

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Розробка технологій ремонту муфти зчеплення автомобілів Audi A6 з дослідженням характеру процесу зношування робочих поверхонь деталей муфти зчеплення.*

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-62
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Євгеній СИНЕНЬКИЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Андрій ГУПКА

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Михайло ЛЕВКОВИЧ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«14 » листопада 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Синенькому Євгенію Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технологій ремонту муфти зчеплення автомобілів Audi A6 з дослідженням характеру процесу зношування робочих поверхонь деталей муфти зчеплення.

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14 » листопада 2025 року № 4/7-972.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Конструкція муфти зчеплення автомобілів Audi A6 різних років випуску та модифікацій (механічні коробки передач). Технічна документація на вузол зчеплення (кошик, ведений диск, маховик, вичавний підшипник) автомобілів Audi A6 та регламенти його технічного обслуговування.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Стенд для клепаання – 1 лист А1

Деталювання – 2 листа А1

Стенд для розбори муфти – 1 лист А1

Корпус стенду – 1 лист А1

Муфта зчеплення. Складальне креслення – 1 лист А1

Відновлення муфти зчеплення – 1 лист А1

Дефектування – 1 лист А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Стручок В.С.		

7. Дата видачі завдання 14.11.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2025	
2	Технологічний розділ	22.11.2025	
3	Конструкторський розділ	29.11.2025	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2025	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2025	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2025	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2025	

Студент

(підпис)

Євгеній СИНЕНЬКИЙ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ГУПКА

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Представлені матеріали несуть інформативний характер щодо аналізу конструктивних особливостей трансмісії автомобіля і роль муфти зчеплення на її експлуатаційну надійність. Головна увага була приділена розгляду функціонального призначення, умов експлуатації, причин виходу з ладу деталей основних трибо спряжень муфти. Запропонований, згідно поставленої мети та основних задач, комплекс досліджень включав в себе наступні етапи і порядок їх виконання з одержанням відповідних результатів.

Приведено детальний аналіз функціонального призначення трансмісії в автомобілі та вплив на її роботу технічного стану муфти зчеплення. Виявлено основні види дефектів поверхонь деталей трибоспряження та визначено причини їх появи. Приведений матеріал послужив основою для подальших розробок технологічного та конструкторського характеру щодо можливості усунення даних дефектів та розробки відповідних міроприємств щодо технології відновлення зношених поверхонь.

Запропонований вдосконалений технологічний процес відновлення маточини веденого диску муфти зчеплення базується на аналізі умов роботи даної деталі, основних силових та кінематичних факторів, які впливають на її зносостійкість, а також основних існуючих методів відновлення пошкоджених поверхонь аналогічних деталей. Розроблена відповідна структурна послідовність виконання технологічних операцій по відновленню маточини веденого диску. Для реалізації запропонованого методу підібране відповідне обладнання, устаткування, робочий матеріал, робочий та вимірювальний інструменти.

Ефективність запропонованих технічних рішень по відновленню маточини веденого диску муфти зчеплення зумовлена правильним вибором всіх структурних одиниць технологічного процесу. Підтверджена ефективність та продуктивність вибраного стенда для клепання тормозних накладок диску

зчеплення автомобіля. Надійність роботи даного стенда та його основних робочих вузлів відповідає результатам проведених силових розрахунків.

Більш детальний аналіз процесів тертя та зношування найбільш важконавантажених трибо спряжень автомобіля міститься в науково-дослідному розділі магістерської роботи. Проаналізовано вплив на інтенсивність зношування деталей трибоспряжень його конструктивні особливості, схеми контакту, характер взаємопереміщення, характер та величина силового навантаження, матеріали контактуючих деталей, вплив абразиву, температура в зоні фрикційного контакту та інші.

Представлені матеріали з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях пов'язані із тематикою кваліфікаційної роботи і висвітлюють питання, щодо безпечних умов роботи на ремонтній дільниці.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	1
ЗМІСТ	3
ВСТУП	5
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Призначення муфти зчеплення в трансмісії автомобіля	6
1.2 Конструкція муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)	8
1.3 Аналіз умов роботи муфти зчеплення та фактори, що впливають на її зношування	9
1.4 Типові дефекти та причини зношування деталей муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)	13
1.5 Методи діагностики технічного стану муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1. Коротка характеристика муфти зчеплення автомобіля	16
2.2 Характеристика умов роботи та основних процесів зношування спряжень муфти зчеплення	17
2.3 Розробка технологічного процесу розбирання муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)	19
2.4.Аналіз основних параметрів конструктивних та технологічних характеристик деталі після відновлення	22
2.5 Залежність технічного стану муфти зчеплення від характерних видів зносу робочих поверхонь маточини веденого диска зчеплення	23
2.6 Розроблення технологічного процесу дефектування маточини веденого диску муфти зчеплення	24
2.7 Критерії вибору оптимального способу відновлення поверхонь маточини веденого диску	26
2.8 Загальні принципи вибору установочних баз в процесі виконання технологічних операцій	29
2.9 Порядок розрахунку та вибору основних елементів режимів	

різання при виконанні технологічних операцій	32
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	50
3.1 Стенд для klepanня тормозних накладок диску зчеплення автомобіля	50
3.2. Конструкція стенду для klepanня накладок диску зчеплення	51
3.3. Принцип роботи стенду для klepanня накладок	52
3.4. Розрахунок необхідного зусилля при klepanні накладок	52
3.5. Розрахунок силових кінематичних характеристик та вибір основних елементів пневматичної камери	54
3.6 Послідовність силового розрахунку основних деталей стенду по параметрах міцності	55
3.6.1. Силловий розрахунок робочого штоку стенду на поздовжню міцність	55
3.6.2. Силловий розрахунок пальця штоку пневматичної камери стенда	56
3.6.3. Силловий розрахунок при визначені товщини важеля враховуючи умову міцності при деформації на згин	57
3.6.4. Силловий розрахунок кріпильних шпильок пневматичної камери	58
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	62
4.1 Причини підвищеного зношування деяких деталей трибоспряжень автомобілів в експлуатації.	62
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	78
5.1 Розрахунок звукоізолюючої здатності дільниці	78
5.2 Розрахунок заземлення зварювально-наплавочної дільниці	79
5.3 Організація і порядок проведення робіт по знезараженню на об'єкті	79
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ВСТУП

Одним із важливих резервів нарощування автомобільного парку країни є забезпечення належного рівня організації ремонту автотранспортних засобів. Потреба та економічна доцільність проведення ремонтних робіт зумовлюються тим, що в процесі тривалої експлуатації настає період, коли фінансові та трудові витрати, необхідні для підтримання працездатного стану автомобіля, починають перевищувати економічний ефект від його подальшого використання. Такий стан транспортного засобу вважається граничним і обумовлений нерівномірністю зносу його деталей та агрегатів, оскільки створення автомобіля з абсолютно однаковим ресурсом усіх елементів є технічно неможливим. У зв'язку з цим ремонт автомобілів, навіть із заміною лише окремих деталей з порівняно невеликим строком служби, є економічно обґрунтованим і доцільним.

Технологічні процеси ремонту та відновлення деталей муфти зчеплення здійснюються в умовах ремонтних майстерень і станцій технічного обслуговування, де застосовуються прогресивні технології із використанням спеціалізованого обладнання, інструментів і матеріалів. Водночас підвищені вимоги висуваються до кваліфікації ремонтного персоналу, який повинен добре знати конструкцію вузла, принцип його роботи, чинники, що впливають на надійність і довговічність у процесі експлуатації, а також володіти сучасними методами ремонту, які забезпечують відновлення експлуатаційних властивостей вузла та його окремих деталей, закладених на етапах проектування і виготовлення.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Призначення муфти зчеплення в трансмісії автомобіля

Муфта зчеплення є ключовим елементом трансмісії автомобіля, який забезпечує кероване передавання крутного моменту від двигуна до коробки передач і далі до ведучих коліс. Основним призначенням муфти зчеплення є забезпечення плавного рушення автомобіля з місця шляхом поступового з'єднання обертового колінчастого вала двигуна з елементами трансмісії. Своєчасне та повне роз'єднання двигуна і коробки передач дозволяє здійснювати перемикання передач без перевантажень і блокувань шестерень. Конструкція муфти зчеплення також виконує функцію захисту трансмісії від ударних та динамічних навантажень, що виникають при різких змінах режимів руху, оскільки фрикційні елементи частково демпфують коливання крутного моменту й запобігають поломкам інших агрегатів.

Важливою властивістю муфти є здатність забезпечувати достатню силу тертя між веденим і натискним дисками для передавання повного крутного моменту без пробуксовування, що безпосередньо впливає на паливну економічність та стабільність руху автомобіля. Робота механізму зчеплення повинна характеризуватися високою плавністю включення, здатністю до ефективного відведення тепла, мінімальною інерційністю рухомих частин, а також довговічністю та ремонтпридатністю конструкції. Таким чином, технічний стан муфти зчеплення визначає надійність і довговічність трансмісії, комфорт керування автомобілем, а також ефективність використання двигуна внутрішнього згоряння.

Автомобіль Audi A6 четвертого покоління (C7), є легковим дорожнім автомобілем бізнес-класу, призначеним для експлуатації в умовах міста та міжміських поїздок, характеризується високим рівнем комфорту, безпеки та динамічних якостей. Автомобіль має позовжнє розташування силового агрегату та оснащується приводом на передні або всі колеса за фірмовою системою quattro. Конструкція силового агрегату передбачає застосування сучасних економічних та екологічних двигунів з турбонаддувом та

безпосереднім упорскуванням палива, серед яких найбільш поширеними є бензинові двигуни типу TFSI та дизельні TDI робочим об'ємом від 1,8 до 3,0 літрів. Трансмісія автомобіля включає муфту зчеплення у складі механічної або роботизованої коробки передач S tronic, що забезпечує плавність рушання та високу точність перемикання передач при різних режимах руху. Підвіска багатоважільного типу на обох осях забезпечує хорошу стійкість і керованість, а дискові гальма з вентиляцією передніх механізмів — високу ефективність гальмування. Аеродинамічна компоновка та застосування алюмінієвих компонентів дозволили зменшити масу автомобіля та покращити паливну економічність. Основні технічні характеристики автомобіля наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1. - Основні технічні характеристики автомобіля Audi A6

Показник	Значення
Тип автомобіля	Легковий, бізнес-клас
Платформа	Audi MLB evo
Кузов	Седан / універсал Avant
Повна маса, кг	2050–2300
Привід	Передній або повний (quattro)
Двигуни	Бензинові TFSI та дизельні TDI
Робочий об'єм двигунів, л	1,8–3,0
Потужність, кВт (к.с.)	110–245 (150–333)
Коробка передач	6-МКПП, Multitronic, 7-S tronic
Максимальна швидкість, км/год	215–250
Середня витрата палива, л/100 км	4,7–8,0
Екологічний стандарт	Euro-5 / Euro-6

Автомобіль Audi A6 (C7) відзначається високою інтенсивністю експлуатаційних навантажень на агрегати трансмісії, зокрема на муфту зчеплення, особливо при русі в міських умовах з частими зупинками, рушанням і перемиканням передач. Надійність і технічний стан вузла зчеплення визначають комфорт керування автомобілем та безпеку руху, що обґрунтовує

необхідність детального аналізу його роботи та методів відновлення у подальших розділах дипломної роботи.

1.2 Конструкція муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)

Муфта зчеплення автомобіля Audi A6 четвертого покоління є елементом трансмісії, що забезпечує кероване передавання крутного моменту від колінчастого вала двигуна до коробки передач та від'єднання їх у момент перемикавання передач. Конструктивним виконанням для даної моделі є однодискова суха фрикційна муфта постійного змикання з діафрагмовою пружиною, інтегрована в модуль трансмісії залежно від її типу. У комплектаціях з механічною коробкою передач встановлюється традиційне зчеплення з одним веденим диском, на робочій поверхні якого закріплені фрикційні накладки на основі композитних матеріалів з підвищеною термостійкістю. Ведений диск встановлений на шліцьовій частині первинного вала коробки передач і оснащений торсійним демпфером, який компенсує крутильні коливання двигуна внутрішнього згоряння для зменшення ударних навантажень у трансмісії, шуму та вібрацій. Загальна будова механізму зчеплення представлена на рисунку 1.1.

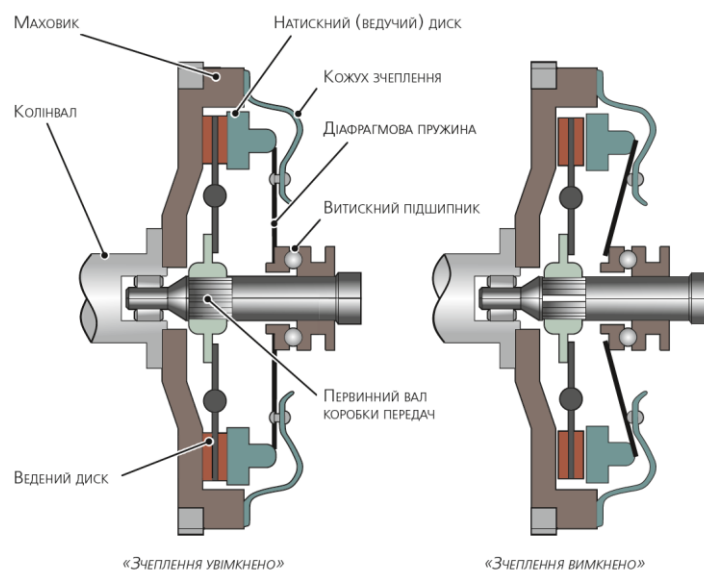


Рисунок 1.1 - Схема конструкції муфти зчеплення легкового автомобіля

Основним стискуючим елементом муфти зчеплення є діафрагмова пружина, що рівномірно притискає ведений диск до маховика двигуна через натискний диск, забезпечуючи стабільний контакт робочих поверхонь за різних режимів роботи силового агрегату. Відцентрові навантаження на високих обертах компенсуються конструктивним виконанням пружини із забезпеченням однакового зусилля притиснення у всьому робочому діапазоні. Кожух зчеплення закріплений до маховика за допомогою болтового з'єднання та виконує функцію опорного корпусного елемента всієї системи зчеплення.

У випадку застосування роботизованої коробки передач S tronic механізм зчеплення виконується у вигляді двох коаксіально розміщених однодискових муфт (тип «Twin Clutch»), де окремі диски відповідають за парні та непарні передачі. Це забезпечує надзвичайно короткий час перемикання та мінімальні втрати потужності, проте ускладнює конструкцію та підвищує вимоги до точності обслуговування. У приводі зчеплення використовуються гідравлічні виконавчі механізми або електрогідравлічні актуатори для забезпечення високої точності і стабільності роботи системи.

Будова муфти зчеплення Audi A6 (C7) характеризується компактністю, високою тепловою навантажувальною здатністю та ефективним демпфуванням, що забезпечує комфортність керування та надійність трансмісії в умовах інтенсивної експлуатації. Разом з тим складність конструкції та підвищені теплові навантаження під час роботи у міському циклі призводять до поступового зносу фрикційних елементів, втрати демпфувальних властивостей і необхідності своєчасного технічного втручання.

1.3 Аналіз умов роботи муфти зчеплення та фактори, що впливають на її зношування

Муфта зчеплення автомобіля Audi A6 (C7) працює в умовах високих змінних механічних і теплових навантажень, які виникають у процесі передачі крутного моменту від двигуна до трансмісії. Під час рушання з місця,

перемикання передач або різкої зміни швидкісних режимів відбувається часткове або повне розмикання зчеплення, при якому робочі поверхні веденого та натискного дисків взаємодіють у режимі сухого тертя. У цей момент на фрикційні накладки припадають максимальні локальні теплові навантаження, що спричиняє їх інтенсивне нагрівання, а при частих повтореннях циклів — перегрів та прискорений знос.

Суттєвий вплив на довговічність муфти зчеплення впливають динамічні навантаження, пов'язані з роботою двигуна внутрішнього згоряння, який генерує нерівномірний крутний момент. Ці коливання гасяться демпферними пружинами веденого диска, однак з часом їх амортизаційні властивості знижуються, що викликає зростання ударних навантажень у трансмісії. Додатковими негативними чинниками є перевантаження автомобіля, інтенсивний міський цикл руху з частими зупинками та рушаннями, а також агресивний стиль водіння з різким розгоном та гальмуванням двигуном, що збільшує частку роботи муфти зчеплення у режимах нестабільного контакту поверхонь.

На робочі поверхні муфти зчеплення впливають також умови зовнішнього середовища. Забруднення повітряним пилом і продуктами зносу накопичуються в зоні контакту фрикційних накладок, утворюючи абразивну суміш, яка пришвидшує стирання робочих елементів. При недостатній вентиляції або порушенні тепловідведення можливе утворення зон локального перегріву, що призводить до термічних деформацій веденого диска, зміни коефіцієнта тертя, появи тріщин або відшарування накладок.

У конструкціях із подвійною муфтою, що застосовуються в трансмісіях S tronic, додатковим фактором зносу є постійна робота одного з дисків у стані часткового контакту, оскільки підготовка наступної передачі відбувається завчасно. Це збільшує навантаження на обидві муфти зчеплення, зменшуючи ресурс їх експлуатації порівняно з традиційною одnodисковою схемою. Значний вплив на надійність має стан мастильних матеріалів у механізмі приводу, оскільки зниження ефективності гідравлічного або

електрогідравлічного управління може сприяти неповному вимкненню муфти зчеплення та підвищенню його пробуксовування.

Таким чином, умови роботи муфти зчеплення Audi A6 (C7) характеризуються високою складністю та поєднанням теплових, механічних і вібраційних навантажень, що призводять до поступового зниження її технічного стану та потребують своєчасного технічного обслуговування. Розуміння цих факторів є основою для подальшого аналізу причин зносу і обґрунтування вибору технології відновлення вузла.

За своїм службовим призначенням муфта зчеплення відноситься до фрикційних вузлів автомобіля і служить для забезпечення надійного і керованого з'єднання та роз'єднання первинного вала коробки передач із колінчастим валом двигуна. Конструктивно дана муфта відноситься до однодискових сухих муфт із постійним змиканням використовуючи діафрагмову пружину для забезпечення прижимного зусилля заданої величини, з метою забезпечення надійного притискання веденого диска до маховика. Загальна схема будови муфти зчеплення наведена на рисунку 1.2.

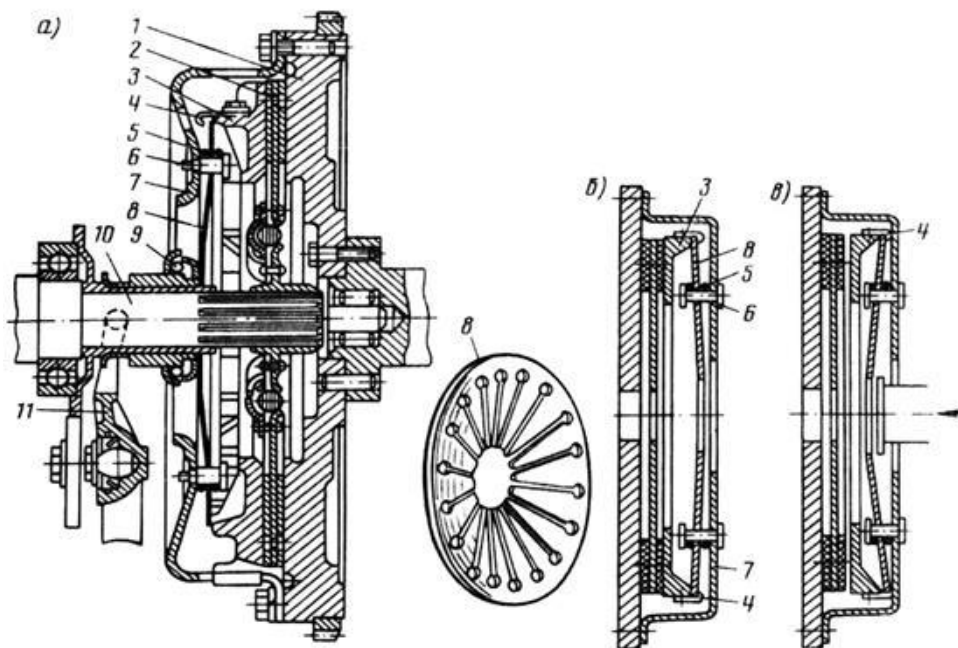


Рисунок 1.2 – Принципова схема однодискової муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)

1 — маховик двигуна, 2 — кожух (корпус) зчеплення, 3 — натискний диск, 4 — діафрагмова пружина, 5 — секторні важелі або пелюстки діафрагмової пружини, 6 — фрикційні накладки веденого диска, 7 — гасник крутильних коливань (демпфер) 8 — ведений диск зчеплення, 9 — напрямна вижимного підшипника, 10 — вижимний підшипник, 11 — вилка приводу вимикання зчеплення, б — ведене зчеплення (вимкнене), в — увімкнене зчеплення:

Маховик закріплений на колінчастому валу двигуна і виконує функцію ведучого елемента. Натискний диск, встановлений у кожусі зчеплення, передає зусилля від діафрагмової пружини на ведений диск, забезпечуючи притискання його до робочої поверхні маховика. Ведений диск змонтований на шліцах первинного вала коробки передач та оснащений торсійним демпфером для зменшення ударних і крутильних коливань, що виникають під час роботи двигуна. Фрикційні накладки веденого диска виготовлені з композиційних матеріалів із високою термостійкістю та коефіцієнтом тертя, що забезпечує передавання крутного моменту без пробуксовування.

