

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект ділянки для ремонту і відновлення колінчастих валів
вантажних автомобілів із розробкою методики розрахунку основних
факторів надійності роботи поршневих кілець

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАмд-61
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Богдан ГОВЕНКО

Микола БЕРНАДІН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Марія БАБІЙ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Роман ХОРОШУН

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Олег ЦЬОНЬ

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2023

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«04» листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Говенку Богдану Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки для ремонту і відновлення колінчастих валів вантажних автомобілів із розробкою методики розрахунку основних факторів надійності роботи поршневих кілець

Керівник роботи Бабій М.В., к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «04» листопада 2024 року № 4/7-1058.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення колінчастих валів.

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

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

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

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

Відновлення колінчастого вала на наплавочній установці У-652 1 лист – А1

Попереднє шліфування шатунних шийок колінчастого вала на верстаті 1 лист – А1

Попереднє шліфування корінних шийок колінчастого вала на верстаті 1 лист – А1

Верстати 38-55 для полірування шатунних шийок колінчастого вала 1 лист – А1

Підготовка колінчастого вала до відновлення 1 лист – А1

Кінцеве шліфування шатунних шийок на верстаті. 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2024	
2	Технологічний розділ	22.11.2024	
3	Конструкторський розділ	29.11.2024	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2024	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2024	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2024	

Студент

(підпис)

Богдан ГОВЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Марія БАБІЙ

(прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра Автомобілів

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«04 » листопада 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

студенту Бернадіну Миколі Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці для ремонту і відновлення колінчастих валів вантажних автомобілів із розробкою методики розрахунку основних факторів надійності роботи поршневих кілець

Керівник роботи Бабій М.В., к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «04 » листопада 2024 року № 4/7-1058.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення колінчастих валів.

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

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

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

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

Проектування зварювально-наплавочної дільниці для відновлення колінчастих валів 1 лист – А1

Пристрій 9571-49 для комплексної перевірки колінчастого валу 1 лист – А1

Пристрій для шліфувального верстату для шліфування шатунних шийок 1 лист – А1

Кінцеве шліфування корінних шийок колінчастого валу на верстаті 1 лист – А1

Графічні залежності зміни параметрів поршневих кілець від величини тиску 1 лист – А1

Побудова контуру кільця по радіусах кривизни 1 лист – А1

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 04.11.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.11.2024	
2	Технологічний розділ	22.11.2024	
3	Конструкторський розділ	29.11.2024	
4	Науково-дослідний розділ	6.12.2024	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	13.12.2024	
6	Оформлення графічної частини	19.12.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	23.12.2024	

Студент _____
(підпис)

Микола БЕРНАДІН _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Марія БАБІЙ _____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В представлених текстових та графічних матеріалах магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто комплекс питань по проблемі ремонту та відновлення колінчастих валів автомобілів. Актуальність даної проблеми полягає в тому, що до колінчастих валів ставляться високі вимоги, щодо вибору матеріалів заготовки, параметрів точності та якості робочих поверхонь у зв'язку із їх впливом на надійність та довговічність двигуна при його експлуатації.

В загально-технічному розділі приведено загальні відомості про колінчасті вали двигунів автомобілів, особливості їх геометричної форми, режими експлуатації, методи отримання заготовок для колінчастих валів. Проаналізовано основні види дефектів робочих поверхонь колінчастих валів, фактори, які впливають на їх появу, методи їх ремонту та відновлення. Сформульована мета даної роботи та основні задачі для її досягнення.

В технологічному розділі приведено робоче креслення колінчастого валу, описано його службове призначення, систематизовані пошкодження робочих поверхонь (поверхонь тертя). Розроблено вдосконалений технологічний процес ремонту та відновлення колінчастого вала двигуна автомобіля Враховуючи матеріал колінчастого валу, види та характер пошкодження поверхонь тертя, річну програму валів, які підлягають ремонту, технологічні можливості даного автопідприємства, визначена послідовність виконання операцій ремонту та відновлення. Підібрано відповідне обладнання, устаткування та робочий інструмент для реалізації вибраного методу відновлення пошкоджених поверхонь. Аналітично розраховано і підібрано по довідниковій літературі режими обробки.

В конструкторському розділі приведені технічні характеристики підібраного обладнання, устаткування робочого та вимірювального інструментів. Приведені кінематичні схеми даного обладнання та принципи їх роботи. Розглянуто технологічні можливості, проаналізовано основні переваги та недоліки обладнання для електродугового зварювання та наплавлення,

балансування.

В науково-дослідному розділі розглянута методика аналітичного розрахунку поршневих кілець із врахуванням основних факторів, які впливають на їхню надійність та довговічність в процесі експлуатації. Розглянуто основні типи епюр розподілу тиску кільця поршня на стінки гільзи циліндра. Побудовано контури поршневого кільця по відповідних радіусах кривизни, як для кілець з постійним січенням, так і для кілець з місцевим послабленим січенням.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ЗМІСТ	8
ВСТУП	10
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Основні способи ремонту та відновлення колінчастих валів	12
1.2 Технічні специфікації щодо прийому колінчастих валів для ремонту	16
1.3 Підготовка тріщин на колінчастому валу до зварювання	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Автоматична електродугова наплавка під шаром флюсу	25
2.2 Напавлення сталевих колінчастих валів	28
2.3 Напавлення чавунних колінчастих валів	30
2.4 Шляхи підвищення зносостійкості деталей виготовлених із чавуну	31
2.5 Шари напавленого металу та їх властивості	31
2.6 Технологічний процес відновлення колінчастого вала двигуна	44
2.7 Ремонт та відновлення фланця	50
2.8 Технологічний процес ремонту та відновлення різьбової поверхні	51
2.9 Технологія ремонту та відновлення шпонкових канавок і шліців	53
2.10 Електрохімікомеханічні процеси обробки поверхонь деталей	56
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	60
3.1 Робоча зона установки для шліфування шатунних шийок колінчастого валу	60
3.2 Обробка робочих поверхонь, виправлення та діагностика тріщин	65
3.3 Контроль твердості матеріалу шийок колінчастих валів. Сортування валів	73
3.4 Контроль процесу ремонту колінчастих валів	76
3.5 Устаткування для фінішної обробки шийок колінчастих валів поверхневим пластичним деформуванням	85
3.6 Організація централізованого ремонту і відновлення колінчастих	

валів	91
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	97
4.1 Аналітичний метод розрахунку форми поршневого кільця	97
4.2 Розрахунок форми поршневого кільця у вільному стані	100
5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	110
5.1 Визначення рівня шуму та заходи для його зниження	110
5.2 Вибір і розрахунок віброізоляторів для встановлення обладнання на СТО	111
5.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки при надзвичайних ситуаціях	118
5.3.1 Оцінка захисту робітників і службовців	119
5.3.2 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу ударної хвилі	121
5.3.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу світлового опромінення	121
5.3.4 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження	122
ВИСНОВКИ	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	127

ВСТУП

Колінчасті вали являються одними із найбільш відповідальними і конструктивно складними у виготовленні деталей двигуна автомобіля. Недостатня жорсткість колінчастого вала являється причиною підвищених зносів і скороченням терміну експлуатації двигуна автомобіля. Від міцності колінчастого вала, в значній мірі залежить і можливість форсування двигуна, що необхідно враховувати при його проектуванні.

Колінчастий вал складається із наступних елементів: носок вала, шатунних та корінних шийок, щок, противагів та хвостовика. В групу колінчастого вала входять маховик, ведуча розподільча шестерня, шків приводу вентилятора, масловідбивачі. Під час роботи колінчастий вал передає потужність двигуна трансмісії автомобіля, а також різним агрегатам і механізмам, при цьому на нього діють радіальні і тангенціальні сили, які прикладені до шатунних шийок, центр обіжні сили оберткових мас, реакції опор, а також момент опору обертанню трансмісії автомобіля.

Колінчасті вали виготовляють з високими параметрами точності та якості поверхонь тертя, у зв'язку з чим матеріали колінчастих валів повинні володіти високою міцністю, в'язкістю, зносостійкістю, твердістю а також опором питомої втомності і дії ударних навантажень. Такими властивостями володіють вуглецеві та леговані сталі а також високоякісний чавун. Заготовки для автомобільних колінчастих валів виготовляють куванням на штамповочних молотах, відливкою.

Під час експлуатації двигуна колінчастий вал поступово понижуються параметри точності, якості та характеристики міцності матеріалу. Під час ремонту колінчастого вала часто необхідно відновлювати геометричну точність, форму, взаємне розміщення поверхонь, а також параметри шорсткості і твердості робочих поверхонь при збереженні достатньої втомної міцності. Процес ремонту колінчастих валів є технологічно складним і вимагає використання сучасного, високоточного обладнання та інструментів, а також досвідчених фахівців, який можливий лише в спеціалізованих ремонтних

автопідприємствах. Ремонт колінчастих валів двигунів у звичайних автомайстернях часто не забезпечує належної якості, що зменшує ресурс двигунів після ремонту. Різні методи ремонту та відновлення колінчастих валів мають свої переваги та недоліки. Найбільш надійними вважаються ті способи, які забезпечують числові значення відношень показників міцності вище одиниці. Однак жоден метод не є універсальним, тому комбіновані технології, які включають різні етапи механічної та термічної обробки, використовуються для досягнення оптимальної якості відновлених поверхонь колінчастих валів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Основні способи ремонту та відновлення колінчастих валів

Різноманітність конструкцій колінчастих валів можна розділити за різними критеріями. Колінчасті вали класифікуються за типом техніки, для якої вони призначені, наприклад, вони можуть бути автомобільними, тракторними, комбайновими, компресорними, насосними тощо. Основні елементи автомобільного колінчастого валу включають корінні шийки, що слугують опорою для вала, шатунні шийки для кріплення нижніх головок шатунів, а також щоки, що з'єднують корінні та шатунні шийки в єдину конструкцію.

Колінчасті вали класифікуються за кількістю корінних шийок: дво-, три-, п'ятиопорні та більше. У двигунах автомобілів часто використовують вали з двома до восьми опорних корінних шийок і відповідною кількістю шатунних. Двохопорні конструкції найчастіше встановлюють у малолітражних двигунах та насосах, тоді як три- та п'ятиопорні версії зустрічаються у компресорах та двигунах середньої потужності. Семиопорні та багатоопорні колінчасті вали використовуються у двигунах як легкових, так і вантажних автомобілів.

В залежності від розташування опорних шийок, колінчасті вали поділяються на повноопорні та неповноопорні. Повноопорні колінчасті вали характеризуються наявністю корінних шийок після кожного циліндра, що забезпечує підвищену надійність і стабільність під час роботи. Неповноопорні конструкції мають корінні шийки, розташовані через кожні два циліндри, що дозволяє зменшити масу вала, але може знижувати його стійкість до навантажень. На передніх шийках колінчастих валів зазвичай є пази для встановлення шпонок, які використовують для закріплення шестерні газорозподільчого механізму та вентиляційного шківів. Додатково, такі вали можуть мати противаги для балансування та зменшення вібрацій, що позитивно впливає на роботу двигуна та знижує знос підшипників. Окрім цього, сучасні колінчасті вали можуть мати спеціальні мастильні канали для оптимального

змащення рухомих частин, що підвищує їхню довговічність. Завдяки застосуванню різних методів термічної обробки, таких як гартування та цементація, забезпечується висока твердість і стійкість шийок до зносу, що критично для роботи двигуна в умовах підвищених навантажень.

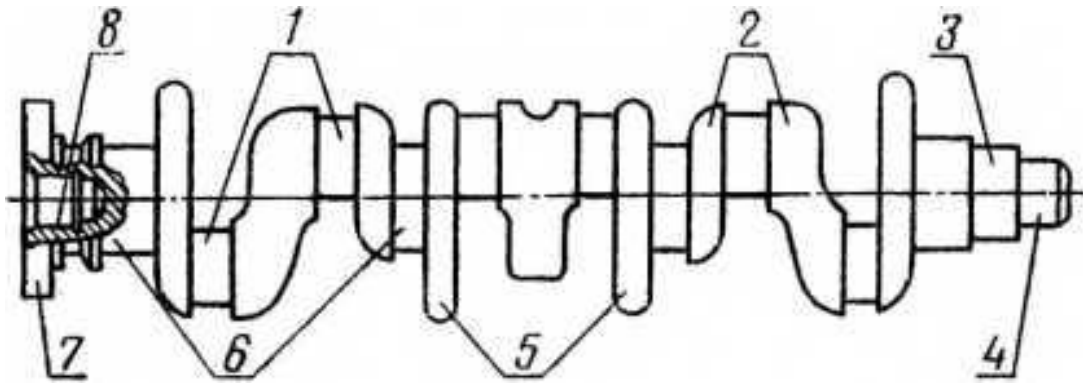


Рисунок 1.1. Колінчастий вал автомобільного двигуна:

1 - шатунні шийки; 2 - щоки; 3 - шийка під шестерню механізму газорозподілу; 4 - шийка під шків вентилятора; 5 - противаги; 6 - корінні шийки; 7 - фланець; 8 - гніздо під підшипник валу муфти зчеплення.

По конструкції колінчасті вали можуть бути цільними - (двигуни ЯМЗ) і збірними - з противагами, які прикріплюються (двигуни КДМ-46, КДМ-100, Д-75). Кривошипи колінчастих валів розташовують під кутом 180° або 120° , рідше під кутом 90° .

Колінчастий вал відіграє важливу роль у трансформації зворотно-поступального руху поршнів у обертальний рух, забезпечуючи ефективну передачу крутного моменту від двигуна до трансмісії. Ця деталь є однією з найбільш важливих компонентів автомобільного двигуна, оскільки під час його роботи вона піддається значним механічним навантаженням, включаючи кручення та згинання. Навантаження на вал має імпульсивний і змінний характер, що вимагає високих стандартів міцності та точності виготовлення.

Колінчасті вали виготовляють із різних матеріалів, серед яких

переважають вуглецеві сталі та сплави, такі як хромомарганцеві, хромонікельмолібденові, хромонікелеві сталі, а також спеціальні високоміцні чавуни. Найпопулярнішими марками сталі є 45, 40Х, 45Г2, 50Г, тоді як для важких умов експлуатації, наприклад, у дизельних двигунах, використовуються сталі типу 40ХНМА та 18ХНВА. Ці матеріали відрізняються високою міцністю та довговічністю.

Під час роботи колінчастий вал поступово втрачає точність і частину своєї міцності. Тому під час ремонту необхідно відновлювати геометричну точність, форму, взаємне положення поверхонь, а також шорсткість і твердість робочих поверхонь при збереженні достатньої втомної міцності. Процес ремонту колінчастих валів є технологічно складним і вимагає використання сучасного, високоточного обладнання та інструментів, а також досвідчених фахівців. Виконання такого ремонту можливе лише в спеціалізованих ремонтних автопідприємствах. Ремонт колінчастих валів двигунів у звичайних автомайстернях часто не забезпечує належної якості, що зменшує ресурс двигунів після ремонту. Колінчасті вали часто мають різні дефекти, які потрібно усувати під час ремонту. До них належать зношення та механічні пошкодження корінних і шатунних шийок, які головним чином підлягають відновленню. Методи ремонту включають обробку шийок, електродугову наплавку під шаром флюсу з легуючими добавками, високотемпературну відпустку та загартування струмами високої частоти. Зазвичай близько 95% колінчастих валів успішно відновлюють за допомогою механізованої електродугової наплавки з додаванням графіту та ферохрому.

Різні методи відновлення мають свої переваги та недоліки. Найбільш надійними вважаються ті способи, які забезпечують числові значення відношень показників міцності вище одиниці. Однак жоден метод не є універсальним, тому комбіновані технології, які включають різні етапи механічної обробки та термічної обробки, використовуються для досягнення оптимальної якості відновлених деталей.

Таблиця 1.1. Дефекти колінчастих валів та способи їх усунення

Дефект	Способи усунення
Знос посадкових місць під розподільчу шестерню . шків та маховик	Наплавлення з подальшим проточуванням і шліфуванням. Електроіскрове нарощування з наступним шліфуванням
Зношування маслзгонної різьби	Поглиблення різьби різцем та шліфування шийки до виведення слідів зносу
Зношування та розбивка шпонкових канавок	Фрезерування під збільшеним розміром шпонок. Фрезерування нової канавки шпонки. Наплавлення з наступним фрезеруванням шпонкової канавки
Зношування посадкового місця зовнішнього кільця шарикопідшипника в торці валу	Розточування посадкового місця, запресування втулки з наступним розточуванням. Електроіскрове нарощування з наступним шліфуванням. Наплавлення з наступним розточуванням
Зношування отворів під штифти кріплення маховика	Розгортання під ремонтний розмір
Зношування різьби Зрив більше двох ниток різьби	Розточування або зенкерування з наступним нарізуванням різьби збільшеного розміру. Поглиблення різьбових отворів з наступним нарізанням такої ж різьби під подовжені болти (пробки)

Скручування валу (порушення розташування кривошипів)	Шліфування шийок під ремонтний розмір з наступним балансуванням. Наплавлення шийок з наступним обточуванням, шліфуванням та балансуванням
Торцеве биття фланця маховика	Підрізання торця фланця на токарному верстаті з наступним балансуванням
Вигин вала: 1. До 0.15-0.2 мм 2. Від 0.2 до 1,2 мм	Шліфування під ремонтний розмір. Виправлення під пресом
Тріщини: На шийках На шоках	Шліфування під ремонтний розмір. Наплавлення з наступним обточуванням і шліфуванням під нормальний розмір. Вибраковування (для кільцевих тріщин, а також тріщин, що виходять на галтель). Шліфування з наступним балансуванням. Вибраковування (для тріщин глибиною понад 4 мм)
Корозія поверхонь які труться	Зачищення наждачною шкіркою, шліфування та полірування
Забивання масляних каналів і продуктами зносу і забруднення маслами	Прочищення металевим шомполом і йоржом з наступним промиванням (виварюванням) і продуванням стисненим повітрям

1.2 Технічні специфікації щодо прийому колінчастих валів для ремонту

Під час централізованого ремонту та відновлення колінчастих валів, їх отримання від клієнтів здійснюється відповідно до особливих технічних специфікацій, що зазвичай формулюються ремонтним автопідприємством залежно від видів ремонтуваних валів, масштабів виробництва та інших місцевих особливостей. Для забезпечення чіткого дотримання технічних специфікацій було створено допустимі без необхідності ремонту стандарти геометричних параметрів колінчастих валів, які надходять на ремонт. У разі централізованого ремонту та відновлення, прийняті вали не ідентифікуються індивідуально, адже після завершення ремонту вони всі мають відповідати однаковим стандартам якості.

Загальні вимоги, яких дотримуються більшість ремонтних автопідприємств, включають наступні положення:

1. Перевезення колінчастих валів від замовника до ремонтної установи та назад слід здійснювати у спеціалізованій упаковці, яка забезпечує їх захист від можливих пошкоджень під час транспортування.

2. Прийом колінчастих валів для ремонту здійснюється без шестерень, штифтів, шпонок та маслорозбивачів, але у зібраному вигляді з противагами, пробками та заглушками. Можливий прийом валів з шестернею, якщо вона розташована між противагами, а також з підшипником, що знаходиться у фланцевому отворі.

3. Колінчасті вали, що надходять на ремонт, повинні бути очищені від забруднень та протерті до стану, який дозволяє виявити великі дефекти, такі як вм'ятини, подряпини та тріщини, під час зовнішнього огляду.

4. До ремонту або відновлення підлягають колінчасті вали, якщо їх геометричні характеристики виходять за межі значень.

5. Вали вибраковуються при виявленні кільцевих тріщин на шийках, що доходять до галтелів, або тріщин на щоках глибиною понад 4 мм.

6. Ділянки валів, що потребують ремонту або відновлення, при контролі та сортуванні відзначають червоною фарбою. Вибраковані вали маркуються червоною фарбою на першій щогі з позначенням «Бр» та

направляються до ізолятора браку.

7. Колінчасті вали, що потребують ремонту або відновлення, необхідно зберігати в закритих приміщеннях або під навісом. Забороняється зберігати вали разом з агресивними речовинами.

Колінчасті вали, прийняті для ремонту, перед миттям направляються на ділянку розбирання та попереднього огляду, обладнану спеціальними столами з необхідними пристроями та інструментами. Основними роботами на цій ділянці є вилучення шпонок зі шпонкових пазів, зняття заглушок та пробок з масляних каналів, видалення підшипника з отвору у фланці та демонтаж противаг.

