах. Деталі піддаються обробці протягом певного часу і при певних температурах, щоб відбулася дифузія вуглецю в метал.

Охолодження та закріплення: Після завершення карбурізаційного процесу деталі охолоджуються і закріплюються, щоб забезпечити стійкість отриманого поверхневого шару.

Результатом карбурізації є формування вуглецевого шару на поверхні деталей. Цей шар містить вуглець, який розчинений в металі та утворює вуглецеві сполуки, такі як карбіди. Вуглецевий шар забезпечує зміцнення поверхні деталі, покращує її зносостійкість, твердість та стійкість до корозії.

Переваги карбурізації включають:

Покращення міцності: Карбурізація забезпечує зміцнення поверхневого шару деталей, що покращує їхню міцність та стійкість до механічного зносу.

Зносостійкість: Вуглецевий шар, утворений під час карбурізації, забезпечує покращену стійкість деталей до зносу, забезпечуючи тривалу експлуатацію.

Підвищена твердість: Карбурізація підвищує твердість поверхневого шару деталей, що робить їх менш схильними до подряпин та зносу.

Контрольоване впровадження вуглецю: Процес карбурізації дозволяє точно контролювати товщину та вміст вуглецю в поверхневому шарі деталей, що дозволяє налаштувати їхні характеристики відповідно до потреб.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування карбурізації поширене в автомобільній, машинобудівній, електротехнічній та інших галузях промисловості, де потрібно покращити міцність та зносостійкість механічних деталей.

Нітрування: є одним з методів покращення поверхневих характеристик механічних деталей. Вона використовується для підвищення їх міцності, зносостійкості та стійкості до корозії. Нітрування включає процес хімічного насичення поверхні деталей азотом, що призводить до утворення азотних сполук, що зміцнюють поверхневий шар.

Основні етапи технології нітрування:

Підготовка деталей: Деталі піддаються ретельній очистці від забруднень та окалини. Це може включати декапаж, шліфування або дроблення поверхні.

Підготовка азоту: Нітрування вимагає наявності азоту. Азот може бути постачаний у формі аміаку, амідів або газу, в залежності від конкретної методики технології.

Нагрівання: Деталі піддаються нагріванню до високої температури (зазвичай в діапазоні 450-600 °C), щоб створити сприятливі умови для процесу нітрування. Нагрівання може здійснюватися у спеціальних печах або азотних реакторах.

Нітрування: У процесі нагрівання деталі знаходяться в контакті з азотом, що сприяє його впровадженню у поверхневий шар деталі. Це відбувається через хімічні реакції між азотом та компонентами поверхні деталі.

Охолодження: Після завершення процесу нітрування деталі охолоджують до кімнатної температури. Охолодження може здійснюватися природним шляхом або шляхом швидкого охолодження в спеціальних розчинах.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Післяобробка: Після нітрування деталі можуть піддаватися різним післяобробкам для поліпшення їхніх властивостей. Це може включати полірування, хімічні обробки або змащення.

Переваги нітрування:

Збільшення міцності поверхневого шару деталей, що підвищує їхню зносостійкість та довговічність.

Покращення стійкості до корозії та окислення завдяки утворенню азотних сполук на поверхні деталей.

Збільшення твердості поверхневого шару, що сприяє зменшенню зносу та подовженню терміну служби деталей.

Можливість збільшення розмірів деталей під час процесу нітрування, що дозволяє уникнути витрат на подальшу обробку.

Технологія нітрування широко застосовується в автомобільній, машинобудівній та інших промислових галузях для покращення якості та тривалості функціонування деталей, що піддаються високим навантаженням та зносу

Хромування: Технологія хромування є одним з методів покращення поверхневих характеристик механічних деталей. Цей процес використовує гальванічне осадження шару хрому на поверхню деталей з метою поліпшення їхньої міцності, стійкості до корозії та зносу.

Основні етапи технології хромування включають:

Підготовка поверхні: Перед початком процесу деталь піддається ретельній очистці, щоб видалити всі забруднення, жир та інші речовини з поверхні. Це може включати миття в розчинах лужних або кислотних розчинників, видалення іржі або окислів.

Розчини для хромування: В процесі хромування використовуються спеціальні розчини, що містять хромові солі. Ці розчини можуть містити також додаткові речовини, які впливають на якість та властивості отриманого покриття.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Гальванічне осадження: Під час осадження шару хрому на поверхню деталей використовуються електролітичні процеси. Деталь підключається до анода, тоді як катодом є електрод з хромовим покриттям. Під впливом електричного струму утворюється шар хрому на поверхні деталі.

Регулювання параметрів: Під час процесу хромування контролюються різні параметри, такі як температура розчину, склад електроліту, струмова щільність, час осадження. Це дозволяє досягти бажаних властивостей покриття, таких як його товщина, гладкість та рівномірність.

Фінішна обробка: Після завершення хромування деталь проходить фінішну обробку, що включає видалення зайвого матеріалу та полірування поверхні. Це допомагає досягти високої якості покриття та бажаного зовнішнього вигляду.

Технологія хромування застосовується для відновлення зношених або пошкоджених деталей, а також для покращення їхньої стійкості до корозії та зносу. Вона широко використовується в автомобільній промисловості, машинобудуванні, виробництві електроніки та інших галузях, де необхідно забезпечити високу якість та довговічність деталей.

Гальванічне нанесення покриття: Технологія нанесення гальванічних покриттів є одним з методів покращення поверхні механічних деталей. Цей процес використовує електрохімічні реакції для осадження тонкого шару металу на поверхню деталей з метою покращення їхніх властивостей та забезпечення захисту від корозії та зносу.

Основні етапи технології нанесення гальванічних покриттів включають наступні кроки:

Підготовка поверхні: Перед нанесенням покриття деталь потребує підготовки поверхні, що включає очищення від забруднень, жирів та інших речовин. Це може включати використання розчинників, розмочувачів або спеціальних хімічних препаратів.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Електроліт: Використовується електроліт - розчин, який містить іони металу, що буде осаджуватися на поверхню деталі. Електроліт містить також додаткові хімічні речовини, які контролюють процес осадження та забезпечують якість покриття.

Електроди: В процесі гальванічного осадження використовуються два електрода - катод та анод. Деталь, на яку буде осаджуватися метал, виступає як катод, тоді як анодом є метал, з якого буде осаджуватися покриття.

Електролітичне осадження: Під час осадження включається джерело постійного струму, яке створює електричне поле між електродами. Під впливом цього поля іони металу з електроліту прив'язуються до поверхні деталі (катода), утворюючи покриття. Товщина покриття контролюється тривалістю осадження та інтенсивністю струму.

Післяобробка: Після завершення процесу осадження поверхневий шар може бути підданий додатковій післяобробці, яка включає видалення зайвих матеріалів, полірування або захисне покриття.

Гальванічні покриття можуть бути виконані з різних металів, таких як нікель, цинк, хром, мідь та інші. Вибір металу для покриття залежить від вимог до деталі, таких як стійкість до корозії, зносостійкість, електропровідність та естетичний вигляд.

Гальванічні покриття широко застосовуються в автомобільній промисловості, машинобудуванні, електроніці та багатьох інших галузях, де вимагається покращення властивостей поверхні деталей та захист від впливу зовнішнього середовища.

Іонно-плазмове азотування:

Технологія іонно-плазмового покриття (ІПП) є ефективним методом покращення поверхневих характеристик механічних деталей. Цей процес включає в себе впровадження атомів одного матеріалу в поверхневий шар іншої деталі за допомогою іонів, що утворюються в плазмі.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Технологія ІПП здійснюється у вакуумній камері, де створюється плазма шляхом іонізації робочого газу, такого як аргон. Потім використовуються високовольтні розряди для прискорення іонів та їх направлення на поверхню деталі. Після зіткнення з поверхнею, іони вбираються в матеріал, утворюючи покриття.

Основними перевагами технології ІПП є:

Покращення міцності: Іони, вбираючись в поверхневий шар матеріалу, зміцнюють його структуру та покращують міцність деталі. Це особливо важливо для деталей, які піддаються великому зносу або механічним навантаженням.