Механізм вимикання зчеплення містить вижимний підшипник, який під дією гідравлічного або електрогідравлічного приводу переміщує пелюстки діафрагмової пружини. Унаслідок цього відбувається відведення натискного диска від веденого, що забезпечує розрив потоку потужності під час перемикання передач. Така конструкція характеризується високою компактністю, стабільністю зусилля притиснення і рівномірним розподілом навантаження на робочі поверхні.

У трансмісіях типу S tronic, що застосовуються на окремих модифікаціях Audi A6 (C7), використовується система подвійного зчеплення, яка складається з двох коаксіальних однодискових муфт: одна передає крутний момент при ввімкненні непарних передач, інша — парних. Така система забезпечує практично безперервний потік потужності при перемиканні, підвищуючи комфорт і динамічні показники автомобіля, але водночас ускладнює конструкцію та обслуговування.

Конструктивні особливості муфти зчеплення Audi A6 (C7) спрямовані на забезпечення високої плавності ходу, ефективного демпфування коливань та довговічності вузла в умовах інтенсивної експлуатації, що є актуальним для автомобілів бізнес-класу з високою питомою потужністю двигуна.

1.4 Типові дефекти та причини зношування деталей муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)

Типові дефекти деталей муфти зчеплення Audi A6 (C7) визначаються сукупністю теплових, механічних і вібраційних навантажень, що виникають у процесі експлуатації автомобіля. Основним проявом зношування є зменшення товщини фрикційних накладок веденого диска внаслідок багаторазового пробуксовування під час рушання та перемикання передач. Перегрів робочих поверхонь призводить до локального підвищення температури, що викликає зміни структури й властивостей матеріалу накладок, появу слідів термічного згорання, тріщин, відшарування та зниження коефіцієнта тертя. Значне підвищення температури може також спричиняти короблення веденого диска, що викликає вібрації, нерівномірне притискання й неповне вимкнення зчеплення.

Знос торсійного демпфера проявляється у втраті пружних властивостей демпферних елементів, що спричиняє погіршення гасіння крутильних коливань, різке підвищення динамічних навантажень і шуму під час перемикання передач. У результаті надмірних ударних навантажень можливе також випрацювання шліцьового з'єднання веденого диска й первинного вала, що приводить до появи люфтів і ривків при наборі швидкості. Ведучі елементи, натискний диск і діафрагмова пружина, зазнають втрати пружності внаслідок втомних процесів та нагрівання, що призводить до погіршення зусилля притискання й, відповідно, пробуксовування зчеплення під навантаженням. На робочих поверхнях натискного диска можуть з'являться сліди крипу матеріалу, мікротріщини й радіальні борозни.

Вилковий (вижимний) підшипник є одним з елементів, що зазнає підвищеного навантаження у зв'язку з тривалим контактом пелюсток діафрагмової пружини під час частих вимкнень зчеплення. Його знос призводить до появи стороннього шуму, вібрацій та неузгодженості роботи приводу зчеплення. Зношування напрямних втулок і елементів гідравлічного або електрогідравлічного приводу викликає неповне вимкнення зчеплення, підвищення зусилля на педалі та пришвидшений знос інших деталей вузла.

Різкі температурні зміни, забруднення, потрапляння абразивних частинок у зону фрикційного контакту, часті поїздки у міському режимі з інтенсивним циклом “старт-стоп”, а також агресивний стиль водіння з різкими прискореннями є визначальними факторами, що прискорюють процеси зношування. Для роботизованої трансмісії S tronic характерним додатковим дефектом є підвищений знос одного з дисків у системі подвійного зчеплення через постійну його часткову роботу під навантаженням. Усі зазначені прояви призводять до зниження ресурсу муфти зчеплення і потребують своєчасної діагностики та ремонту для запобігання розвитку вторинних дефектів у трансмісії.

1.5 Методи діагностики технічного стану муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)

Діагностика муфти зчеплення Audi A6 (C7) спрямована на своєчасне виявлення ознак зносу фрикційних та конструктивних елементів без необхідності розбирання агрегату. У більшості випадків контроль технічного стану виконується під час випробування автомобіля в різних режимах руху, використанням електронних систем бортової діагностики, а також непрямих методів оцінки працездатності вузла. Одним із основних способів є візуально-акустична діагностика, під час якої аналізуються симптоми несправностей, такі як збільшене зусилля на педалі, сторонній шум при вичавлюванні зчеплення, вібрації під час рушання та перемикання передач, ривки при зміні

навантаження на двигун. Важливим експлуатаційним показником є момент початку пробуксовування зчеплення, який визначають шляхом різкого додавання палива на високій передачі: за наявності зносу спостерігається зростання частоти обертання двигуна без відповідного збільшення швидкості автомобіля.

Ефективним методом контролю виступає діагностика за допомогою системи OBD II, яка фіксує зміни параметрів роботи трансмісії, зокрема підвищення температури у приводі зчеплення, спрацювання датчиків крутного моменту та пробуксовування в трансмісіях типу S tronic. Під час стоянкового випробування перевіряють відсутність люфтів і шумів у роботі вижимного підшипника шляхом натискання на педаль зчеплення на різних режимах обертання двигуна. Для роботизованих коробок передач застосовуються спеціалізовані діагностичні вимірювання, які дають можливість оцінити хід, тиск та швидкість спрацювання актуатора зчеплення, а також величину залишкового ресурсу фрикційного диска.

У разі появи ознак перегріву або втрати пружності діафрагмової пружини доцільним є контроль стану поверхонь за допомогою тепловізійного аналізу після інтенсивних режимів роботи, що дозволяє виявляти локальні перегріви. В умовах сервісної станції застосовуються також індикаторні та штангенінструменти для оцінки люфтів шліцьового з'єднання між веденим диском і первинним валом коробки переключення передач після демонтажу агрегату. За необхідності використовується ендоскопічний огляд зони розміщення муфти через технологічні отвори для виявлення механічних пошкоджень, тріщин, відшарування накладок або слідів нерівномірного зношування.

Таким чином, поєднання експлуатаційних випробувань, електронної діагностики та вибіркового інструментального контролю дозволяє своєчасно визначати технічний стан муфти зчеплення Audi A6 (C7) та планувати її ремонт або відновлення до появи критичних відмов трансмісії.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Коротка характеристика муфти зчеплення автомобіля

Муфта зчеплення призначена для короткочасного від'єднання двигуна від трансмісії та забезпечення плавного з'єднання їх обертання під час перемикання передач і рушання автомобіля з місця. Принцип роботи механізму ґрунтується на передачі крутного моменту силами сухого тертя між робочими поверхнями фрикційних елементів.

В автомобілі Audi A6 (C7) застосовується однодискова суха муфта зчеплення постійного змикання. Вона отримала таку назву завдяки тому, що робочі поверхні веденого та натискного дисків працюють без змащення, а їх притискання здійснюється постійно і переривається лише на нетривалий час у момент перемикання передач або під час гальмування двигуном.

Конструкція муфти зчеплення складається з веденого диска, змонтованого на шліцьовій частині первинного вала коробки передач, та натискного диска, встановленого в кожусі, який жорстко закріплений до маховика двигуна. Натискний диск притискається до веденого за допомогою діафрагмової пружини, що забезпечує стабільний контакт фрикційних поверхонь і надійне передавання крутного моменту. Ведений диск обладнаний фрикційними накладками на основі композиційних матеріалів і оснащений пружним демпфером, що зменшує крутильні коливання та ударні навантаження в трансмісії.

У момент натискання на педаль зчеплення зусилля від гідравлічного приводу передається на вижимний підшипник, який діє на пелюстки діафрагмової пружини, спричиняючи відведення натискного диска від веденого. У результаті відбувається роз'єднання потоку потужності, що забезпечує можливість перемикання передач без пошкоджень елементів коробки передач. Після відпускання педалі пружина повертає натискний диск у початкове положення, відновлюючи передавання крутного моменту до

трансмисії.

Таким чином, муфта зчеплення Audi A6 (C7) забезпечує плавність рушання та надійність роботи трансмісії, виконуючи роль еластичного зв'язку між двигуном і коробкою передач та запобігаючи передачі надмірних динамічних навантажень на елементи приводу.

Для вимкнення муфти зчеплення застосовується механізм важелів, що конструктивно з'єднують натискний диск із приводом вимикання за допомогою осьових пальців або шарнірних з'єднань. При натисканні на педаль зчеплення, зусилля від гідравлічного приводу передається на вижимний підшипник, який взаємодіє з пелюстками діафрагмової пружини. Унаслідок цього натискний диск відводиться від веденого, що забезпечує роз'єднання потоку потужності в трансмісії та дає можливість перемикання передач без перевантаження елементів коробки передач.

2.2 Характеристика умов роботи та основних процесів зношування спряжень муфти зчеплення

Муфта зчеплення автомобіля працює в умовах сухого тертя й підвищених механічних і теплових навантажень. Відсутність мастила в зоні фрикційної взаємодії обумовлює інтенсивність зношування робочих поверхонь, а також підвищену чутливість до потрапляння абразивних частинок. Основними спряженнями, що зазнають зносу в процесі роботи, є контактні пари: ведений диск- маховик; ведений диск-натискний диск; шліцьове спряження маточини веденого диска з первинним валом коробки передач; елементи торсійного демпфера та пружинні елементи; взаємодія підшипника вимикання з поверхнею діафрагмової пружини; шарнірні з'єднання елементів приводу вимкнення зчеплення.

Потрапляння пилу та продуктів зносу до зони контакту фрикційних поверхонь сприяє абразивному стиранню та перегріву деталей, що негативно впливає на стабільність коефіцієнта тертя. У результаті зменшення товщини

фрикційних накладок знижується притискне зусилля, що викликає пробуксовування муфти, підвищене тепловиділення та локальні деформації веденого диска.

Шліцьове з'єднання маточини веденого диска з первинним валом трансмісії працює в умовах змінного навантаження та мікропереміщень, тому піддається втомному та абразивному зносу. Спрацювання шліців призводить до появи люфту, ударних навантажень і погіршення плавності з'єднання та роз'єднання силового потоку. Прогресуюче руйнування шліцьового sprzęження негативно впливає не лише на ресурс муфти зчеплення, а й на зубчасті передачі коробки передач, що може спричинити дороговартісний ремонт трансмісії.

Таким чином, характер умов роботи муфти зчеплення Audi A6 (C7) зумовлює необхідність систематичного контролю технічного стану її робочих поверхонь та деталей приводу для запобігання критичним ушкодженням елементів трансмісії.

Відсутність мастильно-охолоджувального середовища в зоні фрикційного контакту спричиняє підвищення температури всіх елементів муфти зчеплення, зокрема діафрагмової пружини. Перегрів пружного елемента поступово знижує його еластичність, що викликає зменшення зусилля притискання веденого диска до маховика. У таких умовах під навантаженням з'являється пробуксовування зчеплення, супроводжуване подальшим нагромадженням тепла та розвитком деформацій, здатних призвести до виходу вузла з ладу.

Поступовий знос елементів приводу вимикання зчеплення, таких як важелі або поверхні взаємодії вижимного підшипника з пелюстками діафрагмової пружини, призводить до зменшення ефективного ходу механізму. Це викликає неповне відведення натискного диска від веденого й часткове передавання навантаження на трансмісію в момент перемикання передач. У подібній ситуації відбувається різке зростання ударних навантажень у коробці передач, що може спричинити сколювання або втомне руйнування зубців шестерень.

Нерівномірний знос важелів або перекіс напрямних поверхонь викликає

ексцентричне положення вижимного підшипника, що призводить до підвищення контактних напружень і прискореного руйнування його доріжок кочення. Спрацювання шарнірів, осей і вилок важелів призводить до збільшення люфту в механізмі, що погіршує точність керування муфтою та сприяє додатковим динамічним перевантаженням.

Таким чином, знос будь-якого з конструктивних елементів муфти зчеплення негативно впливає на її працездатність, викликає погіршення плавності та надійності передавання крутного моменту, а в запущених випадках може стати причиною серйозних пошкоджень коробки передач, що є одним із найбільш вартісних агрегатів трансмісії автомобіля.

2.3 Розробка технологічного процесу розбирання муфти зчеплення автомобіля Audi A6 (C7)

Після демонтажу силового агрегату та його роз'єднання з трансмісією вузол муфти зчеплення подається на операцію очищення, а далі — на спеціалізовану дільницю ремонту. Одним із ключових етапів відновлення є технологічний процес розбирання муфти зчеплення, оскільки саме на цьому етапі оцінюється технічний стан усіх деталей та визначається можливість їх подальшого використання. Рационально спроектована технологія розбирання, що передбачає застосування відповідного оснащення, інструменту та обладнання, забезпечує безпечне і якісне роз'єднання елементів вузла без їх пошкодження. Це дозволяє максимально зберегти придатні компоненти, які можуть бути повторно використані або направлені на відновлення, що підвищує економічну ефективність ремонту і продовжує ресурс муфти зчеплення. В таблиці 2.1 приведено технологічний процес розбирання муфти зчеплення.

Таблиця 2.1 Типовий технологічний процес розбирання муфти зчеплення

Назва технологічних операцій та переходів	Устаткування	Робочий та вимірювальний інструменти	Час на виконання операції Т _{шт} , хв.
005 Демонтаж			
1 Встановлення муфти зчеплення на спеціальному стенді для демонтажу	Спеціальний стенд для демонтажу муфти зчеплення моделі КМК-0003 Пневмоциліндричне пристосування		0,3
2 Звільнення кріпильної гайки від кожуху			0,2
3 Розшпінтовування трьох гайок кріплення кожуху		Викрутка, Плоскогубці	1,9
4 Викручування трьох гайок кріплення кожуха		Гайковий ключ 17х19	3,5
5 Зняття трьох гайок	Контейнер КЗ-02		0,2
6. Звільнення кожуха муфти зчеплення за допомогою переміщення штока верх	Пристосування КМК-0003		0,25
7. Зняття кожуха муфти зчеплення	Слюсарний верстак МКС-1731		0,15
8. Зняття дев'яти спеціальних натискних пружин	Контейнер КЗ-02		0,3
9. Зняття муфти зчеплення з відповідного пристосування			
010 Розбирання			
1. Встановлення муфти зчеплення у	Слюсарний верстак МКС-		

відповідне приспосіблення	1731. Слюсарні тиски		
2. Розшпінтовування осей важелів за рахунок вимкнення зчеплення		Викрутка, Плоскогубці	2,0
3. Демонтувати осі трьох важелів з відповідного вузла	Контейнер КЗ-02	Спеціальний інструмент, Слюсарний молоток	2,0
4. Зняття натискного диску			0,2
5. Зняття веденого диску			0,2
015 Розбирання			
1. Висвердлювання заклепок для кріплення фрикційних накладок	Вертикально- свердильний верстат моделі 2А135. Поворотне пристосування ППм-0007	Спіральне свердло Ø4,5мм.	5,2
2. Встановлення веденого диску у спеціальне пристосування із видаленням заклепок	Пристрій для демонтажу заклепок ДПЗ 1103	Пневматичний бойок	3,8
3. Видалення фрикційних накладок		Викрутка	3,2
020 Розбирання			
1. Висвердлювання заклепки яка служить кріпленням кришки маточини до диска	Вертикально- свердильний верстат моделі 2А135.	Спіральне свердло Ø6мм.	2,2
2. Встановлення диска у відповідне пристосування із видаленням заклепки	Пристрій для демонтажу заклепок ДПЗ 1103	Пневматичний бойок	1,8
Всього			27,4

По результатах візуального огляду та необхідних контрольних замірів демонтовані з муфти зчеплення деталі: надходять на вибрані технологічні операції по їх відновленню для подальшої експлуатації; вибраковуюються повністю, внаслідок значних пошкоджень і неможливості відновлення; проходять процес дефектування з частковим відновленням свого службового призначення.

2.4. Аналіз основних параметрів конструктивних та технологічних характеристик деталі після відновлення

Маточина веденого диска муфти зчеплення є відповідальним конструктивним елементом, який забезпечує передавання крутного моменту від веденого диска на первинний вал коробки змінних передач (КЗП). Конструктивно маточина являє собою шліцьову втулку з фланцем, до якої за допомогою заклепкового з'єднання кріпиться ведений диск муфти зчеплення. Через шліцьове спряження маточини з первинним валом забезпечується надійне та безлюфтове з'єднання під час функціонування трансмісії.

Маточина веденого диска виготовляється із конструкційної сталі 35 методом пластичного деформування з подальшою механічною обробкою. Технологія механічного доопрацювання включає свердління центрального отвору під шліцьовий профіль, токарну обробку фланцевої частини, свердління отворів для заклепок та остаточне формування шліців методом протягування. Для забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей деталь піддається термічній обробці за режимом поліпшення: гартування у воді з наступним високим відпусканням при температурі близько 600 °C із охолодженням на повітрі. У результаті сформована структура металу забезпечує маточині високу ударну в'язкість, достатню міцність і стійкість до втомного руйнування в умовах циклічних навантажень. Хімічний склад сталі 35, що застосовується для виготовлення маточини, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Елементний аналіз хімічного складу сталі 35

Марка сталі	Хімічні елементи і їх вміст, %			
	Вуглець C	Кремній Si	Марганець Mn	Хром Cr
Сталь 35	0,32...0,40	0,17...0,37	0,50...0,80	0,25

До найбільш точних та відповідальних розмірів і високих параметрів якості поверхонь відносяться поверхня шліцевої втулки. Квалітет точності розмірів даної поверхні 8, 9, інші поверхні 11, 12 квалітет точності. Крім цього до даних поверхонь ставляться високі вимоги, щодо форми поверхонь та їх взаємного розміщення. Відповідно високі вимоги ставляться і до якості даних поверхонь, зокрема по параметрах шорсткості. Шорсткість робочих поверхонь шліцевої втулки – R_a 25, шорсткість інших поверхонь по параметру R_a 10...40. При виготовленні даних деталей одночасно необхідно забезпечувати, як високі параметри точності, так і параметри якості відповідних поверхонь, що необхідно передбачити в технологічному процесі ремонту та відновлення даних деталей.

2.5 Залежність технічного стану муфти зчеплення від характерних видів зносу робочих поверхонь маточини веденого диска зчеплення

Зношування робочих поверхонь маточини веденого диска призводить до порушення точності посадок у шліцевому спряженні, що негативно впливає на стабільність роботи муфти зчеплення та погіршує умови передавання крутного моменту. Основними механізмами руйнування поверхонь є зминання металу та абразивний вид зношування, які виникають під дією циклічних навантажень та у присутності твердих частинок у зоні контакту.

Найбільш поширеним дефектом є спрацювання шліців маточини. У ряді випадків величина зносу може досягати 3...4 мм, що спричиняє специфічні ударні навантаження під час зміни крутного моменту двигуна. Такі

навантаження передаються на елементи трансмісії та можуть спричиняти прискорене руйнування зубців шестерень коробки передач, що є особливо небезпечним з огляду на складність і високу вартість відновлення даного агрегату.

Знос поверхонь отворів під заклепки призводить до втрати їх пресової посадки й порушення жорсткого з'єднання веденого диска з маточиною. Виникаючі внаслідок цього люфти здатні за умов ударних навантажень спричинити зріз заклепок, що фактично означає повну втрату працездатності вузла зчеплення.