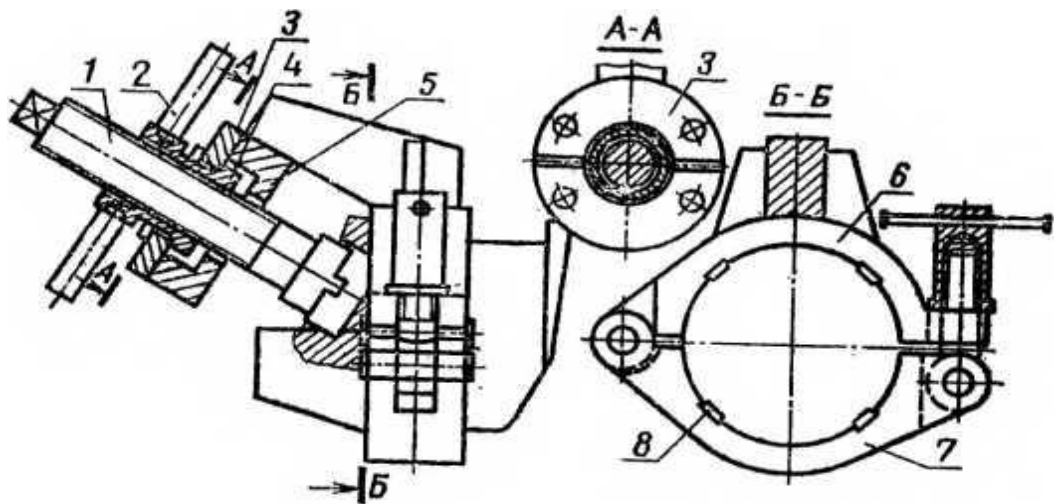


Рисунок 1.2. Інструмент для викручування заглушок бруду – уловлювачів шатунних шийок колінчастого валу двигуна ЗІЛ-130:

1 – гвинт-викрутка; 2 – ручка; 3 – півкільце; 4 – гайка; 5 – кільце; 6, 7 – затискні півкільця; 8 – бронзовий вкладиш.

Шпонки видаляються з пазів за допомогою крейцмейселя із лезом, що відповідає ширині канавки шпонки, та молотка. Для зняття заглушок і пробок з масляних каналів їх спочатку розшпінтовують за допомогою пневматичного зубила, після чого викручують за допомогою спеціального пристрою (рис. 1.2). Півкільця 6 та 7 з бронзовими вкладишами 8 закріплюються на шатунній шийці колінчастого валу, а гвинт-викрутка 1 через кільце 5 направляється навпроти пробки. Гайку 4 повертають за допомогою ручки 2 до тих пір, поки лезо викрутки не увійде у шліц пробки. Утримуючи гайку, викручують пробку

обертанням гвинта. Вийняті пробки поміщаються у касету для подальшого варіння. Очищення масляних каналів є важливим, оскільки вони часто бувають заповнені на 50-75% продуктами зносу та масляними відкладеннями. На етапі розборки доцільно проводити попередню чистку за допомогою шомполів і металевих йоржів для забезпечення доступу миючого розчину до стінок каналів та зменшення його забруднення. Підшипники з отвору у фланці видаляють за допомогою знімача.

Після завершення процесу розборки колінчасті вали передаються на мийку. Якість миття залежить від використовуваних миючих засобів, обладнання та параметрів технологічного процесу. Основними забрудненнями є залишки мастильних матеріалів, які важко видалити через їх окислення та розкладання під час роботи вала, що призводить до їх щільного прилягання до металу. Такі відкладення мають вигляд липкої маси, що складається з продуктів окислення мастил та палива, сажі, пилу, води та часток зносу. Окрім цього, на поверхні можуть бути продукти корозії, які утворюються внаслідок хімічного чи електрохімічного руйнування металу.

Миття колінчастих валів виконується у струменевих машинах та мийних установках, таких як ОМ-691, ОМ-837, ОМ-837Г, ОМ-947 (КМ-3), ОМ-4266, ОМ-887, а також у спеціальних ваннах для варіння. Перед завантаженням у мийну машину вали розміщують у спеціальні багатомісні касети, які відповідають розмірам робочого простору установки та габаритам валів. Варто зауважити, що струменеве миття не завжди забезпечує достатню якість очищення, оскільки потужність струменя ефективно очищає лише зовнішні поверхні. Внутрішні ділянки, зокрема масляні канали та пази, часто залишаються неочищеними. Оптимальним варіантом є застосування мийних машин і ванн для варіння, де вали занурюють у нагрітий миючий розчин. Зазвичай використовуються ванни прямокутної форми з кришкою. Очищення колінчастих валів у вібраційних ваннах є ефективним методом. Цей спосіб полягає в зануренні валів у ванну з миючою рідиною та розміщенні їх на платформі, яка коливається завдяки гідро- чи пневмоапаратурі. Внаслідок

вібрацій миюча рідина інтенсивно обмиває вали, проникаючи у канали та завихрюючись у них, що забезпечує поступове очищення всіх поверхонь. Найчастіше використовують 10%-ний розчин каустичної соди, нагрітий до 80-90°C. Його перевагою є низька вартість компонентів, а недоліком – слабка розчинна здатність щодо смолистих відкладень і шкідливий вплив на людину. Також використовують водний розчин емульгатора ОП-10 (10 г/л), підігрітий до 70-85°C, або розчини синтетичного засобу МЛ-52 (25-35 г/л) та органічного АМ-15, які мають вчетверо вищу ефективність порівняно з каустичною содою. Для важкодоступних місць, включаючи масляні канали, застосовують установки АКТБ-130, ОМ-3600 та 107.00. Очищення проводиться пульсуючим струменем гасу чи дизельного палива під тиском 1-6 МПа, що дозволяє повністю очистити канали за 10-12 хвилин.

1.3 Підготовка тріщин на колінчастому валу до зварювання

Для зниження ризику деформації колінчастого валу під час підготовки тріщин до зварювання, метал видаляють по всій довжині тріщини за допомогою спеціального пристосування. Розміри отриманої канавки складають: глибина 7-8 мм, ширина 8-9 мм. Тріщини в галтелях шатунних шийок можна також обробляти на токарному верстаті моделі 16К20, створюючи кільцеву канавку глибиною 6-7 мм і шириною 8-9 мм (рис. 1.8). Канавку виконують спеціальним різцем, заточеним відповідно до форми канавки.

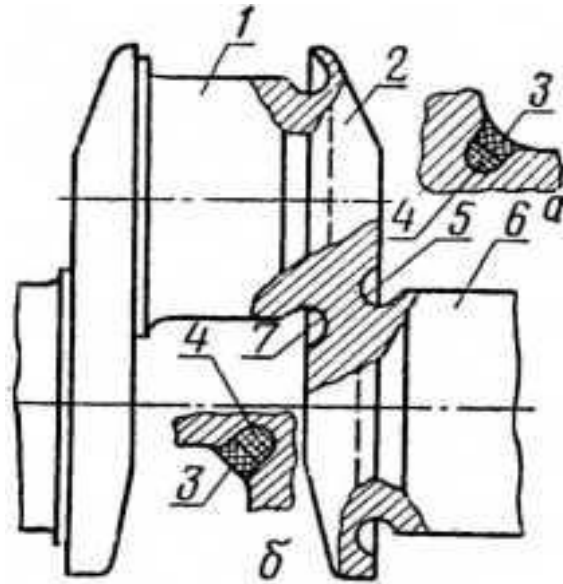


Рисунок 1.3. Підготовка тріщини на шийках колінчастого валу двигуна для зварювання:

а – заварена канавка на шатунній шийці; б – заварена канавка на корінній шийці.

1 – шатунна шийка; 2 – щока; 3 – другий шов; 4 – перший шов; 5 – кільцева канавка на корінній шийці; 6 – корінна шийка; 7 – кільцева канавка на шатунній шийці.

Метал у зоні з виявленою тріщиною слід видаляти з обох сторін вала, тобто на шатунній і корінній щоках, оскільки тріщина на корінній шийці може бути не одразу помітною. Крім того, якщо шов накладати лише на одну галтель шатунної шийки, колінчастий вал може деформуватися, вигинаючись у бік зварного шва. Ступінь такого вигину може досягати 5-8 мм, що є неприйнятним, оскільки при спробах вирівнювання такі вали можуть зламатися.

Виготовлення деталей ремонтних розмірів.

Зношений отвір під підшипник валу муфти зчеплення зазвичай відновлюють шляхом розточування і запресування втулки ремонтного розміру (рис. 1.9). Розміри втулок для колінчастих валів найпоширеніших моделей двигунів наведені у таблиці 1.2. Для виготовлення втулок використовують прокат або товстостінну трубу з вуглецевої сталі марки 45.

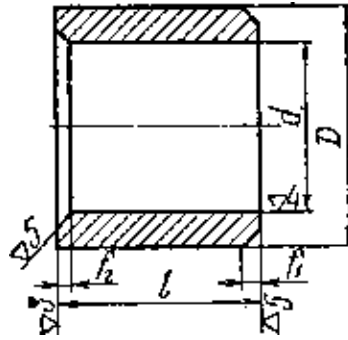


Рисунок 1.4. Втулка для відновлення зношеного отвору під підшипник валу муфти зчеплення.

Виготовлення втулок із прутка на токарно-револьверному верстаті здійснюється за наступною технологічною схемою:

1. Обрізання торця прутка, подача прутка до упору, центрування для свердління, свердління отвору, обробка зовнішньої поверхні, розточування або зенкерування отвору, обточування зовнішньої поверхні з одночасним зняттям внутрішньої фаски на вільному торці, чорнове і чистове розгортання та відрізання.
2. Зняття фаски з протилежного торця втулки на верстаті.
3. Шліфування зовнішньої поверхні на круглошліфувальному або безцентрово-шліфувальному верстаті.

При виготовленні втулок із труби, замість свердління застосовують зенкерування або розточування отвору. В інших аспектах процес аналогічний обробці втулок із прутка. Фінальна обробка отвору втулки під підшипник проводиться тонким розточуванням після запресування втулки у фланець колінчастого валу.

Таблиця 1.2. Розміри втулок, мм

Марка двигуна	D	d	l	f ₁	f ₂
ТАЗ-51, ТАЗ-53	44	35%	1599	1,5X30°	2x45°
ЗУЖ-120, ЗНЖ-130, А-ОІМ, СМЖ-14А	57		47	18.4	2x30°
СМІІ-60	21	0-37М		17.95	2x30°

Під час відновлення чавунних шийок колінчастих валів методом наплавлення використовують оболонки з маловуглецевої листової сталі різних типів. Відмінним матеріалом для виготовлення оболонок виявилася декапірована сталь. Товщина оболонки має бути достатньою, щоб у наплавленому металі не утворювались пори і тріщини, і щоб він надійно сплавлювався з основним металом шийки. Оптимальна товщина оболонки з декапірованої маловуглецевої сталі становить 0,8–0,9 мм. Якщо товщина менша за 0,8 мм, збільшується глибина проплавлення і можуть з'являтися пори. При товщині понад 0,9 мм існує ризик непровару оболонки і відсутності її сплавлення з основним металом.

Розміри заготовок для оболонок розраховують за формулами:

Довжина заготовки:

$$L = \pi d + 2,25 h ,$$

де d - діаметр поверхні шийки, що наплавляється, мм;

h - товщина оболонки, мм.

Ширина оболонки:

- для шийок з двома галтелями

$$l = m - 2r;$$

- для шийок з однією галтеллю

$$l = m - r$$

де m - довжина шийки, мм;

r - радіус галтелі, мм.

Розміри заготовок для оболонок колінчастого валу двигуна ГАЗ-21 наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3. Розміри заготовок для оболонок колінчастого валу двигуна

Шийки	Розміри оболонок, мм		
	товщина	довжина	ширина
Шатунні	0,9	167,9	33,7
Корінні: 1-а, 2-а, 3-я, 4-а 5-а	0,9 0,9	196,7 196,7	37,9 42,9

Заготовки оболонок повинні бути без задирок на краях, без вм'ятин і перегинів. Різати листи на заготовки оболонок можна гільйотинними ножицями. Для щільного прилягання оболонок до шийок перед наплавкою оболонки формують під пресом або на спеціальному верстаті (рис. 1.10).

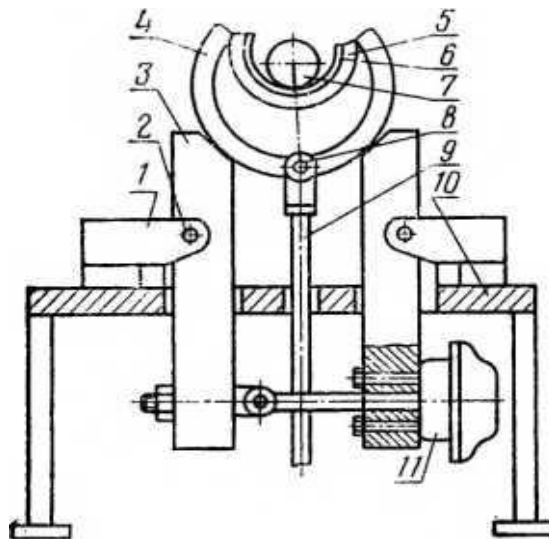


Рисунок 1.10. Схема верстата для формування оболонок

1 - кронштейн; 2, 8 - осі; 3 - важіль; 4 - роз'ємне кільце; 5 - гума; 6 - оболонка; 7 - шийка колінчастого валу; 9 - тяга; 10 - плита; 11 - пневмокамера.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗІДЛ

2.1 Автоматична електродугова наплавка під шаром флюсу

Процес наплавлення здійснюється шляхом горіння дуги між електродом та деталлю під шаром сипучого флюсу, що покриває розплавлену металеву ванну і обмежує доступ кисню та азоту повітря до розплавленого металу.

В авторемонтному виробництві часто застосовують висококремнистий флюс АН-348А, який легує наплавлюваний метал марганцем і кремнієм. Додавання різних феросплавів дозволяє легувати наплавлений шар хромом, нікелем та іншими елементами. Для наплавлення колінчастих валів, наприклад, використовують флюс із наступним складом (на 100 частин): 92 частини флюсу АН-348А, 2 частини ферохрому Хр-I або Хр-II, 2,5 частини графіту, 3,5 частини рідкого скла (за масою). Усі компоненти ретельно змішуються і прожарюються протягом 3 годин при температурі 450°C.

Підвищення твердості наплавлюваного металу досягається застосуванням металовмісного флюсу. Для його приготування до флюсу АН-348А додають чавунну стружку (15-25%) та порошкоподібні феросплави (5-10%). Використання цього флюсу дозволяє отримати шар із твердістю до НВ 500 при наплавці маловуглецевим дротом Св-08. Також застосовують керамічний флюс АНК-18, який при використанні з дротом Св-08 забезпечує рівномірну структуру металу, низькі внутрішні напруження та твердість шару до НВ 500. Після механічної обробки твердість шийок колінчастих валів, наплавлених під шаром флюсу АНК-18, досягає HRC 48-52, і їхня зносостійкість відповідає новим деталям.

Флюси, виготовлені на основі флюориту, рутила, вапна та глинозему, відзначаються високими технологічними та металургійними властивостями. Вони забезпечують стабільне горіння дуги, якісне формування наплавленого шару, мікролегування металу титаном, модифікацію його структури та стійкість до утворення пор і тріщин. Використання таких флюсів підвищує

стійкість до утворення тріщин на 45% і збільшує ударну в'язкість сталі (наприклад, марки 40) у 1,8 рази порівняно з наплавленням під флюсом АН-348А.

Поліпшення технологічної міцності та механічних властивостей наплавленого металу завдяки новим флюсам дозволяє збільшити швидкість зварювання та наплавлення у 1,6-1,8 рази.

На рисунку 2.1 представлена схема процесу наплавлення під шаром флюсу.

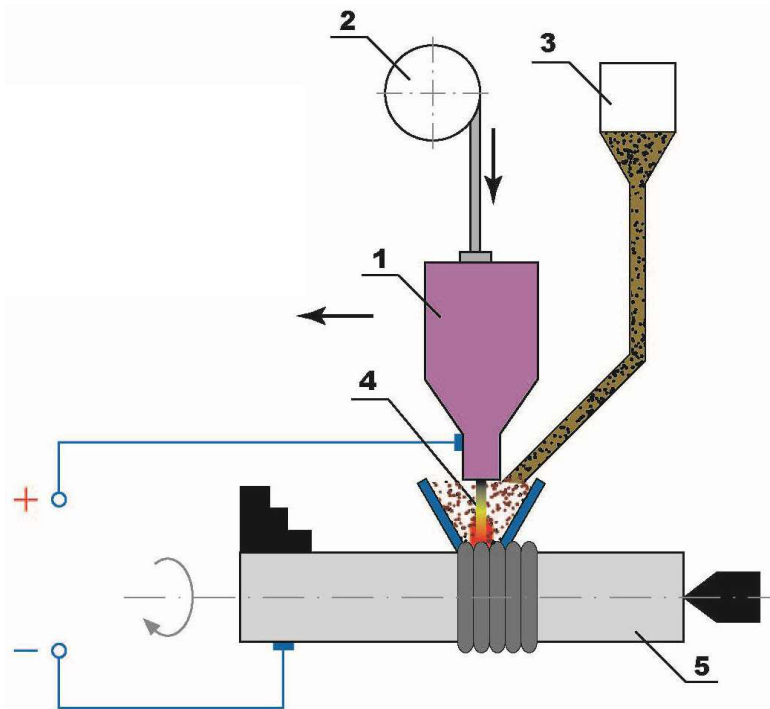


Рисунок 2.1. Схема процесу наплавлення шийки колінчастого валу під шаром флюсу:

а – зміщення електрода від верхньої точки; 1 – електрична дуга; 2 – електродний дріт; 3 – направляючий мундштук; 4 – мундштук для подачі флюсу; 5 – ванна розплавленого металу; 6 – флюс; 7 – шлакова кірка; 8 – шар наплавленого металу; 9 – оброблювана деталь.

У процесі наплавлення металевого шару відносний рух між деталлю та електродом забезпечується за допомогою механізмів наплавної установки. Така установка може бути представлена токарним верстатом, оснащеним знижувальним редуктором та напивною головкою типу А-580М, А-409 або А-

547. Під час автоматичного наплавлення шийок колінчастого валу, у процесі його обертання, розплавлений метал, який подається електродним дротом, утворює гвинтові валики, що перекриваються на одну третину.

Схема зони наплавлення під шаром флюсу зображена на рисунку 2.2.

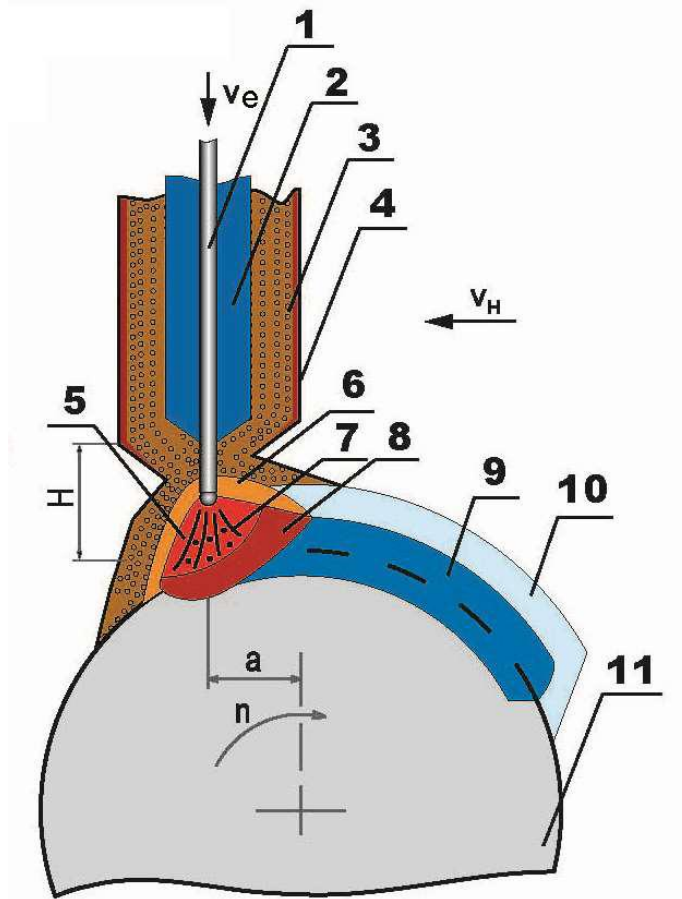


Рисунок 2.2 Схема зони наплавлення під шаром флюсу:

1 - електрод;; 2 - мундштук; 3 - флюс; 4 - флюсопровід; 5-електрична дуга; 6 - розплавлений флюс; 7 - газова оболонка; 8, 9 - розплавлений і наплавлений метал; 10 - шлакова корка; 11 - деталь; H - виліт електроду; a - зсув електроду с зеніту.