Зниження тертя і зносу: Іони, вкрай маленькі за розміром, можуть заповнити пори та нерівності на поверхні деталі, зменшуючи тертя та знос. Це сприяє покращенню тривалості експлуатації деталей та зниженню витрат на підтримку та обслуговування.

Захист від корозії: Покриття, утворене за допомогою ІПП, може створювати захисний шар на поверхні деталі, який захищає її від корозії та окислення. Це особливо важливо для металевих деталей, які піддаються впливу агресивних середовищ.

Покращення термічних характеристик: ІПП може покращити термічну стійкість деталей, дозволяючи їм витримувати високі температури без деформацій чи пошкоджень. Це особливо корисно для деталей, що працюють в умовах високих температур або піддані значному термічному навантаженню.

Технологія ІПП знаходить широке застосування в автомобільній, авіаційній, машинобудівній та інших галузях промисловості. Вона дозволяє покращити якість та тривалість роботи деталей, знизити витрати на їх заміну та підтримку. Однак, вибір відповідного методу ІПП та параметрів процесу вимагає ретельного вивчення властивостей матеріалів та конкретних вимог до деталей.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроіскрове легування: це процес відновлення або поліпшення поверхні механічних деталей за допомогою електричних іскор, що виникають між робочим інструментом (електродом) та оброблюваною деталлю. Цей метод також відомий як електроіскрове наплавлення, електроіскрове змащення або електроіскрове покриття.

Процес електроіскрового легування включає такі основні етапи:

Підготовка: Перед початком процесу деталь та інструмент (електрод) піддаються попередній підготовці. Деталь очищається від забруднень, окисних плівок та інших недоліків. Електрод також піддається попередньому обробленню для забезпечення необхідної форми та властивостей.

Налаштування обладнання: Електроіскровий апарат налаштовується для проведення процесу. Встановлюються параметри, такі як струм, напруга, частота іскор, тривалість розряду та інші величини, які впливають на процес електроіскрового легування.

Проведення іскор: Після налаштування обладнання починається процес електроіскрового легування. Між електродом та деталлю створюється іскровий розряд, який виникає внаслідок високої електричної напруги. Цей розряд приводить до плавлення поверхні деталі та розплавлення матеріалу електроду.

Нанесення матеріалу: Під час іскрового розряду матеріал електроду розплавляється та наноситься на поверхню деталі. Розплавлений матеріал електроду переходить на поверхню деталі у вигляді мікроскопічних крапель або шарів. Цей процес дозволяє відновити пошкоджені або зношені ділянки поверхні, а також змінити хімічний склад поверхневого шару деталі.

Фінішна обробка: Після нанесення матеріалу іскровий розряд припиняється. Деталь піддається фінішній обробці, яка може включати шліфування, полірування або обробку іншими методами для досягнення необхідної гладкості, геометрії та якості поверхні.

Переваги електроіскрового легування включають:

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висока точність: Завдяки можливості контролювати іскровий розряд, можна досягти високої точності нанесення матеріалу на деталь.

Мінімальний вплив на основний матеріал: Електроіскрове легування дозволяє наносити шари матеріалу з мінімальним нагріванням деталі, що допомагає уникнути деформацій або зміни властивостей основного матеріалу.

Висока зносостійкість: Нанесений шар матеріалу зазвичай має високу твердість та міцність, що покращує зносостійкість деталей та тривалість їх експлуатації.

Широкий спектр застосування: Електроіскрове легування можна використовувати для відновлення пошкоджених деталей, поліпшення характеристик поверхні, вирівнювання геометрії, створення захисного покриття та багато інших цілей.

Електроіскрове легування є ефективною технологією для відновлення деталей та поліпшення їхніх робочих характеристик. Воно широко застосовується в автомобільній промисловості, машинобудуванні, аерокосмічній галузі, електроенергетиці та інших сферах, де потрібно забезпечити надійну та довговічну роботу механічних деталей.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						31
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

Закінчивши працю над літературними джерелами зупиняю свій вибір на застосуванні технології відновлення деталей трансмісії автомобіля Renault вакуумними технологіями, а саме: термічним випаровуванням, імпульсним розпиленням, магнетронним розпиленням, реакційним вакуумним розпиленням, іонно-плазмовим азотуванням, через його переваги та доступністю до установок в Хмельницькому національному університеті.

3.1 Особливості відновлення деталей за допомогою вакуумних технологій.

Сучасні тенденції у виборі методів осадження покриттів з заданими властивостями базуються на критеріях продуктивності, економічної ефективності, можливості керування процесом та його автоматизації у виробничих умовах.

На етапі розробки технологічного процесу для підвищення працездатності взаємодіючих елементів, необхідно спочатку визначити характер зношування, що дозволить правильно підійти до вибору матеріалів, поверхневих шарів та методу їх створення. Наприклад, для інструментів, які піддаються сильному абразивному зношуванню, рекомендується використовувати високотверді покриття з карбїду титану. У випадку адгезійного зношування слід використовувати покриття з нітриду титану, яке уникає прилипання до оброблюваного матеріалу.

При оцінці розроблюваних покриттів необхідно врахувати експлуатаційні фактори, такі як тип руху, швидкість, контактні навантаження, тривалість роботи та температура. Також необхідно розглянути структуру системи та умови взаємодії пар тертя. На основі проведеного аналізу визначаються умови та параметри випробувальної системи (ВС). За трибологічними характеристиками, такими як стан зношених поверхонь, теплові параметри, коефіцієнт тертя, величина зносу та вібрації, обирається відповідний критерій моделювання. Отримані дані ВС

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

струму ДЗ, яке надає негативний потенціал на виріб. Змінюючи напругу джерела ДЗ, здійснюють активацію і очищення поверхні виробу. Найважливішим параметром цього процесу є потужність дуги, яка може досягати 10 кВт і більше, що забезпечує високу продуктивність напилення. Практично повністю іонізований потік пари дозволяє отримати покриття з високою адгезією і когезією без додаткового нагрівання виробу.

