

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.АТ– 26.00.00.000 ПЗ

АТ-21-2

Святослав Ставичний

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки і робототехніки

Кафедра Автомобільного транспорту

Ставичний Святослав Володимирович

УДК 629.1.07

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Розробка поста для ремонту та відновлення розподільчих валів та удосконалення технології виявлення його пошкодження для «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».

(назва згідно з наказом ректора)

Автомобільний транспорт

(назва освітньої програми)

274 – Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Студент _____ С.В. Ставичний
(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник _____ Микитій Іван Михайлович, д.ф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

завідувач кафедри автомобільного транспорту

д.т.н, професор. _____ С.І. Криштопа
(посада) (підпис) (дата) ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра автомобільного транспорту

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Спеціальність: „Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завкафедрою АТ

С.І. Криштопа

”_____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Бакалавр

Ставичний Святослав Володимирович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Тема: Розробка поста для ремонту та відновлення розподільчих валів та удосконалення технології виявлення його пошкодження для «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».

затверджена наказом по університету від _____ № _____

2. Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 19.06.2025 р.

3. Вихідні дані для роботи: Модель автомобіля BMW 5 серії. Середній річний пробіг, $L_p=23,0$ тис. км. Категорія умов експлуатації – І. Умови експлуатації – помірні. Решта даних для розрахунку виробничої програми ТО і ПР СТО взяти за даними підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)

4.1 Вступ. 4.2 Загальна характеристика СТО «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».

4.3 Огляд розподільчих валів та основні несправності 4.4 Відновлення деталей зварюванням і

наплавленням. 4.5 Технологічний розрахунок елементів технології відновлення розподільних

валів. 4.6 Охорони праці. 4.7 Науково-дослідний розділ. 4.8 Висновки. 4.9 Список використаних

джерел. 4.10 Додатки.

5. Перелік аркушів презентаційного графічного матеріалу:

5.1 Генеральний план (1 аркуш А1)

5.2 Головний виробничий корпус СТО. (1 аркуш А1).

5.3 Технологічний агрегатної дільниці (1 аркуш А1).

5.4 Технологічний моторної дільниці (1 аркуш А1).

5.5 Технологічний шиномонтажної дільниці (1 аркуш А1).

5.6 Підвищення енергоефективності приміщень (2 аркуші А1).

5.7 Техніко-економічне обґрунтування роботи (1 аркуш А1).

Керівник _____

(Особистий підпис)

І. Микитій

(Розшифровка підпису)

Завдання прийняв до виконання _____

(Особистий підпис)

С. Ставичний

(Розшифровка підпису)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер і назва етапів проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту	Примітка
4.1 Вступ. 4.2 Загальна характеристика СТО «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».	02.05.2025 р.	
4.3 Огляд розподільчих валів та основні несправності	10.05.2025 р.	
4.4 Відновлення деталей зварюванням і наплавленням	20.06.2025 р.	
4.5 Технологічний розрахунок елементів технології відновлення розподільних валів	28.05.2025 р.	
4.6 Охорони праці	05.06.2025 р.	
4.7 Науково-дослідний розділ	08.06.2025 р.	
4.8 Висновки. 4.10 Список використаних джерел.	15.06.2025 р.	
4.9 Додатки	19.06.2025р.	

Бакалавр _____

Особистий підпис

С. Ставичний

Розшифровка підпису

Керівник роботи _____

Особистий підпис

І. Микитій

Розшифровка підпису

РЕФЕРАТ

Тема: Розробка поста для ремонту та відновлення розподільчих валів та удосконалення технології виявлення його пошкодження для «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт».

Заклад освіти Івано-Франківський національний технічний університету нафти і газу.

Івано-Франківськ, 2025 рік.

Робота містить 86 сторінки, 4 таблиць, 33 рисунків, список літератури з 19 найменувань.

У бакалаврській роботі розглянуті можливості підвищення ефективності і якості робіт по технічному обслуговуванню та поточному ремонті автомобілів шляхом вдосконалення процесів ТО і ПР автомобілів.

Робота виконана на базі станції технічного обслуговування «БаЗа автосервіс для BMW та MINI» наведена характеристика.

У роботі проаналізовані особливості технологічного відновлення розподільчих валів методом зварюванням та наплавленням

Встановлено закономірності та отримані дані про вплив різноманітних факторів на спрацювання двигуна.

Зроблено технологічний розрахунок елементів технології відновлення розподільчих валів, де розроблено технологічний маршрут відновлення, вибрано обладнання, технологічне оснащення, розраховано технічну норму часу на відновлення розподільчого валу.

АВТОМОБІЛЬ, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, РЕМОНТ, ВІДНОВЛЕННЯ, РОЗПОДІЛЬНІ ВАЛИ, ДВИГУН, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, УСТАНОВКА, ДОВГОВІЧНІСТЬ.

REFERAT

Topic: Development of a station for the repair and restoration of camshafts and improvement of the technology for detecting its damage for “BaZa Auto Service for BMW and MINI”.

Specialty 274 “Automobile Transport”.

Educational institution Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas. Ivano-Frankivsk, 2025.

The work contains 86 pages, 4 tables, 33 figures, a list of references of 19 titles. The bachelor's thesis considers the possibilities of increasing the efficiency and quality of work on technical maintenance and current repair of cars by improving the processes of MOT and PR of cars.

The work was carried out on the basis of the technical service station "BaZa auto service for BMW and MINI" and the characteristics are given.

The work analyzes the features of the technological restoration of camshafts by welding and surfacing. Regularities are established and data on the influence of various factors on engine operation are obtained.

A technological calculation of the elements of the camshaft restoration technology was made, where a technological route for restoration was developed, equipment and technological equipment were selected, and the technical time rate for camshaft restoration was calculated.

CAR, MAINTENANCE, REPAIR, RESTORATION, CAMSHAFTS, ENGINE, TECHNOLOGICAL PROCESS, INSTALLATION, DURABILITY.

Зміст

	с.
Вступ.....	6
1. Загальна характеристика СТО «БаЗа автосервіс для BMW та MINI».....	9
2. Огляд розподільчих валів та основні несправності.....	11
3. Відновлення деталей зварюванням та наплавленням.....	27
4. Технологічний розрахунок елементів технології відновлення розподільчих валів.....	53
5. Охорона праці	64
6. Науково-дослідний розділ.....	71
Висновок.....	81
Перелік посилань на джерела.....	82
Додатки.....	85

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ			
					Розробка поста для ремонту та відновлення розподільчих валів та удосконалення технології виявлення його пошкодження для «БаЗа автосервіс для BMW та MINI» м. Івано-Франківськ Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Ставичний С.В.				5	91	
Перевірів		Микитій І.М.				ІФНТУНГ АТ-21-2		
Реценз.								
Н. Контр.		Прунько І.Б.						
Затвердив		Криштопа С.І.						

Вступ

СТО «БаЗа автосервіс для BMW та MINI» надає різноманітні послуги по ремонту та обслуговуванні автомобілів. Тому для ефективної роботи СТО необхідно залучати висококваліфікованих працівників. В автомобілі найважливіший елемент то це його двигун, тому обслуговування і ремонт двигунів це важливі та необхідні послуги для всіх автомобілів а особливо для BMW та MINI. Більшість автомобілів BMW їздять на високих швидкостях та на критичних обертах, що призводить до поломки двигуна і автомобілів в цілому. Основні елементи двигуна це циліндро поршнева та газорозподільча система які піддаються великим навантаженням та температурам, що пришвидшує знос деталей. Враховуючи, що двигуни працюють в інтенсивних навантаженнях а система мащення забезпечує обертання двигуна а від якості оливи залежить час роботи двигуна. Якісна олива і часта заміна гарантує надійну роботу двигуна. А якщо нехтувати регламентом обслуговування то може привести до негативних наслідків двигуна а саме спрацювання колінчастого вала, розподільчого вала, турбокомпресора та інших деталей.

Для якісного обслуговування та ремонту двигуна мною запропоновано розробка поста для ремонту та відновлення розподільчих валів.

Ремонтне виробництво спрямоване на заміну зношених деталей або, що значно поширеніше, на їхнє відновлення із одночасним підвищенням зносостійкості. Відновлення деталей є звичною практикою для більшості ремонтних підприємств. Сучасні методи відновлення характеризуються широким спектром технологій і високою ефективністю. Зокрема, для відновлення зношених елементів застосовують механічну обробку (видалення зношеного шару з подальшим відновленням геометричних розмірів), зварювання, наплавлення, хіміко-термічну обробку та нанесення електrolітичних покриттів.

У ремонтному виробництві відновлювальні процеси часто поєднують із технологіями підвищення зносостійкості, що забезпечує довший строк служби деталей. Зважаючи на те, що процеси відновлення та зміцнення є менш

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

затратними порівняно з виготовленням нових деталей, напрямок ремонту має перспективи для подальшого розвитку й удосконалення.

Відновлення деталі в більшості випадків є економічно вигіднішим, ніж її повна заміна. Саме тому питання ремонту й відновлення колінчастого валу є актуальним і потребує детального вивчення та практичного впровадження.

Розподільчий вал є однією з ключових деталей газорозподільчого механізму двигуна внутрішнього згорання. Його функція полягає у забезпеченні точного відкриття та закриття впускних і випускних клапанів, що безпосередньо впливає на ефективність процесу газообміну в камері згорання. Надійність роботи розподільчого валу визначає стабільну роботу двигуна і транспортного засобу в цілому.

Мета і задачі дослідження

На основі проведених технологічних розрахунків розробити рекомендації, що з підвищення ефективності і якості та удосконалення технології робіт по ремонту та відновлення розподільчих валів. Дослідити припрацювання двигуна на різних режимах та при різних температурах.

Об'єкт дослідження – припрацювання двигуна.

Предмет дослідження – зношення колінчастого вала та циліндрів двигуна.

Методи дослідження – аналіз роботи припрацювання двигуна на різних режимах.

Наукова та практична новизна одержаних результатів

Встановлено закономірності та отримані дані про вплив різноманітних факторів на спрацювання двигуна.

Практичне значення одержаних результатів

Запропоновані в роботі заходи для відновлення опорних шийок розподільчих валів пропонується використовувати установку для нанесення гальванічних покриттів, зокрема для контактного хромування.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТО «БАЗА АВТОСЕРВІС ДЛЯ BMW ТА MINI»

1.1 Загальні дані про СТО «БаЗа автосервіс для BMW та MINI»

Автосервіс база – це спеціалізована мережа СТО для BMW і Mini, що надає професійні послуги з обслуговування та ремонту цих автомобілів.

Сервіси обслуговують весь модельний ряд BMW – від 1 до 8 серій, включаючи X та M-моделі, а також автомобілі Mini.

Основні переваги автосервісу база:

Локації у двох містах України.

Зручний графік роботи з 8:00 до 19:00.

Кваліфікований персонал із використанням сучасного обладнання для виконання широкого спектру послуг, включно з рідкісними для міста.

Гарантія на виконані роботи та запчастини.

Можливість оплати карткою або в розстрочку.

Онлайн запис через Telegram-бот, консультації з персональним менеджером та доступ до історії обслуговування авто.

Комфортна зона очікування: парковка, Wi-Fi, безкоштовні гарячі напої, дитяча зона та зона для геймерів.

Послуги для BMW та Mini:

- Планове технічне обслуговування (заміна мастила, фільтрів ДВЗ та КПП).
- Обслуговування та ремонт двигунів;
- Діагностика та ремонт ходової, кермового управління.
- Обслуговування гальмівної системи.
- Комп'ютерна діагностика автоелектрики.
- Обслуговування кондиціонерів.
- Розвал-сходження та шиномонтаж.

Довіряйте своєму автомобілю та планам! Зверувшись до автосервісу для надійного обслуговування BMW або Mini. Вам забезпечать найвищий рівень ремонту завдяки багаторічному досвіду майстрів, з використанням передового обладнання та оригінальних запчастин.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Технічний проект моторної дільниці

Моторна дільниця: призначення, структура та технологічний процес

Моторна дільниця призначена для виконання поточного ремонту автомобільних двигунів. Основними видами робіт є заміна або відновлення зношених елементів, зокрема поршневих кілець, поршнів, пальців, штовхачів і втулок, вкладишів шатунних і корінних підшипників, прокладок ущільнення, компонентів приводу газорозподільного механізму, клапанів, гнізд клапанів і різноманітних пружин. Крім того, проводяться притирні, ремонтні та контрольні операції.

У межах дільниці також виконуються такі технологічні процеси:

- розточування, шліфування й хонінгування циліндрів;
- шліфування розподільчих валів та колінчастих валів;
- шліфування клапанів і клапанних гнізд;
- відновлення різьбових з'єднань.

При проектуванні моторного відділення важливо враховувати повний перелік робіт, що виконуються, оскільки технологія ремонту залежить від типу двигуна та способу підготовки паливоповітряної суміші.

Завершальним етапом ремонту є обкатка двигуна (холодна або гаряча) з подальшою перевіркою основних експлуатаційних характеристик. Для цього поряд із моторною дільницею передбачено окреме приміщення для обкатки та випробувань.

Організація робочого місця і планування дільниці

На робочому місці слюсаря-ремонтника (5 розряд) здійснюється ремонт і регулювання двигунів за допомогою спеціалізованих стендів. Обладнання працює з неповним навантаженням і підбирається відповідно до табеля оснащення згідно з технічними потребами дільниці.

Параметри приміщення:

- форма дільниці — прямокутна, розмір 6×6 м;
- двері — двостулкові (1,6×2,4 м) для зручного транспортування великогабаритного обладнання;

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вікно — розміром 2×2 м із подвійними рамами;
- покриття підлоги — керамічна плитка на бетонній основі;
- висота приміщення — 6 м;
- відстані між обладнанням, а також між обладнанням і елементами будівлі відповідають чинним нормам;
- коефіцієнт щільності розміщення обладнання — 4.

Технологічний процес

Ремонт двигунів є частиною загального технологічного процесу підготовки автотракторної техніки (АТЗ). Основні етапи:

Розбирання двигунів на стендах.

Очищення деталей у ваннах або мийних установках.

Ремонт або заміна пошкоджених елементів із використанням спеціального обладнання та пристроїв.

Збірка вузлів на верстаках та двигунів — на стендах.

Регулювання, діагностика й випробування відновлених агрегатів.

Агрегатна дільниця: технічний проєкт

Функціональне призначення агрегатної дільниці — ремонт і регулювання агрегатів шляхом заміни зношених деталей. Роботи виконує слюсар-ремонтник 5-го розряду. Обладнання добирається згідно з табелем оснащення, враховуючи його часткове навантаження.

Планування приміщення аналогічне моторній дільниці: розміри 6×6 м, двостулкові двері, одне вікно, висота 6 м, плиткове покриття підлоги. Відстані між елементами відповідають нормам безпеки та ергономіки.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД РОЗПОДІЛЬЧИХ ВАЛІВ ТА ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ

2.1. Призначення та принцип роботи розподільчого валу.

Розподільчий вал: ключовий елемент газорозподілу двигуна

Розподільчий вал — це важлива деталь двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ), яка керує газорозподілом. Він відповідає за своєчасне відкриття та закриття впускних і випускних клапанів, забезпечуючи надходження свіжого пального в камеру згорання та видалення відпрацьованих газів.

Основні елементи розподільчого вала:

Кулачки: це виступи на валу, які натискають на клапани (безпосередньо або через штовхачі), змушуючи їх відкриватися. Кожен клапан, як правило, має свій кулачок, хоча існують і інші конструкції.

Опорні шийки: це гладкі циліндричні частини вала, які спираються на підшипники ковзання (вкладки). Завдяки "оливному клину" (шару мастила) розподільчий вал обертається з мінімальним тертям.

При обертанні розподільчого вала кулачки послідовно відкривають клапани, а пружини забезпечують їх закриття. Цей злагоджений процес гарантує ефективну роботу двигуна.



Рисунок 2.1 Загальний вигляд розподільчого вала

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Газорозподільна система (ГРМ) двигуна виконує ключову функцію: вона забезпечує ефективне надходження паливно-повітряної суміші (або повітря) в циліндри та своєчасне відведення відпрацьованих газів. Це дозволяє двигуну працювати оптимально, адже правильний газообмін є основою для ефективного згоряння палива.



Рисунок 2.2 Газорозподільча система дизельного двигуна

Роль розподільчого вала в ефективності двигуна

Розподільчий вал у двигуні внутрішнього згоряння (ДВЗ) відповідає за критично важливий процес — газорозподіл. Він контролює відкриття та закриття впускних і випускних клапанів безпосередньо в камері згоряння, що є основою для ефективної роботи двигуна.

Саме від конструктивних особливостей двигуна та розподільчого вала, а також від правильного налаштування газорозподільного механізму (ГРМ), залежить ефективність роботи двигуна. Це безпосередньо впливає на його потужність, динаміку та коефіцієнт корисної дії (ККД).

З розвитком технологій двигунів змінюється і розподільчий вал. Сучасні системи можуть автоматично адаптувати газорозподіл до різних обертів двигуна. Також часто використовуються окремі розподільчі вали для впускних і випускних

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

клапанів. Крім того, постійно вдосконалюються матеріали та технології обробки металів, з яких виготовляють ці важливі компоненти.

Конструкція розподільчого валу (рис.2.3)

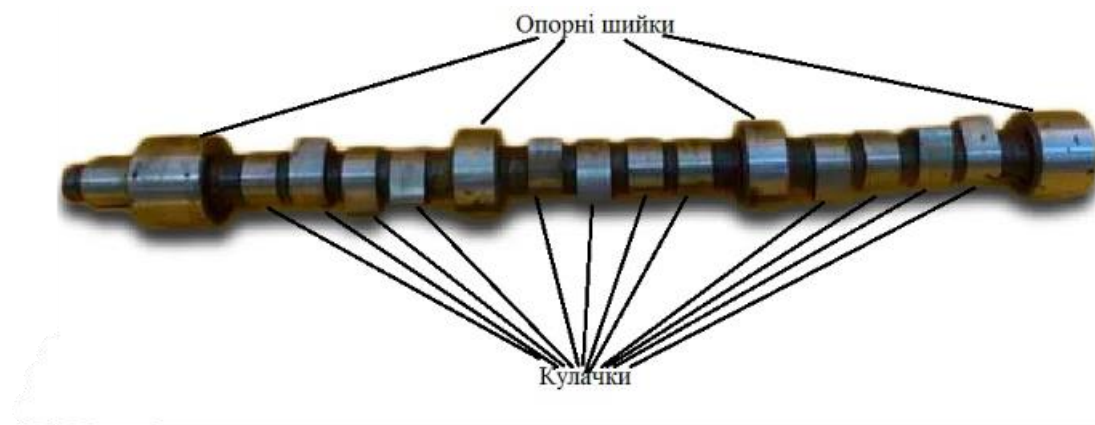


Рисунок 2.3. Основні елементи розподільчого валу

Конструкція та робота розподільчого вала

Розподільчий вал має кілька ключових елементів, що забезпечують його функціонування:

Кулачки: це спеціальні виступи на валу. Вони відповідають за відкриття клапанів, натискаючи на них безпосередньо або через штовхачі. Зазвичай один клапан має один кулачок, хоча існують різні конструктивні рішення.

Опорні шийки: це циліндричні частини валу, які монтуються в підшипники ковзання (вкладки). Завдяки оливній плівці (ефекту гідродинамічного змащування), розподільчий вал обертається на цих шийках з мінімальним тертям.

Під час обертання вала, кулачки послідовно відкривають клапани у строго визначеному порядку. Закриття клапанів, у свою чергу, відбувається за рахунок пружин.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 Принцип роботи розподільчого валу

Конструктори приділяють особливу увагу формі та розмірам кулачків на розподільчому валу. Це критично, оскільки саме від їхніх параметрів залежить висота та тривалість відкриття клапанів. Відповідно, це безпосередньо впливає на ефективність подачі повітря та відведення вихлопних газів. Існує пряма залежність: чим довше клапан відкритий, тим більше повітря надходить у камеру згоряння, що дозволяє подати більше палива.

Швидкість обертання розподільчого валу вдвічі менша, ніж у колінчастого. Це пояснюється тим, що за один повний робочий цикл двигуна колінчастий вал робить два оберти, тоді як кожен клапан має відкритися лише один раз (на тактах стиснення та робочого ходу обидва клапани закриті).

Для синхронізації обертання колінчастого валу та газорозподільного механізму (ГРМ) використовується ремінна або ланцюгова передача (зубчастий ремінь або ланцюг ГРМ). На сьогоднішній день одним із найдосконаліших рішень є розподільча шестерня, що встановлюється на одному кінці розподільчого валу і отримує обертання від двигуна. Важливо зазначити, що конструкції шестерень для ремінного та ланцюгового приводу відрізняються.