При надмірному нагріванні веденого диска можливе короблення як самого диска, так і фланцевої частини маточини. Деформації геометрії викликають нерівномірний розподіл навантаження на заклепки та ускладнюють повне роз'єднання дисків під час вимикання зчеплення. Це призводить до часткового передавання крутного моменту під час перемикання передач, що створює загрозу ушкодження зубчастих передач трансмісії.

Таким чином, погіршення стану робочих поверхонь маточини веденого диска спричиняє розвиток вторинних дефектів у суміжних елементах муфти зчеплення та може бути причиною критичних відмов трансмісії. Своєчасний контроль ступеня зношування даного елемента є необхідною умовою надійної та безпечної роботи автомобіля.

2.6 Розроблення технологічного процесу дефектування маточини веденого диску муфти зчеплення

Як правило, технологічний процес дефектування вузлів або окремих деталей автомобіля найбільш характерний для станцій технічного обслуговування, або ремонтних підприємств. Призначення процесу дефектування – аналіз загального технічного стану вузлів або деталей, які підлягають ремонту для виявлення можливостей або їх подальшого використання після відповідних операцій відновлення, або для повного відбракування із заміною на нові вузли та деталі. Ремонтувати (відновлювати),

відбраковувати або замінювати на нові вузли та деталі залежить від їх технічного стану, технологічних можливостей виробництва та проведених відповідних техніко-економічних розрахунків.

Технологічний процес дефектування проводиться на спеціальних, або спеціалізованих робочих постах, які обладнані відповідним устаткуванням, робочими та вимірними інструментами при високій кваліфікації робітників. В залежності від обсягів виконуваних робіт, технологічних можливостей даного виробництва, об'єктів дефектування використовують спеціальні, спеціалізовані або універсальні обладнання, устаткування, відповідний інструмент, засоби механізації та автоматизації.

В таблиці 2.3 приведена інформація про основні характеристики технологічного процесу при дефектуванні маточини веденого диска муфти зчеплення

Таблиця 2.3 Основні етапи технологічного процесу при дефектуванні маточини веденого диска

Операції та переходи	Методи дефектування. Контрольний інструмент	Одержувальні розміри			Висновки
		Номінальний розмір	Допустимий розмір без подальшого ремонту	Допустимий розмір для можливого ремонту	
005 Дефектування					
Визначення величини зносу поверхонь отворів	Штангенциркуль ШЦ–ІІ–250-0,05 Калібр-пробка 8133-0707Н12	6,5±0,05	6,6±0,05	7,5±0,1	Підлягає ремонту

Визначення величини зносу поверхні втулки шліцевої відносно зовнішнього діаметра	Штангенциркуль ШЦ–II–250-0,05	$35^{+0,28}_{+0,14}$	$35^{+0,50}$	$36^{+0,1}$	Не підлягає ремонту
Визначення величини зносу робочої бічної поверхні втулки шліцевої	Калібр-пробка 8133-0707H12	$5,4^{+0,035}$	5,435	$6^{+0,5}$	Не підлягає ремонту
Визначення торцевого биття поверхні фланця відносно його осі обертання	Годинниковий індикатор ІГ-10Бкл1	0,15 на радіусі	0,16	0,25	Підлягає ремонту
Визначення наявності зносу та забиття фаски	Візуальний огляд	-	-	-	Підлягає ремонту

2.7 Критерії вибору оптимального способу відновлення поверхонь маточини веденого диску

До основних критеріїв визначення найбільш раціонального способу відновлення пошкоджених деталей відносяться:

K_T – критерій частоти використання способу відновлення (технологічний критерій);

K_d – комплексний критерій оцінки довговічності відновлених поверхонь;

$K_{T,ef}$ – критерій оцінки техніко-економічних показників запропонованого способу відновлення.

Ефективність вибраного способу відновлення поверхонь деталі характеризується наступною функціональною залежністю між вище переліченими критеріями:

$$B_{\text{св}}=f(K_{\text{т}} K_{\text{д}} K_{\text{т.еф}})$$

Загальна методика вибору способу відновлення деталей передбачає застосування комплексу часткових оціночних критеріїв, які враховують технологічну придатність, забезпечення довговічності, продуктивність процесу, економічну доцільність та техніко-економічну ефективність відновлення. Після аналізу креслення деталі, характеру та розмірів дефектів, її геометрії, матеріалу, точності виготовлення, параметрів шорсткості та вимог до твердості робочих поверхонь виконується попередній відбір можливих способів відновлення, здатних забезпечити відновлення вихідних посадкових і функціональних параметрів спряження.

До основних технологій, що можуть застосовуватися для відновлення робочих поверхонь маточини веденого диска, належать:

- спосіб додаткових ремонтних деталей (ДРД);
- відновлення пластичним деформуванням (ПД);
- ручне електродугове наплавлення (РДН);
- вібродугове наплавлення (ВДН);
- механізоване наплавлення під шаром флюсу (МНФ);
- механізоване наплавлення в середовищі захисних газів (СЗГ);
- технології із застосуванням металевих порошків (ВМП).

Для вибору найбільш придатного способу використовується методика оцінки коефіцієнта застосування $K_{\text{т}}$. Якщо хоча б один з основних параметрів відновлюваної деталі не може бути забезпечений конкретним способом відновлення, приймається $K_{\text{т}} = 0$, що означає неможливість застосування методу. У випадку, коли технологічні можливості обраного способу повністю відповідають вимогам до деталі і є позитивний досвід його використання у виробництві та експлуатації, приймається $K_{\text{т}} = 1$. Якщо ж можливість застосування способу є сумнівною (наявні рівні підстави як для підтвердження, так і для заперечення його ефективності), значення коефіцієнта приймається $K_{\text{т}} = 0,5$. В таблиці 2.6 приведено дані по ефективності способів відновлення робочих поверхонь шліцевої втулки маточини.

Таблиця 2.6 Критерії застосовності методу відновлення поверхонь шліцьової втулки маточини

Спосіб відновлення	Критерій застосовності методу відновлення поверхні	Відновлювальні поверхні
ДРД	0,5	Тонкостінні деталі маточини
ПД	1,0	Недостатня металоємність деталі. Можливе використання при наявності необхідного металу
РДН	0,25	Тонкостінні деталі маточини з можливим коробленням
ВДН	0,75	Складність при наплавці шліців внаслідок невеликого діаметра втулки
МНФ	0,25	Складність наплавлення робочих поверхонь шліців, невеликі розміри отворів, короблення внаслідок малої товщини стінок
СЗГ	0,75	Складність наплавлення у зв'язку з малим діаметром втулки
ВМП	0,5	Недостатньо апробований спосіб відновлення для деталей даного типу

Ефективність використання того чи іншого методу відновлення поверхонь деталей визначається коефіцієнтом довговічності, який визначає співвідношення між терміном експлуатації відновленої деталі та терміном експлуатації нової деталі. Для найбільш прогресивних методів відновлення деталей термін експлуатації відновлених деталей складає не менше 80% від терміну експлуатації нової деталі.

$$K_d = \varphi(K_z \cdot K_v \cdot K_{zc}),$$

Де: K_z – базовий коефіцієнт зносостійкості відновленої поверхні відповідним методом;

K_v – базовий коефіцієнт витривалості нанесеного покриття під час експлуатації;

K_{zc} – базовий коефіцієнт зчеплюваності покриття із основним металом деталі.

Числові значення коефіцієнтів зносостійкості та втомної міцності визначаються на основі результатів лабораторних випробувань дослідних зразків. Отримані експериментальні дані мають бути підтверджені експлуатаційними спостереженнями за відновленими деталями в реальних умовах навантаження. Узагальнені значення зазначених коефіцієнтів наведено у таблиці 2.6.

Важливим параметром, що впливає на довговічність відновлених деталей, є коефіцієнт зчеплюваності, який характеризує якість з'єднання відновленого шару з основним матеріалом. Значення цього коефіцієнта для різних способів відновлення наведено у таблиці 2.7.

Для повної техніко-економічної оцінки способів відновлення необхідно враховувати показник продуктивності. Продуктивність ремонтних технологій оцінюють за допомогою коефіцієнта продуктивності K_{π} , який встановлюється шляхом порівняння тривалості основних операцій відновлення: підготовчої механічної обробки, процесу нарощування поверхні та заключної механічної обробки після відновлення.

Порівняльну оцінку проводять шляхом співставлення продуктивності різних способів із продуктивністю ручного дугового наплавлення, прийнятою за базовий варіант. Це дає можливість однозначно визначити економічну доцільність застосування конкретної технології відновлення у виробничих умовах ($K_{\pi}=1$)

$$K_{\pi} = \frac{t_{\text{рн}}}{t_i}$$

Де: $t_{\text{рн}}$, t_i – часи для відновлення розглядуваної деталі при ручному наплавленні та експериментальним способом.

2.8 Загальні принципи вибору установочних баз в процесі виконання технологічних операцій

Правильний вибір установочних баз має вирішальне значення для

дотримання технічних вимог при відновленні деталей і безпосередньо впливає на якість відновленої поверхні. Однією з характерних особливостей механічної обробки деталей, що ремонтуються, є відсутність або частковий знос тих базових поверхонь, відносно яких деталь оброблялася під час виготовлення. Це ускладнює забезпечення геометричної точності та правильного взаємного розташування відновлених поверхонь.

Проблема вибору установочних баз загострюється тим, що в процесі відновлення необхідно обробляти саме ті поверхні, які початково виконували функцію установочних і вимірювальних баз. Тому технолог, обираючи базу, повинен ґрунтовно аналізувати кінематичні зв'язки, конструктивні особливості та умови роботи вузла, у складі якого функціонує деталь. Найбільш раціональним вважається варіант, за якого технологічна база співпадає з конструктивно-вимірювальною — це дозволяє мінімізувати похибки позиціонування та забезпечити відповідність ремонтної поверхні функціональним вимогам.

При відновленні деталей доцільно використовувати додаткові технологічні бази, попередньо виправлені до необхідних параметрів. У разі, якщо одна з таких баз відсутня або непридатна до використання, застосовують іншу збережену базову поверхню, а в якості другої технологічної бази допускається використання зношеної основної поверхні, за умови контролю та компенсації її геометричних відхилень.

На рисунку 2.1 представлена типова схема базування маточини при її закріпленні в трикулачковому патроні верстата з упором по торцевій поверхні.

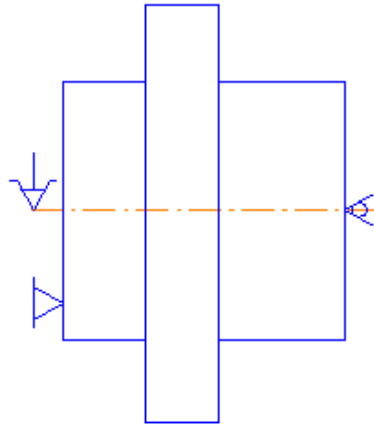


Рисунок 2.1 Типова схема базування маточини в процесі виготовлення

На рис 2.2 приведена типова схема базування маточини в процесі правки її внутрішньої фаски.

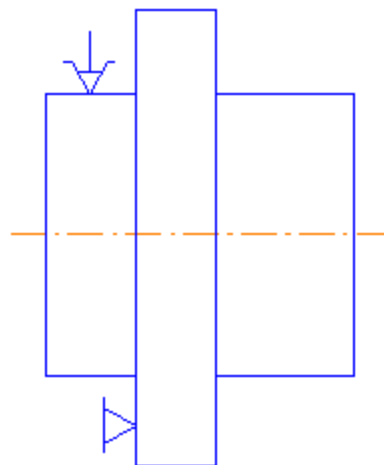


Рисунок 2.2 Типова схема базування маточини в процесі правки її внутрішньої фаски

На рис. 2.3 приведена типова схема базування маточини при її пластичному деформуванні на шліцьовій оправці.

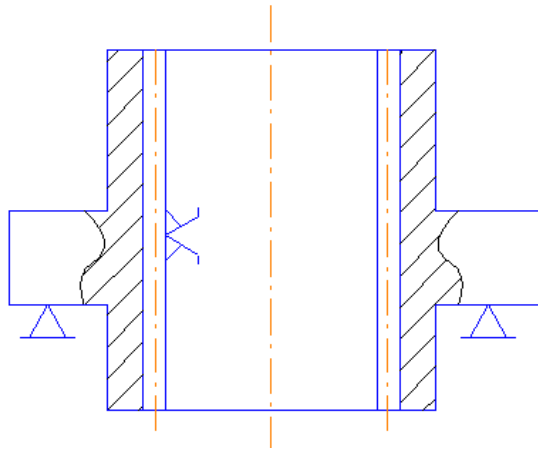


Рисунок 2.3 Типова схема базування маточини на шліцевій оправці при її пластичному деформуванні

При повторному наплавленні пошкодженої поверхні маточини для відновлення її форми та розмірів і подальшій токарній обробці даної поверхні маточина базується аналогічно схемі, яка показана на рисунку 2.2, а в подальшому при протягуванні шліців маточина базується за схемою показаною на рисунку 2.4

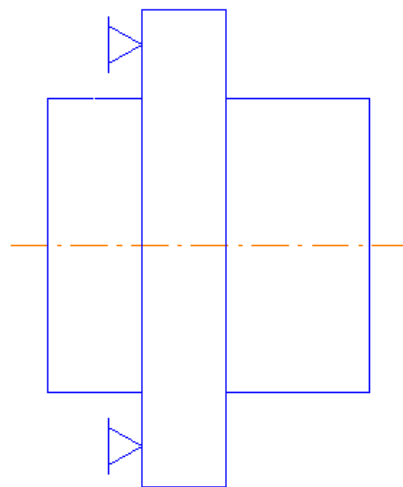


Рисунок 2.4 Типова схема базування маточини в процесі протягування шліців

2.9 Порядок розрахунку та вибору основних елементів режимів різання при виконанні технологічних операцій

Однією з ключових умов забезпечення високої якості виконання ремонтно-технологічних операцій є правильний вибір режимів обробки.

Підвищення режимів різання або наплавлення сприяє скороченню штучного часу та зростанню продуктивності, проте при цьому існує ризик погіршення якості відновлених поверхонь. Наприклад, збільшення швидкості наплавлення потребує використання більшого зварювального струму, що може призвести до перегріву деталі та її короблення. Аналогічно, надмірні сили різання під час механічної обробки викликають підвищені напруження у поверхневих шарах матеріалу, що спричиняє появу деформацій та втрату геометричної точності.

Таким чином, вибір режимів кожної технологічної операції є важливим етапом проєктування технологічного процесу та потребує ретельного обґрунтування з урахуванням забезпечення якості відновленої деталі і допустимих теплових навантажень.

Для визначення технічних норм часу необхідно встановити величину виробничої партії деталей. Оскільки на дільниці передбачається виконання відновлення виключно елементів муфти зчеплення, то партія деталей приймається рівною річній програмі ремонту, тобто $n_{\text{шт}} = N = 3600$ шт. Винятком є обладнання багатоцільового призначення — наплавлювальні установки, токарні верстати та пресове обладнання, яке буде задіяне також у виконанні інших видів робіт для забезпечення його повного завантаження.

Для вибраного обладнання величину партії деталей визначаємо за формулою:

$$n = \frac{N}{a}$$

Де: N – прийнята програма ремонту деталей, шт.;

a – загальна кількість деталей в партії на протязі року.

При технологічному процесі ремонту маточини найбільш оптимальною величиною партії деталей на протязі року буде кількість деталей $a=52$, що буде відповідати найбільш раціональному запуску даних деталей в ремонт один раз на протязі тижня.

$$n = \frac{3600}{52} = 70 \text{ дет}$$

005 Дефектування

- Визначення технічного стану поверхонь отворів під заклепування
 $T_0=0,3\text{мм}$, $T_B=0,2\text{хв}$.
- Визначення технічного стану робочих поверхонь шліців втулки маточини
 $T_0=0,4\text{мм}$, $T_B=0,2\text{хв}$.
- Визначення торцевого биття поверхні фланця маточини $T_0=0,5\text{мм}$,
 $T_B=0,5\text{хв}$.

Визначаємо оперативний час за формулою:

$$T_{\text{оп}}=T_0+T_d$$

Де: T_0 – значення основного часу, хв.;

T_d – значення допоміжного часу, хв..

$$T_{\text{оп}}=(0,3+0,4+0,5)+(0,2+0,2+0,5)=2,1\text{хв}$$

Затрачений додатковий час визначаємо за формулою:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot k}{100},$$

Де: k – відсоткове відношення величини додаткового часу до величини оперативного часу, $k=5\%$.

$$T_{\text{дод}} = \frac{2,1 \cdot 5}{100} = 0,11\text{хв},$$

Значення підготовчо-заключного часу на виконання операції, $T_{\text{пз}}=5\text{хв}$

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_n = T_{\text{оп}} + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,1 + 0,11 + \frac{5}{3600} = 2,2\text{ хв}.$$

010 Точіння

Формоутворення кінцевого розміру фаски $2 \times 12^\circ$.

В процесі проточування фасок з використанням ручної подачі не змінюється частота обертання деталі, як при попередньому, так і при наступному переходах. Як правило, основні елементи режимів обробки в даному випадку не регламентуються. При діаметрі оброблюваної поверхні - $\varnothing 35,0\text{мм}$ та ширині фаски $2,0\text{ мм}$, величина основного часу $T_0=0,13\text{хв}$.

Значення допоміжного часу:

$$T_{\text{доп}} = 0,5 + 0,1 = 0,6 \text{ хв},$$

$$T_{\text{оп}} = 0,13 + 0,6 = 0,73 \text{ хв},$$

$$T_{\text{дод}} = T_{\text{оп}} \frac{k}{100} = 0,73 \frac{8}{100} = 0,06 \text{ хв.}$$

Де: $k=8\%$

$$T_{\text{пз}} = 4 + 9 = 13 \text{ хв.}$$

Визначаємо технічну норму часу:

$$T_{\text{н}} = 0,73 + 0,06 + \frac{13}{70} = 0,975 \text{ хв.}$$

015 Наплавлення

Для відновлення працездатності втулки маточини передбачається наплавлення металу на її робочу поверхню з метою компенсації зносу. Для визначення необхідної товщини наплавленого шару слід розрахувати об'єм металу, потрібний для відновлення зношених шліцьових поверхонь і формування припусків під подальшу механічну обробку. За результатами вимірювань встановлено, що знос шліців за шириною не перевищує 2,0 мм, а знос за зовнішнім діаметром становить не більше 0,5 мм. При цьому мінімальний припуск на наступну механічну обробку має складати не менше 0,75 мм з кожного боку.