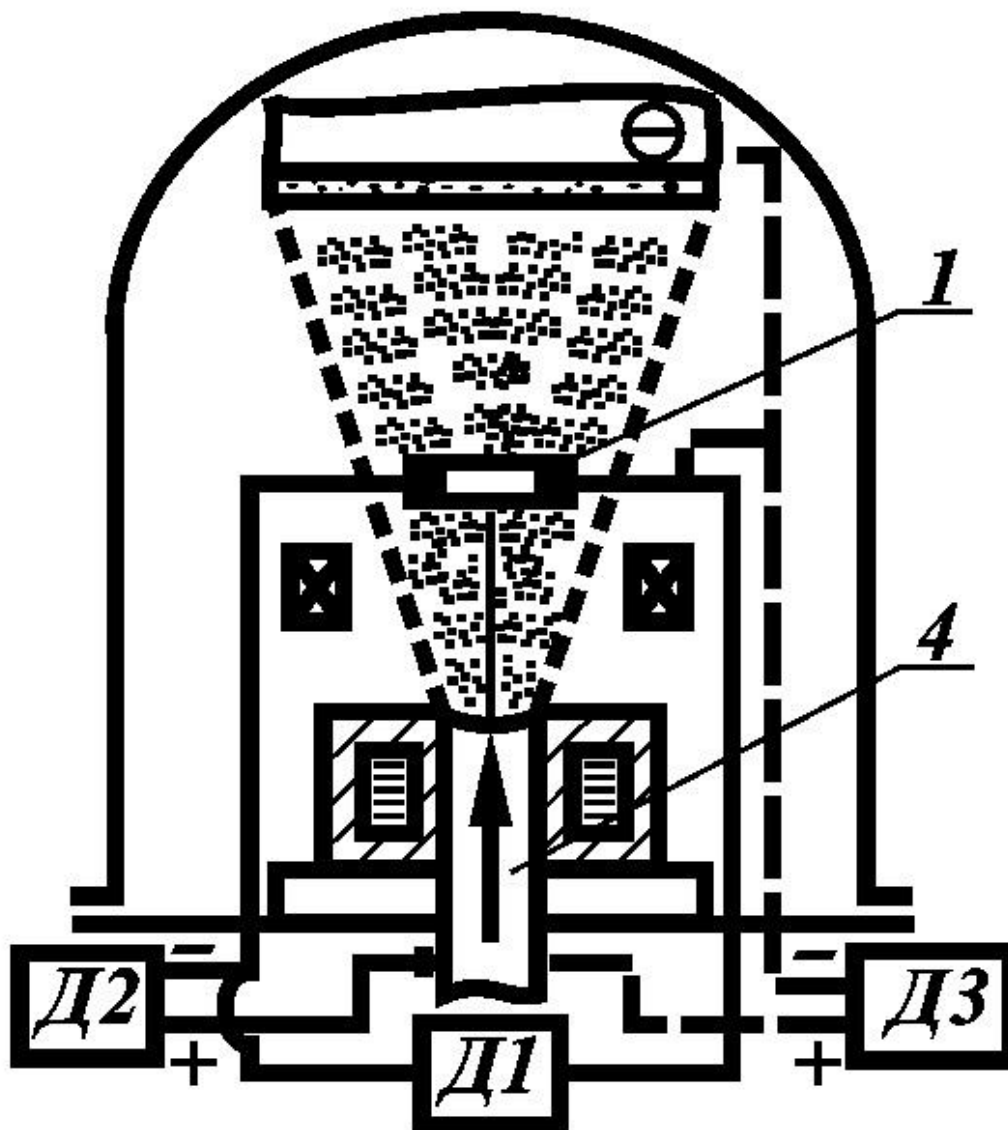


Рис. 6 – Електронна гармата з кільцевим катодом: 1 – катод електронної пушки; 2 – анод електронної пушки; 3 – електронний промінь; 4 – стрижень розпилюваного матеріалу; Д1 – джерело живлення термокатада 1; Д2 – високовольтне джерело живлення; Д3 – низьковольтне джерело живлення

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ

Арк.

35

3.1.2 Особливості ВКН покриттів іонним (катодним) розпиленням

Однією з перспективних сфер застосування вакуумного напилення є підвищення стійкості оброблювального інструменту. Найпоширенішими серед вакуумних технологій відновлення деталей машин є метод магнетронного розпилення та вакуумно-дугового нанесення покриттів. Ці методи застосовуються, зокрема, при нанесенні антифрикційних покриттів на вкладиші підшипників ДВЗ.

Розпилюваний матеріал піддається обстрілу прискореним потоком позитивно заряджених іонів. Цей процес називається катодним розпиленням, оскільки розпилюваний матеріал виконує роль катода в тліючому розряді, який зазвичай відбувається при тиску в камері $1 \dots 10^{-1}$ Па. Для утворення позитивних іонів у розряді використовують аргон або інші гази, які вводяться до камери за допомогою спеціального пристрою. Якщо використовуються активні гази, такі як азот або оксид вуглецю, то відбувається реакційне напилення покриттів. Для розпилення діелектриків їх розміщують на провідній основі.

Розпилення катода відбувається шляхом вибивання атомів і молекул через прямий удар позитивних іонів з поверхнею розпилювання. Також розпилювання відбувається за рахунок енергії, що виділяється в області удару. Під час удару іон передає частину своєї енергії кристалічній решітці розпилюваного матеріалу, що призводить до розпилення, якщо енергія іона перевищує певне порогове значення, залежне від матеріалу, і становить від 1 до 100 електрон-вольт. Розпилення відбувається з глибини матеріалу до 8 нм (20 атомних шарів), і переважно утворюються нейтральні атоми і молекули. Приблизно 1% частинок має заряд (позитивний або негативний).

Застосування тріодної схеми іонного (катодного) розпилення (рис. 7, а) дозволяє підвищити рівень іонізації робочого газу у тліючому розряді і, отже, збільшити кількість іонів, які бомбардують розпилюваний матеріал.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гарячий катод 3 виконує роль додаткового джерела електронів. Щоб стимулювати розряд, катод 3 і анод 5 підключають до високовольтного джерела живлення з напругою 1,0...2,0 кВ. За допомогою магнітних котушок 6 електронам надають складний рух, що сприяє найефективнішій іонізації газу у тліючому розряді. Магнітне поле котушок впливає головним чином на рух електронів, тоді як рух іонів практично не зазнає впливу, оскільки вони мають більшу масу за електрони. Під впливом магнітного поля електрони рухаються навколо магнітних ліній по спіралі, що збільшує ефективну довжину їх шляху та ступінь іонізації робочого газу.

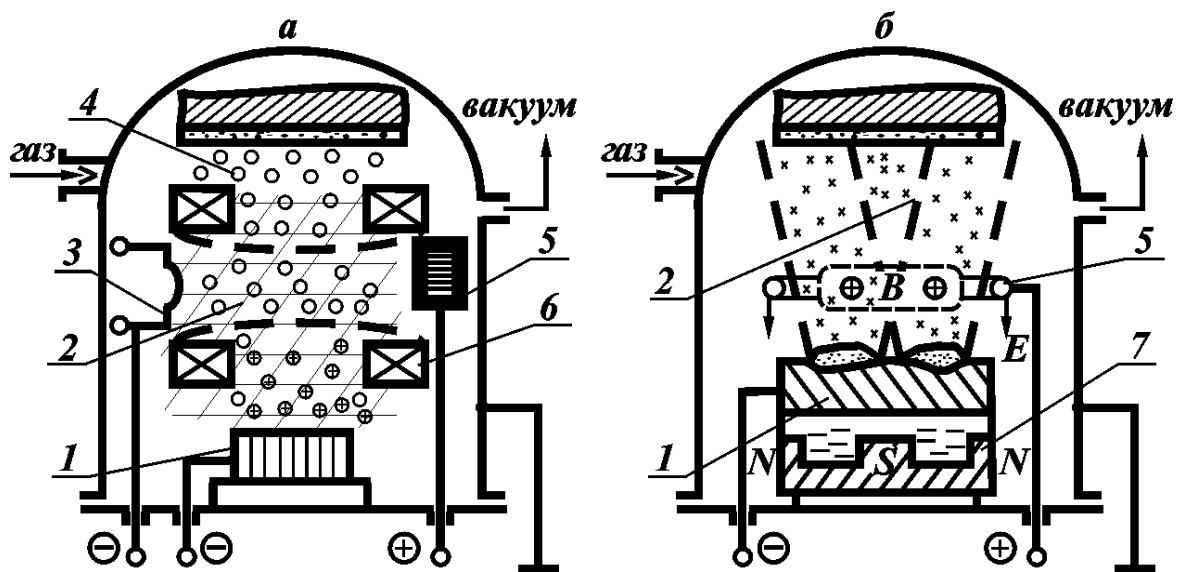


Рис. 7 – Триодна – а і магнетронна – б схеми розпилення:

1 – розпилюваний матеріал (катод); 2 – тліючий розряд; 3 – гарячий катод;
4 – потік напилюваних частинок; 5 – анод; 6 – магнітна котушка; 7 – магніт;
N, S – полюси магніту; E – напруженість електричного поля; B – силові лінії

Допоміжний катод, анод і магнітні котушки утворюють генератор плазми тліючого розряду, що працює незалежно від розпилюваного матеріалу та виробу, на який наноситься покриття. Розпилюваний виріб можна розмістити поруч з плазмою розряду або всередині неї. Так як напруга на розпилюваному матеріалі (катоді) не впливає на розряд, що утворює плазму, це дає гнучкість у виборі форми та положення розпилюваного

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ

Арк.