Залежно від компонування циліндрів та кількості клапанів, у двигуні може бути один, два або навіть чотири розподільчі вали. Наприклад, при лінійному розташуванні циліндрів і 2-3 клапанах на циліндр зазвичай встановлюється один розподільчий вал, який керує як впускною, так і випускною системою.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

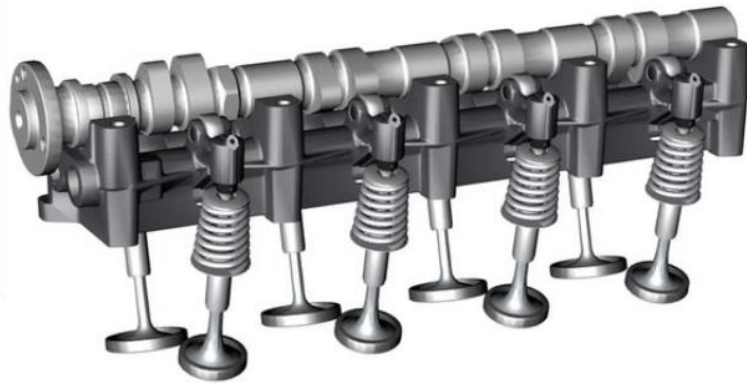


Рисунок 2.5 - Модель лінійного розташування клапанів

При 4 клапанах на циліндр ставиться 1 або 2 розподільчі вали (система DOHC – окремі вали на впуск і випуск) (рис 2.6).

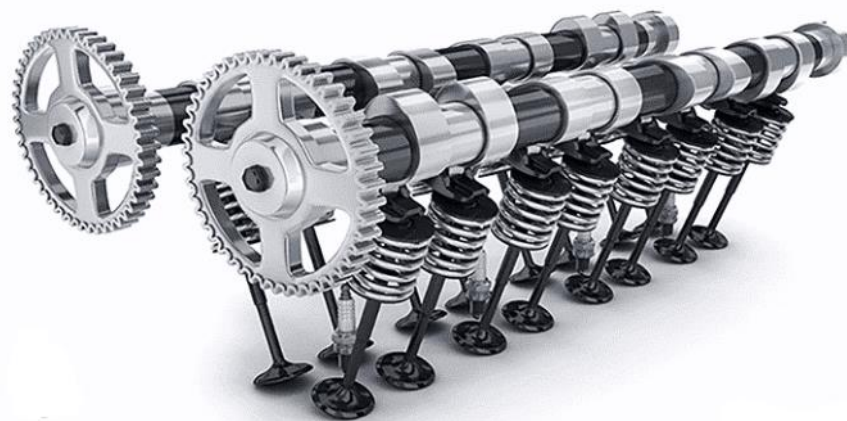


Рисунок 2.6 - Модель використання 2-х розподільчих валів

Розміщення розподільчих валів у V-подібних та опозитних двигунах
У V-подібних або опозитних двигунах розміщення розподільчих валів має свої особливості. Залежно від конструкції, розподільчий вал може встановлюватися:

На кожен блок циліндрів окремо: це може бути один загальний вал на кожен ряд циліндрів, або ж по два вали на ряд (один для впуску, інший для випуску).

Один загальний розподільчий вал на всі циліндри: такий вал зазвичай

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розташовується по центру, в нижній частині двигуна.

Сучасні конструктори часто віддають перевагу розділенню впускних та випускних валів.

Це рішення дозволяє зменшити навантаження на кожен вал окремо та спростити загальну конструкцію газорозподільного механізму.



*Рисунок 2.7. Відмінності в конструкції розподільчих валів,
1-впускний та 2-випускний.*

Зазвичай, впускний і випускний розподільчі вали дуже схожі за основними параметрами: вони мають однакову довжину, діаметр та ідентичну висоту і профіль кулачків.

Проте, ключові відмінності між ними полягають у конструкції крайніх опорних шийок та приводних шківів. Ці деталі адаптовані під специфічні потреби кожного валу в системі газорозподілу.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Аналіз дефектів розподільчого валу

Будова та функціонування розподільчого вала

Розподільчий вал — це вал, що має опорні шийки та кулачки. Його основне призначення — своєчасне відкриття клапанів двигуна.

Головні конструктивні елементи розподільчого вала:

- опорні шийки: елементи, на яких вал обертається.
- впускні та випускні кулачки: виступи, що керують відкриттям відповідних клапанів.
- шийка під розподільню шестерню: місце для кріплення шестерні приводу.
- різьба для закріплення шестерні: забезпечує надійне з'єднання.
- центрові отвори: використовуються при виготовленні та монтажі.

Під час роботи двигуна розподільчий вал постійно піддається впливу сил тертя, вібрацій, знакозмінних навантажень та агресивного середовища. Це може призвести до зносу та погіршення якості поверхонь шийок, механічних пошкоджень, биття, зміни початкової геометричної форми опорних шийок та значного викривлення профілю кулачків.

Кількість опорних шийок на розподільчому валу зазвичай відповідає числу корінних шийок колінчастого вала. Кількість кулачків відповідає числу клапанів двигуна, а їх розташування на стрижні вала визначається розташуванням циліндрів, порядком роботи двигуна та прийнятими фазами газорозподілу.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

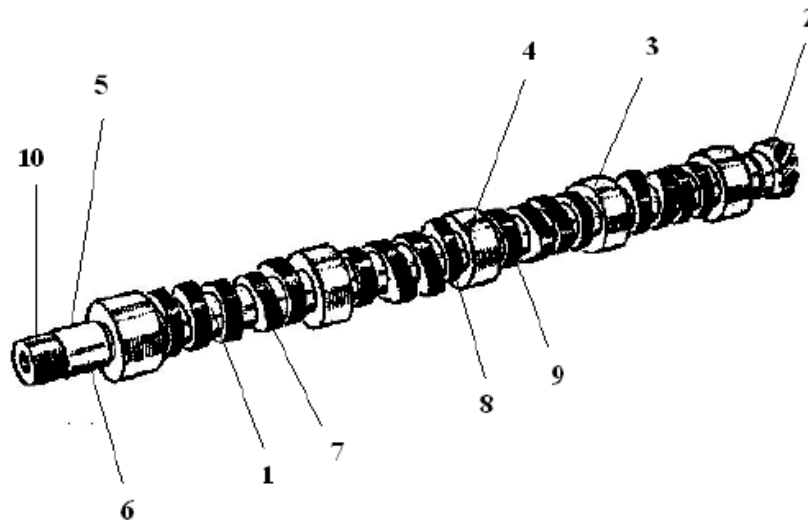


Рисунок 2.8 – Ескіз розподільчого валу

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

2.3. Матеріали для виготовлення розподільчого валу

Виробництво розподільчих валів для легкових автомобілів

Розподільчі вали для легкових автомобілів виготовляють із високоякісних сталей, таких як 40, 45, 20Х, 18ХГТ. Для забезпечення необхідної зносостійкості та міцності вал проходить кілька етапів термічної обробки:

- цементация: Цей процес насичує поверхневий шар вуглецем на глибину 2–2,5 мм.
- гартування: Після цементації вал піддається гартуванню для підвищення твердості.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низький відпуск: Цей етап зменшує внутрішні напруження після гартування, зберігаючи при цьому високу твердість.

В результаті такої обробки твердість кулачків та опорних шийок розподільчого вала досягає 58–63 HRC. При цьому твердість серцевини вала залишається на рівні 26–28 HRC, що забезпечує необхідну в'язкість і стійкість до руйнування.

2.4. Основні причини виходу з ладу розподільчого валу

Важливість якісної оливи для роботи розподільчого вала Надійна робота газорозподільного механізму (ГРМ), а особливо розподільчого вала, безпосередньо залежить від якості моторної оливи. Постійна та безперебійна подача оливи до підшипників ковзання (ліжок та вкладишів розподільчого вала) та до поверхонь кулачків є критично важливою.

Отвори всередині розподільчого вала, призначені для змащування пар тертя, досить тонкі й розраховані на оливу певної в'язкості та якості. Якщо несвоєчасно замінювати оливу або неправильно її підбирати, це призводить до засмічення каналів. В результаті тертя розподільчого вала відбувається не по захисному шару рідини (гідродинамічне тертя), а безпосередньо метал об метал.

Це викликає швидке зношування кулачків і штовхачів, а також шийок і вкладишів, що призводить до збоїв у роботі двигуна. Надмірне тертя може навіть спричинити злам розподільчого вала, що потребуватиме капітального ремонту двигуна.

Особливість конструкції розподільчого вала полягає в тому, що навіть мінімальне зношування може викликати його вібрацію та остаточний вихід з ладу. У більшості випадків головною причиною ремонту розподільчих валів є саме неякісна олива, несвоєчасна її заміна або невідповідна в'язкість.

Крім "оливного голодування", причинами поломки можуть бути:

- перегрів, від якого метал "веде";
- природне зношення;
- поломки суміжних деталей (шків, ланцюг або ремінь ГРМ);

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- низька якість розподільчого вала (поганий метал, неточне виготовлення).

Ознаки несправності розподільчого вала

Ознаки несправності розподільчого вала можна визначити візуально та за характерними симптомами:

Стукіт під час запуску холодного двигуна: На початкових етапах проблема може виявлятися стуком, який зникає після прогріву двигуна. Однак, у міру погіршення ситуації, двигун стукатиме постійно. Зношені елементи та задираки: Сліди пошкоджень на шийках, підшипниках, сальниках або кулачках є чіткими ознаками несправності. Чи є у вас додаткові питання щодо догляду за двигуном або інших його компонентів?



Рисунок 2.9 – Дефекти розподільчого вала

Деформація та поломки розподільчого вала

Викривлення розподільчого вала (деформація) — це серйозна проблема, яку, як правило, неможливо визначити візуально, а лише за допомогою спеціального обладнання. Це відбувається через прогинання опорних шийок. Для легкових автомобілів допустимий ступінь викривлення становить лише 0,05 мм. Якщо викривлення перевищує цю межу, значно посилюється вібрація, що призводить до виходу з ладу суміжних вузлів двигуна.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібрація також може виникнути через неправильне складання вала або некоректне складання двигуна в цілому, наприклад, якщо недотягнуті кріпильні болти головки блоку циліндрів (ГБЦ), розподільчого вала, шківів або шестерень. У таких випадках вал може зірвати кріплення, і тоді двигун, у більшості випадків, потребуватиме капітального ремонту. Крім того, на самому розподільчому валу можуть з'явитися тріщини, а пази під штифти можуть розбитися від надмірних навантажень. У подібних ситуаціях ремонт вала не проводиться, а його замінюють на новий.

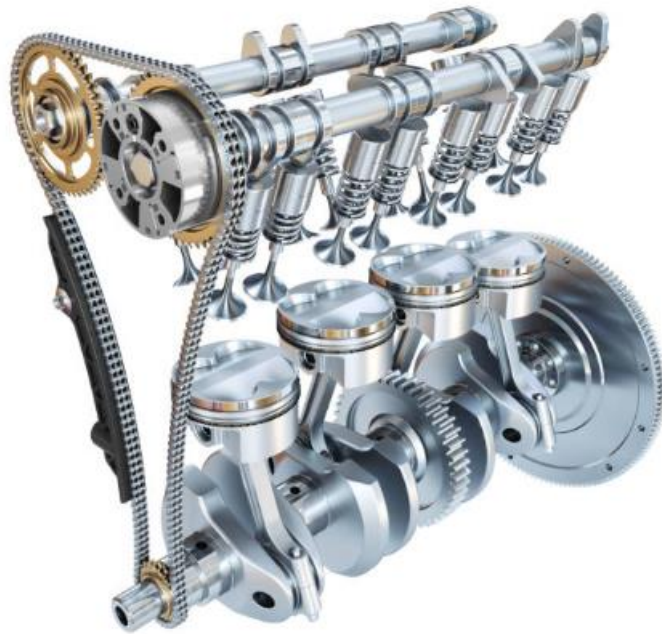


Рисунок 2.10 Схема розташування газорозподільчого механізму

Поширені дефекти розподільчого вала

Розподільчий вал, як важлива частина двигуна, з часом може мати різні види зносу та пошкоджень, що впливають на його працездатність. Ось основні з них:

Знос опорних шийок:

- знос проміжних та задньої опорних шийок.
- овальність та конусність шийок.
- биття центральної шийки.
- риски, задири та загальне зношення опорних шийок.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знос кулачків:

- знос по вершині кулачків.
- знос по висоті впускних та випускних кулачків.
- значним вважається зношення, коли різниця між найбільшим і найменшим розміром впускних клапанів перевищує 5,7 мм, а для випускних — 5,1 мм.
- сколи металу на поверхнях торців вершин кулачків.

Деформація вала:

- деформація вала, що часто виявляється лише на спеціальному обладнанні.
- згинання вала, коли биття по середній опорній шийці перевищує 0,05 мм.

Пошкодження елементів кріплення та приводу:

- зминання шпонкового паза.
- зношення шпонкового паза по ширині до розміру менше 5,1 мм.
- зношення шийки під розподільну шестерню до розміру менше 28,0 мм.
- зношення або зривання різьби більш ніж на дві нитки.

Ці дефекти можуть призвести до серйозних порушень у роботі двигуна, вимагаючи ремонту або заміни розподільчого вала.

2.5. Відновлення розподільчих та інших валів

Матеріали та навантаження на розподільчий вал

Розподільчі вали виготовляють із високоміцних сталей, таких як 45Х, 45Г2, 50Г, 40ХНМА, 18ХНВА.

Розподільчий вал є однією з найбільш навантажених деталей двигуна. Він постійно піддається значним змінним за величиною та напрямком навантаженням, що призводить до одночасного викривлення вала в різних перерізах. Поверхні його шийок повинні мати високу стійкість до зношування протягом тисяч годин роботи двигуна.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні дефекти розподільчого вала

Серед основних дефектів розподільчого вала найчастіше зустрічаються:

- Вигин вала.
- Зношення кулачків вала.
- Зношення опорних шийок вала.
- Тріщини.
- Відколювання кулачків вала.
- Вироблення гнізда шпонки та інші пошкодження.

Ці дефекти впливають на правильне функціонування газорозподільного механізму і можуть призвести до серйозних несправностей двигуна.

Таблиця 2.1 – Дефекти розподільчого вала та їх способи усунення

№	Дефекти	Способи усунення
1	Обломи і тріщини різного характеру та пошкодження	Бракувати
2	Вигин вала	Ремонтувати. Правка
3	Зношення упорних шийок вала	Ремонтувати. Шліфування до ремонтного розміру або наплавлювання
4	Зношення кулачків вала	Ремонтувати. Шліфування або наплавлювання
5	Зношення шпоночної канавки під шпонку шестерні	Ремонтувати. Заварювання
6	Биття упорної шийки	Ремонтувати. Заварювання
7	Зношення вала під шестерню приводу	Ремонтувати. Наплавлювання або накатування
8	Зношення кулачка	Ремонтувати. Наплавлювання або накатування

9	Биття кулачка по торцю	Ремонтувати. Наплавлювання або накатування
10	Зношення, обрив різьби вала	Ремонтувати. Наплавлювання, свердління, нарізання нової різьби

Ремонт розподільчих валів виконується у три етапи:

- правка розподільчого вала;
- наплавлювання, заварювання;
- шліфування упорних шийок та кулачків;
- балансування вала.

Виправлення вигину розподільчого вала

Вигин розподільчого вала, що визначається як биття середніх шийок відносно осі крайніх, зазвичай усувають двома основними способами: виправленням на гідравлічному пресі або наклепуванням у спеціальному пристрої. При використанні гідравлічного преса вал встановлюють на призми, спираючись на його крайні корінні шийки. Потім за допомогою пуансона, через мідну прокладку, тиснуть на одну з середніх опорних шийок вала. Важливо вигинати вал у бік, протилежний виявленому вигину. При цьому прогин вала у зворотний бік під час натискання штока повинен у 10–15 разів перевищувати величину вигину, який потрібно усунути. Навантаження на вал підтримується протягом 120–240 секунд. Після завершення процесу випрямлення вал обов'язково повторно перевіряють на биття, використовуючи індикатор (3) та індикаторну скобу (6). Цю процедуру повторюють доти, поки биття не впишеться у допустимі межі.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

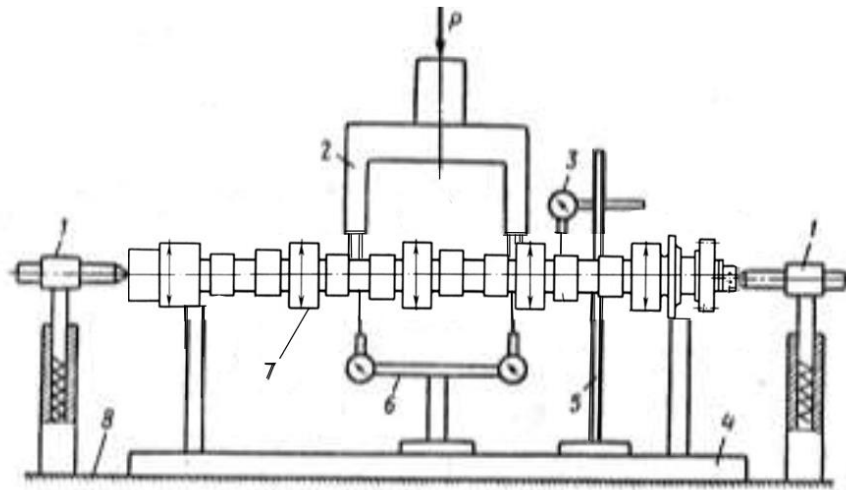


Рисунок 2.11 – Схема усунення вигину розподільчого вала: 1 – контрольні центри; 2 – пуансон; 3 – індикатор; 4 – призми; 5 – стояк індикаторний; 6 – скоба індикаторна; 7 – розподільчий вал; 8 – стіл преса
Для шліфування упорних шийок та кулачків використовують шліфувальні верстати з пристроями, які дозволяють зміщувати вісь кулачків відносно осі обертання вала у верстаті.

Динамічне балансування розподільчих валів

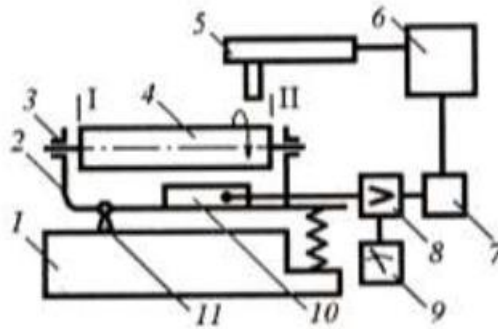
Для забезпечення плавної та ефективної роботи двигуна, розподільчий вал потребує динамічного балансування. Цей процес виконують на спеціальних балансувальних машинах, які можуть бути як ручними, так і механізованими, для усунення будь-якого дисбалансу.

Наприклад, на рамній машині (схема на рис. 2.12) для динамічного балансування колінчастих та розподільних валів, рама 2 з'єднана зі станиною 1 шарніром 11 та пружиною, що дозволяє їй здійснювати коливальні рухи навколо шарніра. Розподільчий вал 4 встановлюють в опорах 3 рами таким чином, щоб одна з площин, наприклад I–I, проходила через вісь шарніра.

Процес балансування відбувається так: валу надають обертання, швидкість якого перевищує частоту власних коливань усієї системи. Потім привід вимикають. При зниженні швидкості обертання вала величина коливань рами збільшується і досягає найбільшого значення при резонансному числі обертів

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

деталі. За цими резонансними амплітудами визначають величину та напрямок необхідних для врівноваження мас.



*Рисунок 2.12 – Схема рамної машини для динамічного балансування:
1 – станина; 2 – рама; 3 – опори; 4 – колінчастий вал; 5 – виконавчий механізм; 6 – комп'ютер; 7 – перетворювач сигналів; 8 – підсилювач; 9 – блок приладів; 10 – акселерометр; 11 – шарнір; I–I, II–II – площини центра мас зрівноважених вантажів*

Коли упорні шийки та кулачки розподільчого вала зношуються понад допустимі розміри, їх відновлюють за допомогою наплавлення. Це ефективний спосіб поновити первісні параметри деталей. Існує кілька варіантів відновлення розподільчих валів із застосуванням дугового зварювання та наплавлення:

- автоматичне наплавлювання шийок валів пружинним дротом НП-68 під флюсом АН-348А із застосуванням до нього ферохрому та графіту без термічної обробки після наплавлювання;
- автоматичне наплавлювання шийок валів пружинним дротом НП-65Г під флюсом АН-348А із застосуванням після наплавлювання термічної обробки;
- автоматичне наплавлювання шийок валів дротом НП-30 ХГСА під флюсом АН-348А із застосуванням після наплавлювання термічної обробки;
- автоматичне наплавлювання пружинним дротом марки НП-65Г під керамічним флюсом АНК-18 без застосування термічної обробки;
- автоматичне широкошарове наплавлювання валів з високоміцного чавуну зварювальним дротом Св-08А відкритою дугою з феромагнітною

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

порошковою присадкою, яка гарантує одержання синтетичного чавуну і відсутність у зоні сплавлення смуги відбілювання і сітки тріщин;

- автоматичне багатоелектродне багатодугове наплавлювання легованим зварювальним дротом із застосуванням флюсу та вуглекислого газу.