Покращення умов кристалізації та відсутність киснево-азотних сполук у процесі наплавлення під шаром флюсу сприяють отриманню наплавленого металу з високими міцнісними властивостями. Висока щільність струму під час зварювання та наплавлення забезпечує глибоке проплавлення деталі і

збільшення частки основного металу в наплавленому шарі. Таким чином, у наплавленому шарі міститься близько 65% основного металу та 35% електродного, що дозволяє наплавляти маловуглецевим сталевим дротом колінчасті вали, виготовлені зі сталей з високим вмістом вуглецю, без ризику утворення тріщин.

2.2 Наплавлення сталевих колінчастих валів

Для відновлення сталевих колінчастих валів застосовують переважно два методи: наплавлення під шаром легуючого флюсу та наплавлення під флюсом АН-348А з використанням пружинного дроту II класу з наступною термічною обробкою. Наплавлення під шаром легуючого флюсу виконують високовуглецевим дротом ОВС або пружинним дротом II класу. Щоб полегшити відділення шлакової кірки і зменшити складність виготовлення флюсу, графіт і ферохром змішують з половиною стандартного флюсу АН-348А, після чого кількість флюсу збільшують у 2 рази. Неправильно перемішаний флюс не забезпечує рівномірну структуру і твердість наплавленого металу, а недостатньо прожарений флюс призводить до утворення пор.

Режим наплавлення:

- Напруга дуги: 25-26 В
- Струм: 190-200 А
- Індуктивність ланцюга: 16 витків дроселя РСТЭ-34
- Частота обертання валу: 3 об/хв
- Крок наплавлення: 4 мм/об
- Швидкість подачі електродного дроту діаметром 1,6 мм – 2,0 м/хв, діаметром 1,8 мм – 1,6 м/хв.

Наплавлення шийки від галтелі до галтелі може призводити до нерівномірної твердості поверхні (HRC 35-54). На початку наплавлення твердість низька, а в кінці зростає. Це може стати причиною поломок у місцях

початку наплавки. Щоб уникнути цього, наплавлення починають від середини шийки до галтелей, перший виток виконується кільцевим. Автоматичну подачу вмикають до замикання кільцевого витка. Спочатку наплавляють шатунні шийки, а потім корінні, щоб можна було правити вал по корінних шийках після обробки шатунних.

В окремих випадках після наплавлення шатунних і корінних шийок вал правлять, залишаючи незапавлені ділянки для контролю биття. Масляні канали захищають від заплавлення спеціальною пастою або графітовими стрижнями та азбестом. Під час наплавлення під легуючим флюсом довжина валу не змінюється, а деформація не перевищує припуску на обробку (0,6-1,0 мм). Близько 95% валів не потребують правки перед механічною обробкою, оскільки напавлений шар має достатній припуск (1-1,25 мм на сторону).

Колінчасті вали, відновлені наплавленням під легуючим флюсом, відзначаються високими експлуатаційними властивостями. Їх зносостійкість дорівнює або перевищує зносостійкість нових валів, а втомна міцність трохи нижча, але достатня для уникнення поломок в експлуатації. Завдяки простоті технології, метод широко застосовується на авторемонтних підприємствах серійного виробництва. Наплавлення під флюсом АН-348А з термообробкою забезпечує стабільну структуру і твердість напавленого металу, а також високу втомну міцність. Для цього використовують пружинний дріт II класу або дріт Нп-ЗОХГСА при режимі: напруга дуги 25-30 В, струм 180-220 А, крок наплавлення 4-6 мм/об, швидкість подачі дроту 1,6-2,1 м/хв, частота обертання валу 2-2,5 об/хв для корінних і 2,5-3 об/хв для шатунних шийок. Твердість напавленого металу HRC 32-40, він легко піддається механічній обробці.

У напавленому шарі та навколо шва виникають внутрішні розтягувальні напруги, що можуть знижувати втомну міцність відновлених валів. Цей метод рекомендується для спеціалізованих ремонтних підприємств із серійним виробництвом.

На деяких автопідприємствах колінчасті вали для двигунів наплавляють під флюсом АНК-18 пружинним дротом II класу діаметром 2 мм,

використовуючи головку А-580М і зворотну полярність у два заходи. Спочатку наплавляють галтелі, потім без зняття шлакової кірки продовжують наплавку шатунної шийки по гвинтовій лінії. Після цього видаляють шлакову кірку, і супорт верстата повертають до початку наплавки для заплавлення западини. Крок наплавлення обирають так, щоб перекриття першого валика другим становило приблизно 1/3 ширини.

Для колінчастих валів двигунів на деяких підприємствах використовують комбінований флюс, який виготовляють із 50 кг керамічного флюсу АНК-18, 50 кг АН-348А та 1,7-1,9 кг порошкоподібного графіту. Суміш змочують і скріплюють рідким склом, після чого сушать та прожарюють.

2.3 Наплавлення чавунних колінчастих валів

Значне використання чавунів перлітного класу для колінчастих валів. Чавуни перлітного класу набули широкого використання для виготовлення колінчастих валів завдяки високій міцності та зносостійкості. Їх механічні властивості близькі до показників сталі 45 і перевищують властивості інших чавунів. Важливо зазначити, що вартість виливок з високоміцного чавуну, такого як ВЧ50-1,5 або ВЧ60-2, у 2-2,5 рази нижча за собівартість виливок з ковкого чавуну та поковок зі сталі 45. У таблиці 2.1 представлені дані про втомну міцність зразків гладких валів та колінчастих валів зі сталі 45, а також сірого та високоміцного чавунів.

Таблиця 2.1. Втомна міцність колінчастих валів

Метал	Границя втоми міцності МН/м ²	
	Гладких валів	Колінчастих валів
Сталь 45	305	122
Чавун сірий	100	35
Чавун надміцний	250	118

Із таблиці 2.1 видно, що у гладких валів, виготовлених з високоміцного чавуну, межа втомної міцності на 13% нижча, ніж у валів зі сталі 45. У колінчастих валів, виготовлених із зазначених матеріалів, ця різниця становить лише 4%. Це пояснюється тим, що високоміцний чавун зберігає властиву всім чавунам низьку чутливість до концентрації напружень.

2.4 Шляхи підвищення зносостійкості деталей виготовлених із чавуну

Зносостійкість високоміцного чавуну на перлітній основі, порівняна з загартованою сталлю 45, пояснюється наявністю на поверхні розкритих графітових включень, які виконують функцію мастила, а утворені порожнини служать накопичувачами додаткового мастила, що важливо при запуску та зупинці двигуна. Високоміцний чавун використовується для лиття колінчастих валів автомобілів.

Дослідження показали, що для одношарового наплавлення чавунних колінчастих валів застосовують дріт II класу пружинний, дріт ОВС, Нп-ЗОХГСА, Св-0,8, Св-10Х13, Св-12ГС та інші. Наплавлення виконувалось із застосуванням флюсів АН-348А, АН-15, АН-20, ОСЦ-45, як чистих, так і з додаванням графіту, ферохрому, феромарганцю, феромолібдену, алюмінієвого порошку для отримання наплавленого шару з твердістю HRC 56-62 без пор і тріщин. Виявлено, що одношарове наплавлення іноді призводить до утворення неоднорідної структури, пор, включень і раковин. Широко застосовується двошарове наплавлення дротом Св-0,8 під шаром легуючого флюсу, де найкращі результати досягаються використанням дроту діаметром 1,6 мм і легуючого флюсу зі складу: 100 масових частин АН-348А, 2,5 частини графіту, 2 частини ферохрому № 6 і 0,25 частини рідкого скла.

2.5 Шари наплавленого металу та їх властивості

Метал першого шару має твердість HRC 35-38, другого – HRC 52-62 і

містить деяку кількість пор. Однак поверхневий шар може мати тріщини, що збільшує знос сполучених вкладишів і знижує втомну міцність колінчастих валів на 26-28%.

Цікавим є метод наплавлення під шаром флюсу з металевою оболонкою, який полягає в наступному: шийку валу обгортають металевою оболонкою з листової сталі, яку притискають до поверхні за допомогою спеціального пристосування та фіксують зварюванням у середовищі вуглекислого газу. Після видалення пристосування проводять автоматичне наплавлення поверх оболонки. Для запобігання утворенню тріщин у наплавленому металі необхідно зменшити вміст вуглецю, марганцю, кремнію, сірки та фосфору. Через високий вміст цих елементів у високоміцному чавуні для відновлення колінчастих валів використовують оболонки зі сталі 08 і дрів Св-08. При товщині оболонки від 0,8 мм і більше тріщини і пори не утворюються, а глибина проплавлення зменшується.

Процес включає очищення та знежирення листа, розрізання на смуги, вирубування заготовок, згинання країв і середньої частини (у згинальному штампі). Оболонка повинна щільно прилягати до поверхні шийки для уникнення несплавлення і утворення дефектів. Для притискання оболонок використовують металеві кільця, облицьовані гумою товщиною 5-6,5 мм, які можна затискати вручну або на верстаті. Оболонки встановлюють у відкриті півкільця, після чого вал розміщують і фіксують їх скобами. Потім оболонки зварюють у стик у двох точках, перевіряючи щільність прилягання за допомогою легкого простукування металевим стрижнем. Щоб уникнути обгорання та утворення дефектів, кінці оболонки приварюють до шийки наплавленням галтелей у середовищі вуглекислого газу.

Схема наплавлення шийки з металевою оболонкою показана на рисунку 2.3.

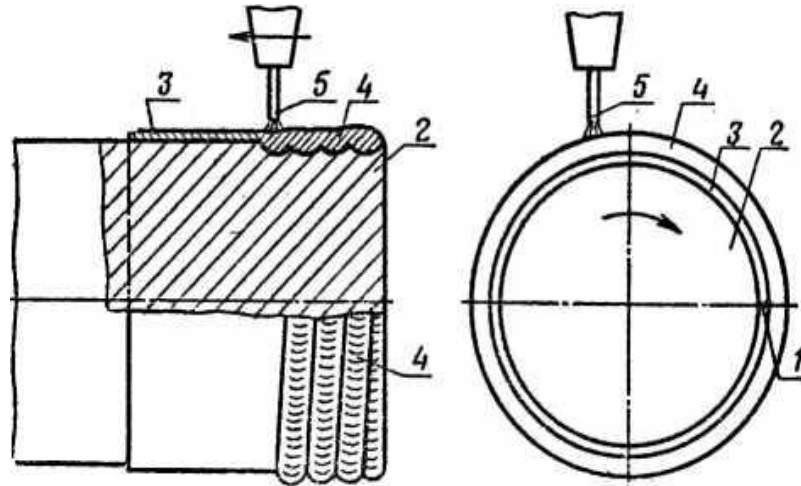


Рисунок 2.3. Схема наплавлення шийки валу з металевою оболонкою:

1 – стик оболонки; 2 – оброблювана деталь; 3 – металева оболонка; 4 – наплавлений шар металу; 5 – електродний дріт.

Для виконання наплавлення використовують дріт діаметром 1,6 мм. Параметри режиму наплавлення представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 Параметри наплавлення чавунних колінчастих валів по металевій оболонці.

Показники	Прихват-ка оболонки	Наплавка	
		галтелей у вуглекислому газі	шийок під флюсом
Напруга дуги при холостому ході, В	28	28	32
Напруга дуги при наплавці, В	19—20	19—20	20—22
Струм, А	120	120	150—170
Частота обертання вала, об/хв	—	2,0	2,5-3,0
Крок наплавки, мм/об	—	—	3,5
Швидкість подачі електродного дроту, м/хв	3	1,4-1,6	1,4-1,6
Зміщення електроду з зеніту, мм	—	20	8—10
Виліт електроду, мм	10	15—20	15-20
Кількість витків дроселя РСТЕ-34 (індуктивність зварного ланцюга)	5	8	16

У таблиці 2.3 наведено матеріали, які застосовуються для наплавлення з

використанням оболонок.

Таблиця 2.3. Матеріали для наплавлення чавунних колінчастих валів.

Матеріал	Марка матеріалу
Електродний дріт: для наплавки галтелей і шийок під легуючим флюсом для прихвату оболонок	Св-08; Св-08А, діаметр 1,6 мм
Флюс Графіт*	Св-08; Св-08А; Св-08ГС; Св-08Г2С; Св-12ГС, діаметр 0,8 - 1,0 мм АН-348А
Феррохром**	ЕТУ-1, ЕТУ-Ш, ЗУН, АТ, АЗ, АС-1, АС-П
Рідке скло	Звичайна щільність 1,35 г/см ³
Вуглекислий газ	
Листова сталь для оболонок	Сталь 08 товщиною 0,8-0,9 мм

Якщо порошковий ферохром недоступний, можна застосовувати кусковий ферохром. Для цього його нагрівають у термічній печі до температури 850-900°C, охолоджують у воді, дроблять і розмелюють у млині, після чого просіюють через сито.

Приготування легуючого флюсу для наплавлення чавунних колінчастих валів: До 100 масових частин флюсу АН-348А додають 7 частин ферохрому № 6 і 8 частин графіту. Суміш ретельно перемішують і склеюють рідким склом (0,5 частини) до повного зволоження. Після цього, масу сушать протягом 2-3 годин при температурі 18-20°C і прожарюють в електропечі при 600-650°C протягом 3-3,5 годин. У тій самій печі прожарюють ще 100 частин флюсу без легуючих компонентів. Після прожарювання суміш подрібнюють, просіюють і змішують із флюсом без додаткових компонентів.

Флюс слід зберігати в герметичній тарі, оскільки при контакті з повітрям він поглинає вологу, що може призвести до утворення пор у наплавленому металі. У разі зволоження, флюс необхідно повторно прожарити при температурі 600-650°C протягом 3-3,5 годин.

Перед наплавленням шийок у металевій оболонці пробивають отвори борідком у місцях розташування масляних каналів. Отвори закривають пастою, вогнетривкою глиною або графітовими стрижнями. Наплавлення слід починати з шийок, які потребують більшого шару металу через високу температуру. Перший шар наплавляють дротом з маловуглецевим складом, який містить газошлакоутворювальні компоненти, для захисту зварювальної ванни. Другий шар наплавляють легованим дротом для підвищення зносостійкості.

- Напруга холостого ходу: 34-35 В (1-й шар) та 31-32 В (2-й шар)
- Струм: 150-180 А
- Зворотна полярність
- Частота обертання вала: 2,0-2,5 об/хв
- Швидкість подачі дроту: 77 м/год (1-й шар), 88 м/год (2-й шар)
- Крок наплавлення: 7 мм/об (1-й шар) та 5 мм/об (2-й шар)
- Діаметр дроту: 1,95 мм
- Виліт електрода: 15 мм
- Загальна товщина наплавленого шару: 2,9-3,2 мм

Перший шар не має пор, тріщин або шлакових включень, забезпечуючи стабільну якість. Наплавлення другого шару відбувається у сприятливіших умовах і не відрізняється від наплавлення сталевих поверхонь середньої вуглецевості. Технологія потребує ретельної підготовки поверхонь: миття в 10%-ному розчині каустичної соди протягом 30 хвилин, нагрівання в печі до 300°C з витримкою 1 годину, охолодження на повітрі, очищення від нагару та іржі на полірувальному верстаті. Собівартість відновлених валів таким методом становить близько 70% від вартості нових. Застосування вібродугового наплавлення з дротом ЕП-439 у струмені повітря забезпечує стабільну твердість до HRC 57-58. Наплавлення без вібрації електрода призводить до нерівномірної твердості (HRC 56-59). Зносостійкість валів, відновлених таким способом, перевищує зносостійкість ненаплавлених у 1,5-2 рази. Можна виконувати за допомогою спеціальних установок або токарних верстатів з використанням вібраційних наплавних головок ГМБК-1, ГМБК-2, КУМА-1 тощо.

Ця технологія підвищує продуктивність у 2-5 разів. Схема процесу, коли в зону наплавлення одночасно подаються кілька електродів, показана на рисунку 2.4. Електроди плавляться завдяки теплу, що утворюється від переміщення електродуги. Розроблено технологію багателектродного наплавлення чавунних валів дротом Нп30ХГСА діаметром 1,6 мм.

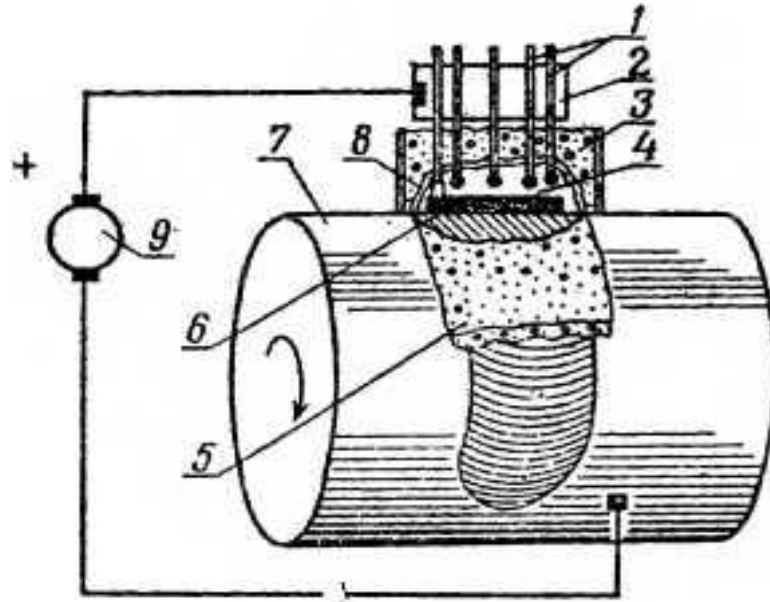


Рисунок 2.4. Схема багателектродного наплавлення вала:

1 – електроди; 2 – струмопідвідний контакт; 3 – флюс; 4 – зона електричної дуги; 5 – шлакова кірка; 6 – наплавлений метал; 7 – шийка вала; 8 – еластична оболонка з розплавленого флюсу; 9 – джерело струму.

У процесі наплавлення застосовують головку А-580М, оснащену джерелом живлення, зокрема селеновим випрямлячем. Режим роботи: струм 300-320 А, напруга 26-28 В, частота обертання вала 0,65-0,8 об/хв, швидкість подачі дроту 49-58 м/год. Для досягнення високої якості формування металу у галтелях шийки колінчастого вала відстань між крайніми сусідніми електродними дугами встановлюють рівною діаметру електрода. Таке розташування забезпечує якісне заплавлення галтелей.

Існує інший підхід до технології багателектродного наплавлення колінчастих валів під шаром флюсу. На відміну від попереднього способу, у цьому процесі використовуються окремі зварювальні ванни. На поверхню

шийки одночасно наплавляють паралельні кільцеві валики без перекриття, кількість яких залежить від довжини шийки і визначається потужністю джерела струму. Під час наступного обороту деталі вмикають другий механізм подачі, і друга група електродів заповнює проміжки між початковими валиками. Схема багатоелектродного наплавлення в роздільних зварювальних ваннах представлена на рисунку 2.5.

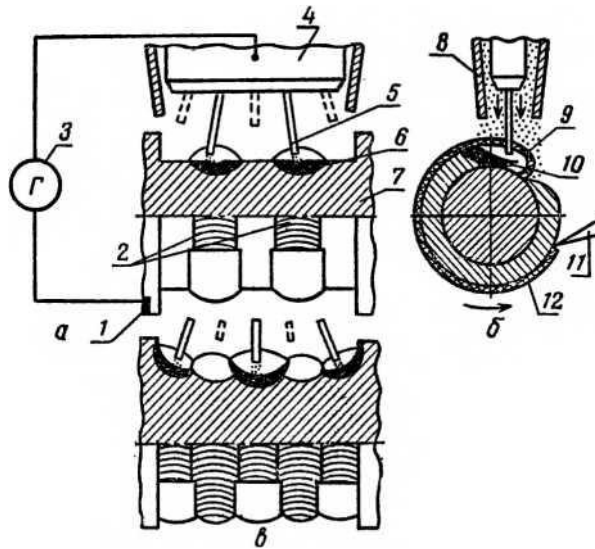


Рисунок 2.5. Схема багатоелектродного наплавлення в окремій зварювальній ванні:

а – нанесення першої групи валиків n ; б – видалення шлакової кірки; в – наплавлення другої групи валиків $n+1$.