37

катода. Розпилюваний матеріал (холодний катод) підключається до негативного потенціалу з напругою 0,7...1,0 кВ. Створюються умови для прискорення іонів з області гарячого катода у напрямку розпилюваного матеріалу. Оскільки анод має позитивний потенціал щодо поверхні нанесення покриття, рух електронів у напрямку цієї поверхні та її нагрівання практично відсутні. Тріодна схема розпилення катода дозволяє усунути недоліки діодної схеми, а процес напилення виконувати при меншому тиску робочого газу (10^{-1} Па або нижче). Продуктивність процесу зростає в кілька разів. Подальше збільшення густини іонного потоку та швидкості розпилення забезпечує магнетронна система (рис. 7, б). Особливістю є розміщення постійних магнітів 7 під розпилюваним матеріалом (катодом) 1. Силкові лінії у формі дугообразних ліній замикаються між полюсами N-S, утворюючи неоднорідне магнітне поле. Анод 5 розміщений над катодом у формі кільця. Застосування постійної напруги (300...1000 В) між катодом 1 і анодом 5 створює електричне поле з напруженістю E , що збуджує тліючий розряд. Силкові лінії електричного поля перпендикулярні поверхні катода і магнітним силовим лініям B . Електрони від катода під впливом схрещених полів електричного і магнітного полів рухаються по циклоїдальним траєкторіям, багаторазово зіткнувшись з атомами робочого газу і інтенсивно його іонізують. Після значного втрати енергії електрони потрапляють на анод. Складний замкнутий рух електронів спричиняє збільшення концентрації бомбардуючих іонів навколо поверхні катода. Зона інтенсивного розпилення набуває закритої форми, розмір та форма якої визначаються геометрією магнітної системи. В межах зони у формі кільця ступінь іонізації робочого газу наближається до 100%, що дозволяє досягти густини струму до 10...20 мА/см² та швидкості розпилення, подібної до електронно-променевого або вибухового розпилення катода дугою низького тиску. Максимальна швидкість розпилення визначається теплопровідністю матеріалу катода та умовами його охолодження, що запобігає його

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фракції. Цей метод дозволяє просто управляти параметрами процесу і властивостями конденсату завдяки наявності високо іонізованої складової в продуктах ерозії катода. Вакуумно-дугове напилення дозволяє отримувати якісні покриття з різних матеріалів, сплавів і надтвердих з'єднань шляхом прямого синтезу без утворення побічних продуктів з високою адгезією покриття до оброблюваної поверхні.

Для вакуумної дуги, що використовується в технологічних системах напилення плівок і масивних покриттів, характерні низька напруга горіння розряду, велика щільність струму в області катодної прив'язки, висока концентрація плазми в прикатодній області, генерація високошвидкісних плазмових струменів з катодної плями, а також кратера розплавленого металу та наявність субструктури в катодній плямі.

Вакуумний розряд утворюється внаслідок трьох стадій: пробивання, іскра і дуга. Кожній з цих стадій приділяється багато уваги у відповідних дослідженнях. Однак, ці стадії існують не як окремі явища, але як послідовні етапи вакуумного розряду. Дослідники з Харківського фізико-технічного університету провели роботи, в яких вони вперше описали всі три стадії розряду у вакуумі з однієї фізичної позиції. Вони показали, як ці стадії послідовно переходять одна в одну. Вони визнали фундаментальну роль мікробухів на катоді, які призводять до вибухової емісії електронів (ВЕЕ). Під час ВЕЕ вибуховий процес відбувається досить короткочасно, і випромінювання електронів відбувається в окремих порціях, які називаються ектонами. Кожен ектон супроводжується руйнуванням поверхні катода, що в результаті перетворюється на кратер, а також вибухом розплавленого металу у вигляді струменя краплин та плазмового струменя, що поширюються у вакуумній камері. Усі іонізаційні процеси відбуваються на відстані 1-5 мікрометрів від катода, і при подальшому поширенні плазмового струменя їхній іонний склад практично не змінюється.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при конкретних умовах роботи. Наприклад, використання спеціальних сталей або ковкого сплаву, які мають високу міцність і твердість.

2. Поліпшення гідродинамічних характеристик. Це може бути досягнуто шляхом оптимізації конструкції підшипника, зміни форми канавок мастильного простору або використання спеціальних поверхневих покриттів, які поліпшують розподіл мастила.
3. Зміна конструктивного виконання підшипника. Це означає зміну геометрії, матеріалу або властивостей підшипника для покращення його зносостійкості. Наприклад, використання шарикопідшипників зі зменшеною кількістю контактних точок або використання подвійних підшипників для розподілу навантаження.
4. Профілізація поверхні тертя. Це означає створення спеціального рельєфу або структури на поверхні підшипника, яка поліпшує розподіл тиску і зменшує знос.
5. Підвищення чистоти зв'язаних поверхонь. Це включає усунення домішок, частинок або іржі з поверхонь тертя, щоб уникнути абразивного зносу.
6. Підвищення точності виготовлення і зборки деталей пари тертя. Це означає забезпечення високої точності обробки і монтажу підшипників, що дозволяє досягти оптимального розміщення і взаємодії компонентів.
7. Вибір оптимального мастила для даної пари і умов експлуатації. Це означає використання спеціального мастила з підвищеною стійкістю до зношування та оптимальними властивостями змащування.
8. Застосування покриттів, які сприяють припрацюванню. Це може бути застосування покриттів, що формуються при роботі підшипника і забезпечують його оптимальне пристосування до умов тертя.
9. Застосування заходів для захисту поверхонь тертя від абразивних частинок. Це означає використання фільтрів, сепараторів або інших заходів для утримання абразивних частинок подалі від поверхонь тертя.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Застосування цих методів може значно підвищити зносостійкість пари шийка колінчастого валу - підшипник ковзання і забезпечити його ефективну та надійну роботу протягом тривалого періоду часу.

3.2 Загальна структура технологічного маршруту відновлення деталей.

У ремонтному виробництві, готову деталь отримують шляхом проведення механічної обробки ремонтної заготовки. Для створення ремонтної заготовки потрібно виконати дві групи технологічних операцій. Перша група включає підготовку поверхні до відновлення, таку як слюсарна обробка, обробка на металорізальних верстатах або електрофізикохімічна обробка. Друга група операцій включає безпосередньо процес відновлення.

Основні етапи розробки технологічних процесів виготовлення або ремонту виробів визначені ГОСТ 14.301-83. Під час проектування технологічних процесів відновлення деталей необхідно вирішувати цілий комплекс завдань. Вибір оптимального варіанта технологічного процесу є одним з найважливіших етапів проектування.

В загальному випадку, технологічний процес відновлення деталей машин можна представити у вигляді блок-схеми:



Рис. 8 – Загальна структура технологічного маршруту відновлення деталей

Розробка технологічних процесів залежить від типу виробництва. У виробництві з одиничним і дрібносерійним виробництвом детальні розробки технологічних процесів виконуються головним чином для великих деталей.

Це зумовлено економічною неефективністю розробки детальних технологічних процесів для середніх і дрібних деталей через велику різноманітність таких деталей і обмеженість кількості технологів. У такому випадку технологія виконання операцій і переходів визначається кваліфікацією робітників.