Вибір методів відновлення розподільчого вала

Головне завдання при відновленні розподільчого вала — обрати найбільш сприятливі способи та режими дугового наплавлення, які дозволять забезпечити ресурс роботи відновленої деталі не менше 80% від ресурсу нового вала.

Матеріали та типові дефекти

Розподільчі вали виготовляють із міцних сталей, таких як 45, 40Х, 40ХНМ.

Найпоширенішими дефектами розподільчих валів є:

- Вигин вала.
- Зношення опорних шийок.
- Зношення впускних та випускних кулачків.
- Інші пошкодження.

Технології відновлення

1. Вигин вала: Його усувають виправленням на пресі. Вигин визначають та правлять, встановлюючи вал на крайні опорні шийки.
2. Зношені опорні шийки: Їх шліфують до одного з ремонтних розмірів. Якщо ж ремонтні розміри відсутні, тоді застосовують наплавлення. Після шліфування шийки обов'язково полірують абразивною стрічкою або пастою
3. Порушення профілю кулачків: Спочатку їх шліфують, а потім полірують аналогічно шийкам. У разі значного зношення кулачків їх наплавляють. Важливо зазначити, що основним недоліком наплавлення є деформація вала. Відновлення кулачків розподільчого вала рекомендується лише тоді, коли придбати новий вал неможливо.
4. Зношені різьби: Їх обточують, потім виконують вібродугове наплавлення і нарізають нову різьбу.

Інші вали, що використовуються в агрегатах автомобіля, відновлюються за аналогічними технологіями, як і колінчасті та розподільні вали.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВЛЕННЯМ

3.1. Загальні відомості

Зварюванням називається технологічний процес нероз'ємного з'єднання металевих виробів шляхом їх місцевого нагрівання до розплавленого стану.

Цей процес характеризується видом енергії, необхідної для зварювання, а також тим, чи відбувається з'єднання через плавлення матеріалу, чи під тиском. Класифікація зварювання за групами та видами зазвичай подається на відповідних схемах (рис. 3.1).

Міцне зварне з'єднання металів ґрунтується на атомній взаємодії. Зчеплення відбувається в результаті утворення атомно-молекулярних зв'язків між поверхнями, що з'єднуються, коли вони зближуються на відстань порядку 10^{-8} см.



Рисунок 3.1 – Класифікація способів зварювання, які застосовуються у ремонтному виробництві.

Застосування зварювання та наплавлення, та їх особливості

Зварювання використовується для усунення механічних пошкоджень деталей, таких як тріщини та пробоїни, дозволяючи відновити цілісність конструкції. Натомість наплавлення слугує для нанесення металевих покриттів на поверхні деталей з метою компенсації їхнього зношування, повертаючи їм початкові розміри та властивості.

Проте, в процесі зварювання метал нагрівається до температури плавлення, що може викликати шкідливі металургійні процеси:

- Окислення металу: взаємодія розплавленого металу з киснем повітря.
- Вигорання легуючих елементів: втрата цінних добавок, що надають металу специфічних властивостей.
- Насичення наплавленого металу азотом і воднем: ці гази можуть призвести до крихкості та погіршення механічних властивостей.

Ці процеси призводять до зниження механічних властивостей металу у зоні зварювання. Крім того, при зварюванні деталь нагрівається нерівномірно, що може спричинити зміни в структурі металу та виникнення внутрішніх напружень. Це, своєю чергою, може призвести до утворення тріщин та деформацій у деталях. Для зменшення внутрішніх напружень та запобігання деформаціям застосовують такі підходи:

- Попередній нагрів деталі перед зварюванням.
- Термообробка після зварювання (наприклад, відпуск) та повільне охолодження.
- Застосування технологічних прийомів під час самого процесу зварювання. Наприклад, тонкий листовий метал рекомендується зварювати ступінчасто, а наплавлення на вали проводити діаметрально для врівноваження деформацій (як показано на рис. 3.2).

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

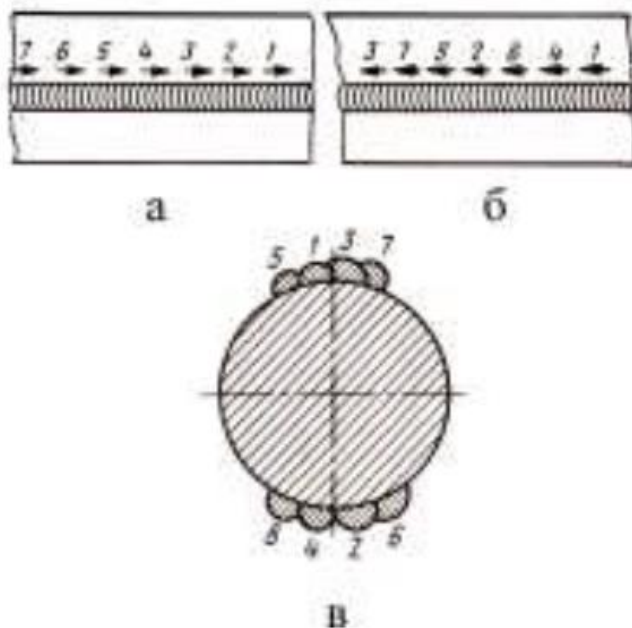


Рисунок 3.2 – Приклади технологічних прийомів під час зварювання для зменшення деформацій деталей: а – зварювання тонколистового металу ступінчасто в протилежному напрямку; б – зварювання тонколистового металу ступінчасто в напрямку зварки; в – послідовність наплавлення на вал.

3.2. Зварювання плавленням

Зварювання плавленням: огляд та види

Зварювання плавленням — це процес з'єднання металів, який відбувається шляхом їх сплавлення без застосування тиску. У більшості випадків при цьому використовується додатковий присадний матеріал. До цієї категорії належать такі широко застосовувані види зварювання, як дугове, газове, електрошлакове та інші.

Електродугове зварювання за рівнем механізації

За способом механізації процесу, електродугове зварювання поділяється на три основні види:

1. Ручне зварювання: Характеризується тим, що як подача електрода, так і переміщення дуги здійснюються вручну зварювальником.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Напівавтоматичне зварювання: У цьому випадку механізовано лише подачу електродного дроту, тоді як переміщення дуги виконується вручну.
3. Автоматичне зварювання: Тут подача електрода та переміщення виробу здійснюються автоматично, забезпечуючи високу продуктивність та якість.

Зварювання у захисних газах та покритим електродом

- Зварювання у захисних газах: Це вид електродугового зварювання, де для запобігання дії повітря на розплавлений метал використовується захисний газ. Найбільш поширеними захисними газами є аргон і вуглекислий газ.
 - Аргон застосовують для зварювання хімічно активних металів та легованих сталей.
 - Вуглекислий газ використовують для вуглецевих сплавів.
- Зварювання покритим електродом: При цьому способі застосовується електрод з нанесеним на його поверхню покриттям з порошкоподібного матеріалу. Це покриття виконує захисну функцію, формуючи газовий "кожух" навколо дуги та розплавленої ванни, а також може містити елементи для легування шва.

Газове зварювання – вид зварювання, при якому для місцевого розплавлення кромки зварювального виробу використовується теплота згоряння суміші горючих газів з киснем.

Електрошлакове зварювання – вид зварювання плавленням з використанням теплоти, що виділяється під час проходження електричного струму крізь розплавлений шлак.

Електронно-променеве зварювання – вид зварювання плавленням у вакуумі, який ґрунтується на використанні енергії сфокусованого потоку електронів в електричному полі високої напруги.

Лазерне зварювання ґрунтується на використанні енергії світлового потоку високого ступеня направленості, при якому метал нагрівається когерентним світловим променем, створюваним оптичним квантовим генератором – лазером.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Термітне зварювання – вид зварювання, під час якого використовується теплота екзотермічної реакції термітної суміші (порошкоподібна горюча суміш), а шов утворюється за рахунок металу – продукту реакції.

Зварювання під флюсом – дугове автоматичне зварювання, із застосуванням плавкого електродного дроту і флюсу. Флюс надходить у зону дуги для захисту металу шва від повітря, а також з метою легування наплавленого металу. Розплавляючись, флюс створює навколо дуги оболонку з шлаку. На (рис. 3.3) показано схему зварювання під флюсом. Електрична дуга горить під шаром флюсу 2 між електродним дротом 1 і шаром флюсу, який створює шлаковий захист. Кромки зварюваного металу, електродний дріт і частково флюс у зоні дуги плавляться, утворюючи зварювальну ванну 4.

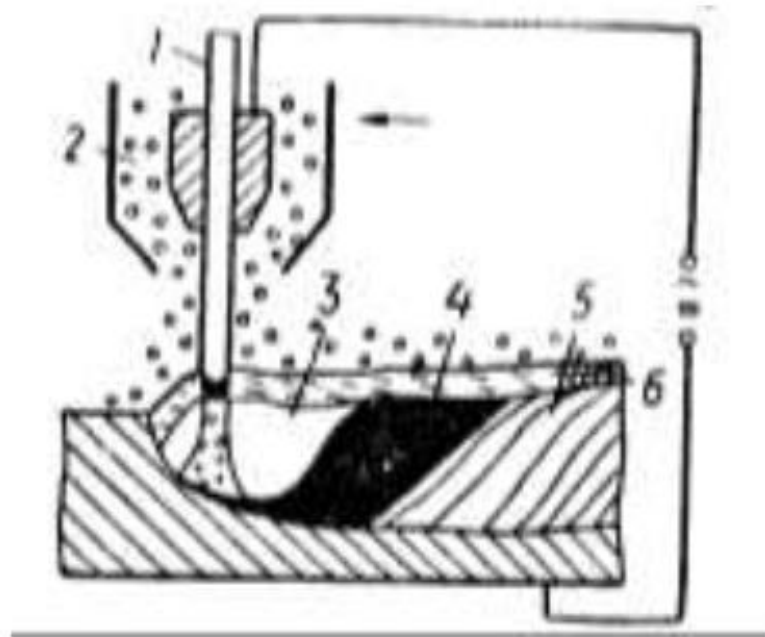


Рисунок 3.3 – Схема зварювання під флюсом

Флюси поділяються на плавлені та керамічні.

Плавлені флюси одержують сплавлянням шихти у печах з наступною грануляцією. До складу плавлених флюсів входять тільки шлакоутворюючі компоненти. Так, наприклад, до складу флюсу ОСЦ-45 входять 38...44 % SiO_2 , 34...47 % MnO , 3,5...9 % CaF_2 та інші домішки. До складу керамічних флюсів,

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

крім шлакоутворюючих компонентів, входять також розкислювачі і різні легуючі елементи.

3.3. Відновлення деталей наплавленням

Наплавлення — це технологічний процес нанесення розплавленого шару металу на поверхню металевої деталі за допомогою зварювання. Цей метод дозволяє відновити втрачені розміри зношеної деталі, а також нанести шар металу з певними, заздалегідь заданими властивостями (наприклад, підвищеною твердістю або корозійною стійкістю).

Наплавлення дозволяє багаторазово відновлювати зношені деталі, що є значною перевагою. Часто відновлена деталь, завдяки наплавленню, обходиться набагато дешевше за нову, при цьому не поступаючись їй у працездатності.

Методи та особливості наплавлення

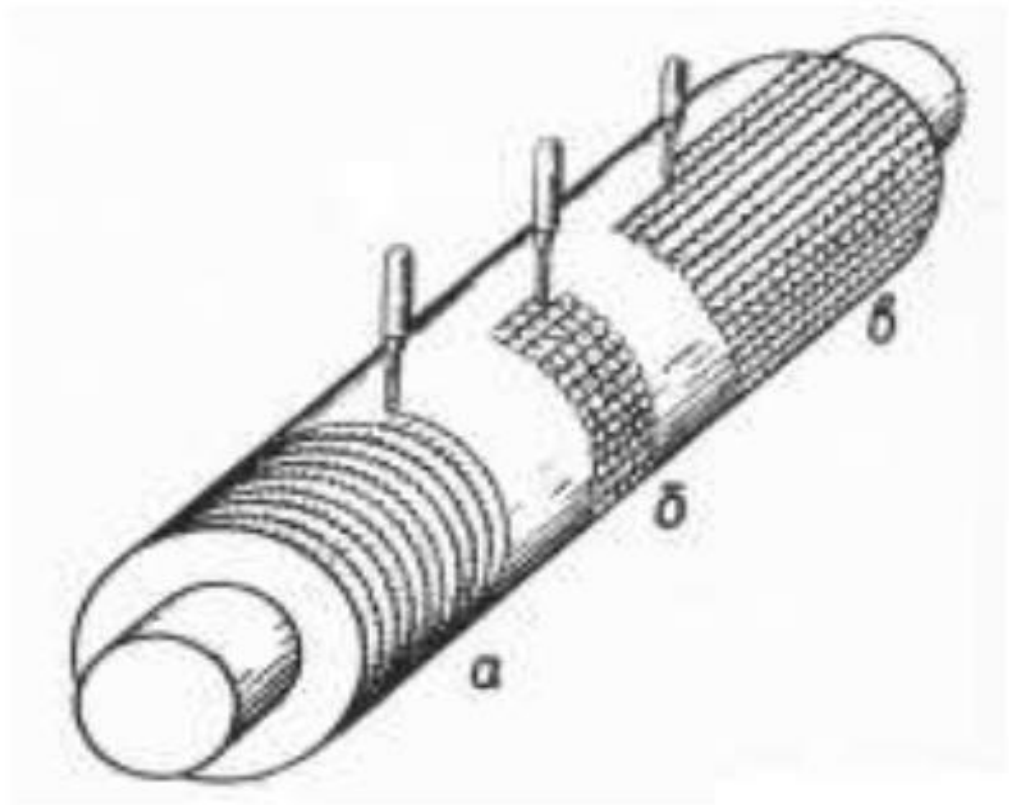
Наплавлюють як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталей циліндричної форми, а також плоскі поверхні.

- При невеликому діаметрі деталей наплавлення зазвичай виконують по гвинтовій лінії.
- На деталях великих розмірів наплавлення здійснюється валиками завдовжки 60–80 мм вздовж твірної.
- Плоскі поверхні наплавляють валиками на всю довжину поверхні.

Для ремонту та відновлення деталей за допомогою наплавлення широко використовуються традиційні способи зварювання, зокрема дугове та газове.

Рисунок 3.4 – Схема наплавлення тіла обертання: а – по гвинтовій лінії; б – вздовж твірної; в – вздовж твірної окремими валиками
Орієнтовна схема технологічного процесу відновлення деталей методами напилювання.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



*Рисунок 3.4 – Схема наплавлення тіла обертання: а – по гвинтовій лінії;
б – вздовж твірної; в – вздовж твірної окремими валиками*

Орієнтовна схема технологічного процесу відновлення деталей методами напилювання і наплавлення наведено на рис. 3.5.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 – Схема технологічного процесу відновлення деталей методами напilenня і наплавлення

3.4. Зварювання тиском

Зварювання тиском: огляд видів та принципів

Зварювання тиском — це метод з'єднання деталей, який передбачає місцеву пластичну деформацію з'єднуваних частин під дією статичного або динамічного зусилля. Цей процес може відбуватися з нагріванням або без нього.

Основні види зварювання тиском:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Контактне зварювання: При цьому виді зварювання деталі нагріваються за рахунок тепла, що виділяється при проходженні електричного струму через контактні поверхні з'єднаних частин.
2. Холодне зварювання: Цей метод зварювання тиском проводиться без нагрівання. З'єднання відбувається за рахунок інтенсивної пластичної деформації, що руйнує оксидні плівки на поверхнях металів, дозволяючи утворитися міжатомним зв'язкам.
3. Зварювання вибухом: Ґрунтується на використанні енергії вибуху для створення надзвичайно високих тисків, які призводять до з'єднання металів.
4. Ультразвукове зварювання: Проводиться без нагрівання і базується на з'єднанні частин деталі під дією ультразвукових коливань, що викликають інтенсивне тертя та пластичну деформацію на контактних поверхнях.

Класифікація контактного зварювання

Залежно від виду зварного з'єднання, контактне зварювання поділяється на:

- Стикове: З'єднання деталей по всій площі контакту торців.
- Точкове: З'єднання в окремих, дискретних точках.
- Рельєфне: Точкове зварювання, де одна або обидві деталі мають спеціальні виступи (рельєфи), які концентрують струм і тиск.
- Шовне: Утворення неперервного зварного шва шляхом послідовних або перекриваючих точкових з'єднань.

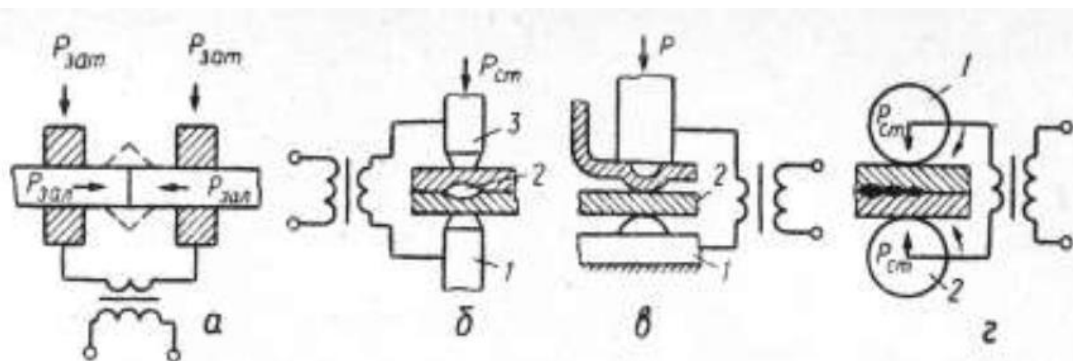


Рисунок 4.6 – Схема контактної зварювання: а – стикового; б – точкового; в – рельєфного; г – шовного

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Ручне електродугове зварювання

Електродугове зварювання – зварювання плавленням, при якому нагрів та розплавлення кромки з'єднуваних частин відбувається електричною дугою.

Схеми основних видів дугового зварювання показані на рис. 4.7.

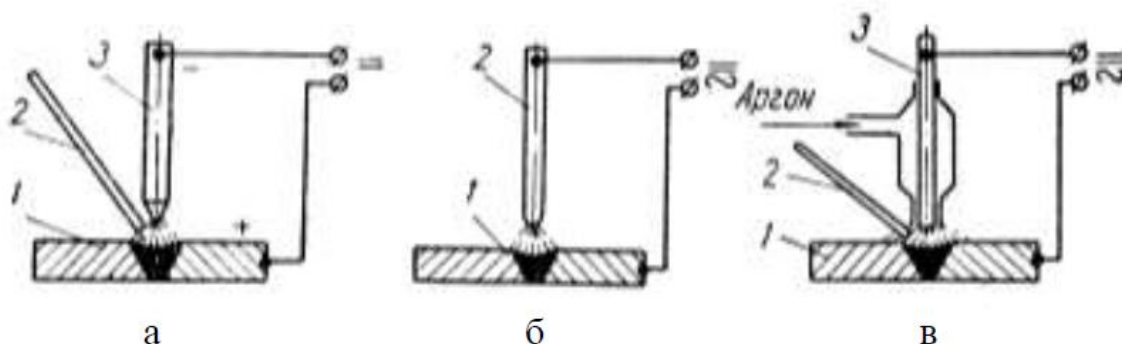


Рисунок 3.7 – Схеми основних видів дугового зварювання:

а – зварювання за методом Бенардоса; б – зварювання за методом Слав'янова; в – аргонодугове зварювання

Ручне електродугове зварювання та наплавлення за Слав'яновим

Ручне електродугове зварювання та наплавлення плавкими електродами, відоме як спосіб Слав'янова, є найбільш поширеним методом. Він використовує тепловий ефект електричної дуги для місцевого розплавлення крайок зварювальних деталей.

Електрична дуга, постійного або змінного струму, горить між металевим електродом і зварюваними виробами, що включені в електричне коло.

Температура дуги може перевищувати 6000 К. Електрод, розплавляючись під дією дуги, одночасно слугує присадним матеріалом, заповнюючи зварний шов.