1 – струмопровід; 2 – нанесені валики; 3 – джерело струму; 4 – мундштук; 5 – електрод; 6 – зварювальна ванна; 7 – шийка валу; 8 – подача флюсу; 9 – газова бульбашка; 10 – розплавлений метал; 11 – скребок; 12 – шлакова кірка.

При цьому способі багатоелектродного наплавлення можна отримати шар із наплавленим металом різного складу, використовуючи електродний дріт різної хімічної композиції. Наприклад, всю поверхню шийки можна обробити електродами, що забезпечують високу твердість, а галтелі – електродами, які надають металу необхідну пластичність.

Токарну обробку не застосовують для колінчастих валів, які не проходили термічну обробку, через високу твердість наплавленого шару. Вали,

які після наплавлення піддавалися відпуску або відпалу, обробляють на токарних верстатах. Процес обробки, як правило, включає дві, а іноді три операції. Під час першої операції вал встановлюють у центрах, застосовуючи повідкову планшайбу або трикулачковий патрон. Можливе також базування по отвору під підшипник і торцю фланця з одного боку та центровій фасці з боку хвостовика валу.

Варіанти обробки корінних шийок:

1. Обробка двома різними різцями (правим і лівим) у два етапи, підготовленими під радіуси галтелей.
2. Одноетапна обробка широким різцем, що повторює форму правої та лівої галтелей.
3. Обробка у три етапи: спочатку прохідним, а потім правим і лівим галтельними різцями.

Другий варіант вважається більш продуктивним, однак через недостатню жорсткість валу часто вибирають перший або третій варіанти. Для обробки рекомендовано використовувати різці з матеріалу ВК6М. Режими різання залежать від типу та розмірів валу, його жорсткості та збалансованості. Припуск на шліфування залишають у межах 0,3-0,5 мм на сторону.

При токарній обробці корінних шийок важливо дотримуватися радіусів галтелей, діаметральних та лінійних розмірів шийок, а також забезпечувати правильне розташування шийок відносно базового торця валу. Недотримання цієї умови може порушити нормальний осьовий хід колінчастого валу під час монтажу двигуна.

Перед обробкою шатунних шийок зазвичай виконують правку валу по оброблених корінних шийках. Ця операція виконується на токарному верстаті з використанням центровміщувача та кутової фіксації. Види обробки шатунних шийок аналогічні обробці корінних.

При токарній обробці шатунних шийок важливо дотримуватися точності їх діаметральних і лінійних розмірів, радіусів галтелей, кривошипних радіусів, кутового положення кривошипів та положення шатунних шийок відносно

базового торця колінчастого валу. Радіуси галтелей формують за допомогою різців з відповідними геометричними параметрами, кривошипні радіуси - з використанням центровміщувачів. Регульовані центровміщувачі застосовують при серійному ремонті, що забезпечує обробку різних типів колінчастих валів. Їх недоліком є значні витрати часу при переналаштуванні на новий кривошипний радіус і недостатньо висока точність радіуса.

На автопідприємствах, які спеціалізуються на ремонті певного виду колінчастих валів, а також у випадках серійного ремонту за наявності вільного обладнання доцільно використовувати нерегульовані центровміщувачі.

Положення шатунних шийок відносно базового торця впливає на правильність позиціонування поршнів у циліндрах, рівномірний знос дзеркала циліндра і поршня, а також на довговічність двигуна. На заводах-виробниках точність лінійних розмірів досягається за рахунок налаштування поперечних супортів. В умовах ремонтного виробництва, при роботі на токарних верстатах, точність позиціонування шийок забезпечується за допомогою лінійки і лімба, що може призводити до появи дефектів.

Розглянута послідовність токарної обробки шийок колінчастого валу стосується випадків, коли наплавляють шатунні, корінні та співвісні з корінними шийки. У практиці ремонту часто відновлюють лише деякі шийки. Наприклад, якщо діаметр бурту п'ятої корінної шийки валу двигунів СМД-14 і СМД-7 зменшений до менш ніж 105 мм, його після наплавлення обробляють на токарному верстаті до стандартного профілю, а потім шліфують. Подібним чином відновлюють настановний борт п'ятої корінної шийки валів Д-75, Д-54А (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4. Довжина відновлюваних шийок колінчастих валів

Розмір	Маркування	Довжина, мм		
		п'ятої корінної шийки колінчастого вала двигунів Д-75 і Д-54А	п'ятої корінної шийки колінчастого вала двигунів Д-48М, Д-48Л, Д-40Л, Д-40М, Д-40К, Д-40 і Д-38	третьої корінної шийки колінчастого вала двигуна Д-37М
Виробничий	—	85,00 ^{+0,14}	60,0 ^{+0,10}	46,0 ^{+0,05}
1-й додатковий	Д1	85,25 ^{+0,14}	60,1 ^{+0,10}	46,1 ^{+0,05}
1-й ремонтний	Р1	85,15 ^{+0,14}	60,2 ^{+0,10}	40,2 ^{+0,05}
2-й додатковий	Д2	85,75 ^{+0,14}	60,3 ^{+0,10}	46,3 ^{+0,05}
2-й ремонтний	Р2	86,00 ^{+0,14}	60,4 ^{+0,10}	46,4 ^{+0,05}
3-й додатковий	Д3	86,25 ^{+0,14}	60,5 ^{+0,10}	46,5 ^{+0,05}
3-й ремонтний	Р3	86,50 ^{+0,14}	60,6 ^{+0,10}	46,6 ^{+0,05}
4-й додатковий	Д4	86,75 ^{+0,14}	60,7 ^{+0,10}	46,7 ^{+0,05}
4-й ремонтний	Р4	87,00 ^{+0,14}	60,8 ^{+0,10}	46,8 ^{+0,05}

Шліфування поверхонь шийок колінчастих валів

Обробка шийок колінчастих валів методом шліфування виконується трьома способами: шліфування термічно оброблених валів після попереднього токарного обточування; шліфування колінчастих валів без термічної обробки після наплавлення легованим флюсом (шліфування по зовнішній кірці); шліфування до ремонтного діаметра.

Перші два типи шліфування зазвичай включають чорновий і чистовий

етапи. Шліфування до ремонтного розміру найчастіше виконується за одну операцію. Розміри для ремонту визначаються відповідно до розмірів вкладок, які виготовляються промисловістю.

Шийки одного типу (корінні чи шатунні) шліфують під однаковий діаметр. Однак, у разі відхилення діаметра однієї з шатунних шийок від інших більше ніж на 0,4 мм при індивідуальному ремонті дозволяється шліфування цієї шийки під наступний ремонтний діаметр.

Під час обробки збірних колінчастих валів допускається зняття противаг. Щоб зберегти балансування валу, противаги позначають так, щоб при зборці всі елементи повернулися на свої попередні місця. До процесу шліфування приступають лише після усунення всіх дефектів на колінчастому валу.

Найчастіше в практиці ремонту для обробки шийок застосовують шліфувальні верстати моделей 3420, 3423, 3А423, ЕН-42. Для колінчастих валів двигунів типів СМД-14, Д-240, Д-50, використовують також спеціалізовані верстати ХШ2-12 (для корінних шийок) і ХШ2-01 (для шатунних шийок). Верстат 3А423 є багатофункціональним і підходить для обробки як корінних, так і шатунних шийок практично всіх типів автомобільних двигунів.

Шліфування починають із корінних шийок і всіх інших, які розташовані на одній осі з ними, а потім переходять до шатунних шийок. На деяких ремонтних підприємствах, де застосовують зміцнення галтелей методом накатування, використовують зворотний порядок шліфування. Перший варіант вимагає попередньої обробки шийки під розподільну шестерню і зовнішньої циліндричної поверхні фланця. Тому частіше використовується другий метод, де вал встановлюють у центрах так, щоб радіальне биття шийки під розподільну шестерню не перевищувало 0,03 мм, а фланця під маховик — 0,05 мм.

Перед шліфуванням абразивний круг формують за допомогою алмазного олівця, встановленого в оправці, під охолодженням емульсією. Циліндричну частину кола формують, переміщуючи оправку з алмазним олівцем у горизонтальній площині, а галтелі - з хитанням оправки в тій самій площині.

Бічні площини кола обробляють до необхідної ширини при боковій подачі шліфувальної бабки.

Послідовність шліфування корінних шийок може варіюватися. Шліфування шатунних шийок зазвичай здійснюють на іншому верстаті, обладнаному центрозміщувачами, які забезпечують співвісність осей шатунних шийок з віссю обертання верстата. У централізованих ремонтних майстернях застосовують жорсткі (нерегульовані) центрозміщувачі.

Встановлення колінчастого валу і шліфування шатунних шийок у жорстких центрозміщувачах виконують у такій послідовності. Планшайби передньої та задньої бабок верстата фіксують за допомогою висувних стопорів. Колінчастий вал встановлюють на підкладки центрозміщувачів, а потім зміщують в осьовому напрямку вправо (рис. 2.6) - положення валу позначено пунктиром до упору у ведучий патрон.

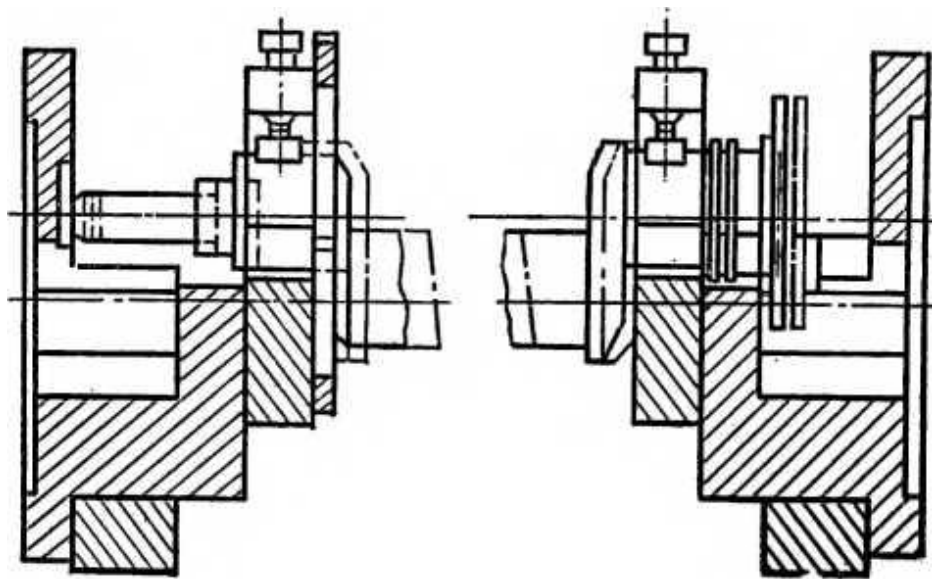


Рисунок 2.6. Положення колінчастого валу в патронах верстата при шліфуванні в жорстких центрозміщувачах

Потім вал обертають вручну до такого положення, при якому фрезерована поверхня першої щоки стає напроти відповідного фіксуючого виступу ділильної скоби. Після цього колінчастий вал зміщують ліворуч до контакту з ведучим патроном, повертають його до упору фіксуючого виступу розподільної скоби у фрезеровану поверхню щоки валу і фіксують затискними механізмами обох патронів. Планшайби звільняють від фіксаторів та шліфують

дві шатунні шийки, осі яких вирівнюються з віссю обертання шпинделя верстата. Після завершення шліфування верстат зупиняють, обидві планшайби встановлюють на фіксатори, а затяжку затискних болтів послаблюють. Вал переміщують праворуч, повертають на 120° , зміщують вліво, повертають до упору фрезерованої поверхні щок в наступний виступ ділильної скоби, після чого закріплюють затискними механізмами патронів. У результаті вісь обертання шпинделя верстата поєднується з віссю наступної пари шатунних шийок, які шліфують аналогічно до попередніх.

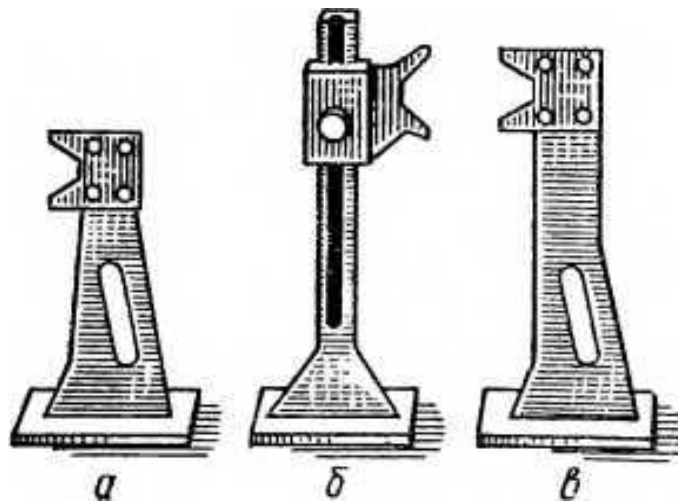


Рисунок 2.7. Шаблони для встановлення колінчастого вала

- a* - для встановлення колінчастого вала по зношених шатунних шийках
- б* - для дотримання паралельності осі шийок поверхням направляючих станини;
- в* - для установки колінчастого вала по прошліфованих корінних шийках.

При використанні регульованих центровміщувачів установку колінчастого вала перевіряють по одній з шатунних шийок за допомогою шаблону, виконаного у формі призми, яка переміщується вертикально. Шаблон (рис. 2.7, а), що постачається разом із верстатом, призначений для установки колінчастих валів усіх типів двигунів за зношеними шатунними шийками, але він не дозволяє зберегти радіус кривошипа колінчастого вала. Щоб уникнути зміни радіуса кривошипа, використовують шаблон (рис. 2.7, в), за допомогою якого зношені шатунні шийки виставляють по прошліфованих корінних. Відстань від основи до осі нерухомої призми у цього шаблону дорівнює висоті центрів верстата плюс радіус кривошипа оброблюваного вала. Також можна

встановлювати вал у вертикальній площині за допомогою шаблону з рухомою призмою (рис. 2.7, б), хоча він здебільшого використовується для дотримання паралельності осей шийок і напрямних поверхонь станини.

При шліфуванні шатунних шийок важливо, щоб їхні осі були паралельні до осей корінних шийок. Для цього колінчастий вал закріплюють на верстаті так, щоб вісь корінних шийок була паралельна до осі центрів верстата. При цьому слід витримати радіус кривошипа. Щоб забезпечити обидві умови, крайні корінні шийки виставляють за допомогою вимірювальних лінійок на планшайбах або за шаблоном (рис. 2.7, б). Обидві крайні корінні шийки мають бути розташовані на однаковій висоті від станини верстата. Відстань від осі центрів верстата до осі корінних шийок валу повинна відповідати радіусу кривошипів. Якщо радіус відповідає заданому, установка завершується, і можна приступати до шліфування шатунних шийок. Проте така установка не гарантує розміщення геометричних осей усіх шийок колінчастого валу в одній площині (для плоского валу) або під заданим кутом (120° для колінчастих валів автомобілів). Точну кутову координацію шатунних шийок не можна досягти за зношеними корінними шийками валу.

2.6 Технологічний процес відновлення колінчастого вала двигуна

Деталь - колінчастий вал. Матеріал деталі - сталь 45, твердість HRC 52-62.

Таблиця 2.5 Спосіб відновлення заварюванням тріщин на галтелях шийок з автоматичним наплавленням під флюсом

Найменування операцій та переходів	Устаткування	Інструмент, пристрої та матеріали
Мийка		

Промити колінчастий вал у гарячому розчині каустичної соди та гарячій воді Перевірка колінчастого валу	Мийна машина	
1. Встановити колінчастий вал на призми верстата	Слюсарний верстак	Призми
2. Змочити волосяну щітку в гасі і намочити нею галтель 6-ї шатунної шийки з внутрішнього боку коліна біля масляного каналу та 7 -ї корінної шийки		Волосяна щітка, гас
3. Закрити з однієї із сторін отвір масляного каналу пробкою, а з іншого боку підвести шланг зі стислим повітрям і відкрити кран		Гумова пробка, шланг для стисненого повітря
4. Перевірити, наявність тріщини на шатунній шийці по гасу і бульбашках, що виходить з гасу.		
5. Позначити місце з тріщиною червоною фарбою, не зафарбовуючи тріщину		-
6. Повторити 2, 3 і 4-й переходи для всіх шатунних і суміжних з ними корінних		1

шийок у місцях проходження масляних каналів		
7. У призмах на верстаті перевірити биття валу по 4-й корінній шийці і при битті більше 0,20 мм зняти вал і відправити на правку Виправлення колінчастого валу	-	Індикатор на штативі
1. Встановити колінчастий вал на призми преса	Гідравлічний прес 400 кН	Призми
Виправити вал не більше 0,15 мм Зняти вал Обробка тріщини на шатунній шийці під зварювання та заварювання канавки		Індикатор на штативі
1. Встановити колінчастий вал у пристосуванні	Стіл зварювальника	Пристрій для встановлення та розтягування валу
2. Виплавити метал на всій довжині тріщини, зробивши канавку глибиною 7-8 мм і шириною 8-9 мм	Ацетиленовий - генератор	Зварювальний пальник ГС-53 з наконечником

3. Заплавити канавку - приблизно на 2/3 глибини	Зварювальний перетворювач ПС- 300	Електроди марки МР-3 діаметром 4 мм, електродотримач, провід
4. Видалити шлак із поверхні - шва	-	Зубило, слюсарний молоток 0,5 кг
5. Наплавити другий шов на перший з посиленням (виступом) його над поверхнею на 1,4-2,0 мм	Зварювальний перетворювач ПС- 300	
6. Залишити колінчастий вал у пристосуванні для охолодження на повітрі	-	-
7. Зняти вал	-	-
Проточка кільцевої канавки на галтелі корінної шийки з іншого боку щоби		
Встановити колінчастий вал фланцем під маховик у патрон, а отвором під храповик у центр задньої бабки. На 4-у корінну шийку встановити люнет Виточити на галтелі кільцеву канавку глибиною 6-7 мм і	Токарний верстат 16K20	Токарний патрон, люнет, обертний центр, спеціальний різець за формою канавки
Заварювання кільцевої канавки на корінній шийці та щоби		

Встановити колінчастий вал у пристосування Заплавити кільцеву канавку на корінній шийці приблизно на 2/3 глибини. Видалити шлак з поверхні - першого шва. Наплавити другий шов на перший з посиленням (виступом) до 1,5-2,0 мм	Стіл зварювальника Зварювальний перетворювач ПС-300	Пристрій для встановлення вала Електроди марки МР-3 діаметром 4 мм, електродотримач, провід Зубило, слюсарний молоток 0,5 кг
Виправлення колінчастого валу після заварювання тріщини		
Вставити колінчастий вал на призми преса	Гідравлічний прес. 400 кН	Призми
2. Перевірити биття вала та відзначити місця, що підлягають редагуванню	-	Індикатор на штативі
3. Виправити вал при битті - більше 0,3 мм до биття 0,10 - 0,15 мм	-	
4. Зняти вал Видалення підсиленого шва на корінній шийці		

1. Встановити колінчастий вал фланцем під маховик у патрон токарного верстата, а отвором під храповик у центр задньої бабки, яка обертається. На середню корінну шию встановити люнет	Токарний верстат 16K20	Патрон, люнет, Обертовий центр
2. Обробити наплавлений шов на корінній шийці, забезпечивши радіус жолобника 5-6 мм при повному зносі шийок. Для шийок, придатних для шліфування під ремонтний розмір, радіус жолобника повинен бути 2-2,5 мм.		Різець із твердого сплаву T15K6
3. Зняти вал Видалення підсиленого зварного шва на шатунній шийці		
1. Встановити колінчастий вал на шліфувальний верстат	Шліфувальний верстат для колінчатих валів	Центрозміщувачі

2.7 Ремонт і відновлення фланця

В конструкцію більшості колінчастих валів входить фланець, який призначений для закріплення маховика. До основних дефектів фланців слід віднести: інтенсивне зношування робочих поверхонь, а також відхилення в геометричній формі діаметра для його посадки; торцеве та радіальне биття поверхонь фланця; зношування та відхилення отворів по формі під штифти для кріплення маховика. Для відновлення поверхонь фланця, які зазнали інтенсивного зношування, а також порушення параметрів точності використовують метод наплавки з подальшою токарною та шліфувальною обробкою.

Щодо технічних вимог по параметрах точності та якості фланця: точність виготовлення діаметра для посадки фланця – II клас; шорсткість поверхні торця фланця - VI клас. Для усунення торцевого биття поверхні фланця проводять проточування на токарному верстаті знімаючи мінімальний шар металу в межах 0,1...0,2 мм. В таблиці 2.6 приведено дані по режимах обробки фланця на токарному верстаті.