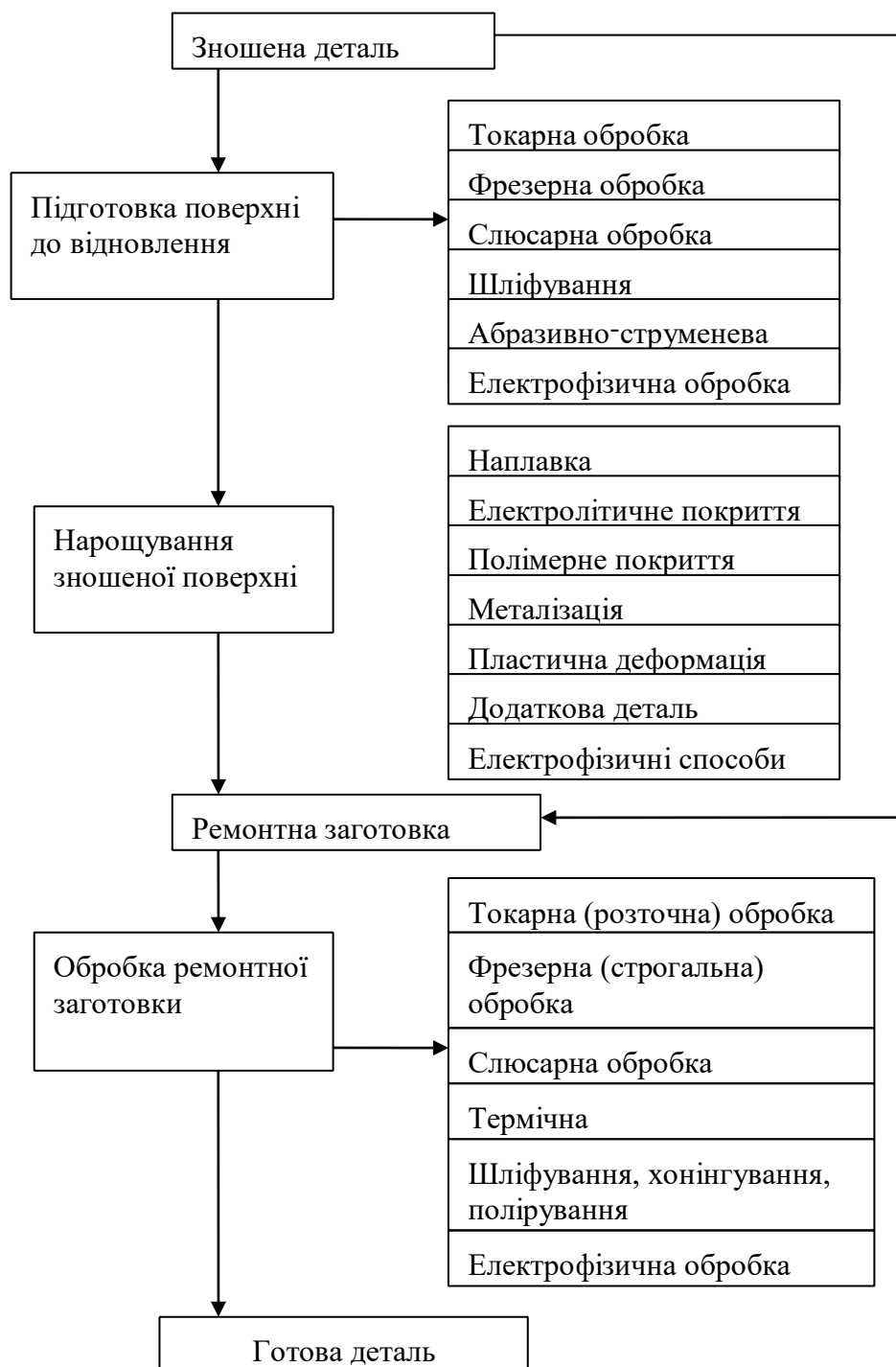


Рис. 9 – Основі операції технологічного маршруту відновлення деталей

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.3 Функціональна блок-схема і класифікація установок ВКН

У світовій практиці для виконання процесу вакуумного катодного напилення (ВКН) покриттів використовуються різноманітні установки різних типів і модифікацій. Однак, в принципі, всі ці установки містять основні системи, пристрої і прилади, які включають:

Вакуумну систему, яка складається з робочої камери і засобів для відкачування повітря з неї.

- Випарні або розпилюючі пристрої, що є джерелом потоку напилюваних частинок.
- Систему електроживлення, яка забезпечує подачу потрібної напруги та струму на розпилюваний матеріал.
- Системи живлення робочим газом, охолодження водою і підігрівання, які регулюють температуру і умови процесу.
- Транспортні пристрої і технологічна оснастка, які використовуються для переміщення деталей або матеріалів у межах установки.
- Системи контролю і регулювання параметрів процесу, які забезпечують стеження і налагодження параметрів, необхідних для отримання бажаних властивостей покриття.
- Інші допоміжні прилади і пристрої, які можуть включати системи вакуумного вимірювання, системи фільтрації повітря, системи безпеки тощо.

Ці компоненти складають основну структурно-технологічну схему установок для ВКН покриттів, яка може змінюватися в залежності від конкретних потреб і вимог процесу.

Установки для вакуумного катодного напилення (ВКН) є складними комплексами, і тому одним з ключових вимог до них є надійність і високі техніко-економічні показники. Одним з найважливіших елементів установки є генератор потоку напилюваних частинок, який може бути реалізований за

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Широкий спектр технічних випарників використовується в світовій практиці ВКН покриттів. Це обумовлено багатьма факторами, включаючи хімічну природу випарюваного матеріалу, температуру і швидкість випаровування, стабільність процесу, форму випаровування матеріалу (моноліт, порошок, дріт), масову ємність завантаження, напрямок парового потоку, тривалість процесу напilenня та інші фактори.

Найпростіші випарники для ВКН є резистивними випарниками прямого нагрівання. Вони виготовляються промисловим способом з фольги, дроту або тугоплавких матеріалів, які мають високу температуру плавлення і низький тиск пари. Резистивні випарники прості у виготовленні і експлуатації, але мають обмежену кількість випаровуваного матеріалу та контактну взаємодію з ним.

Випарники тигельного типу з зовнішнім резистивним нагріванням забезпечують високу продуктивність процесу і стабільну температуру. У таких випарниках не вдається уникнути контактної взаємодії випаровуваного матеріалу з матеріалом тигля, який виготовляється з вольфраму, молібдену, тугоплавких оксидів (ZrO , BeO , Al_2O_3), нітриду бору, графіту та інших матеріалів. Тиглі для випарників з індуктивним нагріванням виготовляють з тугоплавких і електропровідних матеріалів, таких як графіт, бориди, карбіди.

При запуску тигельних випарників спостерігається інтенсивне газовиділення та виплескування розплавленого матеріалу за межі тигля. Цьому можна запобігти шляхом попередньої дегазації тигля. Також у випарниках з індуктивним нагріванням виплескування за межі тигля може відбуватися через міграцію рідкого матеріалу у магнітному полі індуктора. Цьому запобігають за допомогою бар'єрних покриттів на торці тигля, які не змочуються розплавленим матеріалом при температурі його випаровування.

Електронно-променеві гармати, які відносяться до складних споживачів електричної енергії, отримали найбільше поширення для ВКН покриттів термічним випаровуванням. Для живлення прожектора гармати

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при струмі 0,01-1,5 А. Також потрібен трансформатор для підвищення напруги, трьохфазний випрямляч струму і фільтр згладжування пульсацій струму, захисні системи тощо. Напруга на виході джерела, керована тиристорним регулятором, спочатку збільшується до значення, необхідного для запалювання тліючого розряду (1-2 кВ), а потім зменшується до значення 0,3-0,5 кВ, що необхідне для підтримання тліючого розряду.

3.4 Вибір обладнання.

Для проведення іонного азотування і оксиазотування використовувалася експериментальна установка "УАТР-1", яка призначена для хіміко-термічної обробки конструктивних елементів. Вона включає розрядну камеру, систему вакуумування, газове та енергетичне забезпечення, а також систему контрольно-вимірювальних приладів.

Технологічний процес дифузійного насичення характеризується чотирма технологічними параметрами, які можна добре керувати. Ці параметри включають склад насичуючого середовища, температуру, тиск у розрядній камері та тривалість процесу дифузійного насичення.

Особливістю цієї установки є використання безводневих газових сумішей (наприклад, суміші азоту з аргоном) під час процесу азотування. Це дозволяє уникнути водневого окрихчення поверхні металу. Застосування безводневих середовищ вимагає використання особливо чистих насичуючих газів (з чистотою 99,99%) і герметичності системи газопостачання та вакуумної камери. Навіть невелика кількість кисню (0,1%) може спричинити утворення оксидів на поверхні металу і значно знизити дифузію азоту в метал.

Установка також має кисневий уловлювач в системі газозабезпечення, який нейтралізує залишковий кисень у насичуючому середовищі перед його потраплянням у вакуумну камеру. Це необхідно для забезпечення високої якості азотованого шару на поверхні металу.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Застосування тліючого розряду у процесі дифузійного насичення дозволяє прискорити процес та змінити кінетику та якісні параметри азотованого шару. Це впливає на фізико-механічні характеристики і фазовий склад шару, що дозволяє покращити експлуатаційні властивості конструктивних елементів, зокрема їх зносостійкість.

3.5 Діаграма стану залізо-азот.

Діаграма стану залізо-азот є графічним зображенням залежності фазових структур і властивостей сплаву залізо-азот від температури та концентрації азоту. На цій діаграмі представлені різні фази, їх структура і залежність від умов термодинамічного рівноваги.