Як електрод використовується сталевий стрижень з вуглецевого дроту з покриттям (обмазкою). Електродні покриття поділяються на тонкі та товсті. Більш поширені тонкі покриття призначені для стабілізації горіння електричної дуги і зазвичай складаються з 80-85% крейди та 15-20% рідкого скла.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

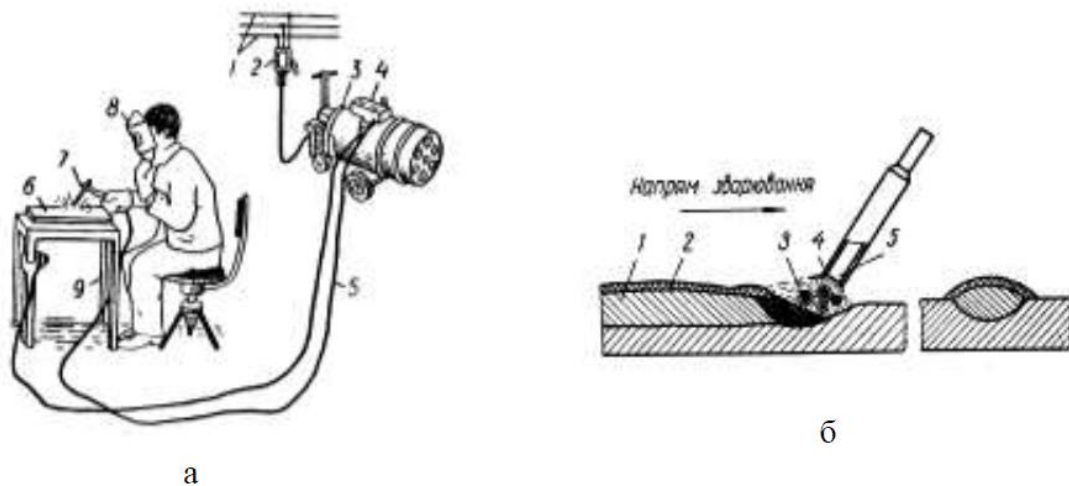


Рисунок 3.8 – Ручне електродугове зварювання: а – пост ручного електродугового зварювання: 1 – мережа трифазного змінного струму; 2 – вимикач; 3 – зварювальний перетворювач; 4 – регулятор зварювального струму; 5 – кабелі; б – відновлювана деталь; 7 електродотримач; 8 – щиток зварювальника; 9 – зварювальний стіл; б – схема утворення наплавного валика: 1 – наплавлений валик; 2 – шлак; 3 – краплини металу; 4 – покриття електрода; 5 – електродний стержень

Електроди та особливості електродугового зварювання при ремонті автодеталей

Під час ремонту автомобільних деталей застосовують електроди з дротом діаметром від 1,2 до 5 мм. Для зварювання сталевих деталей поширені марки електродів: УОНИ-13/45 та УОНИ 13/55. Цифри у знаменнику вказують на міцність шва при розтягуванні: 450 МПа для УОНИ-13/45 та 550 МПа для УОНИ 13/55. Існують електроди, призначені для зварювання вуглецевих та низьколегованих конструкційних сталей, а також спеціальних сталей, чавуну та кольорових сплавів.

Види струму та полярність

Існує два види електродугового зварювання: змінним та постійним струмом.

- Електрична дуга постійного струму є більш стабільною. Таке зварювання можна проводити на прямій та зворотній полярності:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Пряма полярність: до деталі приєднується "плюс" джерела струму, а до електрода – "мінус".
- Зворотна полярність: навпаки – до деталі "мінус", до електрода – "плюс".
- Для зварювання частіше застосовують змінний струм.
- Наплавлення, як правило, проводять постійним струмом при зворотній полярності. Деталь з'єднують з від'ємним полюсом джерела струму, що забезпечує найменший її нагрів.

Режим зварювання та підготовка поверхонь

Якість зварювання та наплавлення безпосередньо залежить від режиму, основними параметрами якого є діаметр електрода та сила зварювального струму.

- Діаметр електрода (зазвичай 3–5 мм) обирається залежно від товщини зварюваного металу.
- Сила струму залежить від діаметра електрода і встановлюється рівною 40–50 А на міліметр діаметра електрода.

Перед зварюванням обов'язково виконують підготовку поверхонь:

- Поверхню зачищають від бруду, мастила та корозії.
- Якщо товщина металу перевищує 5 мм, то для усунення тріщин їх розробляють шліфувальним кругом за допомогою ручної шліфувальної машини.

3.6. Напівавтоматичне зварювання у середовищі вуглекислого газу

Напівавтоматичне зварювання: швидкість та захист

Напівавтоматичне зварювання дуже часто використовується для ремонту тонколистових деталей. Воно відрізняється високою продуктивністю та незначним нагрівом деталі, що є важливим для збереження її властивостей.

Захист розплавленого металу від шкідливого впливу кисню та азоту з повітря забезпечується струменем вуглекислого газу (CO₂). Цей газ, виходячи з пальника, ефективно витісняє повітря із зони зварювання, створюючи захисне середовище.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одного балона об'ємом 40 літрів, заповненого 25 кг вуглекислоти, достатньо для 12-15 годин безперервної роботи. Під час зварювання у вуглекислому газі дуга горить між електродним дротом, який одночасно є електродом та подається безпосередньо в дугу.

Для механізованого зварювання та наплавлення застосовують сталевий зварювальний та наплавлювальний дріт із сталі 30ХГСА діаметром 2,0 мм.

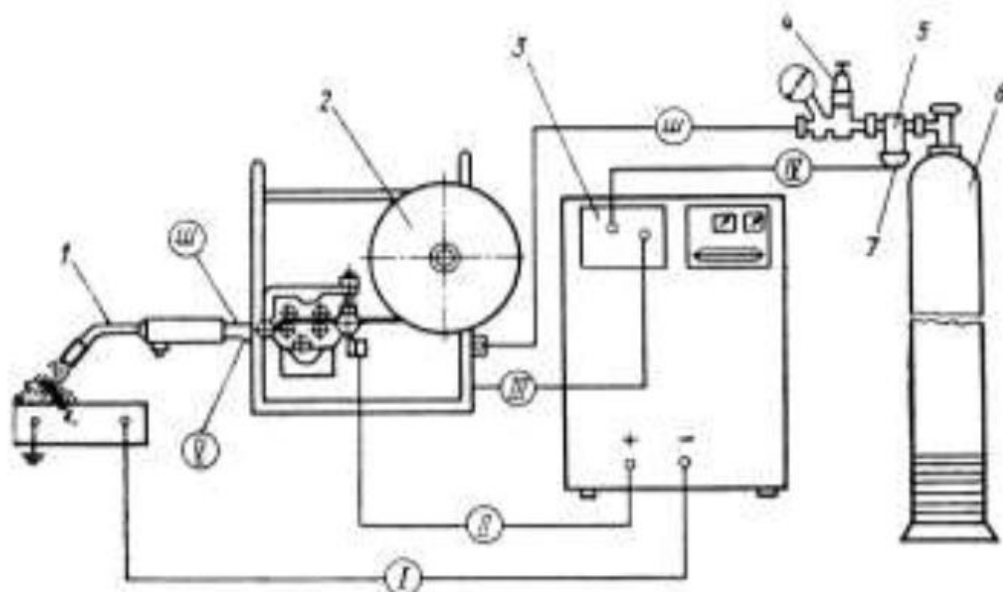


Рисунок 3.9 – Схема установки для напівавтоматичного зварювання і наплавлення в середовищі вуглекислого газу: 1 – палик зварювальний; 2 – механізм подаючий; 3 – джерело живлення; 4 – редуктор; 5 – осушувач; 6 – балон з вуглекислим газом; 7 – підігрівач; I-IV – з'єднувальні кабелі; Ш – шланги

Принцип роботи зварювального напівавтомата

Зварювальний напівавтомат, який часто використовується, складається з кількох ключових компонентів: зварювального випрямляча, подаючого механізму та тримача зі шлангом.

Його принцип роботи поєднує автоматизацію та ручний контроль: подача зварювального дроту здійснюється автоматично, тоді як переміщення дуги контролюється зварювальником вручну. Зварювальний дріт подається до виробу спеціальним шлангом.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зварювання виконується на постійному струмі зворотної полярності. При цьому сила струму регулюється залежно від діаметра та швидкості подачі електродного дроту. Для досягнення якісного зварного шва, зварювальнику достатньо підтримувати певний виліт електродного дроту та переміщувати пальник з визначеною швидкістю.

3.7. Газове зварювання

Газове зварювання в авторемонті: простота та ефективність

Газове зварювання широко застосовують в авторемонтному виробництві завдяки його простоті, універсальності та здатності виконувати різноманітні зварювальні роботи. Цей метод використовує теплоту згоряння суміші горючого газу з киснем для локального розплавлення крайок зварюваних деталей.

Кромки деталей розплавляють полум'ям газового пальника, а утворений зазор заповнюють присадним дротом з маловуглецевої сталі, наприклад, марок Св-08 або Св-10ГА. Діаметр дроту вибирають залежно від товщини металу.

Найбільш поширеним видом газового зварювання є ацетилено-кисневе зварювання, полум'я якого досягає температури 3100–3300 °С.

Забезпечення газами для зварювання

Кисень зберігають у 40-літрових балонах під високим тиском — 15 МПа. Для безпечного використання його тиск знижують до рівня, трохи вищого за атмосферний, за допомогою газових редукторів.

Ацетилен (C₂H₂) — це хімічна сполука вуглецю з воднем. Його отримують шляхом розкладання карбїду кальцію водою в ацетиленових генераторах за хімічною реакцією: $\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{C}_2\text{H}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2$

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

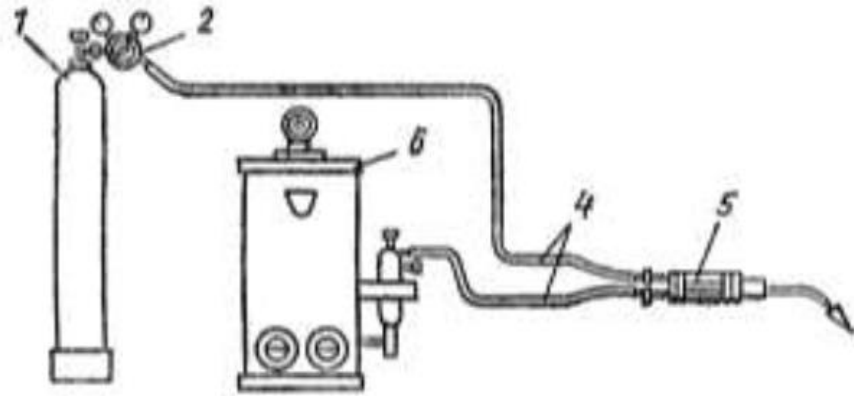


Рисунок 3.10 – Схема поста газового зварювання: 1 – балон з киснем; 2 – кисневий редуктор; 3 – затвор; 4 – шланги; 5 – пальник; 6 – ацетиленовий генератор

При газовому зварюванні широко використовуються флюси, застосування яких є необхідним для зварювання чавуну, кольорових металів та деяких марок сталей. Флюси додаються до зварювальної ванни для розчинення окислів та утворення легкоплавких шлаків. В якості флюсу часто використовується технічна бура (ГОСТ 8429-69).

Основним інструментом зварювальника є газові пальники, переважно інжекторного типу. У них кисень подається під тиском 2–4 атмосфери (0,2–0,4 МПа) і засмоктує ацетилен. Ці пальники слугують для змішування горючого газу і кисню у потрібних пропорціях.

Під час газового зварювання застосовують два способи переміщення пальника: лівий і правий.

- При лівому способі (рис. 3.11) полум'я пальника переміщується справа наліво і направлене на холодний метал. Присадний дріт рухається попереду пальника. Цей спосіб є більш продуктивним при товщині зварюваних деталей до 3 мм.
- При правому способі полум'я переміщується зліва направо і направлене на вже нагрітий метал. Присадний дріт рухається позаду пальника.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До недоліків газового зварювання відноситься висока вартість кисню та ацетилену та глибока зона термічного впливу, що може призвести до більших деформацій порівняно з іншими методами зварювання.

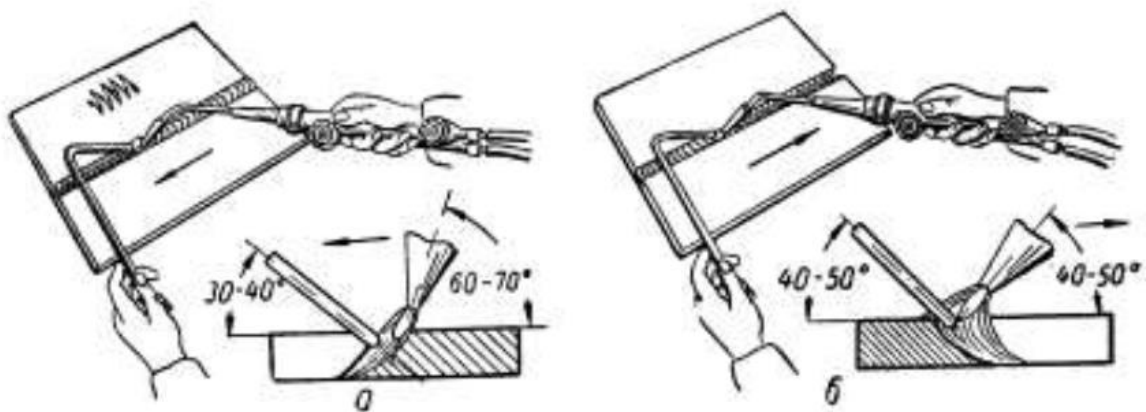


Рисунок 3.11 – Способи газового зварювання: а – лівий; б – правий

3.8. Зварювання чавунних деталей

Особливості зварювання чавуну в автовиробництві

При виготовленні багатьох автомобільних деталей використовують сірий і ковкий чавуни. З сірого чавуну роблять блоки циліндрів, картери зчеплення та коробок передач, а також випускні колектори. Ковкий чавун застосовують для виробництва маточин коліс і картерів головних передач.

Характерні дефекти чавунних деталей — це тріщини, пробоїни та обломи фланців. Зварювання чавуну ускладнюється через його крихкість і низьку пластичність. Місцеве нагрівання з подальшим швидким охолодженням призводить до виникнення великих внутрішніх напружень, що може викликати тріщини.

Для зварювання чавунів використовують різні методи: ручне електродугове зварювання, газове зварювання, низькотемпературна та високотемпературна пайка.

Методи зварювання чавуну

Одним з найбільш надійних, але малопродуктивних і трудомістких способів зварювання чавуну є газове зварювання з загальним рівномірним нагрівом деталі

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та повільним охолодженням. Через свою трудомісткість цей метод застосовують рідко.

Набагато більш поширеним є ручне електродугове зварювання без загального підігріву деталі. Для покращення процесу зварювання застосовують такі технологічні заходи:

- Використання електродів малого діаметра.
- Зварювання малим струмом.

Підготовка та виконання зварювання

Перед зварюванням деталь необхідно ретельно зачистити від бруду, мастила та **корозії**. Щоб запобігти подальшому поширенню тріщини, її засвердлюють.

- Тріщини в тонких ненавантажених стінках (як на рис. 3.12, а) зварюють без розробки кромки.
- Якщо товщина металу більше 5 мм, тріщину обов'язково розробляють, наприклад, за допомогою електричної шліфувальної машинки (рис. 3.12).

Зварювання чавуну рекомендується виконувати постійним струмом зворотної полярності електродами типу ОЗЧ. Стрижень цих електродів виготовлений з міді, що надає шву високі пластичні властивості. Непогані результати також дають електроди типу МНЧ, які мають стрижень на основі нікелю.

Після накладання зварювального шва рекомендується провести проковку. Це зміцнює метал, знімає внутрішні напруження та збільшує герметичність зварного з'єднання.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

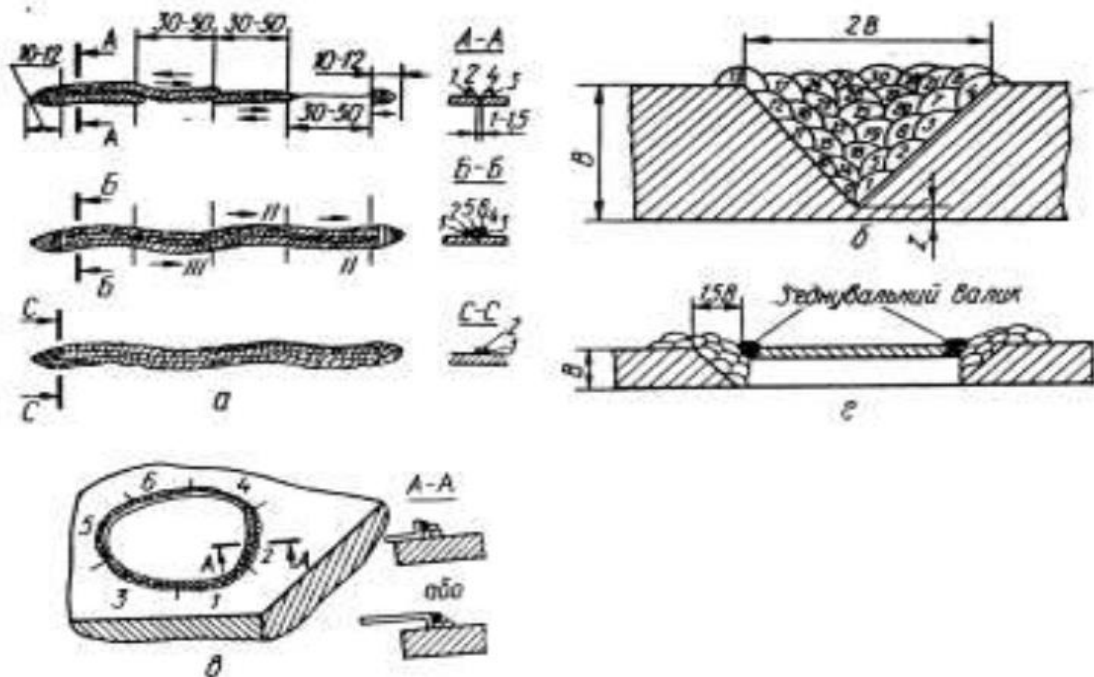


Рисунок 3.12 – Схема накладання швів при зварюванні чавунних корпусних деталей: а – тріщин у тонкостінних деталях без наступної механічної обробки; б – тріщин у товстостінних деталях з наступною механічною обробкою; в – підготовка пробоїн і порядок зварювання при накладанні латки внапуск; г – зварювання вставки у пробоїну деталі

3.9. Зварювання деталей з алюмінієвих сплавів

Особливості зварювання алюмінієвих сплавів в автомобілебудуванні
Для виробництва багатьох автомобільних деталей широко використовуються алюмінієві сплави, зокрема силуміни (сплави алюмінію з кремнієм). Однак, ці сплави мають низку специфічних властивостей, що ускладнюють їх зварювання:

- Оксидна плівка: На поверхні алюмінієвих сплавів постійно утворюється міцна оксидна плівка, температура плавлення якої становить близько 2000 °С. Це значно вище температури плавлення самого основного металу (650–670 °С), що ускладнює його проплавлення.
- Висока теплопровідність: Теплопровідність алюмінієвих сплавів у три рази вища, ніж у сталі. Тепло дуже швидко відводиться від місця нагріву, тому для зварювання необхідні потужні джерела тепла.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ				

- Відсутність зміни кольору при плавленні: Алюмінієвий сплав зберігає свій сріблястий колір навіть у розплавленому стані, що може завадити зварювальнику вчасно помітити початок плавлення.
- Внутрішні напруження та тріщини: При охолодженні зварного шва можуть виникати значні внутрішні напруження. Це пов'язано з великими коефіцієнтами усадки (1,8%) та лінійного розширення (0,24 на 1 м) алюмінієвих сплавів. В результаті цих напружень можуть утворюватися тріщини.

Методи та підготовка до зварювання алюмінієвих сплавів

Перед зварюванням деталі з алюмінієвих сплавів рекомендується підігрівати до температури 200–300 °С.

Основними методами зварювання алюмінієвих сплавів є:

- Ручне аргондугове зварювання (TIG) (рис. 4.13).
- Газове зварювання.
- Електродугове зварювання.

Зварювання алюмінію вимагає високої кваліфікації та дотримання спеціальних технологій через його специфічні властивості.

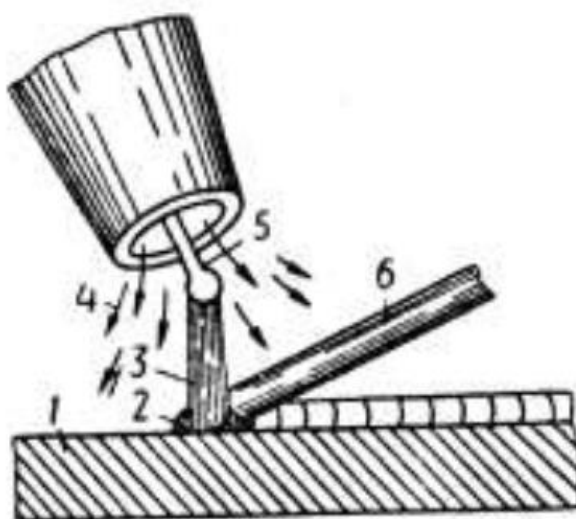


Рисунок 3.13 – Схема аргондугового зварювання

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ручне аргонодугове зварювання для алюмінієвих сплавів

Для усунення пошкоджень у деталях, виготовлених з алюмінієвих сплавів, ручне аргонодугове зварювання (TIG) (рис. 3.14) є найкращим методом. Цей процес виконується за допомогою вольфрамового електроду та присадного алюмінієвого дроту.

Перед початком зварювання присадний алюмінієвий дріт необхідно ретельно очистити від оксидної плівки, зануливши його у слабкий розчин ортофосфорної кислоти.

Діаметр вольфрамового електроду обирається залежно від зварювального струму, який буде використовуватися під час роботи.