Таблиця 2.6. Режим токарної обробки фланця

Режим обробки	Обробка поверхні фланця	Обробка торця фланця
Частота обертання деталі, об/хв	200	400
Подача, мм/об	0.3	0.3
Кількість проходів	2–3	1

При неодноразовому ремонті колінчастих валів внаслідок токарної обробки торцевої поверхні фланця, його товщина може досягнути мінімально допустимих значень. Для збільшення товщини фланця використовують метод наплавлення. Наплавивши поверхню фланця поряд із механічною обробкою

його торцевої поверхні необхідно провести відповідну обробку також отворів під кріпильні болти і штифти для кріплення маховика незважаючи на точність їх виготовлення, що значно ускладнює весь технологічний процес ремонту. При можливості такі вали вибраковуюють не проводячи ніяких операцій відновлення.

2.8 Технологічний процес ремонту та відновлення різьбової поверхні

Згідно технічних вимог на експлуатацію колінчастих валів різьбові поверхні відновлюють у випадку зносу або зриву більше двох ниток. Виходячи із службового призначення колінчастого валу на його поверхнях формують наступні різі: на зовнішній циліндричній поверхні від М64х2 до М105х2; на внутрішній циліндричній поверхні – у поверхні фланця від М12х1,25 до М20х1,5; під посадку шківів від М12х1,5 до М33х2; отвори під встановлення пробок пилеуловлювачів від М16х 1,5 до М33х1,5; під маслогінну пробку довжиною від 1,5 до 2,3 мм.

При відновленні зовнішньої різьбової поверхні використовують метод наплавки металу на зношені її ділянки з подальшим її нарізанням під ремонтний розмір.

Технологічний процес відновлення зношеної різьбової поверхні передбачає її зточування перед процесом наплавлення, в іншому випадку, в процесі наплавлення зношена різьбова поверхня вигоряє утворюючи шлаки, які засмічують шар металу який наплавляється і приводить до викришування нової різьбової поверхні. Для отримання якісної різьбової поверхні передбачено отримання наплавленого шару металу в межах 2...3 мм на сторону. Наплавивши робочі поверхні вал проточують із використанням різьбових різців нарізають різьбову поверхню за 4...7 проходів для одержання нормальних розмірів при швидкості різання 10...12 м/хв..

Способи відновлення різьбових поверхонь в отворах колінчастих валів: чистове розточування поверхні отвору до відповідного розміру та нарізання нової різьбової поверхні під ремонтний розмір; чистове розточування отворів з подальшим встановленням різьбової втулки для нарізання в ній різьбової

поверхні нормального або зменшеного розмірів; послідовне заварювання отвору, свердління нового отвору, нарізання різьбової поверхні зменшеного розміру. Як правило, при ремонті колінчастих валів використовують перший метод відновлення різьбових поверхонь.

У таблиці 2.7 приведено значення нормальних та ремонтних розмірів різьбових поверхонь та діаметри розточування отворів під ремонтні різьби.

Таблиця 2.7. Нормальні і ремонтні розміри внутрішньої різьби

Розмір різьби		Необхідний діаметр отвору під ремонтну різьбу мм
нормальний	ремонтний	
M12×1.5	M14×1.5	12,4
M16×1.5	M18×1.5	16,4
M18×1.5	M20×1.5	18,4
M22×1.5	M24×1.5	22,3
M24×2	M27×2	24,8
M27×1.5	M30×1.5	28,3
M27×2	M30×2	27,8
M33Г 2	M36×2	33,7

Різьбу в отворах під шків нарізають на токарних верстатах внутрішніми різьбовими різцями чи мітчиками. Різьбу в отворах фланця і на щоках під пробки пилеуловлювачів нарізають мітчиками на вертикально-свердлильних верстатах, а при індивідуальному ремонті - вручну.

При зносі маслосгінної різьби до глибини, менше допустимою без ремонту (табл. 2.8), її поглиблюють різцем до нормальної глибини (за 3-5 проходів), а різбову шийку шліфують до виведення слідів зносу. При індивідуальному ремонті зовнішню поверхню маслосгінної різьби проточують до виведення задирів, обробляють різцем спеціального профілю до нормальної глибини і зачищають наждачною шкіркою.

Таблиця 2.8. Глибина маслорозподільної різьби

Марка двигуна	Глибина, мм	
	нормальна	допустима при ремонті
MAN	1,6	1
КДМ-46, КДМ-100, Д-108:		
Передня шийка	1,5-1-0,5	1
задня шийка	2,3±0,5	1,5
СМД-14, СМД-7	1,5-0,3	1
Д-75, Д-54А	1,5	1
Д-65Н, Д-48М, Д-48Л, Д-40М,	2	1
Д-40Л, Д-40К, Д-38		
П-46	1,0	0,7

Допускається виготовлення нових різьбових отворів у фланці, зміщених по відношенню до старих на 30°.

2.9 Технологія ремонту та відновлення шпонкових канавок і шліців

Спосіб ремонту шпонкових канавок багато в чому залежить від масштабу виробництва. При індивідуальному ремонті, де допускається припасування деталей за місцем, відновлення шпонкової канавки зводиться до того, що окремі забоїни на гранях канавок знімають напилком.

При великій розробці канавки збільшують її ширину на 10...15% і ставлять ступінчасту шпонку. Для цього використовують універсально-фрезерний верстат. Обробляють канавку дисковими або кінцевими шпонковими фрезами в пристосуванні.

При відновленні шпонкової канавки під розподільчу шестірню необхідно зберегти її колишнє місце розташування, оскільки від нього залежить правильність газорозподілу у циліндрі двигуна. Зміщення осі шпонкової канавки щодо діаметральної площини допускається не більше 0,075 мм.

Якщо шпонкова канавка зношена настільки, що збільшення її ширини

вже неприпустимо, стару канавку заварюють і на валу розмічають та фрезерують нову.

В умовах централізованого ремонту необхідно зберегти принцип взаємозамінності шпонкових з'єднань, тому зношені шпонкові канавки відновлюють заваркою і фрезеруванням нової канавки. Шпонкову канавку на шийці під шків вентилятора допускається фрезерувати у новому місці. Зміщення осі шпонкової канавки по відношенню до осі валу допускається не більше 0,1 мм. Розміри та форму шпонкових канавок перевіряють штангенциркулем або шаблоном, а розміщення канавки на валу - рейсмусом. Бічні стінки шпонкових канавок повинні бути чистими, рівними та паралельними площині симетрії валу.

При відновленні шпонкових канавок необхідно витримувати не тільки розміри, але й відстань їх до торця першої шийки. На рисунку 2.8 показані геометричні параметри шпонкових канавок колінчастих валів наведені розміри, що витримуються при відновленні шпонкових канавок.

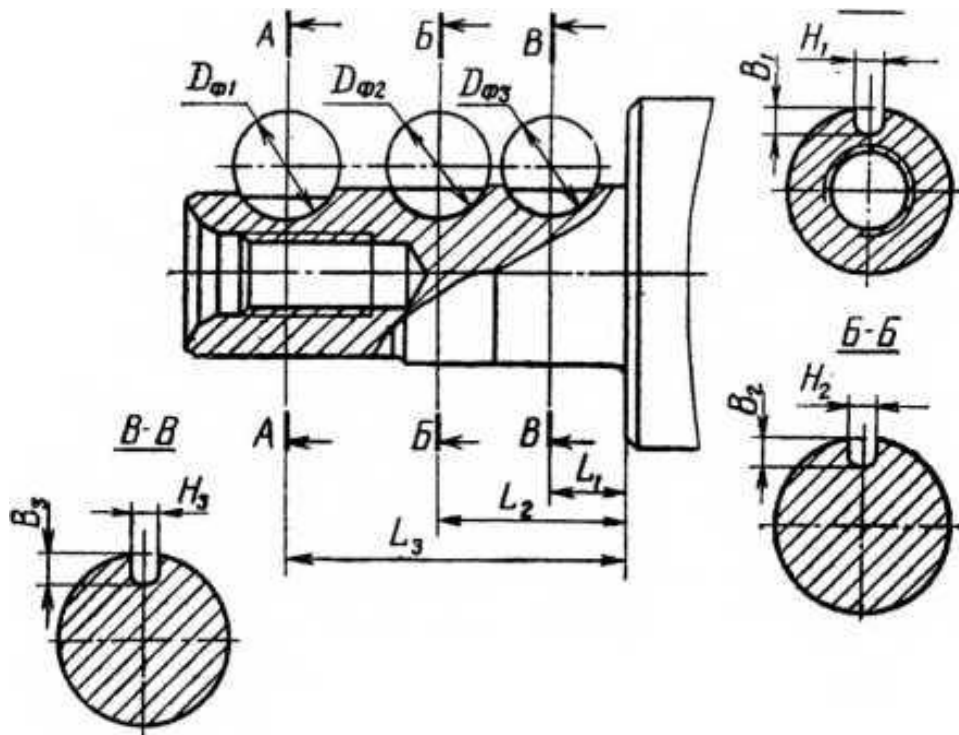


Рисунок 2.8. Геометричні параметри шпонкових канавок колінчастих валів.

При невеликому зносі шліців по ширині їх роздають, використовуючи найпростіші пристрої (рис. 2.9). Для цього посередині шліця на всій його довжині карбують канавки, в результаті чого ширина шліця збільшується.

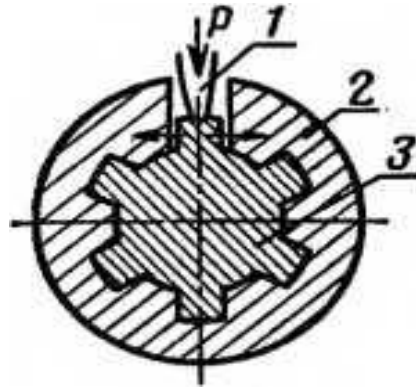


Рисунок 2.9. Відновлення шліців карбуванням:

1 – чеканка; 2 – шліцева втулка; 3 – відновлювальний вал

Потім цю канавку заварюють і шліци шліфують. Якщо шліцева поверхня валу загартована, перед карбуванням її відпалюють, а після шліфування гартують. При великому зносі шліци відновлюють наплавленням. Можна заваритисуцільно або наплавити тільки їх бокові поверхні.

Заварюють вручну електродом Е50А діаметром 3 мм, використовуючи постійний струм зворотної полярності 160-180 А при напрузі 24-26 В, або автоматично під шаром легуючого флюсу АН-348 дротом II класу при струмі 170-190 А та напрузі 25-26 В.

Автоматичне наплавлення виконують на токарному верстаті, застосувавши наплавну головку А-580М. Вал при цьому залишається нерухомим, а наплавочній головці надають рух подачі вздовж осі колінчастого валу. Після кожного проходу вал повертається в розподільчому пристрої на кут, відповідний одному шліцю.

Наплавлений таким чином колінчастий вал, володіючи високою твердістю бічних поверхонь шліців, не може бути оброблений фрезеруванням, тому його попередньо відпалюють при 860-900° С. Відпал виконують після

наплавлення шийок.

Після відпалу вал проточують, шліци фрезерують на фрезерному верстаті, загартовують струмами високої частоти при $900-920^{\circ}\text{C}$ до твердості HRC 50-56 і шліфують. На рисунку 2.10 показані геометричні параметри шлиців колінчастих валів двигунів АМ-41 та АМ-01.

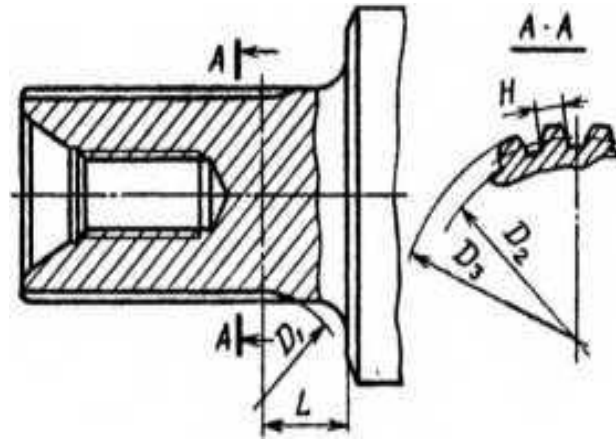


Рисунок 2.10. Геометричні параметри шлиців колінчастих валів двигунів АМ-41 і АМ-01, мм:

2.10 Електрохімікомеханічні процеси обробки поверхонь деталей

Серед нових перспективних процесів обробки поверхонь деталей особливе місце займають суміщені електромеханічні методи. До них відносяться методи електрохімікоабразивної і електрохімікоалмазної обробки. Електрохімікомеханічну обробку застосовують при шліфуванні металів та твердих сплавів. Вона вдвічі підвищує продуктивність праці у порівнянні із звичайним шліфуванням. Існує два види електрохімікомеханічного шліфування із застосуванням як інструмент: електрода - струмопровідного шліфувального круга і електронейтрального інструменту - токонепровідного шліфувального кола.

У першому випадку користуються електроабразивними колами, тобто колами з електропровідним наповнювачем (зв'язуванням) або струмопровідними алмазними шліфувальними колами. Корундові або алмазні

зерна, що виступають з струмопровідної зв'язки, утворюють щілину між зв'язкою кола і оброблюваною деталлю, в яку подають електроліт. Кришка плівка, що створюється в результаті анодного розчинення - видаляється виступаючими зернами кола.

Постійний струм напругою 8-36 В при щільності до 200 А/см^2 , створюючи анодне розчинення поверхневого шару деталі, що шліфується, забезпечує при роботі алмазним кругом збільшене знімання металу (до $1000 \text{ мм}^3/\text{хв}$); при цьому досягається точність 2-го і навіть 1-го класу, шорсткість поверхні 7-8 класів, а при фінішних режимах (з припуском 0,01-0,05 мм) - 10 - 12 класів.

До переваг даного процесу відносяться: можливість шліфування будь-яких металів незалежно від їх твердості та в'язкості, відсутність дугових та іскрових розрядів, завдяки чому метал не плавиться. При рясному охолодженні електролітами не потрібна вентиляція. До недоліків процесу можна віднести велику щільність струму, що тягне за собою потребу у використанні потужних джерел постійного струму, а також велику витрату електроліту.

Електрохімікомеханічне шліфування електронейтральними колами проводять за схемою, показаною на рисунку 2.11. Через сопло (катод) 3 електроліт подається в міжелектродний зазор до оброблюваного валу (аноду) 2.

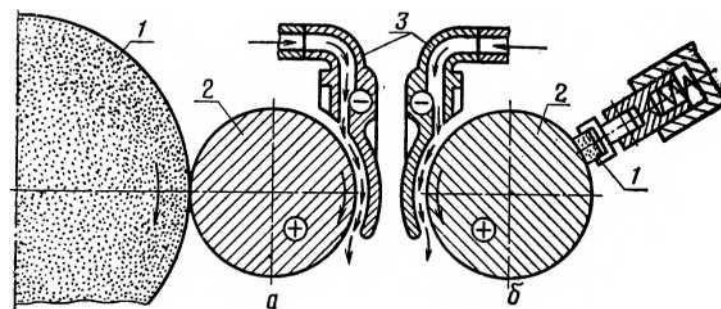


Рисунок 2.11 Схема електрохімікомеханічного шліфування електронейтральним інструментом:

а - шліфування з інструментом, що обертається (кругом); б - шліфування з нерухомим інструментом (брусом); 1 - абразивний інструмент; 2 - оброблюючий вал; 3 - сопло (катод).

Нейтральним струмопровідним абразивним інструментом 1 лише видаляють продукти електрохімічної реакції з поверхні, що обробляється. Шліфують при питомому тиску кола на деталь у межах 0,05-0,5 МПа), при низькій щільності струму 0,5-1,2 А/см² і окружної швидкості шліфувального кола 20-30 м/с. При такій обробці забезпечується точність 2-го класу та шорсткість поверхні 8-9 класів та вище. Процес застосовують для зовнішнього шліфування і доведення брусками. Він не вимагає застосування потужних джерел постійного струму та дорогих кіл на струмопровідній основі.

Електрохімікоалмазне шліфування поверхонь валів із сталі 45 доцільно виконувати алмазними колами АПП зернистістю АСП-25 на зв'язках МК або МС з концентрацією алмазів 100% і використовувати при цьому як електроліти слабкі нешкідливі розчини солей наступного складу: 6% NaNO₃; 0,3% NaNO₂; 0,75% NaPO₄, решта вода. Кількість електроліту, що подається, не менше 6 л/хв.

Електрохімікомеханічну обробку доцільно використовувати для попереднього шліфування наплавленого шару металу з метою підвищення продуктивності праці і в якості фінішної операції шийок колінчастих валів. Дослідження показали, що використання методів електрохімікомеханічної обробки для суперфінішування дозволяє вести обробку з великими припусками, з високою продуктивністю (0,08-0,1 мм/хв) і забезпечувати шорсткість поверхонь сталевих деталей в межах 10-11- го класів.

Електрохімікоалмазне суперфінішування валів зі сталі (HRC 50-52) рекомендується виконувати алмазними брусками 100% концентрації на металевій зв'язці МІ або еластичними алмазними брусками. Оптимальний режим обробки: напруга 15-18 В, щільність струму 25-30 А/см², амплітуда коливань алмазного бруска 2-3 мм, частота коливань бруска 2800 подвійних ходів за хвилину, швидкість обробки деталі 70-90 м/хв; тиск бруска 0,5-0,6 МПа, час обробки 1 хв; зернистість бруска АСМ 40/28 - АСМ 28/20, склад електроліту 20% KNO₃ або NaNO₃, 0,5% NaNO₂, решта вода.

Для кращої працездатності еластичного алмазного бруска при обробці

шийок валів з галтелями рекомендується вибирати товщину еластичного шару 3-4 мм, а величину деформації бруска в крайніх положеннях встановлюють рівною 0,2-0,3 мм. Доведення еластичними брусками виконують при тому режимі, що і при використанні брусків на металевій зв'язці. Тільки частота обертання при цьому забезпечується в межах 20-25 об/хв і частота коливань (число подвійних ходів) бруска - 1000 за хвилину.

Ефективним методом попередньої обробки наплавлених поверхонь високої твердості виявився також метод електроерозійнохімічного шліфування. Сутність його полягає в поєднанні протягом одного імпульсу струму одночасно двох процесів - електричного розряду (електроерозії) і електрохімічного розчинення металу. В результаті цього забезпечується висока продуктивність знімання металу і високі класи шорсткості і точності попередньої обробки шийок валів.

Цей метод був застосований для обробки шийок до колінчастих валів двигунів ГАЗ-51, відновлених електродуговим наплавленням під легуючим флюсом. Шийки обробляли на переобладнаному круглошліфувальному верстаті 3151. Як джерело живлення використовувався зварювальний агрегат з напругою 30 В типу ПСГ-500.

Електроерозійнохімічне шліфування шийок колінчастих валів, наплавлених під легуючим флюсом, доцільно проводити при напрузі 30 В і струмі 450 А, використовуючи електроліт, що містить 15% кухонної солі. При шліфуванні колінчастих валів продуктивність знімання металу становила 4000-5000 мм³/хв, шорсткість поверхні відповідала 4-5-м класам, а точність обробки шийок - 0,02 мм.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Робоча зона установки для шліфування шатунних шийок колінчастого валу

Конструкція регульованого центрозміщувача дозволяє здійснювати таку координацію. Для цього після налаштування валу за радіусом кривошипа та поєднання осей шатунних шийок з віссю шпинделя верстата, послаблюють затискання болтів, виводять фіксатор із гнізда і повертають вал разом із патронами навколо осі центрозміщувача до потрібного положення. Індикатор 3 (рис. 3.1) використовується для точної перевірки суміщення осей патронів на центрозміщувачах. Після цього патрони знову фіксують і затягують болтами.



Рисунок 3.1. Установка колінчастого валу на верстаті для обробки шатунних шийок

Після установки колінчастий вал врівноважують за допомогою противаг і розпочинають процес шліфування. Шліфують шатунні шийки по парам. Як шатунні, так і корінні шийки можна обробляти, використовуючи як поздовжню, так і поперечну подачі. Поперечна подача є продуктивнішою, проте вона потребує, щоб ширина шліфувального круга відповідала довжині оброблюваної

шийки. При цьому способі значення похибок форми стають більшими, що вимагає частішого виправлення круга. Окрім того, застосування радіальної подачі обмежується через недостатню жорсткість оброблюваного валу. Шліфування шийок здійснюють корундовими або електрокорундовими колами на керамічному зв'язуванні, зернистість яких становить 16...60, а твердість варіюється від СМ 2 до СТ2.