У діаграмі стану залізо-азот присутні такі основні фази:

1. Альфа-залізо (α -Fe): це стійка фаза заліза при низьких температурах. У цій фазі атоми заліза упаковані у кубічну просторову решітку. Азот може вступати у розчин у цій фазі, утворюючи твердий розчин заліза з азотом.
2. Гамма-залізо (γ -Fe): це стійка фаза заліза при високих температурах. Вона має більш щільну кубічну кристалічну структуру, в порівнянні з альфа-залізом. У цій фазі також може відбуватися розчин азоту.
3. Азотиди заліза: при високих концентраціях азоту утворюються різні азотиди заліза, такі як Fe_3N , Fe_2N і Fe_4N . Ці сполуки можуть мати різні структури та властивості.

Діаграма стану залізо-азот також включає області фазових переходів, розчинність азоту у різних фазах, лінії рівноваги, криві охолодження і нагрівання, зони евтектичних реакцій та інші важливі відомості.

Ця діаграма є важливим інструментом для розуміння поведінки сплаву залізо-азот та оптимізації умов його виробництва та застосування. Вона дозволяє прогнозувати фазові переходи, властивості і структуру сплаву залізо-азот при різних температурах і концентраціях азоту.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаграма стану системи Fe-N має велике практичне значення в зв'язку з широким використанням азотування та нітроцементування сталі в промисловості. Залізо утворює нітриди $\text{Fe}_4\text{N}(\gamma')$, $\text{Fe}_2\text{N}(\zeta)$, ϵ -фазу та метастабільний нітрид Fe_{16}N_2 (азотистий мартенсит).

Розчинність газоподібного азоту у ферриті при тиску 0,1 МПа в діапазонах температур 700...900 °С (α -Fe) та 1392...1539 °С (δ -Fe) можна описати рівнянням: $\lg N = -1700/T - 30$, де N - азот, % (ат.).

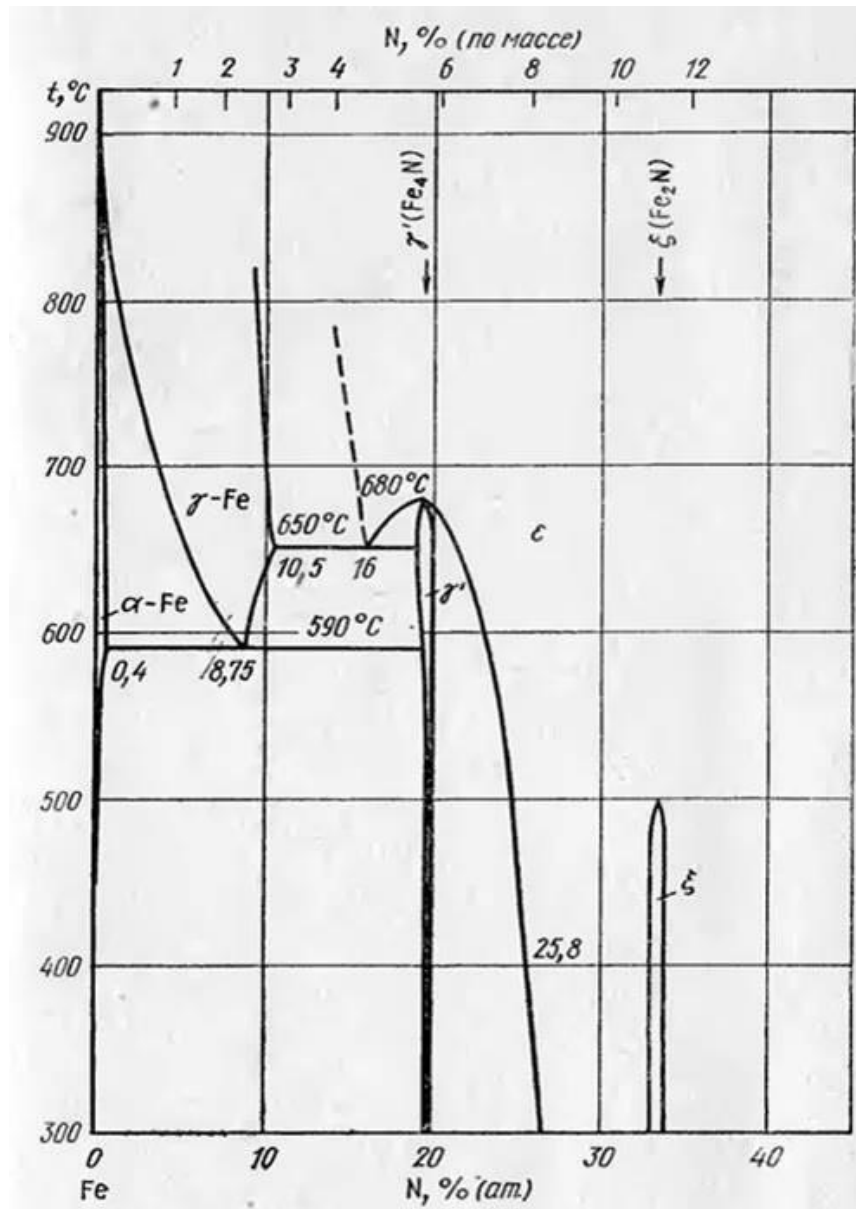


Рис. 13 – Діаграма стану залізо-азот

Розчинність газоподібного азоту в аустеніті при тиску 0,1 МПа в діапазоні 590...1100 °С можна виразити за допомогою формули: $\lg N = 155/T -$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1,1, де N - вміст азоту, % (ат.). Розчинність газоподібного азоту в рідкому залізі при тиску 0,1 МПа можна виразити за допомогою формули: $\lg N = -475/T - 0,5$, де N - вміст азоту, % (ат.).

Розчинність азоту в α -Fe, що знаходиться у рівновазі з Fe_4N , зображена на рис. 14. Максимальна розчинність при 590 °C становить 0,4% (ат.) або 0,1% (масово). Межова розчинність становить 0,46% (ат.) або 0,115% (масово).

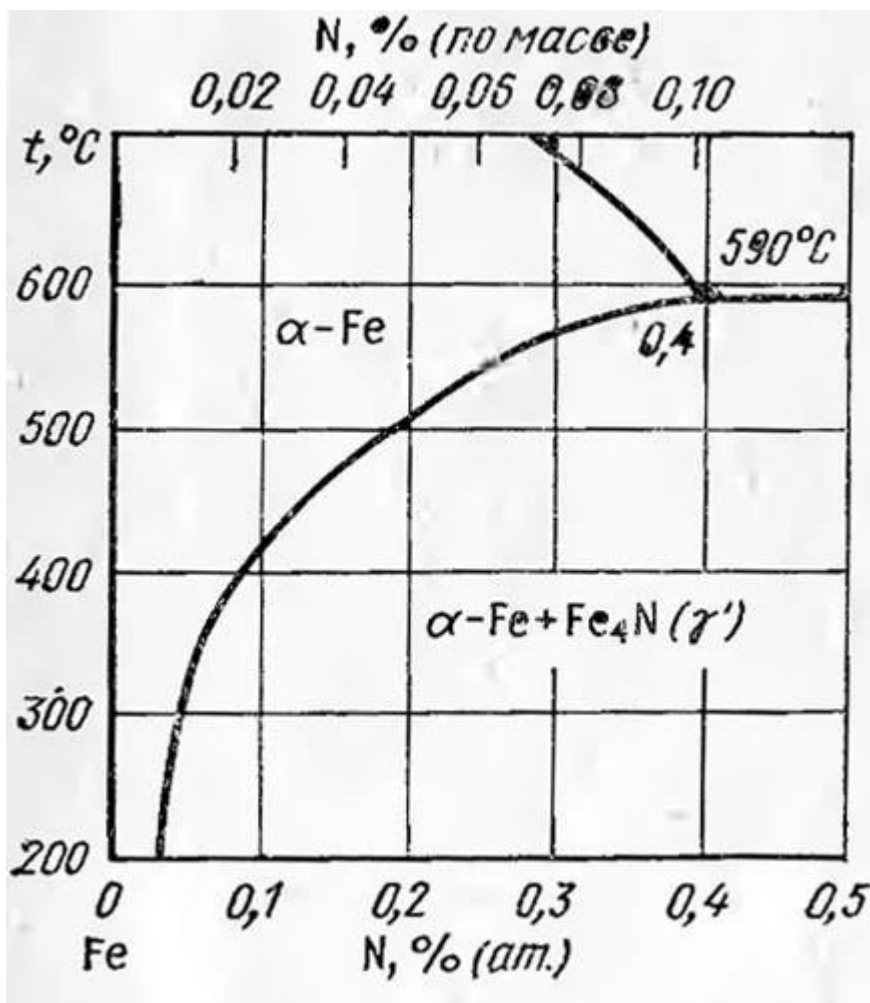


Рис. 14 – Розчинність азоту в α -Fe

Перетворення $\gamma \leftrightarrow \alpha + \gamma'$ відбувається при 590 °C. Евтектоїдна точка знаходиться при вмісті азоту 8,75% (ат.) або 2,35% (масово). Друге евтектоїдне перетворення $\epsilon \leftrightarrow \gamma + \gamma'$ відбувається при 650 °C, а вміст азоту у евтектоїді становить 16,0% (ат.) або 4,55%. Межові розчинності складають 10,3% (ат.) або 2,8% (масово) N у γ -фазі та 19,1% (ат.) або 5,6% (масово) N у