На початковому етапі аналітичних розрахунків визначається об'єм наплавленого металу, необхідний для компенсації зносу робочих поверхонь шліців. На рисунку 2.5 наведено характерні види пошкоджень шліцьових поверхонь втулки маточини веденого диска механізму зчеплення, а також відповідні значення величин зносу. На основі поданої схеми визначається площа прямокутника ABCD.

$$AB = \frac{36 - 28,5}{2} = 3,75 \text{ мм},$$

Де: BC = – величина максимального зносу поверхні шліців по ширині, 2 мм:

$$S_{ABCD} = 3,75 \cdot 2 = 7,5 \text{ мм}^2.$$

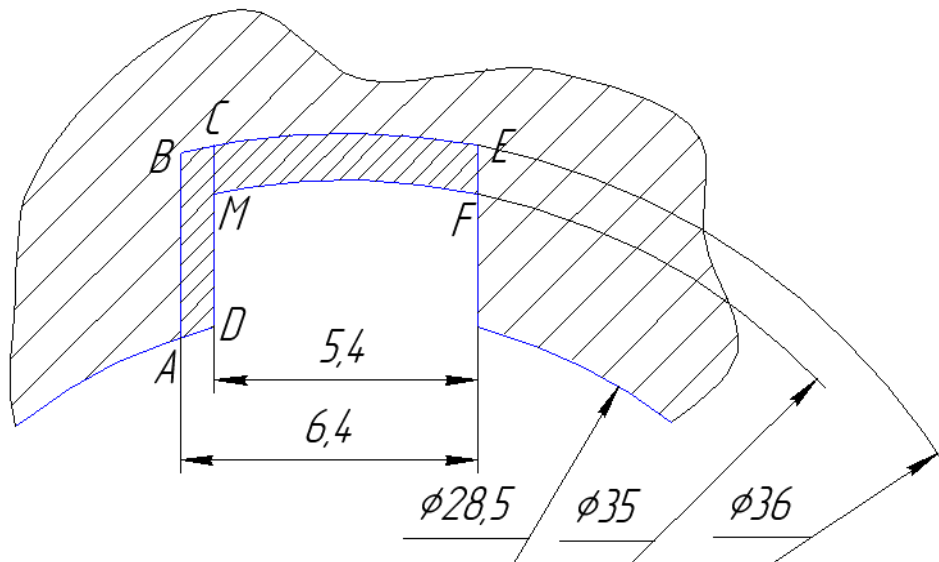


Рисунок 2.5 – Типовий характер та значення величин зносу поверхонь шліців втулки маточини

Проводимо визначення площі прямокутника CMEF:

Де: CM - величина максимального зносу поверхні шліців по зовнішньому діаметру, 0,5 мм,

$$CE=5,4\text{мм}$$

$$S_{\text{CMEF}} = 5,4 \cdot 0,5 = 2,7 \text{ мм}^2.$$

Сумарне значення площі зносу в перерізі дорівнює:

$$S_{\text{заг}} = 7,5 + 2,7 = 10,2 \text{ мм}^2.$$

При розрахунку необхідного об'єму металу для повної компенсації величини зносу поверхонь шліців втулки маточини враховуємо відповідні геометричні розміри: робоча довжина втулки маточини, яка підлягає відновленню - $L_{\text{вт}}=32\text{мм}$, довжина шліцевої поверхні, яка підлягає відновленню – 10 мм.

$$V = 10,2 \cdot 10 \cdot 32 = 3264 \text{ мм}^3.$$

В подальшому, визначається необхідний об'єм металу для забезпечення заданого припуску під операцію протягування робочих поверхонь шліців втулки маточини.

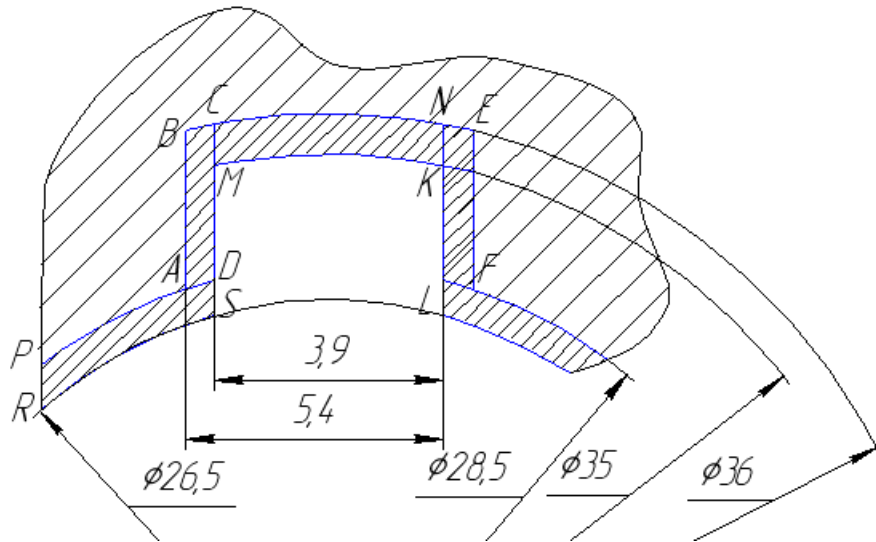


Рисунок 2.6 – Схема розміщення та величина припусків на робочі поверхні шліців втулки маточини

Визначення площі прямокутника ABCD:

$$AB = \frac{35 - 28,5}{2} = 3,25 \text{ мм},$$

Де: AD – величина припуску під операцію протягування на одну сторону шліца, 0,75 мм:

$$S_{ABCD} = S_{NEFL} = 3,25 \cdot 0,75 = 2,44 \text{ мм}^2.$$

Визначення площі прямокутника CMKN:

Прийняті значення розмірів: CM=0,75мм; CN=3,9мм.

$$S_{CMKN} = 3,9 \cdot 0,75 = 2,9 \text{ мм}^2.$$

Визначення площі прямокутника PDSR:

Прийняті значення розмірів: PR=0,75мм, RS=5,0мм тоді,

$$S_{PDSR} = 5,0 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ мм}^2.$$

Визначення площі припуску в поперечному січенні на операцію протягування поверхонь шліців із розрахунку на один шліц S_1 .

$$S_1 = S_{ABCD} + S_{NEFL} + S_{CMKN} + S_{PDSR} = 2,44 + 2,44 + 2,9 + 3,75 = 11,53 \text{ мм}^2.$$

Розраховуємо необхідний об'єм металу для забезпечення заданої величини припуску під операцію протягування шліцевих поверхонь із розрахунку на 10 шліців:

$$V_{\text{пр}} = 11,53 \cdot 10 + 32 = 3690 \text{ мм}^3.$$

Визначений необхідний сумарний об'єм металу для всіх шліців складе:

$$V_{\Sigma} = V_{\text{км}} + V_{\text{пр}} = 3264 + 3690 = 6954 \text{ мм}^3.$$

Визначаємо необхідну площу металу для наплавлення поверхні втулки маточини, враховуючи що дана поверхня має доволі складну геометрію, з точки зору форми та розмірів. Визначаємо необхідний об'єм металу, який практично можна нанести на діаметр $\varnothing 44 \text{ мм}$ конічної поверхні втулки.

В результаті розрахунків об'єм необхідного металу для наплавлення для меншої фаски складає:

$$V_1 = \frac{\pi}{2 \cdot 4} (D^2 - d^2) \cdot h_1 = \frac{3,14}{2 \cdot 4} (44^2 - 41^2) \cdot 6,5 = 651 \text{ мм}^3.$$

для більшої фаски складає:

$$V_2 = \frac{\pi}{2 \cdot 4} (D^2 - d^2) \cdot h_2 = \frac{3,14}{2 \cdot 4} (44^2 - 41^2) \cdot 10,5 = 1051 \text{ мм}^3.$$

$$V_{\text{кін}} = V_1 + V_2 = 651 + 1057 = 1702 \text{ мм}^3.$$

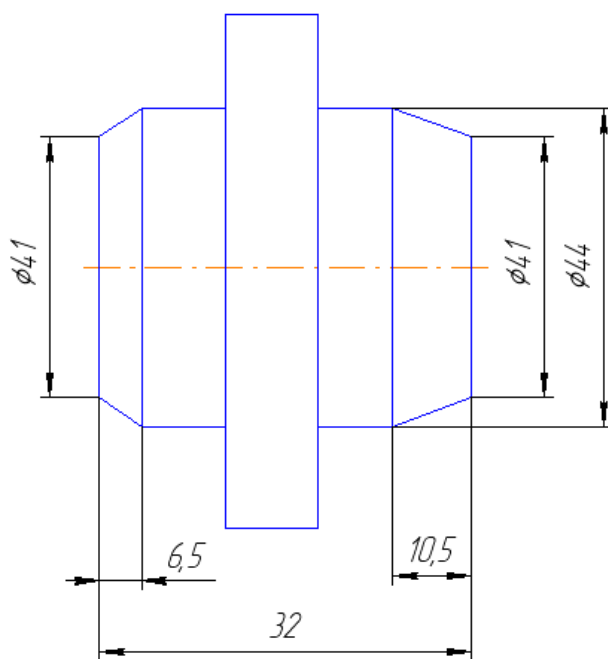


Рисунок 2.7 – Форма та розміри поверхні втулки маточини, на яку наноситься необхідний об'єм металу для компенсації зносу

Визначаємо необхідну товщину металу для покриття дано поверхні. Прийнятий об'єм металу для наплавлення - $V_{\Sigma} = 6954 \text{ мм}^3$.

Якщо необхідний об'єм металу нанесений для відновлення на конічні поверхні втулки складає $V_{\text{кон}}=1702\text{мм}^3$, то необхідний нанесений об'єм металу для покриття на циліндричну поверхню $\varnothing 44\text{мм}$ складає:

$$V^* = V_{\Sigma} - V_{\text{кон}} = 6954 - 1702 = 5252 \text{ мм}^3.$$

Залежність для визначення необхідного об'єму металу для його нанесення на циліндричну поверхню втулки:

$$V^* = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \cdot l,$$

Де: D – діаметр зовнішньої поверхні на яку наноситься метал;

d – діаметр циліндричної поверхні на яку наноситься метал;

l – прийнята довжина циліндра на який наноситься метал.

Формула для визначення діаметра зовнішньої поверхні деталі на яку наноситься метал:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot V^*}{\pi \cdot l} + d^2},$$

Підставивши необхідні дані отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5252}{3,14 \cdot 28} + 44^2} = 46,6$$

Визначена товщина покриття складає:

$$m_1 = \frac{D - d}{2} = \frac{46,6 - 44}{2} = 1,3 \text{ мм}.$$

Для визначення необхідних режимів процесу наплавлення необхідно враховувати: діаметр поверхні деталі на яку наноситься покриття - $\varnothing 44\text{мм}$; розрахована оптимальна товщина покриття - $m_1=1,3\text{мм}$; необхідна кількість робочих проходів - $i=2$.

Визначення коефіцієнта наплавлення поверхні металом: вибраний діаметр робочого дроту - $d_{\text{др}}=1,2\text{мм}$; оптимальна сила зварювального струму - $I=160\text{А}$ при напрузі - $U_{\text{н}}=20\text{В}$.

Визначивши коефіцієнт наплавлення поверхні вибраним матеріалом:

$$\alpha = 2,3 + 0,065 \frac{I}{d_{\text{пр}}}$$

$$\alpha = 2,3 + 0,065 \frac{160}{1,2} = 11 \text{ год},$$

Визначаємо швидкість подачі електродного дроту в зону наплавлення:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\alpha \cdot I}{q_{\text{пр}}}$$

Де: $q_{\text{пр}}$ – вага електродного дроту довжиною 1м:

$$q_{\text{пр}} = \gamma \cdot \frac{\pi \cdot d_{\text{пр}}^2}{4} \cdot 1 = 7,8 \cdot 10^{-3} \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 1000 = 8,82 \text{ гр.},$$

Тоді швидкість подачі електродного дроту в зону наплавлення складає:

$$V_{\text{пр}} = \frac{11 \cdot 160}{8,82} = 199,5 \text{ м/год.}$$

Визначаємо оптимальну швидкість наплавлення поверхні:

$$V_{\text{н}} = \frac{\alpha \cdot I}{q_{\text{м}} \cdot 3600}$$

Де: $q_{\text{м}}$ – вага наплавленого шва із розрахунку на один метр гр/м:

$$q_{\text{м}} = F \cdot \gamma \cdot 100$$

Де: F – розрахована площа поперечного січення шва $F=0,15 \text{ см}^2$, електродний дріт $d_{\text{пр}}=1,2 \text{ мм}$

$$q_{\text{м}} = 0,15 \cdot 7,8 \cdot 100 = 117 \text{ гр./м},$$

Визначаємо швидкість наплавлення:

$$V_{\text{н}} = \frac{11 \cdot 160}{117 \cdot 60} = 0,25 \text{ м/хв.} = 250 \text{ мм/хв.}.$$

Визначення частоти обертання деталі при її наплавленні:

$$h = \frac{V_{\text{н}}}{\pi \cdot d}$$

Де: d – діаметр поверхні деталі, яка наплавляється:

$$h = \frac{250}{3,14 \cdot 44} = 1,8 \text{ об/хв.}.$$

Визначення повздовжньої подачі супорта установки для наплавлення:

$$S = 2,5 \cdot d_{\text{пр}} = 2,5 \cdot 1,2 = 3,0 \text{ мм/об.}$$

Розрахунок складових норм часу на операцію наплавлення:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s}$$

Де: L – прийнята довжина поверхні, яка наплавляється;

i – кількість робочих проходів, $i=1$;

n – прийнята частота обертання заготовки, $n=1,8 \text{ об/хв.}$;

s – повздовжня подача наплавляючого дроту, $s=3,0 \text{ мм/об.}$

При розробленому технологічному процесі на першому етапі наплавляються конічні поверхні втулки маточини, а в подальшому наплавляються решта поверхонь втулки.

$$T_o = \frac{(6,5 + 10,5) \cdot 1}{1,8 \cdot 3} + \frac{28 \cdot 1}{1,8 \cdot 3} = 8,33 \text{ хв.}$$

Прийняті значення відповідних часів: $T_b=1,0 \text{ хв.}$; $T_{\text{дод}}=0,15$,

$T_{\text{оп}}=0,15(8,33+1)=1,4 \text{ хв.}$;

$T_{\text{пз}}=16 \text{ хв.}$, вибрано із довідникової літератури:

$$T_H = 8,33 + 1,0 + 1,4 + \frac{16}{70} = 13,6 \text{ хв.}$$

020 Наплавлення

Наплавити компенсуючий знос металом навколо зношених отворів під заклепки на фланці маточини. Визначимо об'єм металу необхідного для відновлення діаметру отворів. Знос отворів під заклепки не більше 1,0 мм на діаметрі, припуск під наступну обробку не менше 1,5 мм на діаметрі, товщина фланця 4 мм, а діаметр отворів 6,5 мм та всіх шести отворів. При цьому необхідний об'єм металу для відновлення одного отвору складе:

$$V_1 = \frac{\pi}{4} [(d + d_i)^2 - (d - d_t)^2] \cdot b$$

Де: d – розрахований номінальний діаметр отворів під наплавлення, $d=6,5 \text{ мм}$;

d_i – величина зносу поверхонь отворів, $d_i=1,0 \text{ мм}$;

d_t – величина припуску під наступну операцію обробки отвора, $d_t=1,5 \text{ мм}$;

b – прийнята ширина фланця, $b=4,0$ мм.

$$V_1 = \frac{\pi}{4} \left[(6,5 + 1)^2 - (6,5 - 1,5)^2 \right] \cdot 4,0 = 98,2 \text{ мм}^3$$

При визначенні необхідної висоти виступаючого валика із наплавленого металу враховуємо, що наплавляючий метал кругом отвору, який відновлюється наплавленням має вигляд усіченого тора у меридіальній площині із радіусом 10 мм.

Якщо відомий об'єм тора:

$$V = 2\pi^2 \cdot R \cdot r^2$$

і об'єм усіченого тора:

$$V_{yc} = \pi^2 \cdot R \cdot r^2$$

Знаходимо радіус валика:

$$r = \sqrt{\frac{V_{yc}}{\pi^2 \cdot R}}$$

Із врахуванням припущення, що $V_{yc}=V_1$ отримуємо:

$$r = \sqrt{\frac{98,2}{\pi^2 \cdot 10}} \approx 1,0 \text{ мм.}$$

Розрахунками підтверджено, що для ефективного відновлення навколо зношеного отвору висота наплавленого валика повинна бути в межах 1 мм.

При визначенні ваги металу одного метра погонного шва, що наплавляється необхідно враховувати форму та геометричні розміри даного шва згідно з рисунком 2.8.

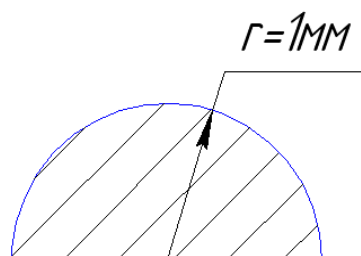


Рисунок 2.8 Прийняті форма та розмір наплавленого шва металу навкруг зношених поверхонь отворів

Отже одержимо:

$$F = \frac{\pi \cdot r^2}{2} = \frac{\pi \cdot 1}{2} = 1,57 \text{ мм}^2 = 1,57 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$$

$$q_m = F \cdot \gamma \cdot 100 = 1,57 \cdot 7,8 = 12,25 \text{ гр./м.}$$

Визначаємо швидкість наплавлення поверхні:

$$V_{\text{пр}} = \frac{\alpha \cdot I}{q_{\text{пр}} \cdot 60} = \frac{11 \cdot 160}{12,25 \cdot 60} = 2,39 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі під час наплавлення становить:

$$n = \frac{2390}{3,14 \cdot 2 \cdot 10} = 38 \text{ хв.}^{-1}$$

Величина основного часу на операцію наплавлення:

$$T_o = \frac{1}{n} = 0,026 \text{ хв.} = 1,57 \text{ с.}$$

Враховуючи, що повністю валик накладається навколо одного отвору за один оберт деталі по при наявності в даній 6 отворів визначимо величину основного часу для відновлення всієї деталі.

$$T_o = 0,026 \cdot 6 = 0,16 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}} = 0,5 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{дод}} = 0,15(0,16 + 0,5) = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$$

$$T_H = 0,16 + 0,5 + 0,1 + \frac{16}{70} \approx 1,0 \text{ хв.}$$

025 Штампування

При штампуванні деталь попередньо нагрівають до температури 1250^0 С . В подальшому маточину опресовують у клиновому штампі. Із врахуванням продуктивності термічної печі – 200 кг/год. та маси даної деталі – 0,5 кг визначаємо величину оперативного часу для нагрівання деталі.

$$T_o = \frac{60 \cdot m_g}{\Pi_{\text{п}}}$$

Де: m_g – прийнята маса деталі, яка підлягає нагріву, $m_g = 0,5 \text{ кг}$;

$\Pi_{\text{п}}$ – продуктивність термічної печі, $\Pi_{\text{п}} = 200 \text{ кг/год.}$

$$T_o = \frac{60 \cdot 0,5}{200} = 0,15 \text{ хв.}$$

Після нагрівання дана деталь переходить на операцію штампування з використанням клинового штампа, принципова схема якого приведена на рис. 2.9.

Прийняті значення основного часу на операцію штампування.

$$T_o = 0,2 \text{ хв}, T_{\text{доп}} = 0,6 \text{ хв.}, T_{\text{дод}} = 0,25 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{оп}} = 0,25(T_o + T_{\text{в}}) = 0,25(0,15 + 0,2 + 0,6) = 0,24 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{пз}} = 8 \text{ хв.}$$

Визначаємо технічну норму часу на операцію штампування:

$$T_{\text{н}} = 0,15 + 0,2 + 0,6 + 0,24 + \frac{8}{70} = 1,3 \text{ хв.}$$

030 Термічна обробка (повний відпал)

Технологічний процес термічної обробки деталі включає в себе: нагрівання деталі в термічній печі до температури 850°C з витримкою при цій температурі протягом 2 год. І подальшим охолодженням її разом із термічною піччю.

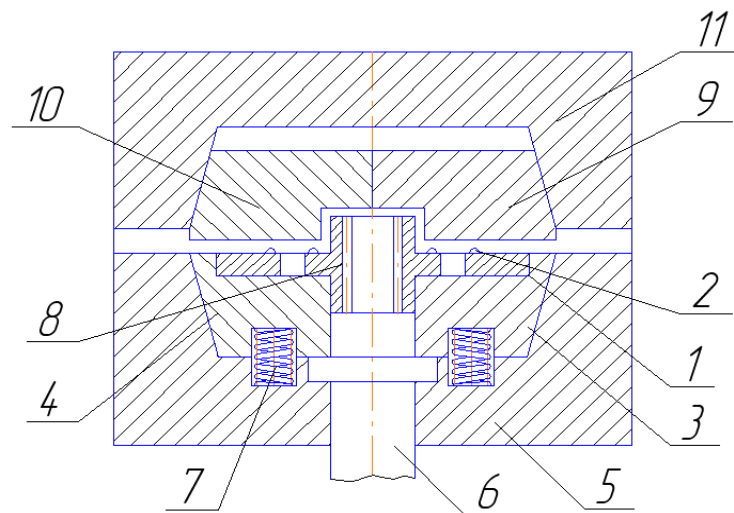


Рисунок 2.9 – Загальний вигляд принципової схеми будови клинового штампа
1 – робоча маточина; 2 – величина компенсуючого зносу отворів; 3, 4 – клиноподібні нижні напівматриці; 5 – обойма клинова; 6 – силовий виштовхувач; 7 – пружини стиснення; 8 – оправка шліцева; 9, 10 – клиноподібні верхні напівматриці; 11 – обойма клинова верхня.