Режими обробки такі: окружна швидкість шліфувального кола складає 25...35 м/с, окружна швидкість оброблюваної поверхні становить 18...25 м/хв для корінних шийок і 7...12 м/хв для шатунних; поперечна подача кола під час чорнового шліфування дорівнює 0,02...0,03 мм, при чистовому — 0,003...0,006 мм; поздовжня подача становить 7...11 мм на один оберт валу. Рекомендується виправляти шліфувальний круг після обробки одного-двох валів.

Щоб уникнути утворення мікротріщин при шліфуванні, застосовують інтенсивне охолодження. Струмінь охолоджувальної рідини повинен покривати всю робочу поверхню круга. Як охолоджувальну рідину використовують 3...4%-ний розчин кальцинованої соди або емульсію (10 г емульгатора на 1 л води).

Під час обробки важливо забезпечити, щоб конусність і овальність шийок не перевищували 0,015 мм, а також точність діаметральних розмірів, оскільки на подальшу обробку залишають мінімальний припуск у 0,005 мм. Перед поліруванням роззенковують і полірують гострі краї масляних каналів і зміцнюють галтелі.

Балансування колінчастих валів

Під час експлуатації та ремонту двигунів баланс колінчастих валів може порушуватися, тому їх балансування має виконуватися з такою ж ретельністю, як і при їх виробництві. Потрібно зазначити, що збільшення дисбалансу колінчастого валу погіршує роботу двигуна. Дослідження показали, що після ремонту дисбаланс валів може перевищувати допустимі значення в 6...10 разів. Це зумовлено переходом на ремонтні розміри шийок, зміною товщини фланця і діаметрів отворів у ньому, зміщенням осей маховика та зчеплення відносно осі

валу, а також змінами в геометрії валу (кривизна, радіус кривошипа, кут між кривошипами тощо). Балансування виконують перед фінальним етапом обробки, щоб зберегти точність поверхні шийок і зменшити відхилення від геометричної форми валу. Після ремонту рекомендовано проводити балансування спочатку для самого валу, а потім у зборі з маховиком і зчепленням.

Особливості балансування залежать від конструкції валу. Наприклад, під час динамічного балансування валу двигуна ЗІЛ-130 на кожну шатунну шийку встановлюють знімний вантаж, що компенсує масу відсутніх шатунів і поршнів. Довжина вантажу має дорівнювати довжині шатунної шийки, а центр ваги — розташовуватися на осі шатунної шийки посередині її довжини. Вантаж балансують статично з допустимим дисбалансом у 2 г·см, а його масу підганяють з точністю до ± 1 г.

Відновлення балансу після ремонту іноді вимагає наплавлення металу в раніше просвердлені отвори в противагах або видалення надлишкового металу шляхом свердління чи фрезерування. Залишковий дисбаланс, який вимірюється на крайніх корінних шийках, не повинен перевищувати 30 г·см на кожному кінці валу.

Після цього рекомендується проводити балансування валу в зборі із статично збалансованими елементами, такими як маховик, натискний диск зчеплення з кожухом, ведений диск зчеплення та шків. Спочатку вал балансують із маховиком, усуваючи дисбаланс шляхом свердління отворів у маховику. Залишковий дисбаланс валу з маховиком щодо задньої корінної шийки не повинен перевищувати 40 г·см. Далі балансування продовжують у зборі з зчепленням, і залишковий дисбаланс щодо середини задньої корінної шийки валу не повинен перевищувати 70 г·см. Допустимий залишковий дисбаланс для різних типів валів коливається від 15 до 120 г.

Для динамічного балансування колінчастих валів рекомендується універсальна балансувальна машина БМ-У4 моделі 4274, що призначена для динамічного балансування обертових тіл, центр ваги яких розташований між

опорами (колінчастий вал, вал із маховиком і зчепленням, ротор електродвигуна).

Технічні характеристики балансувальної машини БМ-У4:

- Максимальний діаметр балансованої деталі, мм — 800;
- Максимальна відстань між опорами балансованої деталі, мм — 800;
- Маса балансованої деталі, кг — 5...200;
- Точність визначення неврівноваженості, г·см — 5...10;
- Помилка у визначенні місця неврівноваженості в площині обертання — 0...5.

Машина для балансування складається з механічного блоку та вимірювального пристрою з датчиками і стробоскопом для точного визначення зони корекції. Машина також включає електрообладнання з електроприводом і систему для автоматичної подачі мастила до опор, на яких закріплюють балансовану деталь.

Механічний блок машини складається з литих чавунних стійок 1 і 13 (рис. 3.2), плити 14 і трубчастих напрямних 15. На напрямних встановлені нерухомі опори 9 і 11 з колісками 10. Після налаштування в потрібне положення опори фіксують стопорами. На стійці 1 розташована шпиндельна бабка 5, а всередині стійки розміщений електропривід. Електродвигун, закріплений на консолі 2, передає обертання шпинделю 7 через клинопасову передачу 3. На опорах 9 і 11 кріпляться кронштейни 18 з електромагнітами 17, які призначені для автоматичного замикання і розмикання колісок та запуску насосів подачі мастила до вкладишів опор. У корпусах опор 9 і 11 на сталевих стрічках 12 підвішені коліски, коливання яких гасяться демпферами 16.

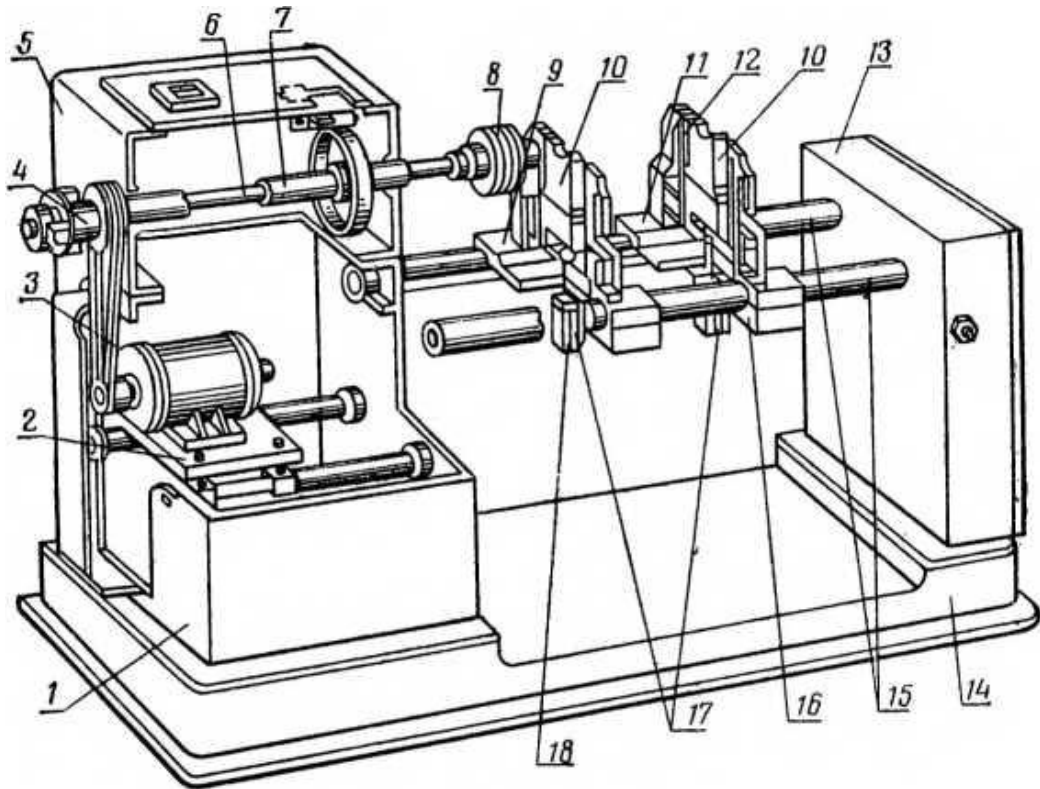


Рисунок 3.2. Динамічна балансувальна машина БМ-У4 моделі 4274:

1, 13 - стійки; 2 - консольна плита; 3 - клинопасова передача; 4, 8 - пружинні муфти; 5 - шпindelна бабка; 6 - привідний вал; 7 - шпindel; 9, 11 - опори колисок; 10 - колиска; 12 - сталевая стрічка; 14 - плита; 15 - трубчасті напрямні; 16 - демпфер; 17 - електромагніти; 18 - кронштейн.

Балансований колінчастий вал приводиться в обертання за допомогою шпинделя 7, всередині якого розташований привідний вал 6, оснащений двома пружинними муфтами 4 і 8. Ці муфти дозволяють колискам коливатися в поперечному напрямку на відстань від 5 до 10 мм, що не перешкоджає їх роботі.

Вимірювальний комплекс складається з двох датчиків, інтегрованих в опори 9 і 11, лампового підсилювача, стробоскопічного освітлювача та мікроамперметра. За допомогою датчиків механічні коливання колисок перетворюються в електричні сигнали. Ці сигнали надходять на вхід підсилювача, після чого передаються на вимірювальний прилад зі шкалою, градуйованою в грам-сантиметрах (г·см).

Вимірювальний прилад, стробоскопічне освітлення, елементи управління і налаштування розміщені на панелі, закріпленій на передній частині шпindelної бабки. Під час роботи вимірювальної системи для визначення рівня неврiвноваженостi використовуються сигнали обох датчикiв. Після посилення та обробки ці сигнали надходять на вимірювальний прилад та імпульсну лампу ІФК-120, яка освітлює цифри обертового лімба, вказуючи на кутове розміщення дисбалансу. Величина сигналу, що проходить через підсилювач до мікроамперметра, відображає розмір дисбалансу в г·см.

При запуску електродвигуна, через встановлений проміжок часу, відбувається розгальмування (розпирання) опор колісок. Для прискорення зупинки обертання ротора двигуна, який балансується, використовується система динамічного гальмування. Динамічна балансувальна машина БМ-У4 дозволяє з високою точністю визначати як величину, так і положення дисбалансу колінчастого валу за 10-15 секунд після запуску.

Раніше вважалося достатнім для нормальної роботи двигуна проводити динамічне балансування окремо для колінчастого валу та в зборі з маховиком, а потім зі зчепленням. При цьому всі елементи шатунно-поршневої групи повинні мати приблизно однакову масу в одному комплекті.

Однак із зростанням частоти обертання колінчастих валів і появою V-подібних восьмициліндрових двигунів стало неможливим досягати потрібних вимог до балансування за допомогою цих методів. Накопичена похибка в масах окремих елементів та їх геометричні відхилення під час ремонту чи виробництва призводять до зростання дисбалансу двигуна. Це створює необхідність балансування двигуна у зборі. З цією метою було створено стенд МА-9731, оснащений свердлильними головками для корекції неврiвноваженостi висвердлюванням отворiв у маховику та шкiві валу.

3.2 Обробка робочих поверхонь, виправлення та діагностика тріщин

Умовою для використання методу магнітної дефектоскопії є попередня підготовка посадкових шийок колінчастого валу шляхом одержання блискучої

поверхні. Крім цього, при цій же операції позбавляються слідів корозії, що може стати причиною появи дефектів в процесі наплавлення поверхонь посадкових шийок. Як правило, у ремонтних майстернях стацій технічного обслуговування автомобілів для цих цілей використовують токарний верстат та необхідний інструмент.

На сучасних СТО з використанням універсального обладнання можлива обробка всіх шийок двох або більше однакових колінчастих валів, так розташувавши їх у центрах верстата, щоб аналогічні шийки були в одній площині із направленням в одну відносно осі колінчастого вала. Для цього, колінчасті вали обертаються з постійною та однаковою швидкістю та в одному напрямку, що забезпечує постійну відстань між оброблюваними шийками на які надягнені полірувальні хомути.

Для забезпечення надійного з'єднання полірувальних хомутів використовують натяжні пружини, які забезпечують тиск в межах 0,2 МПа. На внутрішній стороні хомута закріплена шліфувальна шкірка із необхідною зернистістю для забезпечення шорсткості робочої поверхні шийки не нижче шостого класу. Сумарний час на обробку всіх шийок одного колінчастого валу, який включає в себе також час на встановлення та зняття валу з верстата складає 4...5 хв.

Як правило, у довгих колінчастих валів, які підлягають ремонту, появляється прогин значення якого контролюється індикатором, який встановлюється поряд із середньою корінною шийкою вала. На робочій плиті змонтовані спеціальні призми на які своїми крайніми корінними шийками встановлюється вал та кріпиться штатив з індикатором. Для визначення величини радіального биття поверхні шийки вал встановлений у призмах повертають вручну і контролюють показники індикатора. Значення між граничними показниками індикатора являється величиною прогину. Якщо величина прогину вала перевищує 0,15 мм використовують метод правки для його усунення. Якщо значення прогину вала менше використовується або метод токарної обробки, або шліфування після наплавлення відповідних

поверхонь.

Одним з найбільш поширених методів для виправлення прогину валів є використання гідравлічних пресів, які забезпечують багаторазове навантаження та розвантаження колінчастого валу, при цьому загальна кількість циклів навантаження-розвантаження, напрямок дії зусилля та його величина залежать від конструктивних особливостей вала та величини прогину. Тривалість операції залежить від часу забезпечення величини прогину, яке стає меншим за максимально допустиме значення. Швидкість робочого ходу штоку преса, як правило не перевищує 1 мм/сек., що досягається оснащенням гідросистеми преса відповідним дроселем, або клапаном–уповільнювачем з вбудованим гідродемпфером.

Запропонована методика для визначення силових параметрів навантаження на колінчастий вал для усунення необхідного прогину. На рисунку 3.3 приведена конструкція спеціального пристосування для визначення величини прогину вала та необхідного навантаження для його усунення. В конструкцію даного пристрою входить підставка 1, упор 2, а також кронштейн 6 із закріпленим на ньому індикатором 5. При обертанні колінчастого валу, радіальне биття контролюючих поверхонь передається на індикатор 5 за допомогою двоплевого важеля 3 та подовжувача 4. Крім вимірювання величини прогину та значення навантаження на колінчастий вал, пристрій дозволяє також контролювати залишкове биття після виправлення валу, а також використовується в якості упору при обмеженні перегину валу в процесі правки.

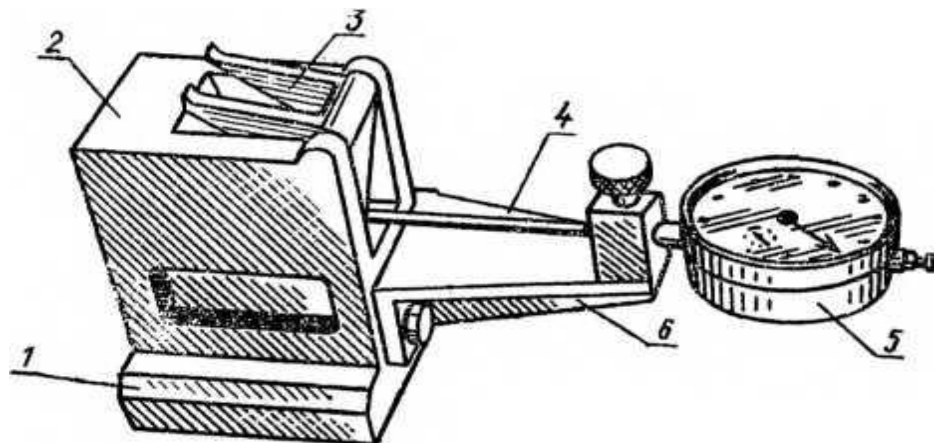


Рисунок 3.3. Конструкція спеціального пристосування для визначення величини прогину вала та необхідного навантаження

1 - підставка для пристосування; 2 – контролюючий упор; 3 – важіль двоплечовий; 4 – подовжувач індикатора; 5 – індикаторна головка; 6 – кронштейн для кріплення індикатора.

При виправленні колінчастих валів методом пресування, їхня витривалість є значно меншою у порівнянні з новими валами. Одночасно із процесом силового навантаження на вал на поверхнях шатунних шийок (галтелях) виникають нові та поширюються старі, як мікро- так і макротріщини.

При наявності великої кількості тріщин, а також при завищеному навантаженні при пресуванні вала, можливі випадки його руйнування. Для запобігання даного процесу перед пресуванням вал повинен пройти магнітну дефектоскопію. Враховуючи перелічені недоліки методу пресування при усуненні прогину, використовують метод для виправлення прогину шляхом наклепу під час ударів молота по робочих поверхнях, що забезпечує кращу якість поверхонь.

Суть методу полягає в тому, що поверхні колінчастого вала, які підлягають наклепу створювали вигин після їх розтягування від ударів, що дозволяє повернути форму вала до заданих параметрів. Точність виправлення поверхонь вала складає 0,02 мм. До переваг даного методу слід віднести відсутність підвищеної концентрації напружень у перерізах вала, при цьому втомна міцність, як правило не знижується.

Використовуючи метод магнітної дефектоскопії в сукупності з магнітним порошком появилася можливість для виявлення мікро- та макротріщин на поверхнях вала (шийки, галтелі). В якості магнітного порошку можна використовувати окалину після прокатування та кування, а також подрібнену чавунну стружку та інші. Склад використовуваної суспензії: 40% - трансформаторне масло; 60% - гас; 50 г/літр суміші – магнітний порошок. Для проведення дефектоскопії вала для його обробки використовують або сухий

ферромагнітний порошок, або спеціальну суспензію, якою заливають вал. Під час дефектоскопії частинки металу групуються біля дефектних зон і утворюють осад у вигляді жилок розміри яких в сотню раз ширші за саму тріщину. З місцезнаходженням таких осадів визначають, як місце знаходження тріщини, так і її розміри та форму.

Використовують два методи контролю: контроль по залишковій намагніченості, коли порошок або суспензія наносяться, як правило після закінчення дії магнітного поля; контроль у присутності магнітного поля. З метою виявлення поперечних або повздовжніх тріщин на поверхні вала використовуються різні методи для його намагнічування. При виявленні поперечних тріщин використовують повздовжнє намагнічування вала, а для виявлення повздовжніх тріщин, використовують циркулярне намагнічування. З використанням поля електромагнітного або соленоїда проводиться повздовжнє намагнічування вала, при циркулярному намагнічуванні через колінчастий вал пропускають змінний або постійний струм при величині струму 2000...3000 А. При одночасному виявленні дефектів в різних напрямках використовується комбіноване намагнічування вала.

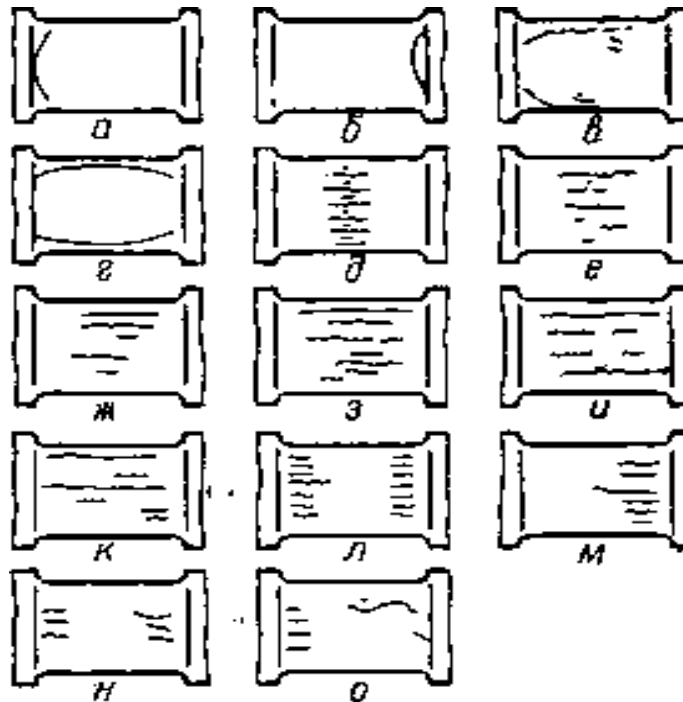


Рисунок 3.4. Тріщини на шатунних шийках колінчастих валів:

а, б - кільцеві; в, г - розташовані під кутом ; д, е, ж, з, і, к - поздовжні; л,

м, н, о - поздовжні дво- та однорядні, розташовані на межі загартованого шару металу

Робочий струм при циркулярному намагнічуванні наближено можна визначити за формулою:

$$I = (17...20) D, A,$$

Де D – діаметр шийки колінчастого вала, мм.