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

γ' -фазі відповідно. Фаза γ' викристалізується з ϵ -твердого розчину при 680 ± 5 °C; область гомогенності при 650 °C складає 19,1...20% (ат.) або 5,7...6,1% (масово) N. Сполука Fe_2N викристалізується з ϵ -твердого розчину при 500 °C і містить 33,3% (ат.) або 11,14% (масово) N. Область гомогенності цієї сполуки не перевищує 1,14...1,35% (масово).

Фаза α - це тверде розчинення азоту в кубічній гранецентрованій решітці α -Fe. Розчинність азоту в α -Fe при 590 °C незначна і становить 0,1% (за масою) або 0,4% (атомів) N, тому період решітки цього розчину практично збігається з періодом решітки α -Fe.

Фаза γ - це тверде розчинення азоту в гранецентрованій кубічній решітці γ -Fe, яке є ізоморфним з аустенітом у системі Fe-C. Період решітки γ -фази збільшується зі зростанням вмісту азоту від 0,3637 нм (γ -Fe при 910 °C) до 0,3646 нм при вмісті 8,67% (за атомами) або 2,33% (за масою) N.

Фаза γ' має гранецентровану кубічну решітку з атомом азоту, розташованим у центрі комірки. В області гомогенності період решітки фази змінюється від 0,3791 до 0,3801 нм. Область гомогенності γ' -фази при 500 °C знаходиться в інтервалі 19,6...19,95% (за атомами) N.

Фаза ϵ має гексагональну просторову решітку з упорядкованим розташуванням атомів азоту. Зі збільшенням вмісту азоту від 19,42% (за атомами), або 5,7% (за масою), до 33,02% (за атомами), або 11,0% (за масою), періоди решітки змінюються від $a = 0,2660$ нм, $c = 0,4343$ нм, $c/a = 1,633$ до $a = 0,276$ нм, $c = 0,4420$ нм, $c/a = 1,599$. Область гомогенності ϵ -фази при 20 °C складає 26,0...33,2% (за атомами), або 8,1...11,1% (за масою) N.

Фаза ζ має орторомбічну структуру з періодами $a = 0,2764$ нм, $b = 0,4829$ нм, $c = 0,4425$ нм.

Розуміння процесів фазових перетворень, що відбуваються в системі «Залізо–азот» дає змогу чітко вибрати технологічні параметри при відновленні деталей машин способом безводневого іонного азотування. Після проведення процесу хіміко-термічної обробки, обов'язково необхідно

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

провести випробування на кінетику зношування зразків свідків. Це дасть змогу не тільки прогнозувати експлуатаційні властивості деталей, а й отримати результати, щодо якісного покращення технології на майбутнє.

3.6 Випробування на кінетику зношування

Результати досліджень що отримані з відкритих джерел і які проводилися з метою вивчення кінетики зношування азотованих і нітрогартованих сталей та впливу режимів іонного азотування на їх зносостійкість і контактну витривалість при терті кочення з проковзуванням і точкових та лінійних контактах дають змогу зробити висновок про значущу ефективність вибраної технології. Дослідження проводилися на зразках в різних умовах, таких як різні середовища (сухе тертя, мастило I-20, рідина ПГВ, водний розчин 3% NaCl, абразивне середовище) при різних контактних навантаженнях, у два етапи.

Перший етап включав порівняльні випробування зразків без покриттів та з різними покриттями, які піддавалися іонному азотуванню. Фізико-механічні характеристики зразків з покриттями, нанесеними за технологіями іонного азотування, конструкційних сталей включали іонне азотування та подальше гартування в розплаві солей (50% KCl і 50% NaCl) з нагріванням сталей до температур вищих за точку А3, з різною витримкою при заданій температурі (5, 7, 10 і 15 хвилин), охолодженням в маслі до температури 30–60 °C та відпуском при 160 °C протягом 60 хвилин.

Другий етап передбачав широке дослідження впливу технологічних параметрів іонного азотування та нітрогартування на зносостійкість і контактну витривалість зразків з конструкційних сталей з покриттями з оптимізацією технологічних процесів за критеріями максимальної зносостійкості і довговічності.

Дослідження проводилися до того моменту, коли на доріжці кочення не спостерігалось пітингу. Під час експериментів вимірювалися значення зносу

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та мікротвердості доріжки кочення, а також проводились металографічні, рентгеноструктурні та фактографічні дослідження зношеної поверхні. Для виявлення впливу деформаційної складової на загальний знос бажано провести окремі випробування на тертя ковзання. Величину деформаційної складової зношування можна визначити шляхом віднімання зносу, спричиненого тертям ковзання, від загального зносу.

3.7 Параметри технологічного процесу.

Можливі параметри технологічного процесу іонного азотування для деталей трансмісії автомобілів Renault включають наступні:

1. Температура: Залежно від конкретної деталі і вимог до її властивостей, температура може варіюватися в діапазоні від 500°C до 700°C.
2. Тривалість процесу: Час іонного азотування також залежить від деталі і вимог до її властивостей. Час може становити від кількох годин до декількох днів.
3. Режим газопостачання: Насичуючий газ може бути сумішшю азоту та аргону з певними пропорціями. Оптимальні пропорції газів можуть бути встановлені відповідно до потреб і вимог до деталі.
4. Тиск: Тиск в розрядній камері також може варіюватися від 0,1 Па до 10 Па. Встановлення правильного тиску важливо для досягнення бажаного ефекту азотування.
5. Підвищення потенціалу: Для створення іонного розряду та іонізації азоту можуть використовуватися високовольтні електричні поля. Величина підвищення потенціалу може варіюватися залежно від вимог і параметрів конкретного процесу.

Враховуючи специфіку деталей трансмісії автомобілів Renault, виробник і спеціалісти з технології можуть встановити конкретні параметри, що відповідають вимогам експлуатації та забезпечують необхідні властивості деталей.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Проведення безводневого іонно-плазмового азотування для відновлення деталей трансмісії автомобілів може мати позитивний ефект з точки зору економічної доцільності та економії коштів для кінцевих споживачів. Однак, кінцева оцінка ефективності буде залежати від таких факторів:

- Стан деталі: Якщо деталь має помітні пошкодження або важкі дефекти, відновлення за допомогою іонно-плазмового азотування може бути неефективним або вимагати додаткових ремонтних робіт. В таких випадках може бути більш доцільним замінити деталь новою.
- Складність ремонту: Іонно-плазмове азотування є технологічним процесом, який вимагає спеціалізованого обладнання та кваліфікації фахівців. Якщо ремонт вимагає складних операцій або спеціалізованого обладнання, це може підвищити вартість та складність процесу відновлення.
- Економія коштів: Порівняно з заміною деталей новими, відновлення за допомогою іонно-плазмового азотування може бути економічно вигідним варіантом. Відновлені деталі можуть мати подовжену тривалість експлуатації і забезпечувати високу зносостійкість, що дозволяє зекономити на запасних частинах та ремонтних роботах у майбутньому.
- Доступність обладнання та фахівців: Для проведення іонно-плазмового азотування необхідне спеціалізоване обладнання та кваліфіковані фахівці. Оцінка ефективності відновлення залежатиме від доступності цих ресурсів у конкретному регіоні або сервісному центрі.