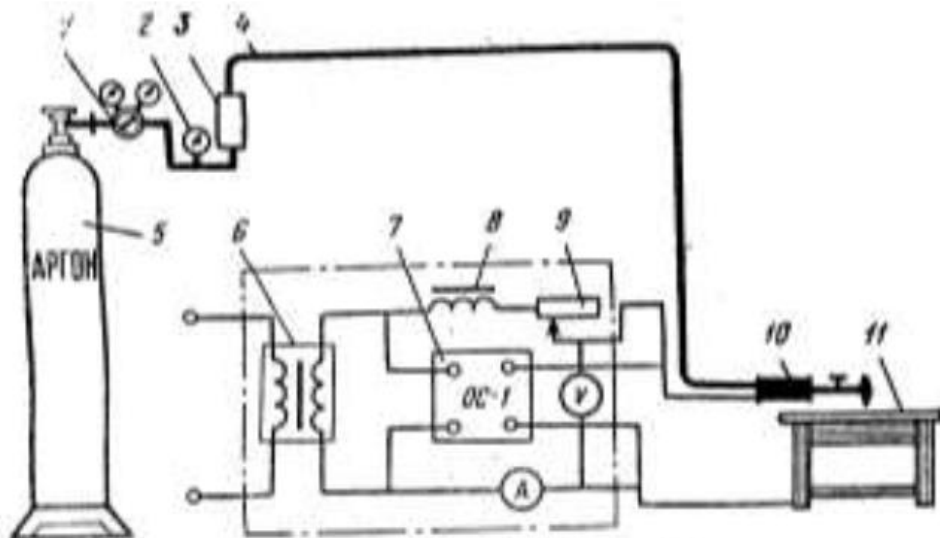


Рисунок 3.14 – Схема поста ручного аргонодугового зварювання неплавким електродом змінним струмом: 1 – редуктор; 2 – манометр; 3 – ротаметр; 4 – шланг подачі аргону; 5 – балон; 6 – зварювальний трансформатор; 7 – осцилятор; 8 – дросель; 9 – реостат; 10 – пальник; 11 – стіл зварювальника

3.10. Види наплавлення при відновленні деталей

В авторемонтному виробництві використовуються наступні способи наплавлення: електродугове під флюсом, в середовищі вуглекислого газу, електродугова в середовищі аргону, вібродугове, плазменно-дугове, лазерне та ін.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.10.1 Електродугове наплавлення під шаром флюсу

Наплавлення під шаром флюсу: автоматизація та застосування

Наплавлення під шаром флюсу є широко використовуваним методом для відновлення як циліндричних, так і плоских поверхонь деталей. Цей спосіб характеризується тим, що механізовані два основні рухи електрода: його подача до деталі та переміщення вздовж зварювального шва.

В умовах авторемонтного виробництва наплавлення під шаром флюсу застосовують для відновлення таких деталей, як:

- Шийки колінчастих валів.
- Шліцеві поверхні валів.
- Інші деталі, що потребують відновлення розмірів та властивостей.

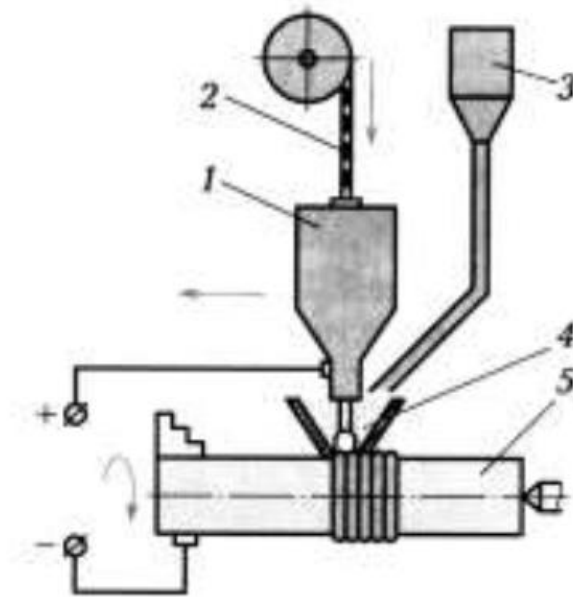
Принцип процесу електродугового наплавлення під шаром флюсу

Суть процесу електродугового наплавлення під шаром флюсу (як показано на рис.

3.15) полягає в наступному:

1. Деталь 5 встановлюється на токарному верстаті.
2. Наплавочна головка 1 контактує з електродним дротом 2.
3. Флюс 4 автоматично подається з бункера 3 на зону зварювання.
4. Під дією високої температури утворюється зона газового горіння, в якій електрична дуга плавить метал і частину флюсу.
5. Розплавлений флюс утворює навколо дуги еластичну оболонку з рідкого флюсу. Ця оболонка виконує ключову роль, захищаючи розплавлений метал від окислення та розбризкування, забезпечуючи високу якість наплавленого шару.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Ц

Рисунок 4.15 – Схема електродугового наплавлення циліндричної поверхні деталі під флюсом

Переваги та недоліки електродугового наплавлення під флюсом

Електродугове наплавлення під флюсом є високотехнологічним методом, що пропонує ряд значних переваг:

- **Легування металу:** Цей метод дозволяє легувати метал через дрiт та флюс, забезпечуючи отримання покриття, що є рівномірним за хімічним складом та властивостями.
- **Захист зварювальної дуги:** Флюс ефективно захищає зварювальну дугу від впливу атмосферного повітря.
- **Відведення шкідливих домішок:** Сприяє відведенню розчинених газів та шлакових включень зі зварювальної ванни, покращуючи якість наплавленого шару.
- **Економічність та енергоефективність:** Це економічний та найменш енергозатратний спосіб наплавлення, що дозволяє отримувати шар наплавленого металу великої товщини (1,5–5,0 мм).

Однак, цей метод має й певні недоліки:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Значний нагрів деталі: Це може призвести до деформацій або зміни структури матеріалу.
- Обмеження по діаметру: Неможливість наплавлення на деталі діаметром менше 40 мм через особливості технологічного процесу.
- Труднощі видалення шлакового покриття: Після наплавлення необхідно ретельно видаляти шар шлаку, що може бути трудомістким.
- Ризик утворення дефектів: Можливе виникнення тріщин та утворення пор у наплавленому металі, що вимагає ретельного контролю параметрів процесу.

3.10.2. Наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу: принцип роботи

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу (рис. 4.16) за своїм принципом схоже на електродугове наплавлення під флюсом, але ключова відмінність полягає у використанні вуглекислого газу як захисного середовища.

Процес відбувається так:

1. Струм підводиться до електродного дроту 2 через мундштук 1 та наконечник 4, які розташовані всередині газоелектричного пальника 3.
2. При напавленні метал електродного дроту 2 і деталі 9 переміщуються, утворюючи зварювальну ванну.
3. У зону горіння електричної дуги 6 під тиском 0,05–0,2 МПа подається вуглекислий газ. Цей газ створює захисне середовище, що запобігає взаємодії розплавленого металу з атмосферним киснем та азотом.
4. Коли сопло 5 пальника рухається вздовж деталі 9, за зварювальною ванною 7 утворюється шар наплавленого металу 8.

Цей метод забезпечує ефективний захист розплавленого металу, що покращує якість наплавлення.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

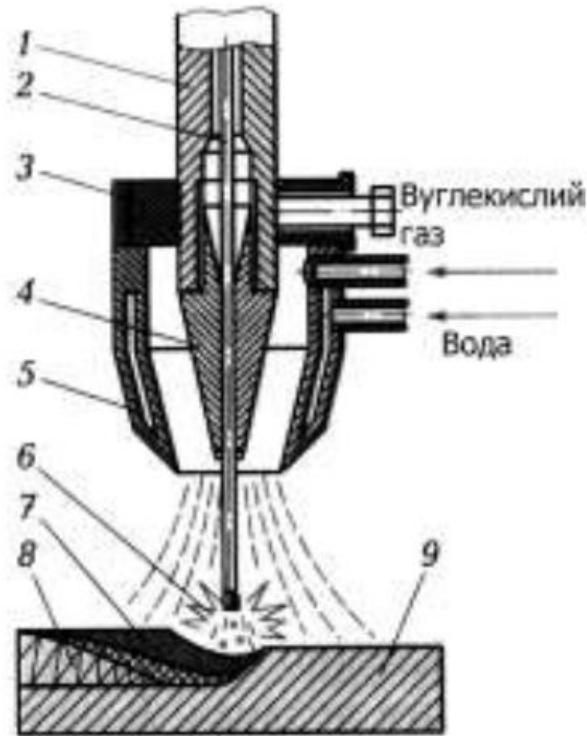


Рисунок 3.16 – Схема наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Переваги та недоліки наплавлення в середовищі вуглекислого газу

Наплавлення в середовищі вуглекислого газу має кілька значних переваг, що робить його привабливим для ремонту деталей:

- Менший нагрів деталі: Цей метод дозволяє мінімізувати термічний вплив на деталь, що знижує ризик деформацій та зміни структури металу.
- Універсальність за розміром: Є можливість обробки деталей будь-яких розмірів.
- Гнучкість положення: Наплавлення відбувається при будь-якому положенні деталі, що значно розширює сферу застосування методу.
- Висока продуктивність: Продуктивність процесу на 20–30% вища порівняно з деякими іншими методами наплавлення.

Однак, існують і певні недоліки:

- Збільшене розбрикування металу: Це може призвести до втрат матеріалу та потребувати додаткового очищення.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Відкрите світлове випромінювання: Вимагає використання додаткового захисту очей зварювальника.

3.10.3. Вібродугове наплавлення

Вібродугове наплавлення: відновлення деталей та особливості процесу
Вібродугове наплавлення — це ефективний метод відновлення автомобільних деталей, виготовлених з вуглецевих і низьколегованих сталей, а також сірого, ковкого та високоміцного чавуну. Цей спосіб характеризується коливанням зварювального дроту з частотою 50-100 Гц при низькій напрузі.

Для виконання вібродугового наплавлення необхідне спеціальне обладнання: переобладнаний токарний верстат, що забезпечує повільне обертання деталі, наплавочна головка та джерело зварювального струму. Наплавлення виконується у середовищі рідини (зазвичай 10-20% розчин гліцерину) з використанням зварювального дроту діаметром 1,2-3 мм.

Суть процесу полягає у періодичному замиканні та розмиканні електричного кола між електродним дротом (що знаходиться під струмом) і поверхнею деталі (як показано на рис. 3.15).

Переваги та недоліки вібродугового наплавлення

Переваги вібродугового наплавлення в рідині:

- Відсутність нагріву та деформації деталі: це критично для збереження початкової геометрії та властивостей матеріалу.
- Можливість загартовування наплавленого шару: часто усуває необхідність у подальшій термічній обробці, що спрощує процес.
- Менше вигорання вуглецю: сприяє збереженню хімічного складу матеріалу.

Недоліки цього методу:

- Значне зниження втомної міцності деталей: це може бути обмеженням для деталей, що працюють під циклічними навантаженнями.
- Нерівномірна твердість наплавленого шару: може впливати на однорідність зносу.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Неоднорідність мікроструктури металу: потенційно знижує передбачуваність властивостей відновленої поверхні.

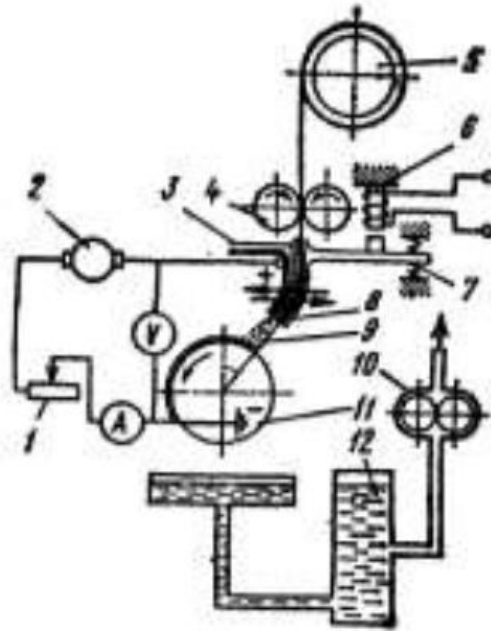


Рисунок 3.17 – Схема установки для автоматичної вібродугової наплавки:

1 – котушка; 2 – генератор; 3 – трубка для подачі охолоджуючої рідини;
 4 – ролики подачі електродного дроту; 5 – касета з дротом; 6 – електромагнітний вібратор; 7 – пружина; 8 – наконечник; 9 – електродний дріт;
 10 – насос для перекачування охолоджуючої рідини; 11 – відновлювана деталь; 12 – бачок для збирання охолоджуючої рідини

3.10.4. Плазменне та лазерне наплавлення

Плазмове та лазерне наплавлення: сучасні методи

Плазмове та лазерне наплавлення — це передові методи наплавлення, де джерелом теплоти виступає плазмова дуга або лазерний промінь.

Як присадні чи електродні матеріали в цих процесах можуть використовуватися:

- Суцільні або порошкові дроти.
- Нерухома присадка у вигляді литих або спечених кілець.
- Гранульовані порошки.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ці технології дозволяють створювати високоякісні покриття з точним контролем параметрів, що є критично важливим для відновлення або модифікації поверхонь деталей з високими вимогами до зносостійкості та інших властивостей.

Способами подачі присадних матеріалів на деталь можуть бути:

- за допомогою дозатора;
- попереднім нанесенням порошків на клеючі суміші;
- у вигляді колоїдних розчинів.

Переваги плазмового та лазерного наплавлення

Плазмове та лазерне наплавлення є високотехнологічними методами, що пропонують значні переваги порівняно з традиційними способами, особливо в точності та ефективності:

- Точний хімічний склад та твердість: Ці методи дозволяють досягти необхідної твердості та заданого хімічного складу наплавленого металу вже на відстані 0.3–0.5 мм від поверхні наплавлення. Це є значною перевагою, оскільки дозволяє обмежитись одношаровим наплавленням там, де електродуговим способом необхідно наносити 3–4 шари.
- Висока концентрація теплової потужності: Забезпечується мінімальна ширина зони термічного впливу, що зменшує ризик деформацій та структурних змін у основному металі деталі.
- Контрольована товщина шару: Можливість отримання наплавленого шару товщиною від 0.1 мм до декількох міліметрів, що дозволяє точно контролювати відновлювані розміри.
- Широкий спектр матеріалів: Можливість наплавлення різноманітних зносостійких та антифрикційних матеріалів (таких як мідь, латунь, пластмаса) на сталеву деталь, розширюючи можливості для модифікації властивостей поверхні.
- Специфічні застосування: Плазмовим та лазерним наплавленням успішно відновлюють такі високоточні та відповідальні деталі, як тарілки клапанів, кулачки розподільчих валів та інші подібні елементи.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Плазмове наплавлення: принципи та особливості

При плазмовому наплавленні струмоведучим присадним дротом дуга горить між катодом плазмотрона і самим дротом, який виконує роль анода. Дріт рівномірно подається в простір між соплом та виробом. Цей метод забезпечує вищу продуктивність наплавлення з мінімальною глибиною проплавлення основного металу. Однак, існують обмеження щодо отримання тонкого та рівномірного шару покриття за такого підходу.

Переваги використання порошкових матеріалів та захисних газів

Застосування присадкового матеріалу у вигляді порошку відкриває ширші можливості, дозволяючи використовувати для наплавлення практично будь-які сплави. Це значно складніше, коли присадковий матеріал подається у вигляді дроту.

У процесі плазмового наплавлення як плазмоутворювальний, захисний і транспортувальний газ зазвичай використовують аргон. Витрата газу, а також діапазон робочих струмів і напруг при наплавленні є приблизно такими ж, як і при плазмовому зварюванні.

Відмінності плазмового наплавлення від напилення

На відміну від наплавлення, процес напилення характеризується більшою концентрацією теплового потоку та високою швидкістю течії плазмового струменя. Ця відмінність пояснюється тим, що при плазмовому напиленні як матеріали покриття застосовують:

- Тугоплавкі метали: вольфрам, молібден, тантал.
- Оксиди металів: Al_2O_3 , MgO , ZrO_2 .
- Силіциди: $MoSi_2$.
- Карбіди: B_4C , SiC .
- Бориди: ZnB_2 , HfB_2 .

Тобто, використовуються переважно неметалеві матеріали, які мають вельми високу температуру плавлення. Ці матеріали, приготовані у вигляді дрібногранульованого порошку (розміри частинок 40–70 мкм), проходячи через

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

плазмовий струмінь, встигають нагрітися в основному лише до пластичного стану, а не до повного розплавлення.

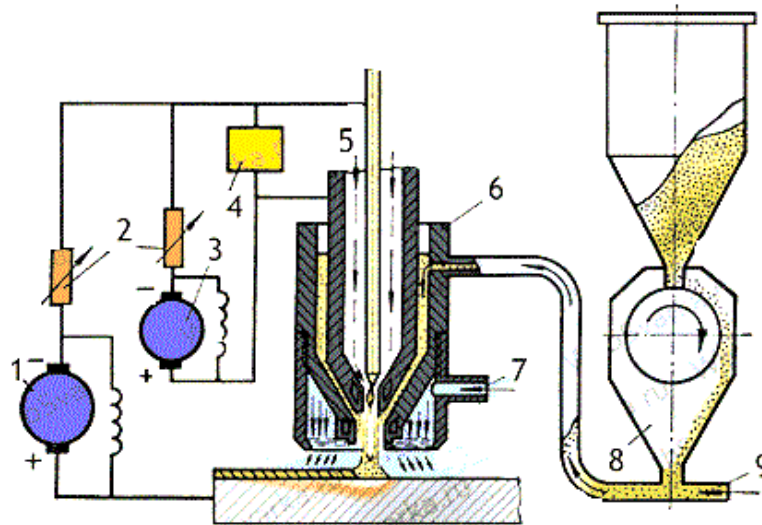


Рис. 3.18. Схема установки для плазмового наплавлення металевим порошком: 1 – джерело живлення дуги прямої дії; 3 – джерело живлення дуги непрямої дії; 2 – опори баластні; 4 – осцилятор; 6 – корпус пальника; 5 – сопло для плазмоутворювального газу; 7 – отвір для входу захисного газу; 8 – живильник для подачі порошку; 9 – трубка, за допомогою якої подається газ, який несе порошок

3.10.5. Установка для нанесення гальванічних покриттів

Розроблена установка для відновлення розподільчих валів методом контактного хромування.

Аналіз поширених дефектів розподільчих валів та існуючих методів їх усунення підтвердив потребу в розробці ефективнішої установки. Саме тому було створено установку для відновлення опорних шийок розподільчих валів методом контактного хромування (рис. 3.19).

Будова установки

Ця установка складається з кількох ключових елементів:

- Обертач: На ньому закріплені пристосування для контактного хромування та пристрій контролю рівня електроліту.
- Випрямляч ВСА-5.

Призначення та робота обертача

Обертач – це стаціонарний пристрій, який виконує кілька функцій:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Він установлює та обертає ремонтвану деталь із заданою частотою.
- Забезпечує установку та горизонтальне переміщення пристосування для контактного хромування.

Установка для гальванічних покриттів працює в ручному режимі. Програмування обертання деталі та контроль рівня електроліту здійснюються з пульта керування.

Сам обертач 1 включає:

- Станину.
- Плиту з закріпленими електродвигуном та редуктором, що приводять у рух механізм обертання вала.
- Ще одну плиту, на якій закріплений пристрій для контролю рівня електроліту.
- Механізм горизонтального переміщення пристосування для контактного хромування.

Ця установка дозволяє автоматизувати процес контактного хромування, підвищуючи точність та ефективність відновлення розподільчих валів.