Для намагнічування шатунних шийок часто використовують зовнішні контакти, які міцно притискаються до щік валу, розташовуючись вздовж осі шийки. Процес розмагнічування виконується шляхом пропускання через вал струму з поступовим зменшенням його інтенсивності до повного зникнення.

Колінчасті вали з тріщинами, що досягають галтелей (рис. 1.4, а, б, в, г, і, н), зазвичай підлягають вибракуванню, кількість таких випадків зазвичай не перевищує 2-3%. Якщо тріщини не виходять на галтелі (рис. 1.4, д, е, ж, з, к, л, м), вал піддається наплавленню, під час якого тріщини заварюються без зниження втомної міцності валу.

Під час дефектоскопії колінчастих валів використовуються як універсальні дефектоскопи (МЗД-2, МДП-2), так і спеціалізовані установки. На рисунку 3.5 представлена принципова схема стенду для магнітної дефектоскопії колінчастих валів. Стіл стенду обладнаний призмами-роliками і двома кронштейнами з основними контактами 2 і 4. Рухомий контакт 2 закріплений на штоку пневмоциліндра 1, який активується через клапан 18. Внутрішня частина столу містить регулятор струму 10, два масляних резервуари 6 і 12, ємність 16 з електронасосом 17 для подачі суспензії. Для перемішування суспензії до ємності через клапан 7 підводять стиснене повітря.

Суспензія подається з резервуара по шлангу, на кінці якого закріплений клапан 3. З колінчастого валу 19 суспензія зливається у ванну 5 і повертається до резервуара. Рухома частина трансформатора регулятора струму сполучена з гідроциліндром 11, який приводиться в дію електропневматичним клапаном 8. Швидкість руху частини трансформатора регулюється напірним золотником 9 і

зворотним клапаном.

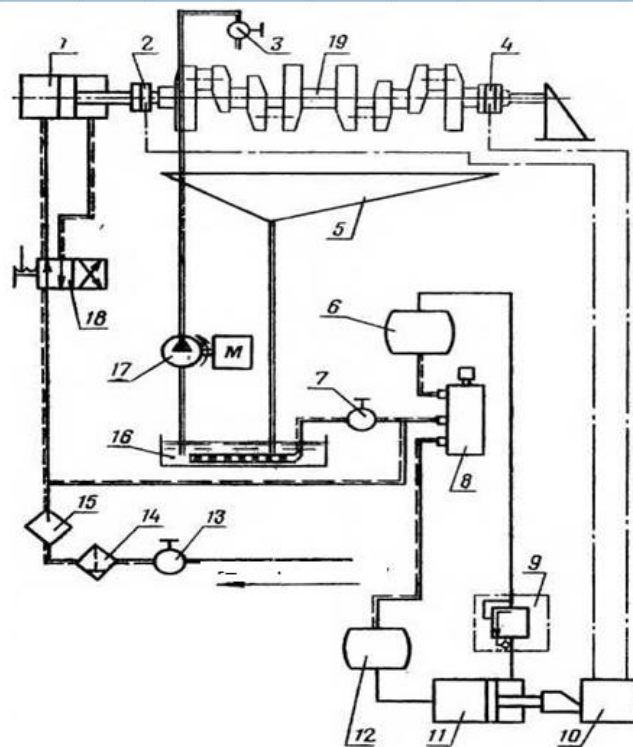
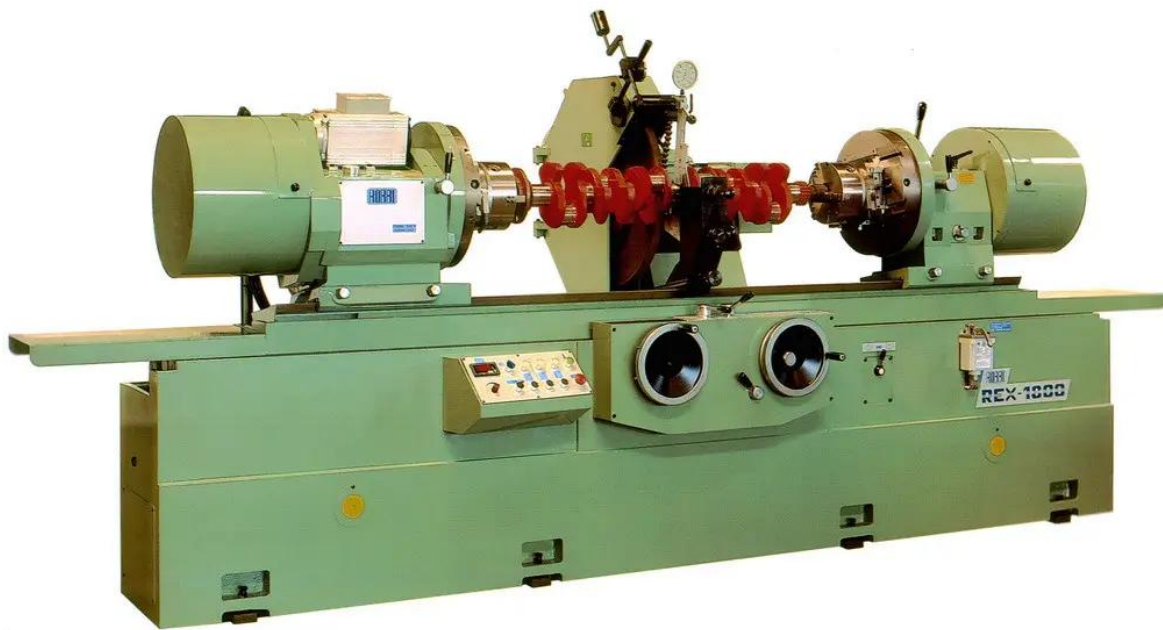


Рисунок 3.5. Загальний вигляд та кінематична схема стану для магнітної дефектоскопії колінчастих валів:

1 – пневмоциліндр; 2 – рухомий контакт; 3 – кран для включення подачі суспензії; 4 – нерухомий контакт; 5 – ванна для зливу; 6, 12 – резервуари для масла; 7 – кран для підведення повітря; 8 – електропневматичний клапан; 9 –

напірний золотник із зворотним клапаном; 10 – регулятор сили струму; 11 – гідроциліндр; 13 – вентиль; 14 – вологовідділювач; 15 – маслорозпилювач; 16 – резервуар для суспензії; 17 – електронасос для подачі суспензії; 18 – керуючий кран для пневмоциліндра; 19 – колінчастий вал.

На бічній стороні столу розташована пневматична апаратура, яка включає маслорозпилювач 15, вологовідділювач 14 і вентиль 13. Колінчастий вал розміщують на роликах і затискають між контактами. Після включення силового трансформатора пропускають струм, і через шланг вал обливається суспензією. Процес дефектоскопії проводиться в наявності магнітного поля, а дефекти виявляють візуально. Для кращої перевірки колінчастий вал обертають, після чого вимикають трансформатор і здійснюють розмагнічування валу. Виявлення тріщин у галтелях ускладнене через можливе забруднення зон з тріщинами.

Якщо масляний канал розташований близько до галтелі, тріщина, що з'являється поряд з ним (рис. 3.6), може поширюватися по галтелі шатунної шийки в обидві сторони на 20-30 мм, а потім рухатися по щоці 2 до її країв. Утворення тріщини в галтелі шатунної шийки спричиняє появу тріщини 6 на галтелі корінної шийки з протилежного боку. Обидві тріщини поширюються назустріч одна одній і зазвичай зустрічаються в середній частині щоки.

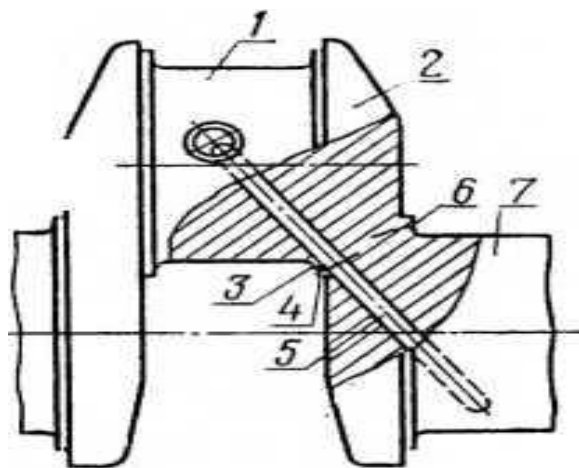


Рисунок 3.6. Колінчастий вал з тріщинами у галтелях шийок:

1 – шатунна шийка; 2 – щока; 3 – перемичка між галтелею та масляним каналом; 4 – тріщина у галтелі шатунної шийки; 5 – масляний канал; 6 – тріщина у галтелі корінної шийки; 7 – корінна шийка.

Відновлення колінчастих валів двигунів ЗІЛ-164 з тріщинами у галтелях виконується за допомогою зварювання та подальшого зміцнення оброблених ділянок (див. додаток 1). Відповідно до цієї методики, галтелю поблизу масляного каналу ретельно змочують гасом, масляний канал герметизують гумовою пробкою з одного боку, а з іншого подають стиснене повітря. У разі наявності тріщин під тиском повітря з них виступають дрібні краплі гасу та з'являються бульбашки по всій довжині тріщини. Після виявлення тріщини її позначають червоною фарбою на щоках і шийці валу, не зафарбовуючи саму тріщину.

3.3 Контроль твердості матеріалу шийок колінчастих валів. Сортуння валів.

При виготовленні колінчастих валів поверхні шийок підлягають загартуванню струмами високої частоти і під час їх шліфування до досягнення ремонтних розмірів твердість матеріалу зменшується. Аналогічні ефекти відмічено і для валів, які оброблялися наплавленням під флюсом, ферохромом а також легованим графітом. Механічна обробка шийок для досягнення третього та вищого ремонтних розмірів можливе пониження твердості матеріалу шийок у відповідності з технічними вимогами, що суттєво знижує зносостійкість робочих поверхонь шийок та скорочення терміну експлуатації вала. У зв'язку з цим перед шліфувальною операцією даної поверхні необхідно виміряти твердість матеріалу.

Для вимірювання твердості матеріалу вала використовують метод Роквелла (твердомір ТКП-1). При даному методі в матеріал деталі вдавлюється алмазний конус з кутом при вершині 120° . З метою одержання достовірних даних проводять декілька замірів з відстанню між центрами відбитків – 3 мм. Як правило, твердість матеріалу галтелей відрізняється від твердості матеріалу шийки в її середній частині. Характер зміни твердості матеріалу шийки вала показано на рисунку 3.7. Дана розбіжність у параметрах твердості матеріалів

шийки вала та галтелей пояснюється технологічними особливостями процесів загартування деталей струмами високої частоти або процесом наплавлення робочої поверхні.

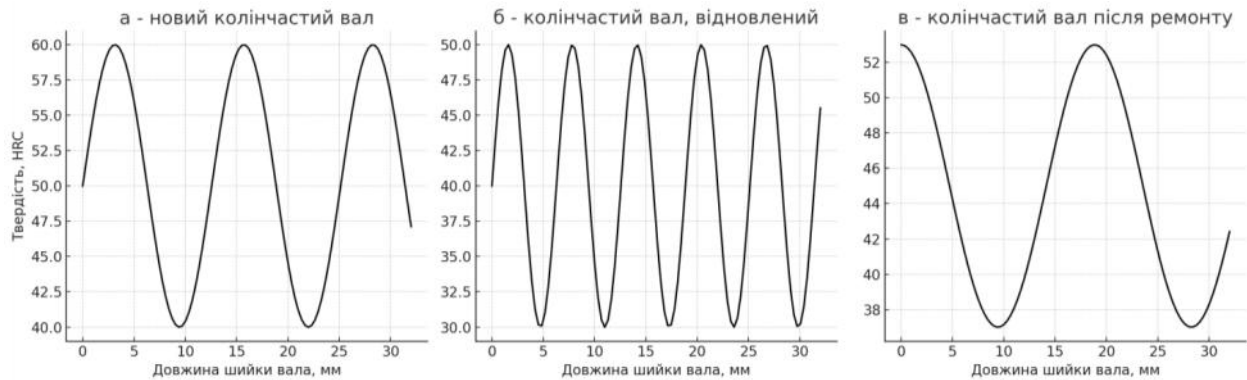


Рисунок 3.7 Характер зміни твердості матеріалу шатунної шийки колінчастого вала

а – неексплуатований колінчастий вал; б – відновлений колінчастий вал, за допомогою вібродугового наплавлення при кругових рухах від однієї галтелі до іншої; в – відновлений колінчастий вал за допомогою вібродугової наплавки з використанням кругових валиків від середини шийки вала до галтелей.

На етапі сортування колінчастих валів, який являється кінцевим етапом, за типами та розмірами відбраковуються вали, які не підлягають подальшому ремонту. Етапи відбракування валів: при зовнішньому огляді під час прийому, технологічного процесу виправлення дефектів, проведення магнітної дефектоскопії. Для забезпечення процесів контролю якості та сортування валів використовують спеціальні сортувальні столи в комплекті з необхідними приладами для контролю та робочим інструментом.

В процесі перевірки контролю підлягають наступні деталі, їхні поверхні та критерії робочого стану: величина зносу, як корінних так і шатунних шийок вала; посадкові місця під розподільну шестерню; маховик та шків; параметри зносу шпонкових поверхонь, кілець підшипників, кріпильних отворів маховика, різьбові поверхні, биття торця фланця маховика.

Процес перевірки колінчастих валів за геометричними параметрами починається із параметрів за характеристиками яких і відбраковуються вали. Величину зносу кожної поверхні (із своїми геометричними параметрами) вимірюють в зоні найбільш інтенсивного зносу. Як правило, найбільш інтенсивно зношуються шийки в районі прилягання щік по причині нерівномірності дії сил інерції обертових мас. Для контролю геометричних параметрів зовнішніх циліндричних поверхонь використовують штангенциркуль або мікрометр, для контролю внутрішньої циліндричної поверхні – штангенциркуль, індикаторний нутромір. Перелічені контролюючі інструменти є малоефективними і тому використовуються в обмеженому обсязі. На сучасних СТО в ремонтних дільницях, як правило, використовуються калібри-скоби (зовнішні циліндричні поверхні), калібри-пробки із прохідними та не прохідними сторонами (внутрішні циліндричні поверхні). Конкретний набір скоб передбачено окремо для кожного типу вала, враховуючи кількість ремонтних розмірів.

Стан шпонкових канавок перевіряють за допомогою шаблонів. Якщо прохідна сторона шаблону входить вільно, а непрохідна не проходить, канавка придатна до використання. Якщо ж обидві сторони проходять, канавка потребує ремонту. Різьбові ділянки перевіряють різьбовими калібрами. Якщо різьбу потрібно відновити або нарізати до ремонтного розміру, її позначають червоною фарбою. Торцеве биття фланця оцінюють індикатором, обертаючи вал у призмах. У разі потреби усунення биття, торець позначають червоною фарбою. Практика ремонту показує, що не всі контрольовані параметри потребують відновлення. Наприклад, для колінчастих валів двигунів ГАЗ-51 було встановлено, що лише 18% валів потребують відновлення посадочних місць під шестерню, шків і маховик, 29% – відновлення шпонкових канавок, 6,1% – підшипникових місць у торці, 4,8% – отворів під кріплення маховика, 1,5% – різьбових поверхонь, 2,6% – масловідбивної різьби. Тому під час контролю поверхні, що підлягають ремонту, позначають червоним кольором.

Корінні та шатунні шийки завжди шліфують під ремонтний розмір або

відновлюють наплавленням. Основою для сортування є стан корінних і шатунних шийок. Усі шатунні шийки на одному валу мають оброблятися під однаковий ремонтний розмір, і це ж правило діє для корінних шийок, хоча розмірні групи можуть не збігатися. Тому при сортуванні валів важливо дотримуватись певного порядку: якщо обробляють шатунні шийки, то й сортують їх за їхнім ремонтним розміром незалежно від розміру корінних шийок. Номер ремонтної групи корінних шийок позначають фарбою на щоці першої корінної шийки. Після завершення контролю валів за типами їх розміщують на пересувних стелажах. Вали, що потребують наплавлення шийок, розміщують окремо. Для валів, які потребують шліфування під ремонтний розмір, використовують стелажі з ярусами, що відповідають кількості ремонтних розмірів шатунних шийок. Така організація сортування зменшує кількість переналагоджень обладнання. Після шліфування шатунних шийок вал повертають на той самий стелаж, але вже на ярус, що відповідає ремонтному розміру корінних шийок (відповідно до маркування фарбою). Це дозволяє пересортувати вали за ремонтними розмірами корінних шийок. Відбраковують вали під час контролю, позначаючи їх літерами «Бр», нанесеними червоною фарбою на першій щоці, після чого вони видаляються з виробничого процесу та направляються у металобрухт.

Придатні до ремонту вали, розсортовані за типами, направляються на ремонт партіями. Кожен стелаж супроводжується биркою з інформацією про тип валу, кількість, розмірну групу та іншими відомостями відповідно до технічних вимог.

3.4 Контроль процесу ремонту колінчастих валів

Ключовим завершальним етапом ремонту колінчастих валів є перевірка відповідності деталей технічним умовам. Використання сучасних методів технічного контролю разом із сучасним обладнанням, пристроями, приладами, засобами контролю та технічною документацією створює передумови для підвищення якості ремонту та збільшення ресурсу техніки після відновлення.

Незважаючи на багаторазові перевірки колінчастих валів протягом їх ремонту після кожної важливої операції, остаточний контроль перед відправкою з ремонтного підприємства є обов'язковим. Остаточна перевірка починається з зовнішнього огляду валів, які мають бути чистими та сухими, без задирок, забоїн чи гострих країв. Отвори, виконані під час балансування, повинні бути очищені від заусенців, стружки та бруду, а масляні канали — від залишків ізоляції з притупленням країв свердлінь. На передньому кінці валу, зовнішньому торці та в отворі заднього кінця повинні бути фаски.

Основними параметрами, які підлягають остаточному контролю, є: розміри та шорсткість поверхонь корінних і шатунних шийок та прилеглих до них галтелей; овальність і конусність корінних та шатунних шийок; розміри та шорсткість інших шийок і робочих поверхонь валу; радіуси і кутове розташування кривошипів; биття середніх корінних шийок, зовнішньої поверхні та торця фланця, а також поверхні отвору під підшипник щодо крайніх корінних шийок; непаралельність корінних і шатунних шийок; довжина корінних і шатунних шийок; товщина фланця; биття торця фланця; різьба під храповик; твердість поверхневого шару металу корінних і шатунних шийок.

Різноманітність типів і розмірів валів, які надходять на ремонт, вимагає необхідності використання на ремонтних підприємствах універсальних, легко переналагоджуваних пристроїв для контролю якості деталей.

Універсальний пристрій для контролю відновлених валів включає основу 1 (рис. 3.8), нерухому стійку 2 з роликовою призмою 3, полицю 4 для інструменту та вимірювальних пристроїв, рухому стійку 7 з роликовою призмою 6, циліндричну балку 8 і механізм переміщення рухомої стійки з маховиком 9.

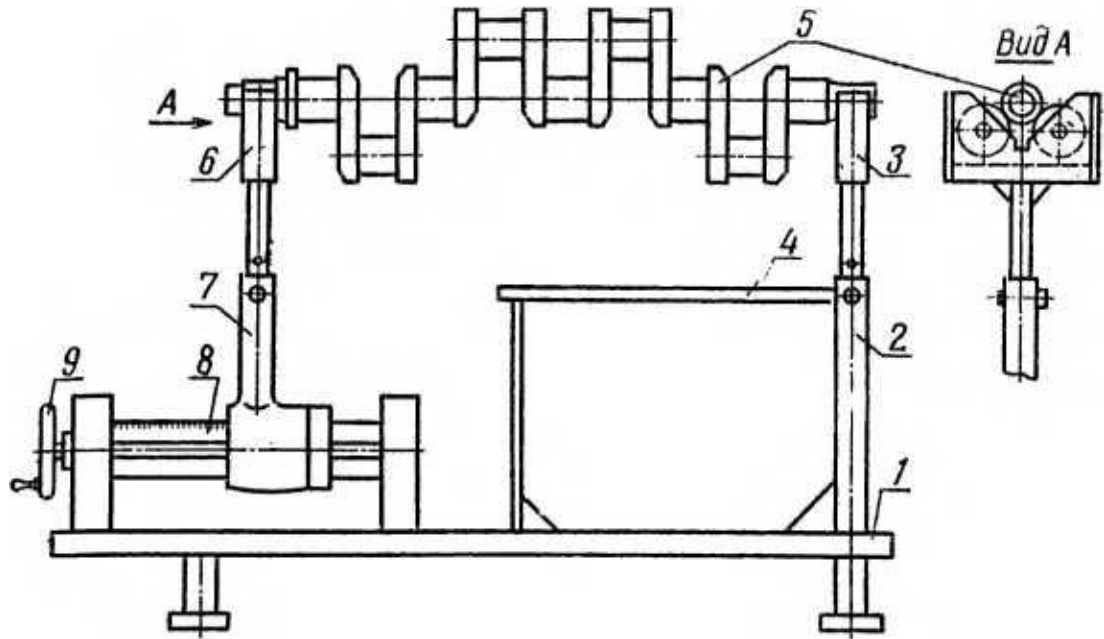


Рисунок 3.8. Універсально-переналагоджувальний пристрій для контролю відремонтованих колінчастих валів:

1 - основа; 2 - нерухома стійка; 3 - роликівна призма нерухомої стійки; 4 - полиця для вимірювальних пристроїв та інструменту; 5 - контрольований колінчастий вал; 6 - роликівна призма рухомої стійки; 7 - рухома стійка; 8 - циліндрична балка; 9 - маховичок гвинта механізму переміщення.