Узагальнюючи, ефективність відновлення деталей трансмісії автомобілів безводневим іонно-плазмовим азотуванням залежить від комплексного аналізу факторів, які включають стан деталі, складність ремонту, наявність обладнання та кваліфікацію фахівців. Професійна

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

консультація від спеціалізованих сервісних центрів або експертів з питань автомобільного сервісу може допомогти визначити ефективність і вигоди такого відновлення для конкретного випадку.

Собівартість відновлення деталей на конкретному підприємстві може бути визначена за наступною формулою:

$$C_{\text{об}} = C_{\text{сиз}} + C_{\text{м}} + Z_{\text{пл}} + C_{\text{об}} + H_{\text{ц}} + H_{\text{з}} + C_{\text{бр}},$$

де:

$C_{\text{об}}$ - собівартість відновлення деталі;

$C_{\text{сиз}}$ - вартість зношеної деталі;

$C_{\text{м}}$ - вартість матеріалів, використаних для відновлення деталі;

$Z_{\text{пл}}$ - заробітна плата, включаючи всі операції, передбачені технологічним процесом;

$C_{\text{об}}$ - витрати на утримання і експлуатацію устаткування;

$H_{\text{ц}}$ - цехові витрати;

$H_{\text{з}}$ - загальнозаводські витрати;

$C_{\text{бр}}$ - втрати від браку.

Варто зазначити, що вартість зношеної деталі ($C_{\text{сиз}}$) може бути визначена на основі ціни металобрухту або вартості деталі, яку необхідно відновити. Вартість матеріалів ($C_{\text{м}}$) включає всі витрати на матеріали, що використовуються для відновлення деталі.

$$C_{\text{м}} = \sum_{i=1}^n g_i C_i$$

Заробітна плата ($Z_{\text{пл}}$) враховує витрати на працю, включаючи норми часу для виконання операцій, тарифні ставки, преміальні доплати та інші складові. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування ($C_{\text{об}}$) включають витрати на обслуговування та експлуатацію обладнання.

$$Z_{\text{пл}} = \frac{T_{H1} C_{P1}}{60} + \frac{T_{H2} C_{P2}}{60} + \dots + \frac{T_{H6} C_{P6}}{60} K_{\text{п}} K_{\text{д}} K_{\text{с}}$$

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цехові (Нц) та загальнозаводські (НЗ) витрати охоплюють витрати, пов'язані відповідно з виробництвом в цеху і загальними витратами підприємства. Втрати від браку (Сбр) враховують витрати, пов'язані з відкиданням бракованих деталей.

Для визначення загальновиробничих і загальногосподарських витрат зазвичай використовують відсоткове співвідношення до заробітної плати виробничих робітників. Втрати від браку враховуються шляхом використання коефіцієнта придатних деталей в процесі відновлення. При проведенні укрупнених розрахунків собівартості для оцінки економічної доцільності відновлення можна скористатися таким виразом:

$$C_{\text{в}} = \sum_{i=1}^d C_{\text{уд}i} S_i K_{\text{пд}i} D_{\text{п}} + 0,1 C_{\text{цн}}$$

де:

d – число відновлюваних поверхонь деталей;

$C_{\text{уд}}$ – питома собівартість відновлення одиниці площі (довжини, наприклад для тріщин) i -ої поверхні прийнятим способом, грн./дм² (грн./дм);

S_i – площа (довжина) i -ої поверхні, дм² (дм);

$K_{\text{пд}i}$ – коефіцієнт повторюваності дефекту i -ої поверхні;

$D_{\text{п}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати на підготовчі роботи при відновленні деталей (при відновленні деталей для власних потреб $D_{\text{п}} = 1,03$, при централізованому відновленні $D_{\text{п}} = 1,1$);

$C_{\text{цн}}$ – ціна нової деталі.

Застосовуючи цю формулу і враховуючи відповідні дані, можна розрахувати собівартість відновлення деталей на підприємстві. Варто зазначити, що розрахунок собівартості може варіюватися залежно від специфіки виробництва і витрат, тому рекомендується провести детальний аналіз для конкретного випадку.

Зменшення вартості відновлення деталей може бути досягнуте шляхом реалізації кількох основних напрямків. Серед них варто виділити:

					ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ВИСНОВОК

Відповідно до поставленої мети, у рамках виконання бакалаврської роботи був спроектований стенд для проведення лабораторних занять щодо вивчення конструкції диску зчеплення автомобіля Renault, як елемента трансмісії.

У процесі виконання роботи були вирішені наступні завдання:

По-перше, розглянуті елементи конструкції трансмісій автомобілів Renault.

По-друге, розроблені технічне завдання, технічна пропозиція щодо конкретного елемента трансмісії автомобіля Renault.

По-третє, розглянуті конструктивні особливості досліджуваного об'єкту, а саме трансмісії, розглянуті сучасні технології відновлення та підвищення експлуатаційних характеристик деталей трансмісії автомобілів, визначені параметри для оцінки експлуатаційних характеристик її елементів, розроблені технологічні рекомендації.

По-четверте, запропонований аналіз економічної ефективності сучасних технологій відновлення.

					ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ярошевич В.К., Савич А.С., Иванов В.П. Технология производства и ремонта автомобилей: Учеб. пособие. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2008.
2. Чередніков О.М. Технологічні основи ремонту машин і відновлення деталей: Навчальний посібник.– Чернігів: ЧДТУ, 2008.
3. Лудченко О.А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. – К.: Вища школа, 2007.
4. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. – К.: Знання-Прес, 2004.
5. Сидоров А.И. Восстановление деталей машин напылением и наплавкой. – М.: Машиностроение, 1987.
6. Аскинази Б.М. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой.– М.: Машиностроение, 1988.
7. Иванов В.П., Ярошевич В.К., Савич А.С., Ремонт автомобилей: Учеб. пособие.– Минск: Выш. шк., 2009.
8. Молодык Н.В., Лангрет Б.А., Бредун А.К., Восстановление деталей машин. К.: Урожай, 1985.
9. Грабченко А.И., Кальченко В.И., Кальченко В.В. Шлифование со скрецающимися осями инструмента и детали (Монография). – Чернигов: ЧГТУ, 2009.
10. W.A. Livesey, A. Robinson (2010). The Repair of Vehicle Bodies. ISBN-10: 0750667532.
11. James E. Duffu (2011). Auto Body Repair Technology. ISBN-10: 0750667532.
12. Ляшенко Б.А., Каплун П.В., Златопольский Ф.И., Довжук С.А., Соловых Е.К., Поверхностное упрочнение зубчатых колес. Кировоград: «КОД», 2015.

					ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

13. Каплун В.Г., Каплун П.В. Ионное азотирование в безводородных средах. Хмельницкий: ХНУ, 2015.

14. Каплун П.В., Паршенко К.А. Підвищення зносостійкості і довговічності підшипників кочення. Хмельницький: ХНУ, 2016.

15. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде. Харьков: Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт». 2006.

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ВСТУП

1 АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

- 1.1. Аналіз поламок силової передачі
- 1.2. Аналіз поламок куліси перемикання передач
- 1.3. Аналіз поламок зчеплення
- 1.4. Аналіз поламок валу трансмісії

2 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАСМІСІЇ

- 2.1 Технічне завдання на розробку технології
- 2.2 Аналіз сучасних технологій

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

3.1 Особливості відновлення деталей за допомогою вакуумних технологій

3.1.1 Способи і технологічні особливості ВКН покриттів термічним випаровуванням

3.1.2 Особливості ВКН покриттів іонним (катодним) розпиленням

3.2 Загальна структура технологічного маршруту відновлення деталей

3.3 Функціональна блок-схема і класифікація установок ВКН

3.4 Вибір обладнання

3.5 Діаграма стану залізо-азот

3.6 Випробування на кінетику зношування

3.7 Параметри технологічного процесу

4 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

ВИСНОВОК

СПИСОК ВИКОРИСТОВУВАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

					<i>ДРМТВАТАМ 23 19126 000 ПЗ</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		