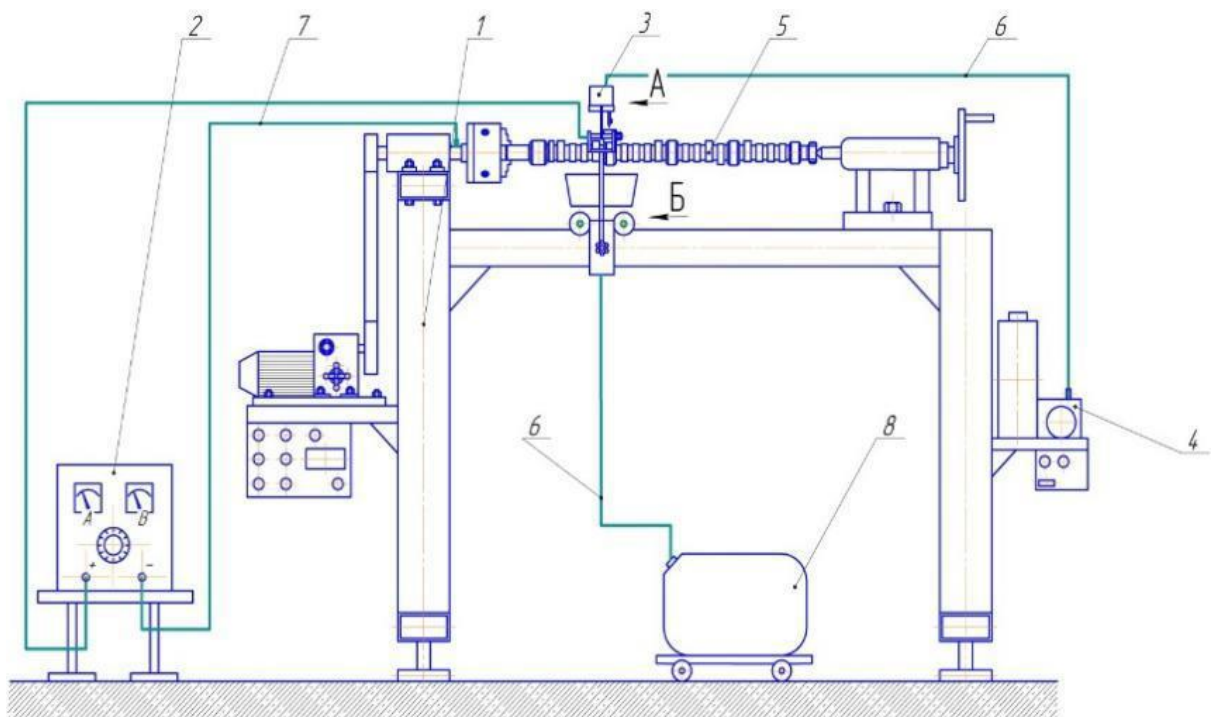


Рис. 3.19. Установка для відновлення опорних шийок розподільних валів: 1 – обертач; 3 – пристосування для контактного хромування; 2 – випрямляч ВСА-5; 4 – пристрій для контролю рівня електроліту; 5 – розподільний вал; 7 – з'єднувальні дроти; 6 – шланги з'єднувальні; 8 – ємність для збору електроліту

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	

Особливістю розглянутого способу є застосування обертової анодної голівки, що обертається, замість тієї, що труться (Рис. 3.20).

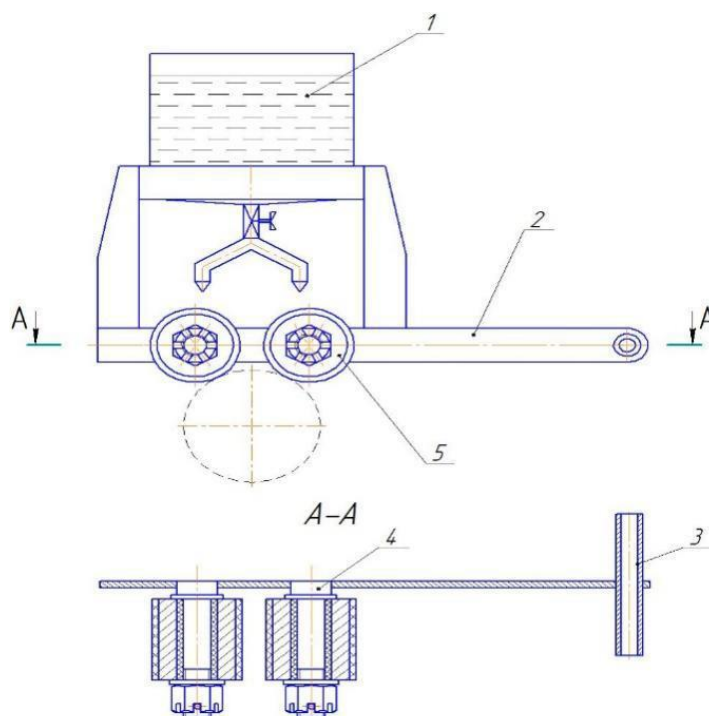


Рис. 3.20. Пристрій для контактного хромування: 1 – ємність для електроліту; 2 – державка; 3 – напрямна; 4 – вісь ролика; 5 – анодні голівки, що обертаються

Робота установка методом контактним хромуванням

Ця установка використовує унікальний підхід до хромування. Завдяки контакту з хромованою деталлю, що обертається, анодна голівка також обертається. Така конструкція замінює тертя ковзання тертям кочення, що суттєво знижує знос і загазованість анодного тампона. Це також запобігає перегріву електроліту в зоні осадження, зменшує шорсткість та підвищує рівномірність покриттів.

Етапи відновлення шийок розподільчих валів

1. Підготовка деталі та обладнання:

- Відновлювана деталь встановлюється в центр обертача.
- Анодна голівка встановлюється на першу шийку, її можна переміщувати та фіксувати на станині обертача. Переміщення пристрою відбувається на опорних колесах, а фіксація — затягуванням гвинта.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- У ємність пристрою контролю рівня електроліту заливається робочий електроліт, який заповнює ємність анодної головки до необхідного рівня.
- Далі проводиться знежирення відновлюваної деталі.

2. Травлення шийок:

- Виконується травлення шийок струмом зворотної полярності.
- Для травлення використовують електроліт такого складу (у г/л): сірчана кислота – 150, сірчаноокислий натрій – 50.

3. Контактне хромування періодичним струмом (реверсування):

- Після травлення починається процес контактного хромування періодичним струмом відповідно до розрахункового часу. Цей метод, відомий як хромування на струмі змінної полярності, полягає в періодичній зміні напрямку постійного струму:
 - Прямий струм (катодний період): струм проходить у прямому напрямку, і метал осідає на деталі.
 - Зворотний струм (анодний період): полярність змінюється, і струм проходить у зворотному напрямку, частково розчиняючи осаджений метал.
 - Потім полярність знову змінюється, і цикл повторюється.
- Цей реверсований струм характеризується такими параметрами:
 - Величина струму прямого (катодного) напрямку.
 - Величина струму зворотного (анодного) напрямку (зазвичай приймається рівною прямому).
 - Час проходження прямого струму (катодний період).
 - Час проходження зворотного струму (анодний період) – зазвичай значно менший за катодний період.
 - Повний період реверсування струму.

Переваги реверсування струму

Використання реверсування струму під час осадження металів, зокрема хрому, дозволяє:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Збільшити густину струму та продуктивність процесу завдяки зниженню поляризації.
- Зменшити збідніння прикатодного шару та частково розчинити осаджений метал.
- Поліпшити структуру та властивості покриттів.

Завершення процесу

Протягом відновлення рівень електроліту постійно контролюється і за необхідності поповнюється. Відпрацьований електроліт збирається у встановленій на пристрої ванні та зливається вручну. Після відновлення всіх опорних шийок деталей знімається з обертача та відправляється на наступну технологічну операцію.

Контактне хромування: ефективний метод відновлення деталей

Контактне хромування є доцільним методом для усунення локальних пошкоджень та нанесення покриттів, що відновлюють і підвищують зносостійкість окремих поверхонь деталей.

Ми пропонуємо використовувати електроліт для контактного хромування наступного складу та з такими робочими параметрами:

- Оцтовокислий хром: 260-280 г/л
- Мурав'їнокислий амоній: 375-400 г/л
- Виннокислий калій-натрій: 13-17 г/л
- рН: 5.5-5.7
- Катодна щільність струму: 270-300 А/дм²
- Температура електроліту (на вхід): 15°C
- Витрата електроліту: 0.28 л/хв
- Окружна швидкість деталі: 3-4 м/хв

За таких умов вихід хрому за струмом досягає 25%, а мікротвердість покриттів становить 9300-10000 МПа. Покриття осаджуються рівномірно, досягаючи товщини 0.1 мм, при цьому товщина високоякісних покриттів може сягати 0.5 мм.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після нарощування металу деталі обов'язково проходять механічну обробку. Це робиться для надання робочій поверхні необхідної шорсткості, що забезпечує оптимальне змочування маслом під час експлуатації.

3.11. Різання металів

Різання листового металу в авторемонті

Під час ремонту автомобілів часто виникає потреба в різанні листового металу для видалення ділянок, пошкоджених корозією або іншими дефектами. На сьогоднішній день застосовуються різні методи різання металів, зокрема:

- Газокиснева різка
- Електрокиснева різка
- Повітряно-дугова різка
- Електродугова різка

Газокиснева різка: принцип та застосування

Найбільш поширеною є газокиснева різка. Вона базується на властивості деяких металів згоряти в струмені чистого кисню.

Процес газокисневої різки складається з двох етапів:

1. Попередній нагрів металу полум'ям до температури займання.
2. Після нагріву подається струмінь кисню, який спалює метал і одночасно видуває розплавлений шлак із зони різки, створюючи чистий розріз.

Важливо зазначити, що чавун, кольорові метали та хромовані сталі кисневій різці не піддаються, оскільки вони не згоряють у кисні або утворюють тугоплавкі оксиди. Для їх розрізання використовують спеціальний метод — киснево-флюсову різку.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ

4.1. Обґрунтування способів відновлення зношених поверхонь деталі

Вибір оптимального методу відновлення зношених деталей

При відновленні зношених поверхонь автомобільних деталей ключовим є вибір найбільш доцільного методу, що забезпечить найкращі економічні результати.

Оптимальний метод залежить від багатьох факторів:

- Конструктивні та технологічні особливості деталей: форма, розмір, матеріал, термообробка, поверхнева твердість, шорсткість.
- Умови експлуатації: тип навантаження, вид тертя.
- Ступінь зносу.
- Вартість відновлення.

Для врахування всіх цих факторів рекомендується використовувати три послідовні критерії:

1. Технологічний критерій (критерій застосовності): Враховує особливості пошкоджених поверхонь та технологічні можливості різних методів відновлення. На цьому етапі визначаються всі можливі способи ремонту.
2. Критерій довговічності: Оцінює, наскільки довго відновлена деталь зможе працювати.
3. Техніко-економічний критерій: Це співвідношення собівартості відновлення до коефіцієнта довговічності, що допомагає вибрати найбільш вигідний варіант.

Методи відновлення поверхонь розподільчого вала

На основі технологічних характеристик методів відновлення, для різних поверхонь розподільчого вала можуть бути застосовані такі способи ремонту:

- Поверхня А (передні та проміжні опорні шийки) і Поверхня Б (задні опорні шийки):
 - Наплавлення дроту в середовищі вуглекислого газу.
 - Вібродугове наплавлення дроту.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Електролітичне хромування.

Після попереднього відбору методів для кожної зношеної поверхні, вони ранжуються за значенням техніко-економічного показника та зводяться у відповідну таблицю (наприклад, табл. 3.1). Це дозволяє обрати найефективніший спосіб відновлення з точки зору балансу витрат та отриманого ресурсу.

З аналізу видно, що оптимальними способами відновлення зношених поверхонь є:

Поверхня А і Б: хромування електролітичне.

Площа відновлюваної поверхні:

$$S = 2 \times \pi \times R \times B = 2 \times 3.14 \times 25.5 \times 30 = 4804 \text{ мм}^2 = 4,8 \text{ дм}^2$$

Собівартість відновлення (для контактного хромування):

$$C = C_{\text{ву}} \times S = 9,59 \times 4,8 = 45,64 \text{ грн,}$$

де $C_{\text{у}}$ – питома собівартість відновлення, грн/дм^2 .

Оптимізація вибору методів відновлення деталей

Щоб підвищити ефективність виробництва та зменшити потребу в різноманітному обладнанні, важливо мінімізувати кількість методів, що використовуються для відновлення різних зношених поверхонь однієї деталі.

Для остаточного вибору оптимальних способів відновлення зношених поверхонь деталі проводять перебір різних поєднань методів. Цей процес починають з мінімальної кількості способів, а за основний метод обирають той, що є оптимальним для поверхні, яка зношується найбільше. Такий підхід дозволяє знайти баланс між якістю відновлення, економічною ефективністю та уніфікацією виробничих процесів.

Закінчуємо аналіз визначенням мінімального значення відношення собівартості відновлення деталі оптимальним для кожної її зношеної поверхні способом до коефіцієнта довговічності:

$$C_{\text{ВД}j} / K_{\text{ДВ}j} = \sum (n-i=1) C_{\text{у}ip} \cdot S_i / K_{\text{ДВ}j} \rightarrow \min,$$

$C_{\text{ВД}j}$ – собівартість відновлення зношених поверхонь деталі

j -м поєднанням способів, грн;

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C_{yip} – питома собівартість відновлення і-ї поверхні р-м способом, грн/дм² ;

S_i – площа і-ї відновлюваної поверхні, дм² ;

$K_{ДВj}$ – коефіцієнт довговічності деталі, відновленої j-м поєднанням способів;

n – кількість зношуваних поверхонь (дефектів).

$$K_{ДВj} = \sum K_i \cdot K_{Дij} / \sum K_i,$$

де K_i - коефіцієнт повторюваності і-го дефекту;

$K_{Дij}$ - коефіцієнт довговічності і-ої поверхні, відновленої ремонтним способом. Результати розрахунків зводимо в табл. 3.1.

Таблиця 4.1 – Техніко-економічні показники відновлення зношених поверхонь розподільчого вала.

№ п/п	Поєднання способів відновлення	Коеф. довговічності $K_{ДВj}$	Собівартість відновлення, грн.	Відношення собівартості, $C_{ВДj} / K_{ДВj}$, грн.
1	Хромування електролітичне	1,0	440,64	440,64
2	Наплавлення в середовищі вуглекислого газу на поверхні А, гальванічне покриття поверхні Б	0,85	844,56	993,6

Розглянемо застосування чотирьох варіантів сполучень способів відновлення розподільчого вала в цілому:

1. хромування електролітичне на поверхні А, Б.
2. наплавлення в середовищі вуглекислого газу на поверхні А, гальванічне покриття поверхні Б.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо значення коефіцієнтів довговічності відновленої деталі за кожним варіантом:

$$K_{ДВ1} = 0,55 \cdot 0,87 / 0,55 = 0,87$$

$$K_{ДВ2} = 0,55 \cdot 0,85 / 0,55 = 0,85$$

Визначаємо відношення собівартості відновлення до коефіцієнта довговічності для кожного варіанта:

$$C_{ВД1} / K_{ДВ1} = 43,2 \cdot 2,04 \cdot 5 / 0,87 = 506,48;$$

$$C_{ВД2} / K_{ДВ2} = (64,8 + 18) \cdot 2,04 \cdot 5 / 0,85 = 993,6$$

4.2 Розробка технологічного процесу відновлення деталі.

4.1. Операція мийна

Норма часу визначається за формулою:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, миття, установку деталі, хв. $\sum T_P = 26$ хв.

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20 [15].$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,16$.

$$T_H = 26 \cdot 1,20 \cdot 0,16 = 4,99 \text{ хв.}$$

4.2. Операція дефектувальна

Норма часу визначається за формулою [15]:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, миття, установку деталі, хв. $\sum T_P = 26$ хв.

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20 .$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,13$

$$T_H = 26 \cdot 1,20 \cdot 0,13 = 4,1 \text{ хв}$$

5.3.Токарна операція

Основний час центрування деталі при діаметрі деталі до 80 мм (50 мм) становитиме $T_O = 0,09$ хв. Допоміжний час, пов'язаний із проходом $T_B = 0,6$ хв.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4. Шліфувальна операція

Підготовчо-заклучний час призначається один раз на всю операцію, у цьому випадку: $T_{П.З.} = 6 \text{ хв.}$

Перехід 1. Встановити, закріпити і зняти деталь.

Допоміжний час на перехід залежить від способу установки і маси деталі.

$$T_{ВІ} = 0,4 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Шліфувати опорну шийку

Припуски на шліфування становлять

$$h = 0,5 \text{ мм.}$$

Швидкість різання під час шліфування визначається за формулою

$$v_{КР} = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \cdot 60,$$

де D – діаметр круга, мм, $D = 400 \text{ мм}$;

n – частота обертання круга, хв^{-1} , $n = 1670 \text{ хв}^{-1}$.

$$v_{КР} = 3,14 \cdot 400 \cdot 1670 / 1000 \cdot 60 = 34,96 = 35 \text{ м/с}$$

Швидкість обертання оброблюваної деталі становитиме

$$v_{И} = 30 \text{ м/хв}$$

Частота обертання оброблюваної деталі знаходиться за формулою

$$n_{И} = 1000 \cdot v_{И} / \pi \cdot d,$$

де d – діаметр деталі, мм, $d = 50,95 \text{ мм}$.

$$n_{И} = 1000 \cdot 30 / 3,14 \cdot 40 = 238,85 = 239 \text{ об/хв}$$

Поперечна подача під час круглого зовнішнього шліфування (врізне шліфування) становитиме

$$S = 0,43 \text{ мм/хв}$$

Основний час при круглому зовнішньому шліфуванні визначається за формулою [16].

$$T_O = h / S \cdot K,$$

де h – припуск на обробку деталі на бік, мм;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування і знос круга,

$K = 1,2$ (для чистового і чорнового шліфування).

Під час шліфування

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_O = 0,025 / 0,43 \cdot 1,2 = 0,069 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на перехід становитиме

$$T_{B2} = 0,42 \text{ хв.}$$

$$T_B = 0,4 + 0,42 = 0,82 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначається за формулою

$$T_{ПР} = (T_O + T_B) \cdot П_{ПР} / 100,$$

де $П_{ПР}$ – відсоток додаткового часу, %, $П_{ПР} = 9\%$.

$$T_{ПР} = (0,28 + 0,82) \cdot 9 / 100 = 0,1 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за формулою

$$T_{ШТ} = T_O + T_B + T_{ПР} = 0,069 + 0,82 + 0,1 = 0,98 \text{ хв.}$$

Норма часу на операцію становитиме

$$T_H = T_{ШТ} + T_{П.З} n = 0,98 + 6 \cdot 1 = 6,98 \text{ хв.}$$

4.5 Мийна операція

Норма часу визначається за формулою:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, миття, установку деталі, хв. $\sum T_P = 8 \text{ хв.}$

[16].

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20 \text{ [15].}$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,16. 45$

$$T_H = 8 \cdot 1,20 \cdot 0,16 = 1,54 \text{ хв.}$$

4.6. Вимірювальна операція

Норма часу визначається за формулою [15]:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, вимірювання, установку деталі, хв. $\sum T_P = 15 \text{ хв.}$

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20 \text{ [15].}$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,13$

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_H = 15 \cdot 1,20 \cdot 0,13 = 2,34 \text{ хв}$$

4.7. Контактне хромування

Підготовчо-заключний час на операцію становить

$$T_{ПЗ} = 15 \text{ хв.}$$

Перехід 1. Встановити, закріпити і зняти заготовку.

$$T_{B1} = 2 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Знежирити поверхню шийки. Промити деталь гарячою водою.

$$T_{B2} = 25 \text{ хв.}$$

Перехід 3. Травити поверхню шийки. Промити деталь холодною водою.

$$T_{B3} = 0,16 \text{ хв}$$

Перехід 4. Хромувати поверхню шийки.

Номинальний діаметр шийки вала: $D = 51_{H-0,02}$.

Допустимий розмір: $D_{ДОП} = 50,98 \text{ мм.}$

Приймаємо орієнтовно діаметр зношеної шийки вала:

$$D_{ИЗМ} = 50,95 \text{ мм.}$$

Перед хромуванням деталь шліфують до повного виведення слідів зносу.

Припуск на шліфування (на діаметр): $2 \cdot \delta_1 = 0,05 \text{ мм.}$

Мінімальний діаметр деталі визначається за формулою

$$D_{min} = D_{ИЗМ} - 2 \cdot \delta_1 = 50,95 - 0,05 = 50,90 \text{ мм.}$$

Припуск на попереднє шліфування $2 \cdot \delta_2 = 0,05 \text{ мм.}$, на остаточне шліфування

$$2 \cdot \delta_3 = 0,05 \text{ мм. [17].}$$

Максимальний деталі після хромування повинен бути

$$D_{max} = D_H + 2 \cdot \delta_2 + 2 \cdot \delta_3 = 51 + 0,05 + 0,05 = 51,1 \text{ мм.}$$

Товщина покриття визначається за формулою

$$H = D_{max} - D_{min} / 2 = 51,1 - 50,90 / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Основний час визначиться за формулою

$$T_O = H \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60 / D_K \cdot C \cdot \eta,$$

де γ – густина осаджуваного металу, $г/см^3$, $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$;

D_K – щільність струму, $A/дм^2$, $D_K = 50 \text{ A /дм}^2$;

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

C – електрохімічний еквівалент, $г/Аг$, $C = 1,042 г/А$;

η – вихід металу за струмом, %, $\eta = 52\%$.

$$T_O = 0,1 \cdot 7,8 \cdot 1000 \cdot 60 / 100 \cdot 1,042 \cdot 52 = 8,63 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію визначається з виразу

$$T_B = \sum T_{Bi} (n-i=1),$$

де T_{Bi} – допоміжний час i -го переходу.

$$T_B = 2 + 15 = 17 \text{ хв.}$$

Основний час на операцію визначається з виразу

$$T_O = \sum T_{Oi} (n-i=1),$$

де T_{Oi} – основний час i -го переходу.

$$T_O = 8,63 \text{ хв.}$$

Додатковий час на операцію знаходиться, як

$$T_D = T_{OP} \cdot K / 100, \text{ хв}$$

де T_{OP} - оперативний час, хв;

K - процентне співвідношення додаткового часу до оперативного, для токарної операції $K = 8\%$ [16].

$$T_{OP} = T_B + T_O = 17 + 8,63 = 25,63 \text{ хв}$$

$$T_D = 25,63 \cdot 8 / 100 = 2,05 \text{ хв.}$$

4.8. Штучний час:

$$T_{шт} = T_B + T_O + T_D = 17 + 25,63 + 2,05 = 44,68 \text{ хв}$$

Норма часу на операцію становитиме

$$T_H = 17 + 25,63 + 2,05 + 15 / 1 = 59,68 \text{ хв.}$$

4.9. Мийна операція

Норма часу визначається за формулою:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, миття, установку деталі, хв. $\sum T_P = 8 \text{ хв.}$

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20.$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,16$.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_H = 8 \cdot 1,20 \cdot 0,16 = 1,54 \text{ хв.}$$

4.10. Шліфувальна операція

Підготовчо-заклучний час призначається один раз на всю операцію, у цьому випадку: $T_{П.З.} = 7 \text{ хв.}$

Перехід 1. Встановити, закріпити і зняти деталь.