Розрахунок часу для відпалу ускладнюється рядом причин. По перше відпалюється не одна, а партія деталей, так наприклад в піч СНЗ-6.13.4/12М2 розміщується 150–170 маточин. По друге, як правило, деталі загружають в піч, нагрівають до необхідної температури, витримують та залишають охолоджуватись. Виходячи з того, що нагрівання в печі здійснюється за 5 годин, для величини партії 150 деталей:

$$T_H = \frac{5 \cdot 60}{150} = 2 \text{ хв.}$$

035 Точіння

Послідовність виконання операції точіння: підрізка торця втулки маточини; точіння внутрішньої фаски, 2×12^0 ; точіння зовнішньої циліндричної поверхні втулки за один робочий прохід до діаметра $\varnothing 44$; $l=5,6\text{мм}$ і забезпеченням шорсткості поверхні $R_a 20$; точіння галтелі в місці переходу втулки в фланець радіусом, $R=1,5$; перестановлення деталі; підрізка торця втулки маточини; точіння внутрішньої фаски, 2×12^0 ; точіння зовнішньої циліндричної поверхні втулки за один робочий прохід до $\varnothing 44$ на довжину $l=5,5\text{мм}$ із забезпеченням шорсткості поверхні $R_a 20$; точіння галтелі в місці переходу втулки в галтель радіусом $R=0,75\text{мм}$; перестановлення деталі в центи із перевіркою фланця на торцеве биття і при необхідності його точити для усунення даного биття в межах $0,15\text{мм}$ на радіусі 38 мм ;

Порядок визначення та призначення основних елементів режимів різання при точінні:

Прийнята значення глибини різання $t=0,5 \dots 1,0\text{мм}$.

Прийняте значення величини подачі різця $S=0,6\text{ мм/об}$.

Прийняте значення швидкості різання при використанні різців з пластиною Т15 К6, $V_p=50\text{м/хв}$.

Формула для визначення частоти обертання шпинделя верстата:

$$n = \frac{V_p}{\pi \cdot d}$$

Де: V_p – прийнята швидкість різання (точіння), $V_p=147\text{м/хв.}$;

d – діаметр оброблюючої поверхні деталі, $d=44\text{мм}$.

$$n = \frac{50 \cdot 1000}{\pi \cdot 44} = 361 \text{ хв.}^{-1}$$

Згідно паспортних даних верстата моделі 16К20 для подальших розрахунків приймається частота обертання шпинделя $n=360\text{хв}^{-1}$. Приведені режими різання аналогічні і при інших токарних переходах.

Визначення величини основного часу на окремі переходи:

- підрізання торців деталі $T_o=0,1 \cdot 2=0,2 \text{ мм.};$
- точіння фаски $T_o=0,13 \cdot 2=0,26 \text{ мм.};$
- точіння деталі $T_o=0,15 \cdot 2=0,30 \text{ мм.};$

Формула для визначення основного часу при точінні зовнішньої циліндричної поверхні втулки:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$$

Де: L – сумарна довжина обробленої поверхні із врахуванням величин врізання та вибігу різця.

$$L = l + y$$

l – значення довжини обробленої поверхні, $l=5,5 \cdot 2=11\text{мм};$

y – значення довжин врізання та вибігу різця $y=3,5;$

n – прийнята частота обертання шпинделя верстата, $n=360\text{хв}^{-1};$

S – подача різця, $S=0,6 \text{ мм/об.}$

$$T_o = \frac{(11 + 3,5) \cdot 1}{360 \cdot 0,6} = 0,07 \text{ хв.}$$

Величина допоміжного часу, $T_{\text{доп}}=0,83\text{хв.},$

Величина оперативного часу, $T_{\text{оп}}=0,2+0,26+0,30+0,07+0,83=1,61\text{хв.}$

Величина додаткового часу, $T_{\text{дод}}=0,08 \cdot T_{\text{оп}}=1,61 \cdot 0,08=0,13\text{хв.}$

Величина підготовчо-заключного часу, $T_{\text{пз}}=6\text{хв.},$

Визначаємо технічну норму часу на операцію точіння:

$$T_H = 1,61 + 0,13 + \frac{6}{70} = 1,90 \text{ хв.}$$

040 Свердління

Свердління 6 отворів $\varnothing 6,2$ мм на прохід довжиною $l=4$ мм.

Розвертування 6 отворів $\varnothing 6,4 \pm 0,03$ мм на прохід довжиною $l=4$ мм.

Порядок визначення та вибору основних елементів режимів різання.

При виборі режимів різання необхідно враховувати, що отвори у фланці після операції штампування дещо зменшуються в діаметрі, тому прийнята глибина різання не перевищує $t=2$ мм, величина подачі $S=0,4$ мм/об і швидкість різання $V_p = 5$ м/хв.

Формула для визначення частоти обертання свердла:

$$n = \frac{V_p}{\pi \cdot d_{св}}$$

Де: V_p – прийнята швидкість різання $V_p=5$ м/хв.;

$d_{св}$ – вибраний діаметр свердла $d_{св}=6,2$ мм.

$$n = \frac{5 \cdot 1000}{\pi \cdot 6,2} = 256 \text{ хв.}^{-1}$$

Згідно паспортних даних верстата приймаємо $n_{св}=250$ об/хв..

Формула для визначення основного часу:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}$$

Де: L – глибина свердління отвору із врахуванням довжини врізання та виходу інструменту.

$$L = b + 5 = 4 + 5 = 9 \text{ мм.},$$

n – прийнята частота обертання шпинделя верстата, $n=250 \text{ хв}^{-1}$;

S – величина подачі свердла, $S=0,4$ мм/об.

$$T_o = \frac{9}{250 \cdot 0,4} = 0,09 \text{ хв.}.$$

Прийняте значення допоміжного часу, $T_{доп}=0,5$ хв.

Прийняте значення оперативного часу, $T_{оп}=T_o+T_b=0,09+0,5=0,6$ хв.

Прийняте значення додаткового часу, $T_{дод}=0,06 \cdot T_{оп}=0,06 \cdot 0,6=0,04$ хв.

Прийняте значення підготовчо-заключного часу, $T_{пз}=5$ хв.

Визначення технічної норми часу на операцію:

$$T_H = 0,6 + 0,04 + \frac{5}{70} = 0,71 \text{ хв.}$$

Порядок визначення та призначення основних елементів режимів різання при розвертуванні отворів:

Вибрана розвертка діаметром $\varnothing 6,4 \pm 0,03 \text{ мм}$.

Вибрані величини подачі розвертки $S = 0,4 \text{ мм/об}$ та швидкості різання 5 м/хв .

Розрахунок значення технічної норми часу при розвертуванні аналогічний як і при свердлінні отвору, $T_H = 0,71$.

045 Протягування

Виконання операції протягування шліцевих отворів маточини.

Порядок визначення та призначення основних елементів режимів обробки при операції протягування.

Із табличних даних призначаємо швидкість протягування $V_p = 8 \text{ м/хв}$. при використанні протяжок з швидкорізальної сталі Р6М5.

Формула для визначення основного часу:

$$T_o = \frac{l_{\text{пр}} + 2l_d}{V_p}$$

Де: $l_{\text{пр}}$ – довжина робочої частини протяжки, $l_{\text{пр}} = 680 \text{ мм}$;

l_d – довжина поверхні деталі, яка протягується $l_d = 32 \text{ мм}$.

$$T_o = \frac{680 + 2 \cdot 32}{8000} \approx 0,1 \text{ хв.}$$

Вибрані значення параметрів технічного нормування процесу протягування:

$$T_{\text{доп}} = 0,6 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{дод}} = 0,1 T_{\text{оп}} = 0,1 \cdot (0,1 + 0,6) = 0,07 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 10 \text{ хв.}$$

$$T_H = 0,1 + 0,6 + 0,07 + \frac{10}{70} = 0,91 \text{ хв.}$$

050 Термічна обробка

Операція термічної обробки деталі включає в себе два етапи: нагрів деталі до

температури 850°C з подальшим загартовуванням у воді (І етап); нагрів деталі до температури $180\ldots 200^{\circ}\text{C}$ із подальшим охолодженням на повітрі.

З КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Стенд для клепа́ння тормозних накладок диску зчеплення автомобіля

Запропонована конструкція стенда за своїм службовим призначенням і технологічними можливостями відповідає вимогам, які ставляться до аналогічного обладнання, яке використовується на авторемонтних підприємствах (рис. 3.1).

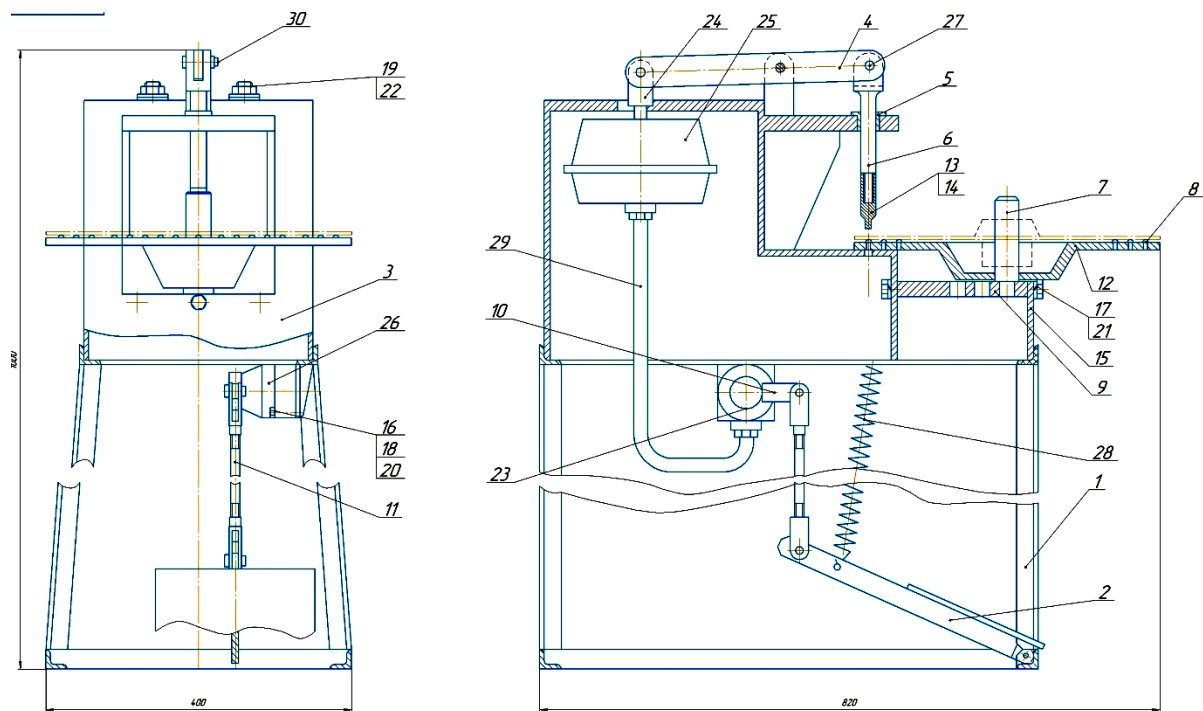


Рисунок 3.1 – Стенд для клепа́ння накладок диску зчеплення

Призначений стенд для реалізації процесу клепа́ння фрикційних накладок на поверхні ведених дисків муфти зчеплення при їх ремонті та демонтажі при підготовці до ремонту. Основні параметри технічної характеристики стенда приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Основні параметри технічної характеристики стенда для процесу клепа́ння накладок

№ п/п	Технічна характеристика стенду	Примітка
1	Тип стенду	Стаціонарний характер
2	Характер основного механізму приводу	Пневматичний привід
3	Максимальний робочий тиск повітря в пневматичній камері	0,4МПа
4	Величина максимального зусилля на бойку	12,0кН
5	Робочий хід бойка	20,0 мм
6	Максимальна кількість робочих подвійних ходів бойка	30 подвійних ходів за хв.
7	Габаритні розміри стенду	1000x820x400 мм
8	Маса стенду	90кг

3.2. Конструкція стенду для клепа́ння накладок диску зчеплення

Стенд для клепа́ння фрикційних накладок веденого диска муфти зчеплення складається із зварного корпусу, на якому змонтовано всі основні вузли та механізми. На корпусі стенда встановлюється плита 9, яка закріплюється на базовій рамній конструкції 3. У плиті виконані три посадкові отвори для фіксаторів 7, що забезпечують надійне закріплення веденого диска під час клепа́ння. Залежно від діаметра розташування заклепок на диску фіксатор може встановлюватися в будь-якому з трьох положень для забезпечення оптимального доступу інструмента до місця обробки.

Привід бойка 13, який здійснює вибивання або установлення заклепок, реалізовано за допомогою пневматичної камери 25. Зусилля від неї передається через систему важелів, що збільшує створювану силу у два рази, забезпечуючи необхідний ударний вплив. Увімкнення та вимкнення пневмокамери 25 здійснюється через пневморозподільник 26, що приводиться в дію педаллю 2 за допомогою важеля 10 та тяги 11.

Передача зусилля від важільного приводу на ударний інструмент здійснюється через шток 6, на якому закріплено бойок 13. Для забезпечення

точності напрямку руху та виключення бокових відхилень шток переміщується у напрямних втулках 5, які забезпечують стабільність і плавність його роботи в процесі клепання.

3.3. Принцип роботи стану для клепання накладок

Ведений диск муфти зчеплення з попередньо встановленими, але ще не заклепаними фрикційними накладками монтується на підставку 12 стану. Фіксатор 7 встановлюють у один із трьох отворів плити 9 залежно від радіального розташування заклепок на диску. Після цього підставку разом із диском фіксують на обраному положенні фіксатора.

На штоку 6 закріплюється змінний розвальцювальний бойок 14, який відповідає діаметру використовуваних заклепок. Заклепку встановлюють у посадковий отвір диска безпосередньо під бойком. Оператор натискає педаль 2, яка через тягу 11 і важіль 10 відкриває пневморозподільник 26. Стиснене повітря надходить у пневмокамеру 25, де створює тиск на мембрану, приводячи в рух її шток.

Зусилля від штока пневмокамери через вилку 24 та важіль 4 передається на шток 6 з установленим бойком 14. Бойок здійснює розвальцювання заклепки, формуючи її замикальну головку. Після відпускання педалі 2 механізм автоматично повертається у вихідне положення під дією зворотних пристроїв, що забезпечує можливість виконання наступного циклу клепання.

3.4. Розрахунок необхідного зусилля при клепанні накладок

Схема пластичного деформування заклепок наведена на рис. 3.2.

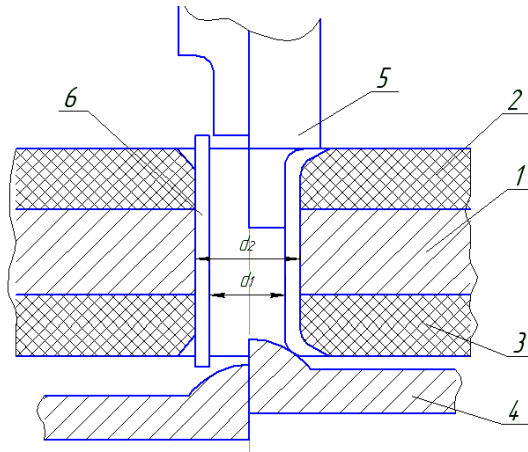


Рисунок 3.2 Принципова схема процесу клепаання накладок фрикційних на поверхню веденого диска муфти зчеплення

1 – робочий диск; 2,3 – відповідно верхня та нижня фрикційні накладки; 4 – спеціальна підставка з виступом; 5 – боек для завальцовування; 6 – заклепка трубчастого типу.

Виходячи з рисунку 3.1 прийнято, що заклепка трубчаста виготовлена з алюмінієвих сплавів. Формула для визначення необхідного зусилля для процесу клепаання.

$$P_{\text{кл}} = 2,5 \cdot \pi \cdot S \cdot \sigma_s \cdot (D - d_1)$$

Де: S – прийняте значення товщини заклепочної стінки:

$$S = \frac{d_2 - d_1}{2} = \frac{6,0 - 3,0}{2} = 1,5 \text{ мм},$$

σ_s – границя параметра текучості при розтягуванні заклепок виготовлених з дюралюмінію $\sigma_s = 100 \text{ Н/мм}^2$;

d_1 – значення внутрішнього діаметру заклепок, $d_1 = 3,0 \text{ мм}$;

D_2 – значення зовнішнього діаметра заклепок, $D_2 = 10 \text{ мм}$;

Формула для визначення необхідного зусилля в процесі клепаання:

$$P_{\text{кл}} = 2,5 \cdot 3,14 \cdot 1,5 \cdot 100 \cdot (10 - 3) = 8246,7 \approx 8,25 \text{ кН.}$$

Зусилля, яке необхідне для забезпечення процесу клепаання $P_{\text{кл}} = 8,25 \text{ кН}$.

3.5. Розрахунок силових, кінематичних характеристик та вибір основних елементів пневматичної камери

Типова схема конструкції силового механізму стенду для проведення процесу клепання накладок веденого диску муфти зчеплення приведена на рисунку 3.3.

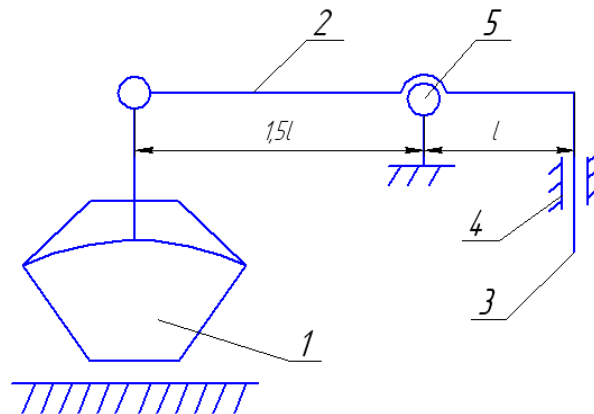


Рисунок 3.3 Принципова схема механізму приводу для клепання
1 – пневматична камера; 2 – силовий важіль; 3 – робочий шток циліндра; 4 – напрямний елемент штока; 5 – шарнір опорний

Визначимо величину зусилля, яке розвивається пневматичною камерою:

$$P_{\text{пк}} = \frac{P_{\text{кл}}}{1,5} = \frac{8,25}{1,5} = 5,5 \text{ кН.}$$

В подальшому визначаємо заданий діаметр пневматичної камери. Формула для визначення необхідного зусилля, яке повинна розвинути пневматична камера приведена нижче:

$$P_{\text{пн}} = \frac{p \cdot \pi \cdot d^2}{4}$$

Де: p – робочий тиск в мережі пневматичної камери, $p=0,4 \text{ Н/мм}^2$;

d – вибраний діаметр робочої діафрагми пневматичної камери;

$$p = \sqrt{\frac{4P_{\text{пн}}}{\pi \cdot d^2}}$$

$$p = \sqrt{\frac{4 \cdot 5500}{0,4 \cdot 3,14}} = 132 \text{ мм.}$$

Діаметр прийнятої пневматичної камери дещо більший від розрахованого і складає $d=160$ мм для забезпечення надійної передачі заданого тиску. При величині робочого тиску в пневматичній камері $p=0,4$ Н/мм² результуюче зусилля на штоку пневматичної камери буде максимальним.

$$P_{шт} = 1,5 \cdot \frac{P \cdot \pi \cdot d^2}{4} = 1,5 \cdot \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot 160^2}{4} = 12,0 \text{ кН},$$

а відповідне зусилля на штоку пневматичної камери:

$$P_{пк} = \frac{12,0}{1,5} = 8,0 \text{ кН}.$$

3.6 Послідовність силового розрахунку основних деталей стенду по параметрах міцності

3.6.1. Силловий розрахунок робочого штоку стенду на поздовжню міцність

На рисунку 3.4 приведена схема навантаження на шток стенду.

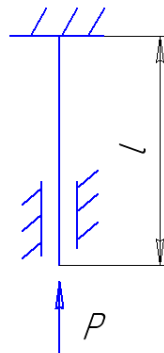


Рисунок 3.4 Схема силового навантаження на робочий шток стенда

При силовому розрахунку штоку враховувались, як максимальна довжина штоку $l=210$ мм, а також діаметр штоку $d_{шт}=20$ мм. Формула для визначення максимального (критичного) навантаження на стержневу деталь при деформації стиснення.

$$P_{пр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot l)^2}$$

Де: E – стандартний модуль пружності для сталевих деталей,

$$E=2,15 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2;$$

I – момент інерції відносно осі.

Розрахунок величини моменту інерції для стержнів круглого січення:

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{3,14 \cdot 20^4}{64} = 7854,$$

Де: l – вибрана довжина стержня, $l=210\text{мм}$;

μ – поправочний коефіцієнт в залежності від прийнятої схеми навантаження досліджуваного стержня, $\mu=0,5$ у випадку використання схеми навантаження, яка приведена на рис.3.3.

$$P_{\text{пр}} = \frac{3,14^2 \cdot 2,15 \cdot 10^5 \cdot 7854}{(0,5 \cdot 210)^2} = 1512 \text{ кН}.$$

Враховуючи те, що величина максимального зусилля розрахованого аналітичним способом, яке діє на шток пневматичної камери не перевищує 13 кН, необхідна стійкість даного штока забезпечена.

3.6.2. Силевий розрахунок пальця штоку пневматичної камери стенда

Згідно конструктивних особливостей стенда, а також пневматичної камери палець штока діаметром 12 мм та характеру діючих сил працює на деформацію зрізу, приймаючи при цьому максимальне зусилля $P=12,0\text{кН}$. Формула для визначення умовної міцності матеріалу пальця штока. Який працює на зріз.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau]_{\text{ср}}$$

Де: $\tau_{\text{ср}}$ – величина розрахованого напруження на палець;

Q – величина максимально діючого навантаження на палець у площині, яка перпендикулярна вісі пальця $Q=12,3 \text{ кН}$;

d – прийнятий діаметр пальця штока, $d=12\text{мм}$;

$[\tau]_{\text{ср}}$ – величина допустимого навантаження на палець штока при

деформації на зріз, $[\tau]_{\text{ср}} = 0,25 \sigma_T$.

Для виготовлення пальця штока примінено поліпшену сталь 30, $[\tau]_{\text{ср}} = 120 \text{ Н/мм}^2$.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 \cdot 12000}{3,14 \cdot 12^2} = 106,1 < [\tau]_{\text{ср}} = 120 \text{ Н/мм}^2$$

Аналітичні розрахунки підтвердили виконання умови міцності пальця штока при деформації зрізу.

3.6.3. Силевий розрахунок при визначені товщини важеля враховуючи умову міцності при деформації на згин

На рисунку 3.5 приведена схема силового навантаження на важіль та відповідні епюра моментів згину.

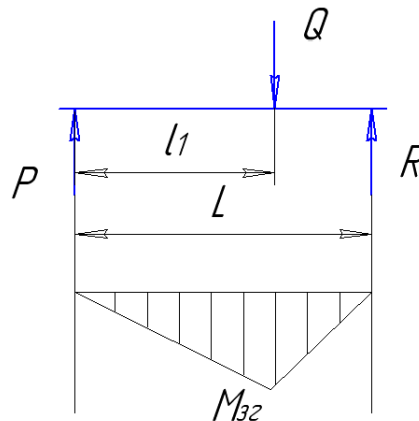


Рисунок 3.5 Схема силового навантаження на важіль та епюра моментів згину

При відомих параметрах $P_{\text{пк}} = 8,0 \text{ кН}$; $R = 12,0 \text{ кН}$; $l_1 = 180 \text{ мм}$; $L = 300 \text{ мм}$ визначаємо величину критичного навантаження на важіль:

$$P_{\text{пк}} = Q \cdot \frac{L - l_1}{L}$$

а також величину максимального навантаження в площині перпендикулярній осі симетрії важеля

$$Q = \frac{P_{\text{пк}} \cdot L}{L - l_1}$$

$$Q = \frac{8,0 \cdot 300}{300 - 180} = 20,0 \text{ кН.}$$

Величина максимального моменту згину, який діє на важіль визначається за формулою:

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot (L - l_1) \cdot l_1}{L}$$

$$M_{\max} = \frac{20000 \cdot (300 - 180) \cdot 180}{300} = 1440 \text{ кН} \cdot \text{мм.}$$

Форма запису умови міцності в розглядуваному перерізі важеля:

$$\sigma_p = \frac{M_{зг}}{W} \leq [\sigma]_{зг}$$

$[\sigma]_{зг}$ – величина допустимого навантаження, яке діє на важіль виготовлений із сталі 30, $[\sigma]_{зг} = 240 \text{ Н/мм}^2$.

Формула для визначення моменту опору в залежності від згинного моменту:

$$W = \frac{M_{зг}}{[\sigma]_{зг}}$$

При розрахунку моменту опору поперечного перерізу важеля прямокутної форми при його ширині $b=40\text{мм}$ та діаметру наскрізного отвору в найбільш небезпечному місці перерізу $d=12,5\text{мм}$ використана формула:

$$W = \frac{a \cdot (b^3 - d^3)}{6 \cdot b}$$

Звідси визначимо гранично допустиму товщину важеля:

$$a = \frac{6W \cdot b}{b^3 - d^3} = \frac{6 \cdot M_{зг} \cdot b}{(b^3 - d^3) \cdot [\sigma]_{зг}}$$

$$a = \frac{6 \cdot 1440 \cdot 10^3 \cdot 40}{(40^3 - 12,5^3) \cdot 240} = 23,2 \text{ мм.}$$

Для подальших розрахунків приймаємо товщину важеля $a=25\text{мм}$.

3.6.4. Силовий розрахунок кріпильних шпильок пневматичної камери

При силовому розрахунку кріпильних шпильок враховувалися наступні параметри: характер навантаження на шпильки – змінний; величина

максимального зусилля, яке діє на шпильки $P_{\max}=8,0$ кН; загальна кількість шпильок $i=2$.

Записуємо умову міцності матеріалу шпильок по заданій амплітуді:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1pk}}{\sigma_a} \geq [n_a]$$

Де: σ_{-1pk} – гранична межа параметра міцності шпильки виготовленої із сталі 45 при наявності різьбової поверхні, $\sigma_{-1pk} = 50 \text{ Н/мм}^2$;

σ_a – величина амплітуди при дії змінних навантажень;

$[n_a] = 2,5 \dots 4,0$ – заданий коефіцієнт щодо запасу міцності матеріалу шпильки по відношенню до амплітуди, $[n_a] = 2,5$.

$$\sigma_a = \frac{\chi \cdot Q}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right)}$$

Де: d – прийнятий діаметр різьбової частини по внутрішній впадині, $d = 21 \text{ мм}$;

Q – величина навантаження, яке припадає на один болт,

$$Q = \frac{P_{\text{шк}}}{2} = \frac{8,0}{2} = 4,0 \text{ кН.};$$

χ – поправочний коефіцієнт від дії основного навантаження в залежності від величини коефіцієнта піддатливості матеріалу шпильки та відповідно стягнутих болтом деталей, які сформували стик.

$$\chi = \frac{\lambda_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ш}} + \lambda_{\text{ст}}}$$

$$\lambda_{\text{ш}} = \frac{l_{\text{ш}}}{E_{\text{ш}} \cdot F_{\text{ш}}}$$

Де: $l_{\text{ш}}$ – прийнята робоча довжина шпильки, $l_{\text{ш}} = 100 \text{ мм}$;

E – заданий модуль пружності для матеріалу шпильки, $E_{\text{ш}} = 2,15 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$;

$F_{\text{ш}}$ – ефективна площа перерізу шпильки в поперечному січенні по впадинах різьбової частини шпильки.

$$\lambda_{\text{ш}} = \frac{100}{2,15 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot 21^2}{4}} = 1,34 \cdot 10^{-6} \text{ мм/Н/}$$

Формула для визначення величини піддатливості розглядуваного стику:

$$\lambda_{\text{ст}} = \frac{4l}{E_{\text{ст}} \cdot \pi \left[(1,8 \cdot d + 0,2 \cdot l_{\text{шп}})^2 - d_{\text{от}}^2 \right]}$$

Де: l – прийнята довжина відповідної деталі до якої прикріплена шпилька, $l=22\text{мм}$;

$F_{\text{ст}}$ – прийнятий модуль пружності матеріалу шпильки, $F_{\text{ст}}=2,15 \cdot 10^5 \text{ Н/мм}^2$

d – величина номінального діаметру шпильки, $d=24\text{мм}$;

$l_{\text{шп}}$ – робоча довжина шпильки, $l_{\text{шп}} = 100\text{мм}$;

$d_{\text{от}}$ – прийнята довжина наскрізного отвору під шпильку, $d_{\text{от}}=26,0\text{мм}$.

$$\lambda_{\text{ст}} = \frac{4 \cdot 22}{2,15 \cdot 3,14 \left[(1,8 \cdot 24 + 0,2 \cdot 100)^2 - 26^2 \right]} = 3,9 \cdot 10^{-8}$$

$$\chi_{\text{ст}} = \frac{3,92 \cdot 10^{-8}}{1,34 \cdot 10^{-4} + 3,92 \cdot 10^{-8}} = 0,0284,$$

$$\sigma_a = \frac{0,0284 \cdot 4000}{2 \cdot \left(\frac{3,14 \cdot 21^2}{4} \right)} = 0,164,$$

Розраховуємо величину запасу міцності по відомій амплітуді:

$$n_a = \frac{\sigma_{-1\text{рк}}}{\sigma_a} = \frac{50}{0,16} = 304 > [\sigma_a] = 4,$$

В результаті розрахунків підтверджено, що умова міцності виконується.

Для надійного забезпечення неможливості розкриття даного стику величина зусилля при попередньому затягуванні шпильок повинна бути в межах не нижче мінімально необхідної при даній схемі з'єднання.

$$V_{\text{min}} = (1 - \chi) \cdot Q = (1 - 0,0284) \cdot 4,0 = 3,9 \text{ кН},$$

Визначаємо величину напруження при затягуванні шпильок:

$$\sigma_{\text{зат}} = \frac{V}{F} = \frac{4 \cdot 3,9}{3,14 \cdot 21^2} = 11,26 \text{ Н/мм}^2,$$

Визначаємо величину стабільного середнього напруження:

$$\sigma_m = \sigma_{\text{зат}} + \sigma_a = 11,26 + 0,164 = 11,42 \text{ Н/мм}^2,$$

Визначаємо величину максимального напруження:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_m + 2\sigma_a = 11,26 + 2 \cdot 0,164 = 11,59 \text{ Н/мм}^2.$$

Запишемо умову міцності по параметру найбільшого напруження:

$$n = \frac{\sigma_T}{\sigma_{\text{max}}} \geq [n]$$

Де: σ_T – прийняте значення межі текучості матеріалу шпильки - поліпшена сталь 45, $\sigma_T = 450 \text{ Н/мм}^2$;

$[n]$ – прийнятий коефіцієнт запасу міцності із врахуванням найбільшого напруження, $[n] = 1,25 \dots 2,5$.

$$n = \frac{450}{11,59} = 38,8 \gg [n] = 2,5$$

Приведені розрахунки підтвердили, що запропоновані конструкторські заходи забезпечують задану умову міцності.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Причини підвищеного зношування деяких деталей трибоспрямижень автомобілів в експлуатації.

Більшість вузлів тертя автомобільних конструкцій, деталі яких працюють при терті ковзання, мають досить високу зносостійкість і забезпечують надійну роботу відповідних об'єктів протягом заданих ресурсів і термінів служби. Однак в окремих випадках спостерігається інтенсивне зношування деталей, на їх поверхнях виникають вогнища захоплювання, задири, що знижує довговічність вузлів і навіть призводить до відмов у роботі. Розглянемо деякі приклади підвищеного зношування деталей різних вузлів та їх причини.

Шарнірні вузли. Довговічність деталей шарнірних з'єднань, особливо високонавантажених вузлів часто лімітується виникненням пошкоджень, що викликаються захоплюванням матеріалів. Розглянемо декілька характерних випадків втрати працездатності шарнірних вузлів, зумовленої виникненням на поверхнях тертя деталей аварійних видів зношування.

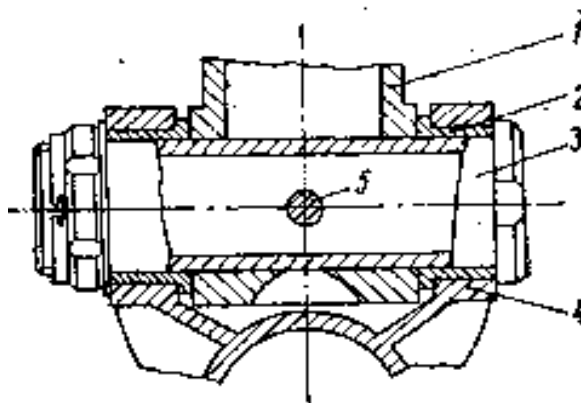


Рисунок 4.1. Схема конструкції вузла кріплення коромисла візка до поршня амортизатора

На рисунку 4.1 показана схема вузла кріплення коромисла візка до поршня амортизатора шасі автомобіля. Вісь 3 вузла виготовляють із сталі 30ХГСНА і хромують щільним хромом. Вісь працює в парі з втулками 2 з бронзи БРАЖН10-4-4, встановленими в вуха коромисла візка 4. У провусині

поршня амортизатора 1 вісь не обертається - вона законтрена від провертання болтом 5. У знову зібраному вузлі діаметральний зазор - 0,050...0,210 мм.

Однак іноді в цій парі виявляється вельми значний знос. Так, на одному з автомобілів, що надійшли в ремонт, зазначений зазор склав більше 2 мм внаслідок інтенсивного зношування бронзових втулок. Поверхневий прошарок останніх мав значні пластичні деформації. На осі спостерігалось налипання бронзи, шар хрому був частково зруйнований.

Магнітним контролем на хромованій поверхні осі в зонах взаємодії з втулками виявлено ряд поздовжніх тріщин (рис. 4.2). Тріщини мали крихкий характер, глибина їх досягала 5 мм. Твердість хромового покриття становила 805...840 кгс/мм² і була нижчою за вихідну на 90...100 одиниць. Твердість сталі безпосередньо під хромом у цих зонах була 348...447 кгс/мм² при твердості в серцевині і в поверхневих шарах на непрацюючих ділянках 447...487 кгс/мм².

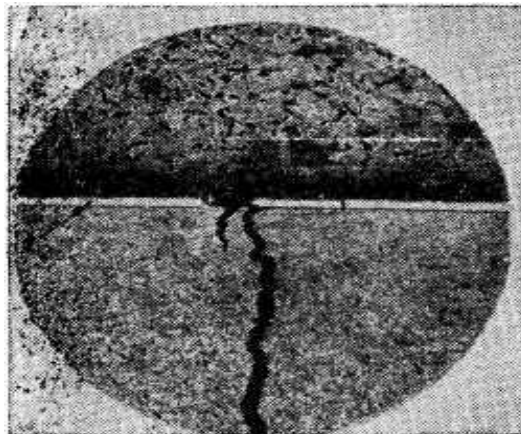


Рисунок 4.2. Термічні тріщини у матеріалі осі автомобіля:

1 - хромове покриття (х100)

Зважаючи на зміну твердості, можна сказати, що в зоні тертя виникали об'ємні температури близько 300...350° С. У тонкому поверхневому шарі температура могла бути значно вищою. І пояснюється це тим, що вузол протягом тривалого часу працював без належного мастила. Це призвело до інтенсивного зношування втулок, значного виділення теплоти, виникнення у матеріалі осі крихких термічних тріщин. Виникли вони, мабуть, в останній період експлуатації і не встигли набути втомного розвитку.

У ряді шарнірних вузлів автомобілів застосовують шарнірні підшипники та кульові опори. Шарнірні підшипники шасі схильні до впливу пилу і вологи, вони часто уражаються корозією. Внаслідок цього тертя в них значно зростає, відбувається провертання кулі на осі та знос її. Накопичення продуктів зношування веде до забруднення мастила, засмічення мастильних канавок і отворів, що посилює процес тертя і може призвести до повного защемлення кулі в обоймі. Це може бути також і результатом схоплювання матеріалів кулі та обойми при порушенні умов їх змащування.

Схоплювання матеріалів кулі і обойми приходило спостерігати, наприклад, в кульовому шарнірі вузла кріплення основного підкосу шасі. Виникнення початкових вогнищ схоплювання призводило до труднощів при збиранні, а на одному автомобілі сталося повне заклинювання вузла. При дослідженні були виявлені інтенсивні задири деталей за повної відсутності на їх поверхнях мастильної плівки. Фактично шарнір тривалий час працював всуху. Працездатність його забезпечувалася лише за рахунок фосфатної плівки, після зносу якої виникло схоплювання матеріалів та заїдання.

Безпосередньою причиною заїдання шарніра стала відсутність мастила. А викликано це було надмірним потопанням маслянки в тіло вуха, що не дозволяло надійно встановити на неї наконечник мастилонагнітателя і заповнити мастилом порожнину шарніра. Щоб уникнути повторення подібних випадків, було проведено доопрацювання маслянок. Одночасно було змінено матеріал кулі: його почали виготовляти зі сталі 12ХНЗА та цементувати. Рекомендовано також запровадити частіше регламентне змащування вузла.

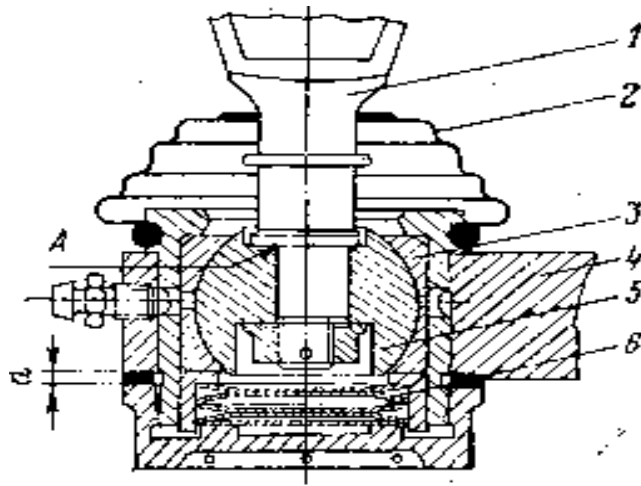


Рисунок 4.3. Схема кульового шарніру автомобіля

Схоплювання матеріалів та заклинювання кулі буває і в тих шарнірах, у яких обойма виготовлена з бронзи. Заклинювання цього шарніра призводило до руйнування важеля повідця та розриву кінематичного ланцюга системи керування.

Шарнір (рис. 4.3) складається із сталеві кулі 5, посаженої на вісь 1 важеля повідця, двох бронзових вкладишів 3, встановлених у стакан, який у свою чергу запресований у гніздо вуха важеля 4 тарілки автомата перекоосу. Куля на осі не обертається і не має осевого переміщення. У шарнірі передбачено зазор у межах 0,04...0,06 мм. Компенсація люфту, що виникає внаслідок зношування поверхонь, що труться, здійснюється за допомогою пакета тарілчастих пружин 6, що притискають нижню вкладку до кулі, і підбору регульовальної шайби відповідної товщини а. Змащується шарнір мастилом ЦИАТИМ-201. Для захисту від пилу він забезпечений чохлом 2.

Руйнування осі важеля повідця 1 відбувалося по галтельному переході за стрілкою А (рис. 4.3) і носить втомлений характер. При розбиранні таких шарнірів виявлялися явно видимі ознаки підвищеного тертя в парі, що труться. На поверхні кулі спостерігалися ділянки з налипанням бронзи вкладишів, а на внутрішній поверхні останніх - осередки виривів матеріалу, сліди температурного впливу. Стан деталей свідчив про те, що куля була неприпустимо затиснута між вкладишами. Це призвело до видавлювання мастила із зони контакту, розриву її плівки через перевищення критичної

температури, виникнення адгезійної взаємодії матеріалів деталей, різкого зростання тертя в парі. З підвищеним тертям шарнір працював, мабуть, відносно тривалий час. У цих умовах деталі кінематичного ланцюга надмірно перевантажувалися, що й призвело до виникнення тріщини втоми в найбільш слабкій ланці - в галтельному переході важеля повідця. Причиною неприпустимого затискання кулі між вкладишами стало неправильне регулювання вузла, що проводилося при технічному обслуговуванні автомобіля.

Шліцеві з'єднання. Зношування шліців відбувається при фреттинг-корозії з переважанням тих чи інших властивих їй явищ: окислення, абразивних впливів, захоплювання металів. Найчастіше фреттинг-корозія шліців проявляється в втомно-окислювальній взаємодії металів. Забезпечення тривалої, надійної роботи шліцевих з'єднань за інших рівних умов повинно полягати у підвищенні фреттингостійкості матеріалу деталей.