Допоміжний час на перехід залежить від способу установки і маси деталі.

$$T_{В1} = 0,4 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Шліфувати опорні шийки.

Припуски на чистове шліфування становлять

$$h = 0,05 \text{ мм.}$$

Швидкість різання під час шліфування визначається за формулою

$$v_{KP} = \pi \cdot D \cdot n / 1000 \cdot 60,$$

де D – діаметр круга, мм, $D = 400 \text{ мм}$;

n – частота обертання круга, хв^{-1} , $n = 1670 \text{ хв}^{-1}$.

$$v_{KP} = 3,14 \cdot 400 \cdot 1670 / 1000 \cdot 60 = 34,96 = 35 \text{ м/с}$$

Швидкість обертання оброблюваної деталі становитиме

$$v_H = 30 \text{ м/хв}$$

Частота обертання оброблюваної деталі знаходиться за формулою

$$n_H = 1000 \cdot v_H / \pi \cdot d,$$

де d – діаметр деталі, мм, $d = 40 \text{ мм}$.

$$n_H = 1000 \cdot 30 / 3,14 \cdot 40 = 187,5 = 187 \text{ об/хв.}$$

Поперечна подача під час круглого зовнішнього шліфування (врізне шліфування) становитиме

$$S = 0,43 \text{ мм/об}$$

Основний час при круглому зовнішньому шліфуванні визначається за формулою

$$T_O = h / S \cdot K,$$

де h – припуск на обробку деталі на бік, мм;

K – коефіцієнт, що враховує точність шліфування і знос круга,

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K = 1,2$ (для чистового і чорнового шліфування). Під час чистового шліфування

$$T_O = 0,05 / 0,43 \cdot 1,2 = 0,14 \text{ хв.}$$

4.11. Допоміжний час на перехід становитиме

$$T_{B2} = 0,42 \text{ хв.}$$

$$T_B = 0,4 + 0,42 = 0,82 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначається за формулою [18, 19, 20].

$$T_{ПР} = (T_O + T_B) \cdot П_{ПР} / 100,$$

де $П_{ПР}$ - відсоток додаткового часу, %, $П_{ПР} = 9\%$.

$$T_{ПР} = (0,14 + 0,82) \cdot 9 / 100 = 0,08 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за формулою

$$T_{ШТ} = T_O + T_B + T_{ПР} = 0,14 + 0,82 + 0,08 = 1,04 \text{ хв.}$$

Норма часу на операцію становитиме

$$T_H = T_{ШТ} + T_{П.З}/n = 1,04 + 7 / 1 = 8,04 \text{ хв.}$$

4.12. Мийна операція

Норма часу визначається за формулою:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на зняття, миття, установку деталі, хв. $\sum T_P = 8 \text{ хв.}$

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20.$$

K_Y – коефіцієнт питомих трудових витрат. $K_Y = 0,16$.

$$T_H = 8 \cdot 1,20 \cdot 0,16 = 1,54 \text{ хв.}$$

4.13. Контрольна операція

Норма часу визначається за формулою:

$$T_H = \sum T_P \cdot K_{ПР} \cdot K_Y,$$

де $\sum T_P$ – витрати часу на розбирання агрегату, вузла або окремого сполучення, хв. $\sum T_P = 26 \text{ хв.}$

$K_{ПР}$ – коефіцієнт, що враховує час на технологічні перерви під час роботи.

$$K_{ПР} = 1,20.$$

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_v – коефіцієнт питомих трудових витрат.

$$K_v = 0,13 \cdot T_H = 26 \cdot 1,20 \cdot 0,13 = 4,1 \text{ хв}$$

Визначимо норму часу на відновлення деталі

$$T_H = \sum T_{Hi} \quad (n- i=1),$$

де T_{Hi} - норма часу на i -у операцію.

$$T_H = 4,99 + 4,1 + 0,69 + 6,98 + 1,54 + 2,34 + 59,68 + 1,54 + 8,04 + \\ + 1,54 + 4,1 = 95,54 \text{ хв.}$$

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Техніка безпеки при ремонті та відновленні розподільних валів

Небезпеки при відновленні чавунних розподільчих валів

Відновлення чавунних розподільчих валів — це складний технологічний процес, який супроводжується низкою несприятливих факторів, що становлять небезпеку для життя та здоров'я працівників. Ці виробничі небезпеки поділяються на імпульсні та акумулятивні.

Імпульсні небезпеки

Імпульсні небезпеки виникають у випадкові моменти часу і можуть бути представлені як дискретна, випадкова функція робочого процесу. До них належать:

- Рухливі маси: Наприклад, обертові частини обладнання або неконтрольоване переміщення деталей.
- Потоки повітря, газів і рідин: Небезпечні викиди або негерметичність систем.
- Незаземлені джерела електричної енергії: Ризик ураження електричним струмом.
- Неправильне розміщення устаткування на робочому місці: Може призвести до падінь, зіткнень або інших травм.

Акумулятивні небезпеки

Акумулятивні небезпеки присутні постійно, мають безперервну дію і можуть призводити до професійних захворювань. Через їхній вплив людина перевтомлюється, порушується координація рухів, притупляється реакція організму на зовнішні подразники. До них відносяться:

- Підвищений шум: Тривалий вплив шуму може спричинити втрату слуху.
- Вібрація: Може призвести до вібраційної хвороби.
- Забрудненість повітряного середовища газами: Викиди шкідливих газів під час зварювання, різання чи інших процесів.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Специфічні небезпеки за етапами робіт

- Під час зварювання і наплавлення: Виникає ультрафіолетове випромінювання та надмірне виділення теплоти, що потребує спеціального захисту очей та шкіри.
- На робочому місці шліфувальника: Присутній підвищений вміст абразивної суспензії в повітрі та шум при обробці виробів, що загрожує дихальним шляхам та слуху.
- При шліфуванні чи різанні: Існує високий ризик отримати травму від обертових частин обладнання та попадання сторонніх предметів в очі.
- При очищенні миттям: Є ризик отримання опіків від гарячих розчинів або пари.

Крім того, технологічний процес відновлення розподільчих валів часто виконується в невеликих старих приміщеннях з браком світла. При операціях шліфування це вимагає додаткового освітлення, що негативно впливає на зір працівника, спричиняючи його перенапруження та погіршення.

5.2 Аналіз небезпечних факторів при шліфуванні і полірування

Таблиця 5.1 Небезпечні фактори

Місце роботи	Негативні чинники	Характеристика шкідливих факторів
Абразив-но – шлі-фувальна установка	Шум	Шум собою несприятливий фактор зовнішнього середовища і визначається як звуковий процес, несприятливий для сприйняття і заважає роботі та відпочинку. За фізичну природу шум, створюють устаткування, обумовлені процесами механічної дії деталей.
	Освітлення	Світло є природним умовою життєдіяльності людини і грає велику роль у збереженні здоров'я і високої працездатності.

		Недостатня освітленість призводить до перевтоми і зниження працездатності оскільки вимагає постійної напруги очей, що призводить до того, що будуть непомічені помилки виготовленні.
	Небезпека травмування обертливими частинами.	При роботі верстата обертається шліфувальний круг і оброблювана деталь, тому існує небезпека травмування частинами, що обертаються.
	Пожежна безпека	На робочому горючі матеріали, які можуть бути розлиті і призвести до пожежі.
	Небезпека ураження електричним струмом	Шліфувальний верстат містить електрообладнання, тому недотримання правил техніки безпеки може призвести до ураження електричним струмом.

Таблиця 5.2 Правила охорони праці

Вимоги	Нормативний документ
Робоче місце, його обладнання та оснащення, що застосовуються відповідно до характеру роботи, повинні забезпечувати безпеку, охорону здоров'я і працездатність працюючих.	ГОСТ 12.2.061-81. Обладнання.
Шум на робочому місці не повинен перевищувати 80 дБА.	ГОСТ 12.1.003-83. Шум. Загальні вимоги безпеки.
Виробниче обладнання повинно мати вбудований пристрій для видалення виділяються в процесі роботи шкідливих речовин безпосередньо від місця їх утворення і скупчення.	ГОСТ 12.2.003-74.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

<p>Штучне освітлення у виробничих приміщеннях повинен устоювати з лампами розжарювання або люмінесцентними лампами у вигляді загального освітлення з рівномірним або локалізованим розміщенням світильників і комбінованого (загального і місцевого). Застосування одного місцевого освітлення не допускається. Норма освітленості робочого місця повинна становити при загальному освітленні 300 лк.</p>	<p>СНіП II-4-79</p>
<p>Приводні частини обладнання, а також передачі, до яких можливий доступ людей, повинні бути огорожені.</p>	<p>ГОСТ 12.2.002-80. Огородження. Загальні вимоги.</p>
<p>Рухомі і обертові елементи устаткування, до яких можливий доступ обслуговуючого персоналу, повинні бути огорожені з усіх боків і по всій довжині, незалежно від висоти розташування і швидкості руху.</p>	<p>ГОСТ 12.2.027-80. Устаткування гаражне й авторемонтного.</p>
<p>Органи управління, пов'язані з певною послідовністю їх застосування, повинні групуватися таким чином, щоб дії працюючого здійснювалися зліва направо і зверху вниз.</p>	<p>ГОСТ 12.2.064-81. Органи управління виробничим устаткуванням.</p>
<p>У конструкціях органів управління, призначених для включення обладнання, повинні бути передбачені засоби захисту від випадкового включення [15].</p>	<p>ГОСТ 12.2.027-80</p>

5.3 Захист робітників від небезпечних факторів

Виробничі небезпеки: повний огляд

Протягом трудової діяльності людина може зазнавати впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Згідно з ГОСТ 12.0.003-74, ці фактори поділяються на чотири основні групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

Фізичні фактори

Небезпечні фізичні чинники можуть спричинити травми:

- Рухомі машини та механізми, підйомно-транспортні пристрої та вантажі, що переміщуються.
- Незахищені рухомі елементи виробничого обладнання (приводи, ріжучі інструменти, обертові пристосування).
- Рикошетом частинки оброблюваного матеріалу або інструменту.
- Електричний струм.
- Підвищена температура поверхонь обладнання та оброблюваних матеріалів.

Шкідливі фізичні фактори впливають на здоров'я:

- Температура повітря робочої зони (підвищена або знижена).
- Висока вологість та швидкість руху повітря.
- Підвищені рівні шуму, вібрації, ультразвуку та різних випромінювань (теплових, іонізуючих, електромагнітних, інфрачервоних).
- Запиленість та загазованість повітря робочої зони.
- Недостатня освітленість робочих місць, проходів; підвищена яскравість світла та пульсація світлового потоку.

Хімічні фактори

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори класифікуються за характером дії на організм:

- Загальнотоксичні: впливають на весь організм.
- Дратівливі: викликають подразнення слизових оболонок, шкіри.
- Сенсibilізуючі: провокують алергічні реакції.
- Канцерогенні: сприяють розвитку пухлин.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Мутагенні: впливають на статеві клітини.

До цієї групи належать численні пари та гази (бензол, толуол, оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, оксиди азоту), аерозолі (свинцю), токсичний пил (наприклад, при обробці берилію, свинцевих бронз, латуней, пластмас зі шкідливими наповнювачами). Також сюди відносяться агресивні рідини (кислоти, луги), що можуть викликати хімічні опіки шкіри.

Біологічні та психофізіологічні фактори

- Біологічні небезпечні та шкідливі фактори включають мікроорганізми (бактерії, віруси) та макроорганізми (рослини, тварини), вплив яких може спричинити травми або захворювання.
- Психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори охоплюють фізичні перевантаження (статичні та динамічні) та нервово-психічні перевантаження.

Взаємозв'язок факторів та нормування

Між цими шкідливими та небезпечними виробничими факторами існує взаємозв'язок. Часто наявність шкідливих факторів сприяє прояву травмонебезпечних. Наприклад, підвищена вологість у приміщенні та струмопровідний пил (шкідливі фактори) збільшують ризик ураження електричним струмом (небезпечний фактор).

Рівні впливу шкідливих виробничих факторів нормовані гранично допустимими рівнями (ГДР). Їх значення зазначені у відповідних стандартах безпеки праці та санітарно-гігієнічних правилах.

Згідно з ГОСТ 12.0.002-80, гранично допустиме значення шкідливого впливу — це таке конкретне значення величини шкідливого виробничого фактора, вплив якого за умови щоденної регламентованої тривалості протягом усього трудового стажу не призводить до зниження працездатності та захворювань ні під час трудової діяльності, ні в подальшому житті, а також не має несприятливого впливу на здоров'я потомства.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Вимоги до техніки безпеки

Загальні вимоги.

Верстат має бути заземлений.

Не допускаються до керування верстата особи, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки та особи молодші 18 років. Забороняється робота на несправному обладнанні, при відсутності захисному кожусі. При роботі на верстаті користуватися захисним екраном.

Вимоги перед початком роботи.

Перед початком роботи робітник зобов'язаний оглянути і перевірити технічний стан вузлів і деталей верстата і переконатися в їх справності.

Огляду підлягають:

- захисні кожухи та огорожі обертових вузлів верстата, а також їх кріплення;
- Заземлення верстата, (візуально);
- Освітлення робочого місця;
- Система управління станом.

Працювати на верстаті забороняється, якщо він має несправності.

Необхідно переконатися в наявності на робочому місці засобів індивідуального захисту, засобів пожежогашіння та засобів надання першої медичної допомоги.

Вимоги під час роботи.

При появі під час роботи верстата сторонніх шумів, стукотів необхідно відключити і перевірити причини шуму.

Під час роботи забороняється:

- Відволікатися;
- Виходити з приміщення при працюючому обладнанні;
- Передавати керування верстатом особам, які не мають на це дозвіл.

При припиненні подачі електроенергії робітник повинен відключити верстат від мережі.

Вимоги після закінчення робіт.

Після закінчення робіт працівник зобов'язаний:

- Вимкнути верстат і провести його збирання;

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Зробити необхідні записи в журналі прийому та здачі зміни.

Вимоги в аварійній ситуації.

При виникненні аварійної ситуації робочий зобов'язаний відключити стенд від мережі і повідомити про це своєму керівникові.

					<i>БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 УДОСКОНАЛЕННЯ ІСНУЮЧИХ РЕМОНТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДВЗ

6.1 Методи дослідження впливу припрацювання деталей двигуна які впливають на інтенсивність їхнього зношення.

У спеціалізованій технічній літературі подаються рекомендації щодо проведення припрацювання деталей двигунів як за умов ступінчастої, так і безступінчастої зміни частоти обертів колінчастого вала та навантаження. Метою даного дослідження було визначення впливу режимів припрацювання (ступінчастого та безступінчастого), проведених в однакових умовах, на інтенсивність зношування деталей двигуна та ефективність самого процесу припрацювання, тобто формування поверхонь тертя, здатних до роботи в експлуатаційних навантаженнях.

Випробування здійснювалися шляхом порівняльного аналізу на спеціалізованому стендовому обладнанні. Об'єктом дослідження слугував двигун автомобіля BMW F07 5 Series GT 535i. Під час проведення експериментів забезпечувалась рівність сумарної виконаної роботи незалежно від режиму зміни навантаження. Оптимальними вважалися такі швидкісні та навантажувальні режими, при яких зношування деталей відбувалося з мінімальною інтенсивністю за однакову відстань і протягом рівних інтервалів часу.

Відомо, що завершення початкового припрацювання контактуючих поверхонь супроводжується стабілізацією сил (моментів) тертя та темпів зношування. При цьому поверхні тертя набувають характерних фізико-механічних властивостей, включаючи необхідну шорсткість. Разом із цим стабілізуються й експлуатаційні параметри двигуна: ефективна потужність, частота обертів холостого ходу (максимальна й мінімальна) при постійному положенні дросельної заслінки, витрата пального, інтенсивність прориву газів із камери згоряння до картера, температура поверхонь тертя та моторного масла. Зазначені характеристики можна розглядати як критерії оцінювання процесу припрацювання залежно від умов його реалізації.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення достовірності порівняльного аналізу зношування та ефективності припрацювання, усі випробування проводилися на одному двигуні. Після кожного експерименту виконувалася заміна циліндро-поршневої групи та вкладишів підшипників колінчастого валу. Було використано три комплекти деталей для припрацювання в умовах ступінчастого режиму та три — для безступінчастого. Кожен новий комплект зазначених компонентів трактувався як новий стан двигуна. Решта елементів шатунно-поршневої групи залишалася незмінною. Перед кожною заміною вкладишів опорні та шатунні шийки колінчастого валу шліфувалися абразивним кругом із зернистістю 140 до досягнення 9-го класу чистоти поверхні. Під час кожного нового запуску двигуна здійснювалося повторне припрацювання зазначених поверхонь.

Складання кривошипно-шатунного механізму дослідного двигуна здійснювалося за технологією, аналогічною до методів, що застосовуються в умовах ремонтного виробництва. Замінювані компоненти підбиралися з мінімальними відхиленнями за параметрами овальності, конусності, чистоти поверхонь тертя, а поршневі кільця – з однаковим зазором на «просвіт». Усі операції з розбирання, складання та монтажу вузлів і деталей виконувалися відповідно до технічних умов заводу-виробника.

Момент затягування різьбових з'єднань, а також зусилля при запресуванні гільз циліндрів у блок і поршневих пальців у бобишки поршнів були однаковими для всіх дослідів. Поршні перед складанням підігрівалися до температури 80...85 °С для забезпечення необхідних посадок. Різниця у деформаціях деталей була зведена до мінімуму за рахунок точного дотримання технічних умов посадок і застосування динамометричних інструментів. Перед кожним збиранням усі елементи двигуна ретельно очищувалися від металевих частинок, нагару та інших забруднень. Ці заходи дозволили забезпечити практично ідентичні початкові умови для припрацювання двигуна з кожним новим комплектом деталей.

На підставі характеристик електричного гальмівного стенду та рекомендацій попередніх дослідників для ступінчастого режиму припрацювання двигуна BMW F07 5 Series GT 535i xDrive було визначено три етапи:

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Холодне припрацювання при частотах обертання 600, 800, 1000, 1200 та 1400 об/хв.

Гаряче припрацювання без навантаження при частотах 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000, 2200 та 2600 об/хв.

Гаряче припрацювання під навантаженням, спочатку при постійній потужності гальмування 8,5 к.с. і частотах 1200, 1400, 1800, 2200, 2600 об/хв; згодом – при змінній потужності гальмування (9,0; 9,8; 10,8; 12,4 к.с.) відповідно на 1800, 2200 та 2600 об/хв.

Безступінчастий режим припрацювання включав аналогічні три етапи з ідентичними діапазонами частот обертання, навантажень і тривалості. Єдиною відмінністю було те, що припрацювання під навантаженням у цьому випадку починалося з 1600 об/хв і завершувалося на 2600 об/хв.

Випробування проводилися на попередньо підготовленому електричному гальмівному стенді типу СТЕУ-28-1000, оснащеному необхідними приладами та апаратурою для вимірювання і підтримки параметрів припрацювання в заданих межах. Регулювання частоти обертання та навантаження – як ступінчасте, так і безперервне – здійснювалося автоматизовано відповідно до заданої програми.

У процесі припрацювання використовувалися моторна олива BMW TwinPower Turbo LL-04 5W-30 та бензин А-95. Охолоджувальна рідина мастильного бака підігрівалася для забезпечення стабільного температурного режиму. Перед початком холодного припрацювання охолоджувальна рідина підігрівалася до температури 45...50 °С, а перед гарячим припрацюванням – до 55...60 °С. Під час роботи двигуна температурний режим охолоджувальної води підтримувався на постійному рівні: 50 ± 5 °С при холодному припрацюванні та 98 ± 5 °С при гарячому.

Три двигуни були досліджені за умов однакового ступінчастого режиму припрацювання. Тривалість роботи двигуна на кожному етапі не регламентувалася наперед заданою програмою — процес вважався завершеним після досягнення стабілізації основних показників: роботи пар тертя, витрати пального, температури тертьових деталей та картерної оливи.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення кожного етапу припрацювання проводилось визначення роботи тертя методом прокручування, при цьому обертання колінчастого вала здійснювалося в діапазоні від 600 до 1400 об/хв з інтервалом через 200 об/хв. На фінальному етапі випробувань знімалась швидкісна характеристика двигуна, замірювалися витрата пального та об'єм проривних газів з камери згоряння до картера при навантаженні 75 к.с. і частоті обертання 2600 об/хв.