На автомобілях шліцеві з'єднання у вигляді муфт шліцевих широко використані у вузлах трансмісії. Муфти складаються із стакана з довгими шліцами на внутрішній поверхні і наконечника з короткими зовнішніми бочкоподібними шліцами. Порожнини муфт заповнені мастилом для гіпоїдних передач і ущільнені гумовими кільцями. Стакани муфт зазвичай виготовляють із сталі 38ХМЮА, шліци їх азотують на глибину до 0,6...0,8 мм. Наконечники, а також фланці із зовнішніми шліцами виготовляють із сталі 12Х2Н4А. Шліци цементують на глибину 0,6...0,9 мм.

Деяка неспіввісність: ланок трансмісії, що з'єднуються, неминуча, тому конструктором встановлені норми допустимого перекосу, що характеризуються величиною так званого «зламу» валів. Величину «зламу» визначають за допомогою індикаторного приладу, що розташовується на певній відстані від муфти, при провертанні валу.

На рисунку 4.4 показаний випадок повного зношування шліців однієї зі з'єднувальних муфт.

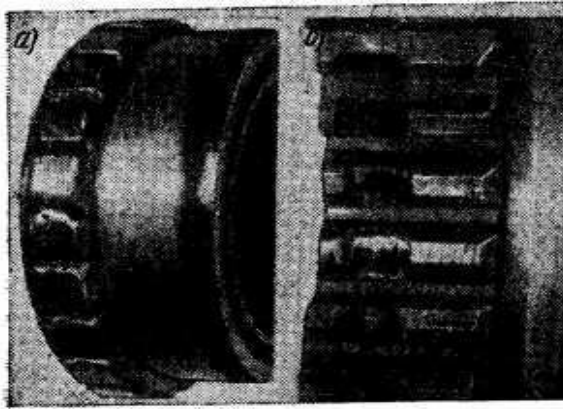


Рисунок 4.4. Характер зносу шліців муфти трансмісії автомобіля

а- наконечник; б- стакан

На рисунку 4.4 показано характер зносу шліців з'єднувальної муфти. Дослідження показали, що зношування шліців викликано підвищеним перекосом осей деталей муфти. Порожнина муфти була заповнена великою кількістю продуктів зношування, зволожених мастилом. Інтенсивне зношування часто спостерігають у шліцевій муфті задніх мостів автомобілів. Зношуються як зовнішні цементовані шліци фланця, так і внутрішні азотовані шліци провідного валу ведучого. Процес зміни зазору в даній шліцевій муфті носить нелінійний характер.

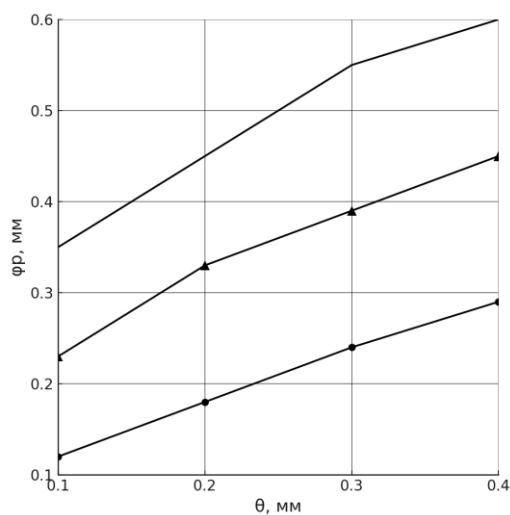


Рисунок 4.5. Залежність збільшення зазору ϕ у шліцевій муфті від кута перекоосу θ осей деталей, що з'єднуються, при тривалості роботи 50 год (1), 250 год (2) і 450 год (3).

З використанням даних про величину «зламу» валів виявилося можливим оцінити вплив неспіввісності на інтенсивність зношування шліців, тобто

збільшення зазору в шліцевій парі. З'ясувалося, що між величиною неспіввідності деталей і зносом шліців існує цілком певна залежність: що більше кут перекошу, тобто «злам» валів, то інтенсивніше йде зношування (рис. 4.5).

Статистичні дослідження зношування шліців муфт редукторів дозволили встановити допустимий для подальшої експлуатації автомобіля зазор у муфті за відповідної періодичності перевірок, а також мінімальну та середню їх довговічність за гранично допустимого зазору.

Підшипникові пари. При виборі матеріалу для втулок підшипникових пар в першу чергу враховують його зносостійкість і антифрикційність, здатність утримувати на своїй поверхні мастильний матеріал, його міцнісні якості. Фізичні властивості матеріалу і, зокрема, його теплопровідність беруть до уваги не завжди, що може спричинити недостатню довговічність підшипникової пари.

Втулку (підшипник) кулачкової шайби одного з двигунів тривалий час виготовляли з м'якої вуглецевої сталі і заливали по внутрішній поверхні свинцевою бронзою БрС30. Для поліпшення приробітку останню покривали тонким шаром електролітичного свинцю. Деякий час для заливки втулок використовували олов'яно-свинцеву бронзу БрОС5-25. Ці втулки працювали добре, мало зношувалися при незначному зношуванні спряженої сталеві деталі-ступиці провідної шестерні редуктора.

В подальшому, для спрощення технологічного процесу виготовлення, втулки стали виготовляти з бронзи БрАЖМц-10-3-1,5. Ця бронза, як уже вказувалося, має високу міцність, хороші антифрикційні та протизадирні властивості, деталі з неї успішно працюють у вузлах тертя різних конструкцій при невисокій температурі. Порівняно з бронзою БрС30 бронза БрАЖМц -10-3-1,5 є значно менш теплопровідною: коефіцієнт теплопровідності у неї становить 0,14, тоді як у бронзи БрС 30...0,34 кал/ом. $^{\circ}\text{C}$. Знижена теплопровідність бронзи БрАЖМц -10-3-1,5 стала фактором, що призвело до істотного зниження надійності роботи і довговічності пари тертя. Ця бронза

виявилася більш чутливою до короткочасних відхилень у режимі мастила, можливого при запуску двигуна. У цих випадках відбувався підвищений розігрів втулки, що полегшувало процес адгезійної взаємодії бронзи зі сполученою деталлю.

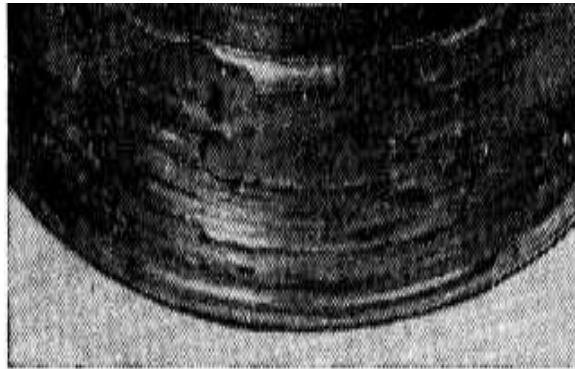


Рисунок 4.6. Загальний вигляд зношеної поверхні втулки кулачкової шайби

Схоплювання матеріалів, що почалося, у свою чергу, сприяло підвищенню температури, внаслідок чого процес набував лавинного характеру (рис. 4.6). Відбувалося пластичне деформування матеріалу, видавлювання бронзи із зазору між втулкою та ступицею провідної шестірні редуктора з утворенням буртиків. Втулку заклинювало на ступиці шестірні, зрізалися штифти її кріплення в диску кулачкової шайби та ушкоджувалися зубці вінця шайби та малого вінця подвійної шестерні, газорозподілу. Для усунення неприпустимого зносу втулок та підвищення надійності вузла їх знову почали виготовляти з бронзи БрОС5-25.

Під час експлуатації одного з двигунів неодноразово спостерігалися випадки інтенсивного зношування втулок роликів штовхачів клапанів впуску та випуску. Ці втулки виготовляють із бронзи БрАЖН10-4-4. Втулки встановлюють у сталеві цементовані та загартовані ролики штовхача із зазором 0,03...0,074 мм. Внутрішньою поверхнею вони контактують з віссю ролика, яку виготовляють із цементованої сталі. Діаметральний зазор між віссю ролика штовхача та втулкою для нових двигунів становить 0,09...0,113 мм.

Зношування втулок відбувалося головним чином із зовнішньої поверхні.

Розподіл зносу свідчив про те, що в початковий період роботи втулки оберталися на своїх осях при одночасному обертанні по них роликів і рівномірно зношувалися по всій поверхні. Розмір зносу становив 0,16...0,20 мм. Надалі відбувалося стопоріння втулок на осях, швидкість тертя по зовнішній поверхні їх різко зросла, починалося місцеве зношування втулки роликом, що обертається. Зношування втулок за ресурс роботи становило 1,7...1,9 мм. Для з'ясування причин підвищеного зношування з групи двигунів, в процесі їх ремонту були зняті втулки, визначено величину їх зносу та твердість матеріалу. Отримані дані (максимальні значення) були зведені в таблицю, а потім побудовано криву залежності між зношуванням втулок та твердістю їхнього матеріалу (рис. 4.7).

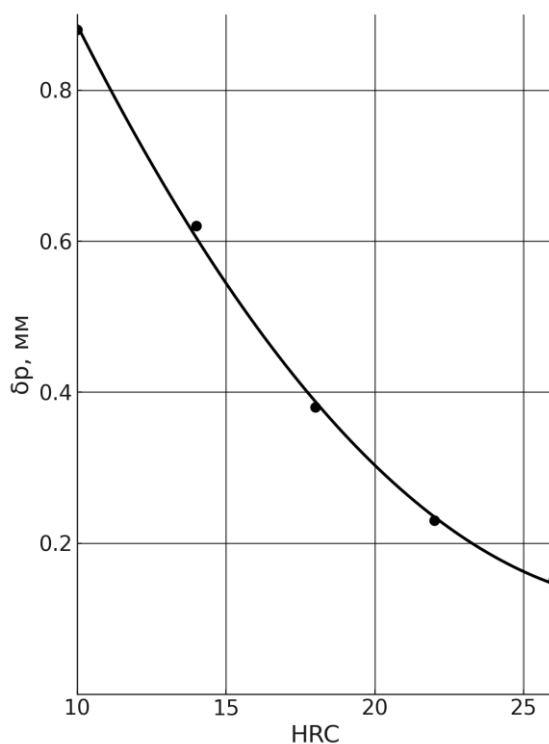


Рисунок 4.7. Залежність зносу втулок роликів штовхачів від твердості матеріалу

Відповідно до технічних умов твердість матеріалу втулок має бути в межах HRC 17...28. Твердість матеріалу багатьох втулок була значно меншою за нижню межу, задану технічними умовами.

У літературі з тертя і зношування немає прямих дослідних даних про

залежність зносостійкості бронз одного і того ж хімічного складу від їх твердості, яка змінюється за допомогою режимів термічної обробки. Однак наявні непрямі дані по дозволяють вважати, що зі збільшенням твердості бронзи зносостійкість її при терті зі змащенням підвищується. Це підтверджено і даним дослідженням: втулки з бронзи одного і того ж хімічного складу в ідентичних умовах роботи зношувалися по-різному в залежності від їх твердості. Знос був тим більше, чим нижча твердість матеріалу.

Для виявлення причин низької твердості бронзи втулок були проведені металографічні дослідження. Було встановлено, що втулки твердістю HRC 21-28 мають структуру β твердого розчину з незначною кількістю м'якої α -фази (мікротвердість β -фази становила 324...342 кгс/мм², α -фази-167...186 кгс/мм². Втулки із заниженою твердістю мали яскраво виражену двофазну будову $\alpha+\beta$ -твердого розчину з великим вмістом α складової. Така різниця у структурі бронзи була пов'язана із застосуванням на різних заводах різних режимів термічної обробки. Для усунення зношування втулок рекомендовано уточнити режим термічної обробки їх заготовок і ввести контроль твердості. Твердість втулок була збільшена до HRC 21...31.

Одностороннє зношування втулок по зовнішній поверхні можливе лише у разі припинення їх обертання на осі. Наприклад, внаслідок потрапляння в зазор твердих частинок зростає момент тертя у парі втулка-вісь. У цьому випадку ролик буде просковзувати по зовнішній поверхні втулки, виробляючи на ній майданчик. Виникнення останньої ускладнить надалі обертання втулки, навіть за відновлення нормального моменту тертя. Гальмування втулки може відбутися і у разі виникнення пластичної деформації її матеріалу під дією непередбачуваних навантажень (наприклад, при підвищеному терті у sprzęженні штовхача з направляючою). Вісь ролика вдавиться в м'яку втулку, уподібнившись до циліндричної шпонки. В той же час втулка по зовнішній поверхні в зоні контакту з роликом зконтактує по радіусу, що дорівнює радіусу отвору в ролику. Все це призведе до того, що втулка перестане обертатися на осі.

Обидва можливі випадки стопоріння втулки на осі більш ймовірні, якщо вона виготовлена із матеріалу меншої твердості. При твердому матеріалі втулка менше ушкоджується сторонніми частинками і деформується менше під навантаженням.

Плунжерні пари. Довговічність насосних агрегатів лімітується в основному зносом деталей, що труться качаючого і розподільчого вузлів. Величина зношування деталей, при якій відбувається суттєве зниження об'ємного коефіцієнта корисної дії насоса, зазвичай дуже незначна.

Рядом авторів був проведений аналіз зносів деталей вузла, що качає аксіально-плунжерних гідравлічних насосів після відпрацювання ними міжремонтного ресурсу. Було встановлено, що зазори в циліндро-поршневій групі у 41%, які піддавалися аналізу насосів, зросли з 15...20 до 25...35 мкм. За нашими даними зазори в парах плунжерних паливних насосів в зонах максимального зносу плунжерів та стінок отворів в роторі за ресурс роботи зростають на 10...25 мкм. Таке зростання проміжків є вже неприпустимим.

З цих даних випливає, що довговічність насосів визначається дуже малими зносами деталей, що труться. Іноді такі зноси спричиняють руйнування деталей вузла, що хитає, і відмови насоса в роботі. Прикладом цього можуть бути відмови гідравлічного насоса, що відбувалися через збільшення внаслідок зносу зазору в поєднанні плунжера 5 з проставкою 4 і блоком циліндра 2 всього в кілька сотих часток міліметра (рис. 4.8).

Цей насос є агрегатом аксіально-плунжерного типу. Приводячи в обертання від коробки приводів двигуна сталеве п'ята 10 завдяки наявності похилої площини змушує плунжери 5 здійснювати зворотно-поступальні рухи і проводити по черзі, ходи всмоктування та нагнітання. При цьому п'ята натискає на плунжери через бронзові черевики 9.

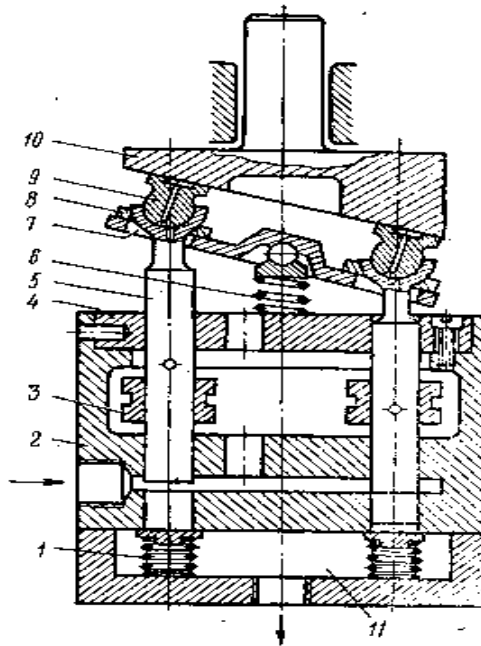


Рисунок 4.8 Схема гідравлічного насоса

Плунжери з черевиками притискаються до п'яти пружиною 6 через сталевий сепаратор 7 і бронзові проставки 8. Плунжери переміщуються в отворах чавунної проставки 4 і блоку циліндрів 2 (верхній отвір). Зазор між бічною поверхнею плунжера та стінкою отворів у проставці та блоці циліндрів (діаметральний) витримується при складанні рівним 9...15 мкм. Нижні отвори в блоці циліндрів є камерами стиснення.

В ході всмоктування плунжер, виходячи з камери стиснення, створює в ній розрідження. Коли він повністю виходить з камери, в утворену кільцеву щілину, з порожнини всмоктування спрямовується рідина і заповнює камеру. В ході нагнітання плунжер виштовхує рідину з камери через клапан 1 в порожнину нагнітання 11.

Вузол, що гойдає, поміщається в корпусі насоса так, що всі його деталі знаходяться в порожнині всмоктування і омиваються робочою рідиною. Через отвори в плунжерах і черевиках рідина подається в зони тертя, змащуючи тертьові поверхні і частково розвантажуючи черевики в ході нагнітання. На плунжерах вільно ковзає золотник 3, від положення якого залежить продуктивність насоса. Золотник автоматично керується спеціальним механізмом.

Поверхні плунжерів, а також отворів у блоці циліндрів та чавунній

проставці обробляються ретельно, з високим ступенем чистоти та точності. Дуже ретельно обробляється і похила поверхня п'яти. Поверхня плунжерів сульфидована, а контактуюча з п'ятою поверхня черевиків покрита тонким шаром срібла.

Як показали дослідження, в даних насосах спостерігається зношування в парах башмак-п'ята, плунжер-проставка, плунжер-блок циліндрів та ін. По мірі зношування башмаків площинність їх порушується, площа контакту з п'ятою в такті нагнітання зменшується, що веде до зростання питомого тиску та інтенсифікації процесу зношування. Із зносом шару срібла на поверхнях башмаків зростає коефіцієнт тертя в парі, що збільшує силу тертя, підвищує теплову напруженість вузла.

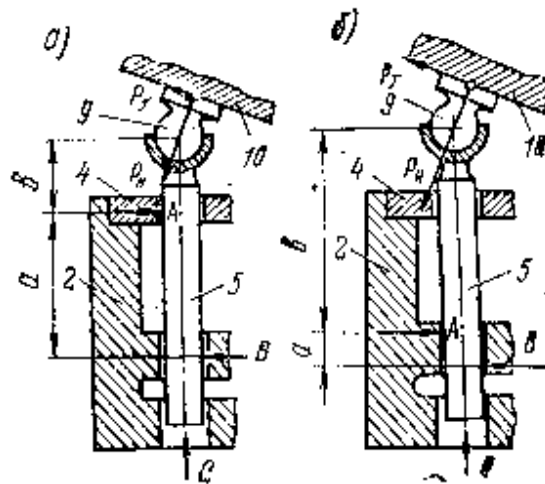


Рисунок 4.9 - Схема сил, що діють на деталі качаючого вузла насоса в незношеному (а) і зношеному (б) вузлі

Зношування циліндричної поверхні плунжерів та поверхонь отворів у проставці та блоці циліндрів різко змінює умови навантаження деталей, призводячи в кінцевому рахунку до заклинення плунжерів, руйнування їх головок.

При роботі насоса, що має вихідні зазори в парах тертя плунжер-проставка і плунжер-блок циліндрів, у такті нагнітання на плунжер діє сума сил, схематично показана на рис. 4.9, а. Знизу на плунжер діє сила Q гідралічного тиску. З боку п'яти через черевик діє сила нормального тиску P_H та сила тертя P_T . Спільна дія цих сил викликає перекіс плунжера в границях

наявних зазорів, в результаті чого виникають реакції А і В. Відношення плечей а і в таке, що в залежності від положення плунжера реакції А перевищує реакцію В в 1,5...2 рази. Тому поверхня отвору в чавунній проставці 4 зношується значно швидше, ніж поверхня блоку циліндрів 2.

При збільшенні діаметра отвору проставки до деякого граничного значення плунжер займе положення, показане на рис. 4.9, б. Проставка 4 перестане сприймати навантаження, сили реакції А і В перемістяться на кромки отвору блоку циліндрів. Плече а зменшується приблизно в 5 разів, а плече в збільшується в 2 рази. Це приводить до того, що реакції А і В збільшуються принаймні в 10 разів. Плунжер заклинює в отвір блоку циліндрів. Він перестає здійснювати зворотно-поступальні рухи, що призводить до руйнування його голки обертовою п'ятою 10.

Для підвищення довговічності насосів необхідно усунути причини, що викликають заклинювання плунжерів в отворах блоку циліндрів, для чого відповідними технологічними способами підвищити зносостійкість проставки, забезпечити рівномірне зростання зазору в парах плунжер -проставка і плунжер -блок циліндрів.

Фрикційні муфти. Для передачі крутного моменту від провідної ланки до відомого в деяких конструкціях застосовані фрикційні муфти. Такі муфти встановлені, наприклад, в ланцюзі передачі обертання від колінчастого валу до валу крильчатки нагнітача на двигунах. Включена муфта при заданому навантаженні повинна працювати без ковзання і не зношуватися. Однак при запуску двигуна через інерцію рухомих деталей муфти і відсутності у перший момент тиску масла в системі неминуче просковзування дисків у пакеті, що веде до деякого їх зношування. Короткочасне просковзування дисків можливе також при переведенні двигуна з одного режиму роботи на інший. Багаторічний досвід експлуатації двигунів показує, що знос дисків муфти внаслідок цього неминучого просковзування незначний і не позначається на її працездатності. Із показаної на рисунку 4.10 схеми видно, що муфта передаватиме обертання доти, поки зберігається зазор між поршнем 4 і обоймою 5 (при відповідному

тиску масла па поршні). Якщо ж внаслідок зношування дисків 2 і 3 цей зазор буде обраний і поршень 4, переміщаючись під дією тиску масла, увійде в контакт з торцем обойми 5, муфта перестане працювати, оскільки не буде необхідного тиску на диски і вони почнуть просковзувати. Це супроводжуватиметься інтенсивним зношуванням дисків і виділенням тепла.

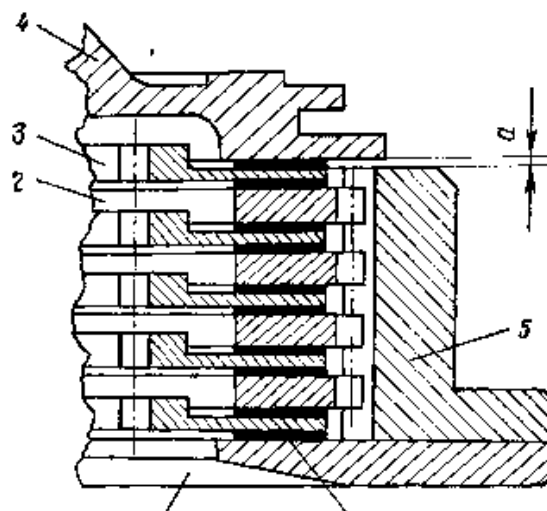


Рисунок 4.10 - Схема будови фрикційної муфти

Металокерамічні та сталеві диски мають певний допуск на розмір за товщиною. Крім того, сталеві диски виготовляються кількома номінальними розмірами. Внаслідок цього, при складанні пакета зазор a може змінюватися досить в широких межах. Вочевидь, що при мінімально можливому зазорі довговічність муфти буде мінімальною.

При експлуатації двигунів періодично зустрічаються випадки підвищеного зносу металокерамічних дисків фрикціонів муфт двошвидкісної передачі до нагнівача (рис. 4.11). При розбиранні таких муфт виявляються інтенсивні задираки і викришування шару металокераміки.

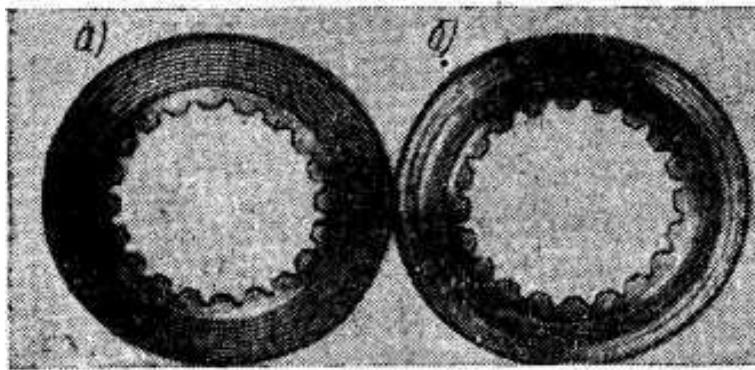


Рисунок 4.11. Загальний вигляд дисків фрикційної муфти

а - незношений диск; б – зношений диск

На торцевій поверхні поршня виявлено сліди від контакту з зубами обойми муфти. Ці сліди мають характер пошкоджень від фретинг-корозії, що свідчить про відносно довгий період роботи муфт, при відсутності зазору між торцевими поверхнями поршня і обойми в умовах вібрації. Для того, щоб усунути випадки відмови муфт, необхідно так вибрати розміри дисків і обойми, щоб у всіх випадках при нормальному зношуванні дисків при запуску був забезпечений зазор між торцем обойми і поверхнею поршня протягом всього заданого ресурсу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Розрахунок звукоізолюючої здатності дільниці

Визначити середню звукоізолюючу можливість дільниці, якщо рівень інтенсивності шуму досягає 110дБ, стіни боксу цегляні товщиною 53см, звукоізоляцію стелі приймаємо рівною звукоізоляції стін.

Середня звукоізоляція визначається за формулою:

$$R_{cp} = 231 \cdot \lg S_s - 9;$$

де S_s – значення поверхневої густини стін, для цегляної штукатуреної стіни товщиною 53см.

$$S_s = 950 \text{ кг/м}^3;$$

$$R_{cp} = 231 \cdot \lg 950 - 9 = 60 \text{ дБ}.$$

Середньо часова максимально допустима концентрація газових шкідливих складових в повітрі робочої зони не повинна перевищувати санітарно-технічних норм, мг/м^3 :

- окис вуглецю – 20;
- аерозолі свинцю - 0,01;
- окиси азоту – 5;
- альдегіди – 0,5;
- акролеїни – 0,7;

Загальна вентиляція, розраховується в залежності від розчину газових домішок до максимально допустимої концентрації. При цьому проточне повітря подається в кімнату розгалужено.

При розрахунку загально обмінної вентиляції кількість при точного повітря повинна бути достатньою для компенсації повітря видаленого місцевими підсосами.

5.2 Розрахунок заземлення зварювально-наплавочної ділянки

Захисне заземлення повинно відповідати вимогам електробезпеки ДСТУ 12.1030-81 ССБТ і ДСТУ 12.1.009-92. Захисному заземленню підлягають металеві неструмопровідні частини обладнання, які внаслідок несправності ізоляції можуть бути під напругою.

Захисне заземлення електроустановок необхідно застосовувати:

- при номінальній напрузі 380 В і вище змінного струму, а також 440В і вище постійного струму;
- при номінальній напрузі вище 42 В змінного струму і вище 110 В постійного струму тільки в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і зовнішніх установках;
- при встановленні електрообладнання у вибухонебезпечних зонах.

Захисне заземлення застосовується:

- в електроустановках до 1кВ змінного струму з ізолюваною нейтраллю або з ізолюваним виводом джерела однофазного струму, а також в електроустановках постійного струму з ізолюваною середньою точкою;
- в електроустановках вище 1 кВ.

Мета розрахунку захисного заземлення – визначення основних параметрів заземлюючого пристрою.

Розрахунок проводиться для випадку розміщення заземлюючого пристрою в однорідній землі за допустимим опором розтікання струму заземлювача методом коефіцієнта використання заземлювачів.

5.3 Організація і порядок проведення робіт по знезараженню на об'єкті

Забезпечення безпеки людей і здійснення заходів по дезактивації і дезінфекції – складна задача, успішне вирішення якої можливе при умові організованого використання завчасно підготовлених сил і технічних засобів.

Всі заходи по захисту населення від засобів масового ураження в тому числі і заходів по знезараженню і ліквідації інших можливих наслідків нападу противника, організовують і проводять керівники (начальники цивільної оборони) підприємств.

Для проведення рятувальних і відновлювальних робіт в осередках масового ураження на об'єкті створюється формування цивільної оборони. Для цього на об'єкті створюються ланки знезараження, санітарно-обшивочні пункти, станції знезараження техніки, станції знезараження одягу.

Для контролю за якістю проведення робіт по знезараженню крім штатних сил і засобів можуть залучатися різні хімічні лабораторії (об'єктів, учбових, науково-дослідницьких інститутів та інших установ), які завчасно в мирний час по планах штатів цивільної оборони забезпечуються всіма необхідними пристроями і реактивами. Проведення робіт по знезараженню можна умовно поділити на три етапи.

До робіт першого етапу відносяться роботи, що виконуються в індивідуальному порядку кожною людиною з метою знезараження уражених ділянок: тіла, одягу, взуття, особистого інструменту і оснащення. Ці роботи повинні усунути або максимально знизити небезпеку ураження людей і дати можливість продовжувати роботу або виконувати поставлені завдання.

Роботи другого етапу здійснюються особистим складом формувань цивільної оборони під керівництвом спеціалістів і проводиться в окремих ділянках і в тих заражених об'єктах, які представляють найбільшу небезпеку для людей.

Роботи третього етапу виконуються спеціальними формуваннями (частинами) з допомогою табельних технічних засобів і передбачають забезпечення повної дезактивації, дегазації і дезінфікації території споруд і будівель.

Подібна постановка загальні принципи знезараження повністю правильні. В реальних умовах підготовка, визначення об'єктів і послідовність проведення робіт по дезактивації, дегазації і дезінфікації повинні бути ґрунтовані на

всебічному аналізі обставин з обов'язковим обліком можливості досягнення головної цілі – своєчасного забезпечення рятувних і аварійно-відновлюваних робіт, що підлягають виконанню у першу чергу.

Організація і послідовність проведення робіт:

1. Знезаражені території, проїздів і проходів, необхідних для проведення рятувних робіт, надання допомоги потерпілим, а також вивезення або виведення працівників, службовців і населення із небезпечних регіонів.

2. Знезараження ділянок місцевості і споруд для забезпечення успішної роботи формувань цивільної оборони і в першу чергу тих, які зайняті виконанням термінових аварійно-відновлювальних заходів, гасіння пожеж і надання медичної допомоги людям.

3. Знезараження території і обладнання найбільш важливих ділянок, транспорту і зв'язку, а також території продовольчих і матеріальних сховищ джерел водопостачання і під'їзних шляхів до них.

4. Знезараження будівель, обладнання і майна адміністративних установ, відповідні роботи у житловому секторі.

Одночасно з послідовним проведенням вказаних заходів завжди проводиться знезараження машин і матеріальної частини формувань цивільної оборони, що приймали участь в роботах в зараженому регіоні індивідуальних засобів захисту працюючих людей та санітарна обробка особистого складу. Крім того, після виведення або вивезення населення із осередків ураження у випадку необхідності приймають міри по знезараженню одягу і санітарної обробки.

У випадку одночасного ураження радіоактивними і отруйними речовинами і бактеріальними засобами порядок і послідовність проведення способів знезараження наступні. Спочатку проводять дегазацію, яка одночасно виконує деякі функції дезінфікації і частково дезактивацію, а потім по мірі необхідності після дозиметричного контролю повну дезактивацію.

Дезактивації, дегазації і дезінфікації підлягають тільки обмежені і найбільш важливі ділянки території об'єкту.

Дезактивацію території можна проводити декількома способами.

Змиванням радіоактивних речовин водою проводять при дезактивації площ, вулиць і доріг з твердим покриттям. Цей спосіб найбільш зручний. Дезактивацію змиванням можна проводити поливно-миючими і пожежними машинами, мотопомпами, іншими засобами, що дозволяють оброблювати заражені поверхні направленим струменем води під тиском. Повнота дезактивації при цьому головним чином залежить від тиску водяного струменя. Чим більші витрати і вищий тиск під яким викидається струмінь води тим швидше і надійніше вилучаються радіоактивні речовини.

Зрізання і вилучення зараженого шару ґрунту (снігу) призводять до дезактивації ділянок місцевості і доріг без твердого покриття.

Оскільки процес зрізання зараженого ґрунту або снігу трудомісткий, то знезаражувати великі ділянки таким способом недоцільно. Застосовують цей спосіб при устрої поїздів і проходів. Ґрунт зрізають на глибину 5...10 см, втоптаний сніг – 6 см, рихлий сніг – до 20 см. Після цього заражений ґрунт або сніг викидають вбік. При цьому для зниження рівня радіації у 5 разів ширина полоски, що дезактивується повинна складати 35 м, а для зниження рівня радіації у 10 разів – 90 м.

Роботи по зрізання і вилученню зараженого шару можна з успіхом виконувати за допомогою бульдозерів, скреперів, грейдерів та інш. Найбільші ділянки доріг і проходів можна також дезактивувати в ручну лопатами.

Переорювання або перекопування ґрунту на ділянках місцевості обмежених розмірів без твердого покриття проводять наступним чином. Верхній заражений шар ґрунту товщиною 20см піднімають і перевертають зараженою стороною вниз для того, щоб закопати радіоактивні речовини і ізолювати їх нижнім незараженим шаром землі. Переорюють тракторами з плугами, а перекопують лопатами на невеликих ділянках і тільки у випадку крайньої необхідності, засипку (ізоляцію) зараженої поверхні шаром незараженого ґрунту або матеріалу проводять для проходів і поїздів. При цьому із землі, піску, щебеню та інших незаражених речовин створюють щільний шар

ізолюючого матеріалу рекомендується зволожувати водою. Незаражені матеріали підвозять на автомашинах самоскидах і деяких видах землерийних та інших машинах.

Вилучення радіоактивних речовин вимітанням застосовують тільки для дезактивації твердих і відносно гладких поверхонь. Цю операцію здійснюють підметально-прибиральними машинами та вручну (мітлами, віниками). Такий спосіб не можна широко застосовувати, оскільки радіоактивні речовини вилучаються не повністю і при цьому створюється велика кількість пилу. Основні способи дезинфекції та дегазації території – хімічні і механічні. На ізольованих і віддалених ділянках не в заселених місцях заражену територію можна залишити для природної дегазації і дезінфікації, при якій отруйні речовини або бактеріологічні засоби розпадаються і знищуються в результаті впливу сонячної радіації, вологи та інших метеорологічних факторів.

При дегазації і дезінфікації території застосовують наступні хімічні засоби.

Дегазацію і дезінфікацію поливанням дегазуючими речовинами виконують авторозливними станціями, поливно-миючими машинами рівномірно розбризкуючи дегазуючі розчини.

Для дегазації площ, вуличних покриттів, доріг і ділянок місцевості заражених отруйними речовинами типу іприт і 2-х в'язкими рецептурами, використовують водні суспензії хлорного вапна і дегазуючих засобів при температурі не нижче +50С. Якщо територія заражена отруйними речовинами типу зарін, то крім водної суспензії, хлорною ванною і дегазуючих засобів при температурі -50С і вище застосовують 10% і водні розчини їдкого натрію (калію), сірчаного натрію і 10 – 12% - го розчину аміаку, а при температурі нижче -50С для ділянок місцевості без снігового покриву, або з вкритим снігом 20 – 25% аміачну воду.

Для дезактивації території застосовують в основному аналогічні розчини. Для руйнування токсинів найбільш ефективні розчини лугів і сірчаного натрію.

При дегазації території необхідно враховувати, що суспензії і розчини

забезпечують головним чином поверхневу дегазацію, тобто розчиняють тільки ті отруйні речовини, які знаходяться на зовнішніх шарах поверхні, що обробляються, а отруйні речовини, що потрапили у глибинні шари повному знешкодженню не підлягають.

Тому, безпосередньо після закінчення дегазації вилучається лише небезпека ураження людей краплерідинними отруйними речовинами в той час, як небезпека ураження парами отруйних речовин, що сподіваються, внаслідок випаровування частини отруйних речовин, що поглинулися зберігається ще на протязі 1...2 год, а інколи і більше. Тому знаходитись в той час на продегазованій території без протигазу не рекомендується.

Дегазацію розсіванням сипучих дегазуючих речовин виконують на автомашинах обладнаних пристроями ПДП – 53, сільськогосподарських розкидачів типу РПТМ – 2,0, піскорозкидувачами, самоскидах, а на території малих розмірів вручну (лопатами). Для дегазації території і ділянок місцевості заражених отруйними речовинами (ОР) типу іприт та їх в'язкими рецептурами в якості основних дегазуючих речовин при температурі не нижче 5 0С застосовують хлорне вапно і ДТС ГК.

ВИСНОВКИ

Обґрунтованість актуальності мети даної кваліфікаційної роботи та основних задач для її реалізації підтверджено наступним комплексом конструкторських, технологічних та експлуатаційних засобів. Підставою для цього, послужив обширний огляд технічної та патентної літератури по тематиці даної роботи. Систематизований підхід до вирішення даної проблеми дозволив проаналізувати основні переваги та недоліки існуючих конструкцій муфт зчеплення трансмісій легкових автомобілів та вибрати об'єкт для подальших вдосконалень його геометричних параметрів, технології виготовлення та оптимізації умов експлуатації.

Виявлення основних причин виходу з ладу муфти зчеплення на основі аналізу характеру впливу силових та кінематичних параметрів дозволило проаналізувати характери зношування робочих поверхонь деталей пар тертя муфти зчеплення, а також підібрати необхідні засоби для контролю параметрів зносу і характеру їх розподілу.

Ефективність вибраного способу відновлення зношених робочих поверхонь деталей муфти зчеплення зумовлена ефективним підходом до вибору матеріалів даних деталей, параметрів точності та якості, а також вибором відповідного обладнання, устаткування, робочих матеріалів та засобів активного контролю якості виконуваних робіт і оптимальних режимів відновлення даних поверхонь. Проведені силові та кінематичні розрахунки основних робочих вузлів стенда для клепання тормозних накладок, враховані при вдосконаленні конструкцій деяких елементів даного стенда.

Одержані результати лабораторних досліджень по характеру розподілу величини зносу по робочих поверхнях деталей необхідно враховувати в подальшому при конструюванні нових муфт, вибору матеріалу, схем контакту та силових характеристик взаємного переміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ткаченко І. Г., Левкович М. Г. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність транспортних засобів». Тернопіль : ТНТУ, 2024. 118 с.
2. Aulin, V., Lyashuk, O., Gupka, A., Tson, O., Dmitro, M., Sokol, M., ... & Yarema, I. (2024). Tribodiagnosis of the surface damage of tribo-coupling parts materials during machine operation. *Procedia Structural Integrity*, 59, 428-435.
3. Lyashuk O., Gupka A., Pyndus Y., Gupka V., Sipravska M., Stashkiv M. (2019) The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria. *Proceedings of ICCPT 2019* (Tern., May 28-29, 2019), pp. 231-237.
4. Дембіцький В. М., Павлюк В. І., Придюк В. М. Технічна експлуатація автомобілів : навчальний посібник. Луцьк : Луцький НТУ, 2018. 473 с.
5. Чабанний В. Я. (упор.). Ремонт автомобілів : навчальний посібник. Кіровоград : Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
6. Кукурудзяк Я. М. Технічна експлуатація автомобілів. Технологія обслуговування : навч. посіб. Вінниця : ВНТУ, 2023. 241 с.
7. Огневий В. Ф., Фалько Ю. М., Блажко Д. О., Кіпенко Д. О., Березюк О. С. Сучасні технологічні процеси ремонту транспортних засобів : навчальний посібник. Харків : Форт, 2024. 290 с.
8. Технічний сервіс автомобілів та проєктування авторемонтних підприємств : методичні рекомендації до лабораторних робіт для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О. П. Бабак, О. В. Диха, А. А. Вичавка. Хмельницький : ХНУ, 2024. 26
9. Гевко І. Б., Ляшук О. Л. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень : навч. посіб. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2021. 264 с.
10. Красота О. В., Верьовкіна О. В., Шатковський О. П., Панасенко М. О. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. Київ : Видавничий дім «Слово», 2023. 208 с.

11. Тригуб О. В. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. Черкаси : ЧДТУ, 2021. 187 с.
12. Домущі Д. П., Мельник О. В. Ремонт тракторів і автомобілів : навчальний посібник. Одеса : Одеський державний аграрний університет, 2020. 252 с.
12. Прокопович І. В. Металознавство : навчальний посібник. Одеса : Екологія, 2020. 308 с.
13. Вакуленко І. О. Теорія та практика термічної обробки : методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. Кам'янське : ДДТУ, 2024. 75 с.
14. Хоменко О. М., Бережний В. М. Діагностика та контроль технічного стану транспортних засобів. Вінниця : ВНТУ, 2021. 254 с.
15. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
16. Lyashuk, O., Gypka, A., Maiak, M., Mironov, D., & Levkovych, M. (2025). Methodology for the Investigation and Evaluation Criteria of Oxidation-Metal Plating Processes During Friction and Wear. Key Engineering Materials, 1035, 15-26.