Залишки двигунів були піддані припрацюванню за аналогічною методикою, але із застосуванням безступінчастого режиму зміни навантаження та обертів.

6.2 Характеристики основних методів вимірювання зношування деталей двигуна

Методика визначення зношування та вплив режимів припрацювання на стан деталей двигуна

Оцінка зношування деталей дослідного двигуна здійснювалася комбінованим методом. Перед початком припрацювання та після його завершення основні елементи двигуна піддавалися геометричним вимірюванням за допомогою мікрометрів, що дозволяло отримати дані про зміну їхніх розмірів. У ході випробувань сумарне зношування деталей контролювалося шляхом аналізу вмісту заліза в моторному мастилі.

Проби оливи відбиралися на всіх етапах експерименту через рівні часові інтервали. Їх обробка та спектральний аналіз проводилися згідно з відомою методикою на спектрографі ІСП-22, що дозволяло виявляти динаміку зношування за концентрацією металевих частинок.

Розмір і характер зношування компресійних кілець визначалися методом вирізаних лунок із використанням приладу УПОІ-6. Лунки вирізалися у п'яти точках на циліндричній поверхні кілець, на однаковій відстані одна від одної. Крім того, фіксувалася зміна теплового (стикового) зазору до та після припрацювання.

Для дослідження зносу гільз циліндрів за утворювальною та окружною поверхнями застосовувався метод пневматичного контролю за допомогою

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приладу типу «Солеке», з дублюванням результатів вимірювань індикатором важільного типу з точністю 0,002 мм.

Зношування вкладишів корінних підшипників оцінювалося шляхом зважування на аналітичних вагах типу АДВ-200 до та після припрацювання.

Контроль температур тертьових пар здійснювався за допомогою термопар хромель-копель, встановлених на чотирьох циліндрах лівого ряду на відстані 45 мм від верхньої площини гільзи, а також біля корінних підшипників. Гарячі спаї термопар розміщувалися на відстані 1,0–1,5 мм від поверхні тертя, що забезпечувало стабільне зчитування температури без безпосереднього контакту.

Особливу увагу було приділено не абсолютному значенню температур, а характеру їх зміни залежно від режимів припрацювання. Температура картерної оливи вимірювалася електронним потенціометром із термочутливим елементом ММТ-4, зануреним у мастило.

Кількість проривних газів, що потрапляють з камери згоряння в картер, вимірювалася за допомогою газового лічильника типу ГКФ-6.

Результати досліджень

Аналіз результатів підтвердив, що швидкісні та навантажувальні параметри припрацювання, а також характер їх зміни суттєво впливають на процес зношування деталей у початковий період роботи двигуна.

Зокрема, сумарне зношування, визначене за концентрацією заліза в мастилі протягом повного циклу припрацювання (725 хв), при безступінчастому режимі виявилось на 50–60% більшим, ніж у разі ступінчастої зміни режимів.

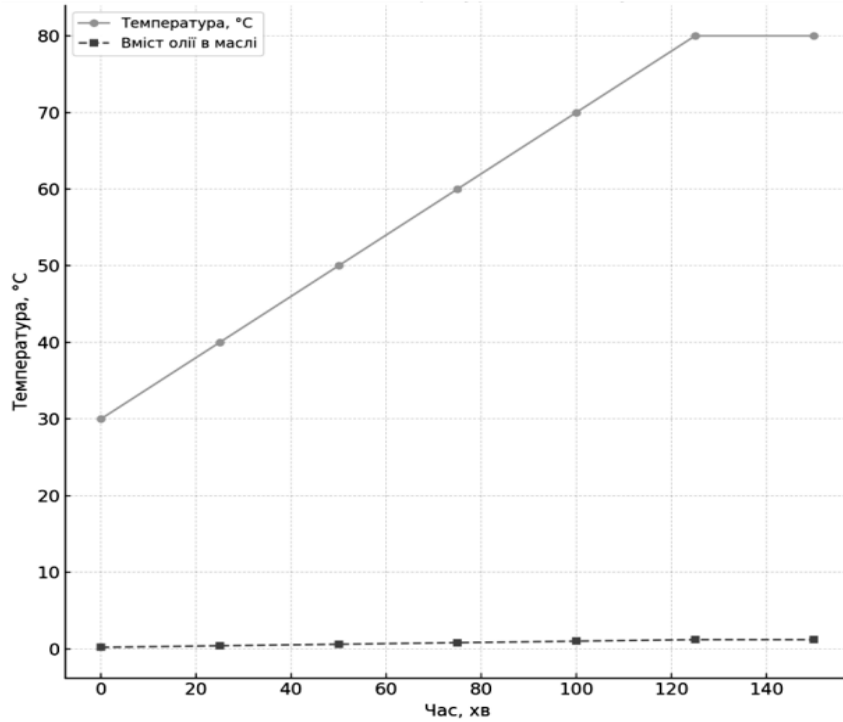
Також встановлено, що інтенсивність зношування та величина зносу на кожному з етапів припрацювання помітно залежали від обраного режиму, що вказує на важливість оптимального підбору параметрів припрацювання для підвищення ресурсу двигуна.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

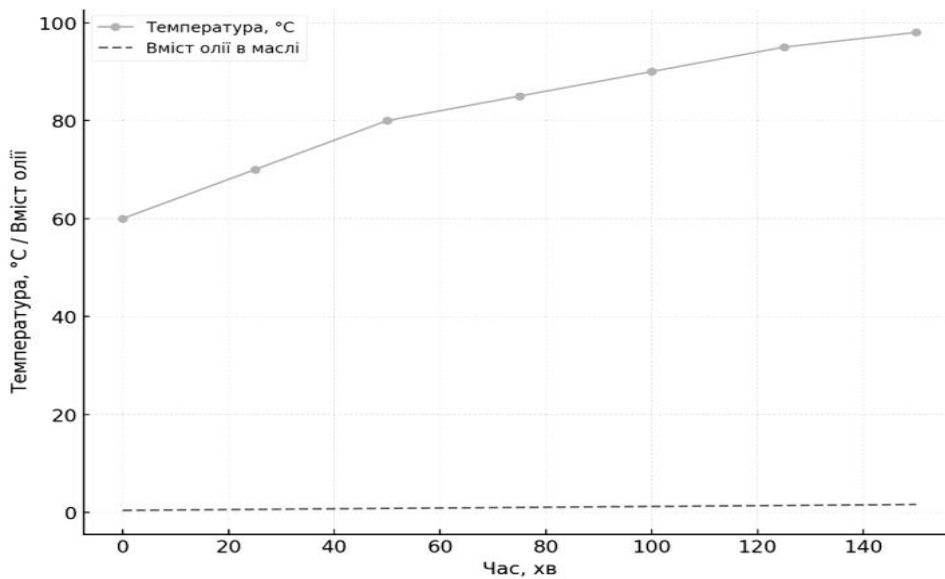
6.3 Вплив методу обкатки двигуна на динаміку зміни ключових триботехнічних параметрів.

Порівняльні дані щодо зміни зносу, температур поверхонь тертя та картерного мастила на різних етапах холодного припрацювання наведені на рис. 6.1, а. Криві вмісту заліза в мастилі не починаються з нуля, оскільки двигун раніше пройшов перший етап обкатки, і в мастилі вже накопичилися продукти зношування. З графіка видно, що вміст заліза при безступінчастому режимі збільшується майже вдвічі швидше, ніж при ступінчастому: середня швидкість зношування становила відповідно 6,2 та 3,3 мг/хв. Температура поверхонь тертя і картерного мастила при безступінчастому режимі була на 10–15 °С вищою, ніж при ступінчастому. Аналогічно, при гарячому припрацюванні на холостому ході та в безступінчастому режимі (рис. 6.1, б) швидкість зношування деталей була вдвічі більшою, ніж при ступінчастому. Варто зауважити, що середній темп зношування при гарячій обкатці в режимі холостого ходу був нижчим, ніж при холодному припрацюванні: 2,18 мг/хв для безступінчастого та 1,1 мг/хв для ступінчастого режимів. На початковому етапі температурна різниця не перевищувала 5 °С. На рисунку 6.1 показані порівняльні дані щодо зносу деталей та змін температурного режиму під час гарячого припрацювання двигуна під навантаженням 56 протягом 405 хв. На рисунку представлені сумарний знос і максимальні значення температур поверхонь тертя і картерного мастила в кінці кожного етапу при роботі двигуна в ступінчастому режимі, а також результати зносу і термометрування для безступінчастого режиму. З графіка видно, що за час роботи під навантаженням зношування деталей при безступінчастому припрацюванні було на 45 % більшим, ніж при ступінчастому: середня швидкість зношування становила 6,15 та 4,25 мг/хв відповідно. Загальне зношування за весь період припрацювання при безступінчастому режимі було на 1,4 г (60 %) вищим, ніж при ступінчастому. Мікрометрування дозволило встановити характер і певні закономірності зношування окремих деталей двигуна.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



а



б

Рисунок 6.1. Припрацювання двигуна при зміні величини зносу, в залежності від температури поверхні тертя та мастила у картері двигуна при різних режимах холодного припрацювання (а) та гарячого припрацювання на холостому ході (б)

На рисунку 6.2 представлено діаграму зношування вкладишів корінних підшипників та компресійних кілець поршнів двигунів, які проходили випробування в ступінчастому та безступінчастому режимах. Порівняння отриманих даних показує, що знос підшипників, а також першого і другого компресійних кілець при безступінчастому режимі припрацювання був на 45%, 49% та 38% відповідно вищим, ніж при ступінчастому режимі. В обох випадках спостерігається однакова закономірність зношування деталей: знос нижніх вкладишів корінних підшипників та других компресійних кілець перевищує знос верхніх вкладишів і перших кілець. Характер та величина зносу циліндрів, виміряні в площині, перпендикулярній до осі колінчастого валу, наведені на рисунку 6.2. При ступінчастому режимі припрацювання знос був у середньому на 30–40% меншим, ніж при безступінчастому. Два максимуми на діаграмі пояснюються наявністю вставки зі зносостійкого чавуну в верхньому поясі гільзи, що значно знижує знос під час процесу припрацювання двигуна.

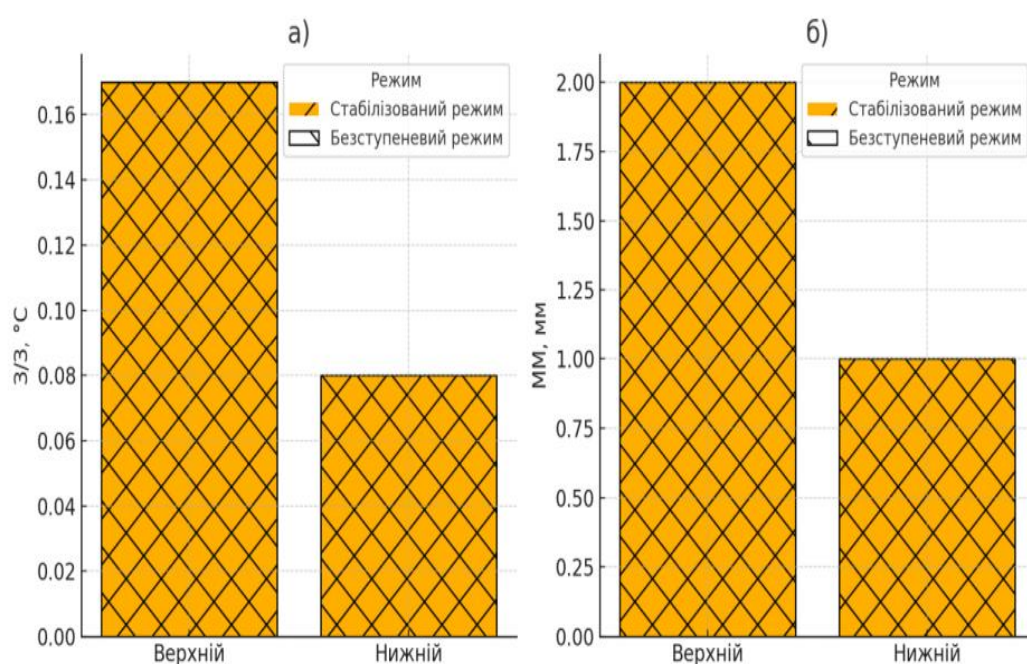


Рисунок 6.2. Знос циліндрів у двигуні при ступінчастому (1) та безступінчастому (2) режимах припрацювання

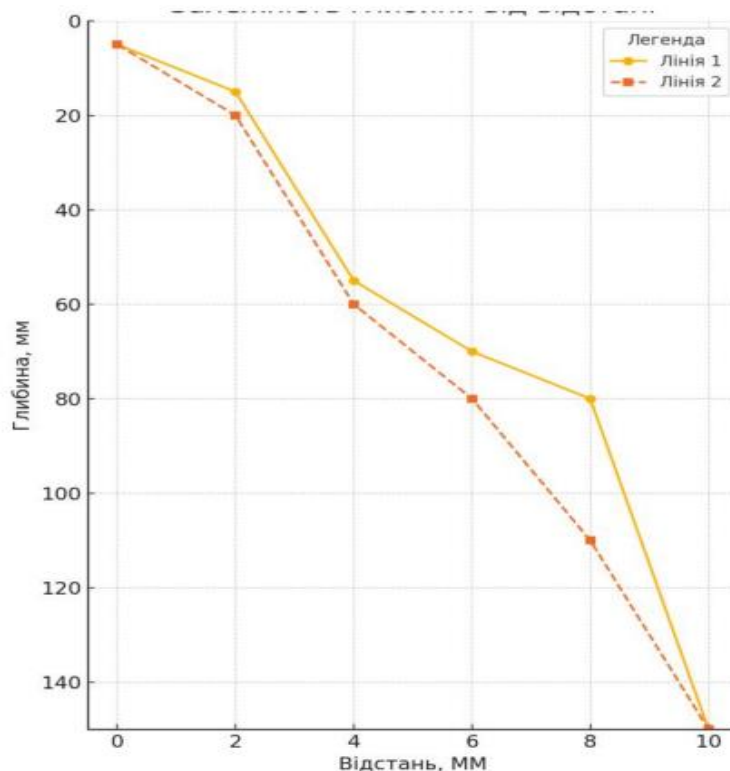
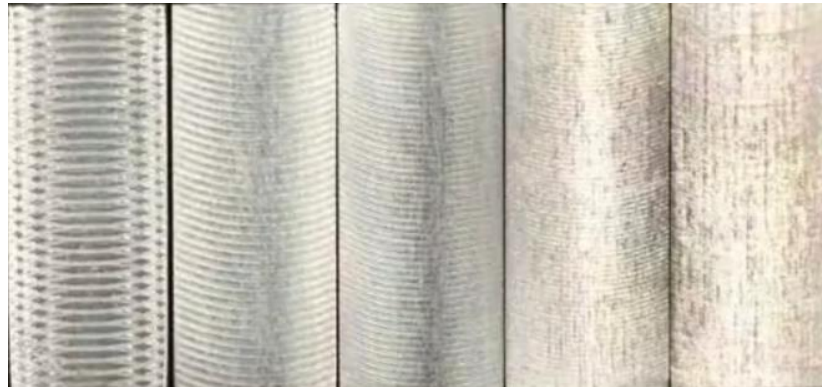


Рисунок 6.3. Графік зміни величини зносу корінних вкладишів (а) та поршневих кілець (б) двигуна при різних режимах припрацювання (1, 2 — номери поршневих кілець).

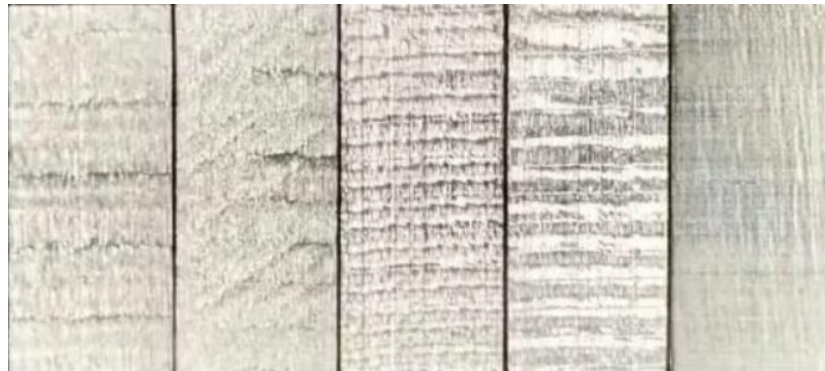
Значний знос деталей у безступінчастому режимі протягом 150 хв холодного припрацювання, 170 хв гарячого припрацювання без навантаження та 405 хв гарячого припрацювання під навантаженням пояснюється неефективним змащенням, великими втратами на подолання сил тертя і підвищеними температурами у зонах контакту деталей. Причиною цього є вищі швидкісні та навантажувальні параметри. Аналіз графіків демонструє, що холодне та гаряче припрацювання під навантаженням у безступінчастому режимі проходять швидше, оскільки криві зношування раніше досягають стабільного рівня, що дозволяє скоротити час припрацювання. Водночас, мікрофотографії поверхонь тертя, отримані при ступінчастому та безступінчастому режимах (рис. 6.4), а також візуальний огляд деталей вказують на появу глибоких рисок на окремих ділянках робочих поверхонь при безступінчастому методі. При ступінчастому режимі

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

помітних рисок немає, а шорсткість поверхонь тертя відповідає оптимальним параметрам.



а



б

Рисунок 6.4. Мікрофотографії поверхонь тертя, які припрацьовувалися при ступінчастому (а) та безступінчастому (б) режимах

Аналіз мікрофотографій поверхонь тертя показує значні відмінності у величині зносу, якості поверхонь, кількості газів у картері та температурному режимі двигунів, припрацьованих за ступінчастим і безступінчастим режимами зміни оборотів і навантаження. Це дає підстави вважати ступінчастий режим припрацьовання двигуна найбільш раціональним.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

Проведений аналіз роботи газорозподільного механізму (ГРМ) автомобільних двигунів виявив, що одним із найпоширеніших дефектів розподільчих валів є зношення їхніх опорних шийок.

Аналіз існуючого технологічного обладнання для відновлення опорних шийок розподільчих валів показав їхні недоліки: високу вартість, складність конструкції та значні трудозатрати.

На підставі цього, для відновлення опорних шийок розподільчих валів пропонується використовувати установку для нанесення гальванічних покриттів, зокрема для контактного хромування. Були виконані конструкторські розрахунки основних елементів такого пристосування.

В рамках технологічного розрахунку елементів відновлення розподільчих валів було розроблено технологічний маршрут відновлення, вибрано необхідне обладнання та технологічне оснащення. Також розраховано технічну норму часу на відновлення одного розподільчого вала.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань на джерела

1. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
- 2 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
3. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. –
4. Конспект лекцій з курсу «Технології обслуговування автотранспортних засобів». / Р.В. Хорошун, О.Л. Ляшук, Н.Т. Навроцька. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ, 2021. – 194 с.
5. Ляшук О.Л. Конспект лекцій з дисципліни «Технічна експлуатація автомобілів» для студентів спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» / О.Л. Ляшук, В.М.Клендій, Р.В.Хорошун. – Тернопіль: Вид. ТНТУ – 2018. – С. 302.
6. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с.
7. Конспект лекцій (частина II) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д. Навроцька., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 184 с.
8. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.

9. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.

10. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

11. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80- 89.

12. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

13. Форнальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с .

14. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В.,Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

15. Dominique Paret (Author), Nassina Rebaine(Author), Autonomous and Connected Vehicles: Network Architectures from Legacy Networks to Automotive Ethernet 1st Edition Wiley; 1st edition (March 15, 2022) - 416 pages

16. The Car Book: The Definite Visual Guide Dorling Kindersley 2022 рік,- 368 pages

17. Per Enge (Author), Nick Enge (Author), Stephen Zoepf Electric Vehicle Engineering 1st Edition, Kindle Editio McGraw Hill; 1st edition (January 24, 2021) -

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

209 pages.

18. Lyashuk, O., Levkovich, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

19. Козак Ф.В. Дипломне проектування. Методичні вказівки по виконанню економічної частини дипломного проекту для студентів спеціальності „Автомобілі та автомобільне господарство” [Текст] / Ф.В. Козак, Т.В. Дикун, І.В.Миронова. – Івано-Франківськ: Факел, 2002. – 73 с.

20. Гончаров, С. І. Технологія машинобудування: підручник. Вінниця: Нова Книга, 2011. 280 с.

21. Дяченко В. І. Методи відновлення деталей автомобільних двигунів. Київ: Аграрна освіта, 2015. 260 с.

22. Єрмолаєв В. О. Сучасні технології гальванічних покриттів. Харків: Фоліо, 2016. 290 с.

					БР.АТ - 26.00.00.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