Принцип роботи пристрою. Контрольований колінчастий вал 5 розміщують крайніми шийками на роликівні призми 3 і 6. Завдяки обертанню валу в призмах на осях роликів, він легко повертається для зручного огляду та перевірки різних поверхонь. Конструкція роликівних призм дає можливість встановлювати колінчасті вали з шийками різних діаметрів. Для встановлення валів різної довжини можна переміщувати призму 6 разом із рухомою стійкою. Регулювання положення цієї призми відносно нерухомої стійки забезпечується шляхом пересування рухомої стійки по циліндричній балці. Рухома стійка закріплена на балці за допомогою широкої втулки (підшипника), розміщеної в опорній частині стійки, і утримується від повороту довгою шпонкою, розташованою на бічній стороні балки. Переміщення рухомої стійки по балці здійснюється за допомогою обертання маховичка, з'єднаного з гвинтовим механізмом, розташованим всередині балки. Обертання гвинта приводить у рух гайку механізму, яка пересуває кронштейн, з'єднаний з рухомою стійкою через

поздовжній паз на балці.

Для швидкого визначення положення рухомої стійки на балці нанесені поділки, а для її фіксації передбачено стопорний механізм – гвинт з маховичком і притискним башмаком. Балка фіксується на кронштейнах, які закріплені на основі пристрою. Її довжина дозволяє змінювати відстань між стійками відповідно до довжини контрольованих колінчастих валів.

Передбачено регулювання призм по висоті. Для цього циліндричні хвостовики призм 3 і 6 переміщують у вертикальних отворах стійок 2 і 7. Позицію призм по висоті фіксують спеціальними штифтами, які вставляються в поперечні отвори стійок і хвостовиків призм. Штифти не дозволяють призмам обертатися навколо осей хвостовиків, забезпечуючи орієнтоване розташування призм відносно поздовжньої осі колінчастого валу. Параметри відремонтованого колінчастого валу перевіряють згідно з технічними умовами за допомогою калібрів, контрольних пристроїв та інших вимірювальних інструментів.

Серед мікрометричних інструментів для зовнішніх вимірювань найбільш поширені мікрометри. Для контролю точності форми і взаємного розташування поверхонь використовують різні механічні та пружинні вимірювальні прилади. До механічних приладів належать мініметри та індикатори. У ремонтному виробництві найчастіше застосовують індикатор стандартного типу (типи I і II) із зубчастим передавальним механізмом.

За допомогою індикаторів і спеціальних пристосувань можна вимірювати не тільки розміри деталей, але й геометричну форму поверхонь, їх взаємне розташування, а також биття поверхонь, непаралельність осей шийок колінчастого валу тощо. Під час вимірювання за допомогою важільних скоб – пасаметрів – застосовується відносний метод вимірювання. Скобу налаштовують за допомогою кінцевих мірок (калібрувальних плиток) на номінальний розмір, наприклад, шийки валу, а під час вимірювання за шкалою скоби визначають відхилення фактичного розміру від номінального. Всі скоби мають встановлені стандарти; поділ шкали становить 0,002 і 0,005 мм.

Показники шкали коливаються в межах $\pm 0,08$ і $\pm 0,15$ мм, а зусилля вимірювання складає $10 \pm 2 \dots 11 \pm 2$ Н.

На рисунку 3.9 представлено схему перевірки биття торцевої поверхні фланця 2 під час обертання встановленого на призмах 1 колінчастого валу. Для контролю розмірів та відхилень від них також використовують пневматичні, оптико-механічні й інші високоточні вимірювальні прилади.

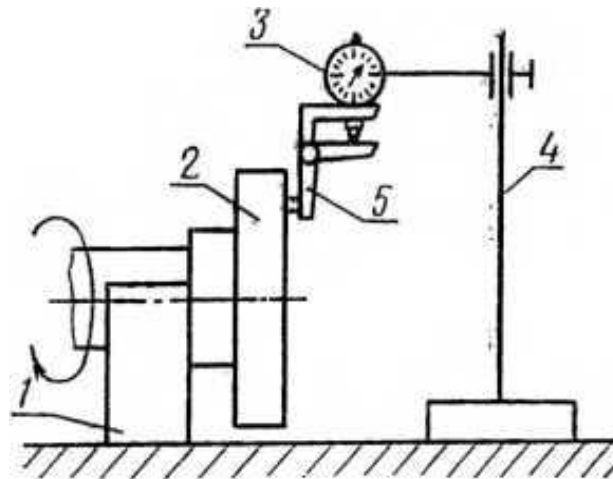


Рисунок 3.9. Схема перевірки биття торця фланця колінчастого валу

1 - призма; 2 - фланець колінчастого валу; 3 - індикатор; 4 - універсальний штатив; 5 - кутовий важіль.

Наприклад, можна розглянути пристрій типу пневматичного мікрометра, який використовується для перевірки прямолінійності утворюючих поверхонь шийок колінчастого валу з точністю до 0,01 мм. Корпус пристрою встановлюють на шийку за допомогою ножеподібних опор 1 і 2 (рис. 3.10). Положення вздовж осі шийки фіксується упором 3. Між опорами розташовані п'ять вимірювальних рухомих стрижнів 4 з ножеподібними кінцями, що забезпечують контакт із шийками контрольованого валу. Під час переміщення стрижнів змінюються зазори між їх торцями та соплами, через які виходить стиснене повітря, що подається через шланг. Коливання величини зазорів реєструються на шкалах пневматичного мікрометра, що дозволяє відстежувати відхилення прямолінійності шийок валу.

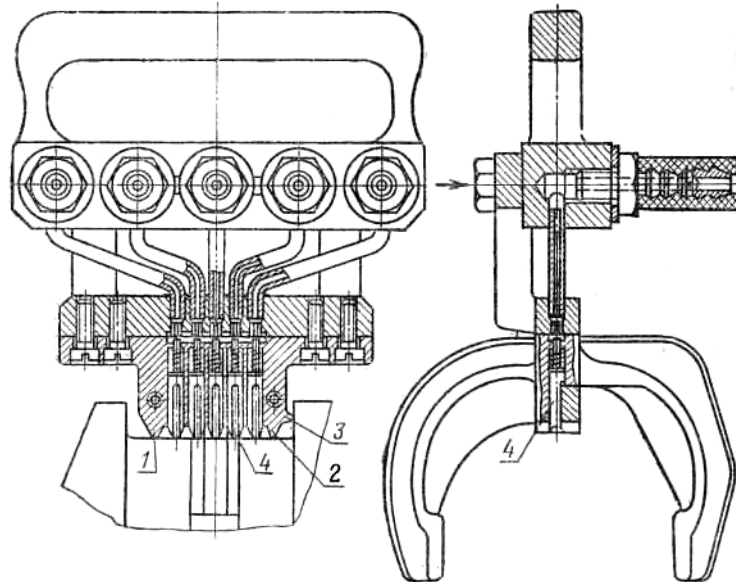


Рисунок 3.10. Пристосування для контролю прямолінійності утворюючих шийок колінчастого вала

1, 2 - ножеподібні опори; 3 - упор; 4 - рухомий стрижень з ножеподібним кінцем.

На спеціалізованих ремонтних підприємствах доцільно використовувати пристрої для всебічної перевірки розмірів і взаємного розташування поверхонь деталей. Для контролю шорсткості поверхонь колінчастих валів, які ремонтуються, застосовують еталони шорсткості, а для більш точного вимірювання шорсткості — профілометри моделей ПЧ-2 і ПЧ-3.

Стандарти шорсткості охоплюють класи від 4-го до 10-го. Використання профілометрів дозволяє з більшою точністю оцінювати шорсткість поверхонь колінчастих валів. Твердість шийок колінчастого валу вимірюється твердомірами типів ТШ (за методом Брінеля) і ТК-2 (за методом Роквелла).

Колінчасті вали, які після контролю визнані непридатними, підлягають відбракуванню і повертаються на доопрацювання, в таблиці 3.1 наведені геометричні параметри колінчастих валів. У випадку виявлення браку робиться відповідний запис у журналі реєстрації дефектів. Крім того, для обліку дефектів, виявлених під час експлуатації відремонтованих колінчастих валів, на ремонтних автопідприємствах ведуться журнали рекламаций щодо якості

виконаних ремонтних робіт. У різних конструкціях колінчастих валів зустрічаються такі види отворів: отвори під підшипник муфти зчеплення, отвори під штифти для кріплення маховика, отвори масляних каналів. Поверхні отворів під підшипники і штифти повинні відповідати 2-му класу точності, а шорсткість - 7-му класу.

Отвори під підшипник відновлюють одним з наступних методів: постановкою втулки, вібродуговою наплавкою, наплавкою в середовищі вуглекислого газу, електроіскровим нарощуванням. Найчастіше застосовують метод постановки втулки. Для цього гніздо під підшипник розточують на токарному верстаті. Вал 3 (рис. 3.11) встановлюють шийкою під шестерню в кулачковий патрон 2 і задньою корінною шийкою в люнет 1. Точність розточеного отвору 3-го класу.

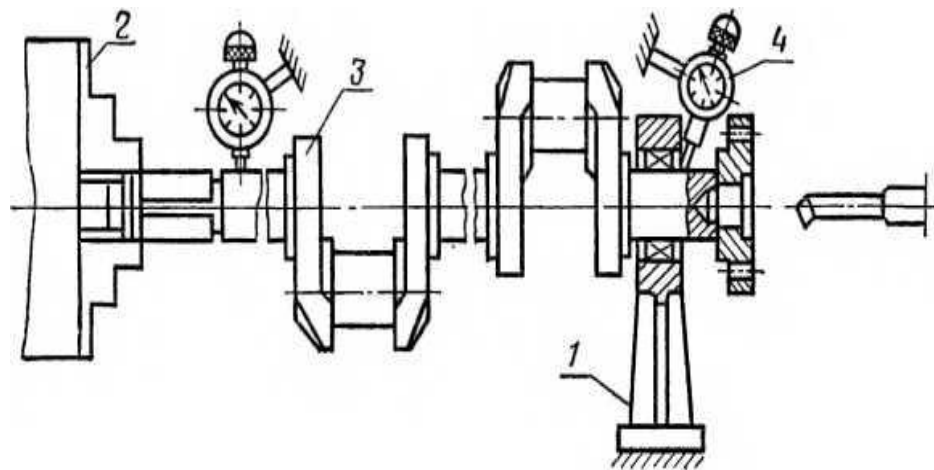


Рисунок 3.11. Схема встановлення колінчастого вала на токарному верстаті для обробки гнізда під підшипник: 1 - люнет; 2 - кулачковий патрон; 3 - колінчастий вал; 4 - індикатор.

Таблиця 3.1 - Геометричні параметри шийок колінчастих валів

Позначення нормальних (заводських) і ремонтних розмірів		Mercedes-Benz S-Class W221		Audi A6 C6/4F		Volkswagen Tiguan 2013	
		Шатунні	Корінні	Шатунні	Корінні	Шатунні	Корінні
Нормальні	1Н	52.000 mm	64.975 mm	50.600 mm	64.500 mm	48.000 mm	60.000 mm
	2Н	51.950 mm	64.925 mm	50.550 mm	64.450 mm	47.950 mm	59.950 mm
Ремонтні	P1	51.900 mm	64.875 mm	50.500 mm	64.400 mm	47.900 mm	59.900 mm
	P2	51.850 mm	64.825 mm	50.450 mm	64.350 mm	47.850 mm	59.850 mm
	P3	51.800 mm	64.775 mm	50.400 mm	64.300 mm	47.800 mm	59.800 mm
	P4	51.750 mm	64.725 mm	50.350 mm	64.250 mm	47.750 mm	59.750 mm

У підготовлене гніздо запресовують втулку під пресом за допомогою спеціальної оправки. Після запресування вал знову встановлюють на токарний верстат і вивіряють індикатором по задній корінній шийці з точністю 0,03 мм. Потім підрізають виступаючий торець втулки врівень з торцем фланця, розточують за кілька проходів отвір і знімають фаску. Розточувальний отвір контролюють при допомозі індикаторного нутроміра. Товщина втулки після розточування має бути 2-4 мм. Поверхня отвору має бути чистою, овальність і конусність допускається не більше 0,02-0,03 мм, биття щодо корінних шийок вала не більше 0,03мм.

Зношені отвори у фланці під штифти кріплення маховика обробляють під ремонтний розмір. Операцію зазвичай виконують на вертикально-свердлильному верстаті зенкеруванням і розвертуванням розверткою з швидкорізальної сталі.

При обробці отворів слід мати на увазі, що діаметр їх збільшений з огляду розбивки отворів штифтами під дією відцентрових сил, діючих на маховик. Тому для відновлення колишнього положення осей отворів зенкер примусово спрямовують при допомозі накладних кондукторів. При незначній розбивці отворів обходяться тільки розвертуванням по кондуктору без попереднього зенкерування.

Гострі крайки масляних каналів, які виходять на поверхню шийок, є причиною задирів на вкладишах. Як у процесі шліфування під ремонтний розмір, так і в процесі відновлення шийок наплавкою, поява гострих крайок у цих місцях неминуха. Тому незалежно від виду ремонту фаски масляних каналів повинні бути оброблені до шорсткості не нижче 7-го класу.

У наплавлених валах після токарної обробки або попереднього шліфування на свердлильному верстаті пробивають глиняні заглушки в масляних каналах і зенкерують отвори на глибину 4-5 мм твердосплавним зенкером при ручної подачі. Швидкість різання - 15-25 м/хв.

Якщо вал шліфують під ремонтний розмір, то перед шліфуванням поглиблюють фаски і зачищають їх за допомогою переносної шліфувальної

машинки. Перед поліруванням шийок рекомендується полірувати фаски.

У процесі ремонту і відновлення колінчастих валів масляні канали схильні до технологічних забруднень. У них можуть залишитися шматочки вогнетривкої глини або графіту, стружка, залізний порошоксуспензії, мастило, емульсія і інші забруднення. Ці забруднення необхідно ретельно видаляти, оскільки вони є причиною підвищеного зносу шийок у процесі експлуатації.

3.5 Устаткування для фінішної обробки шийок колінчастих валів поверхневим пластичним деформуванням

Засновані на процесі пластичної деформації поверхневого шару металу методи алмазного вигладжування та вібраційного обкатування відносяться до одних з найбільш прогресивних способів фінішної обробки деталей під час їх ремонту або відновлення. Під час алмазного вигладжування відбувається пластична деформація елементів мікропрофілю поверхневого шару матеріалу деталей за допомогою інструменту в якому роль робочої частини виконує природній або штучний кристал невеликої маси (0,5...1 карат), форма якого обмежена циліндричною або сферичною поверхнею з величиною робочого радіуса 0,5...5 мм. В якості робочого інструменту виготовленого з природного алмазу можуть служити алмазні наконечники від твердоміра Роквелла із сферичною робочою поверхнею.

Передумовами для ефективного використання методу алмазного вигладжування являються: технологічна шорсткість оброблюючої поверхні при виготовленні деталей із незагартованих сталей вище 5-го класу шорсткості, для деталей виготовлених із загартованих сталей шорсткість вище 7-го класу. Для охолодження та змащування оброблюючої поверхні під час вигладжування застосовують різні види масел та сумішей (масло індустріальне І 20, масло веретенне, сульфофрезולי).

При обробці деталей із незагартованих сталей та чавуну при значеннях твердості матеріалів поверхневого шару HB 160...300 встановлено наступні

режими вигладжування: робоче зусилля $P = 50 \dots 200$ Н, радіус робочої поверхні (сфери) робочого інструменту виготовленого із монокристалу алмазу $r_c = 2,5 \dots 4$ мм, величина повздовжньої подачі інструменту $S = 0,02 \dots 0,07$ мм/об при швидкості обробки $V = 25 \dots 105$ м/хв. При виготовленні деталей із загартованих сталей та сталей, які пройшли хіміко-термічну обробку з високою поверхневою твердістю (HRC 45...65) зусилля вигладжування $P = 150 \dots 350$ Н, радіус при вершині робочого інструменту $r_c = 0,5 \dots 2,5$ мм, величина подачі $S = 0,02 \dots 0,05$ мм/об, швидкість різання $V = 25 \dots 80$ м/хв.

Використовуючи алмазне вигладжування при обробці поверхонь деталей виготовлених із сталей з зносостійким покриттям (хромування, нікелювання) досягаються параметри шорсткості в межах 10...12 класів. Характерною особливістю даного методу обробки являється те, що на оброблених поверхнях забезпечується характерний мікрорельєф (пологі форми мікронерівностей, великі радіуси заокруглення виступів профілю поверхні) чого не можливо досягнути фінішними методами лезвійної обробки, в тому числі, тонким точінням. Технологічно в процесі алмазного вигладжування появляється можливість регулювання основними параметрами мікрорельєфу поверхні в доволі широкому діапазоні при забезпеченні високої зносостійкості, яка в 1,5...3,5 рази вища від вихідної зносостійкості.

Крім цього методу вібронакатування, для фінішної обробки робочих поверхонь колінчастих валів використовується метод при якому в якості робочого інструменту служать кульки шарикопідшипників, виготовлені із надтвердого сплаву типу ВК-6М або алмазні сферичні наконечники. Мова йде про обробку деталей, які виготовленні із матеріалів високої твердості (HRC 45...52). Робочі режими обробки при даному методі вібронакатування: робоче зусилля вигладжування $P = 150 \dots 750$ Н, діапазон амплітуди коливань робочого інструменту 0,5...2,5 мм, величина повздовжньої подачі $S = 0,2 \dots 2,5$ мм/об при частоті коливань 1500...6000 за хвилину.

Процес вібровигладжування поверхонь колінчастих валів, враховуючи форму та геометричні параметри даної деталі, виконують на верстатах токарної

групи, де в якості робочого інструменту використовують віброголовки, як механічної, пневматичної а також електромагнітної дії. Як приклад, на рисунку 3.12 приведена конструкція вигладжуючої віброголовки з використанням механічного приводу. Віброголовка встановлюється на супорті токарного верстата, а на самому корпусі віброголовки закріплено електродвигун необхідної потужності та частоти обертання.

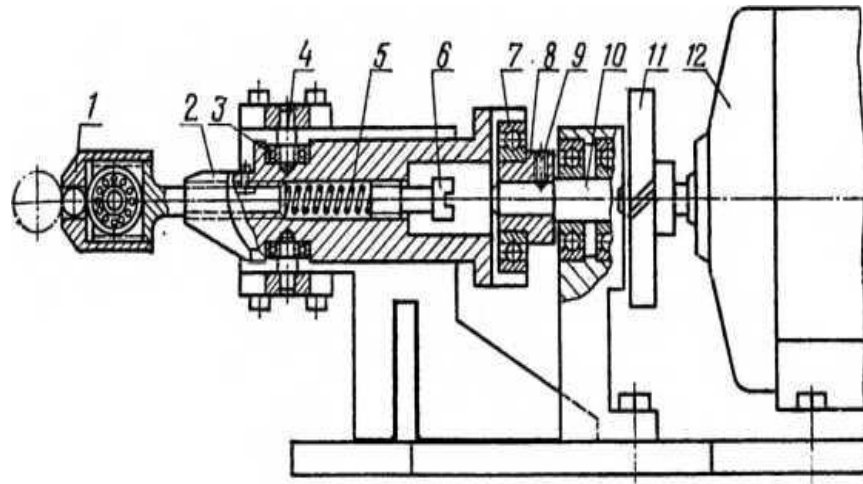


Рисунок 3.12 Віброголовка до токарного верстата для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь:

1 - кульова головка; 2 - шпиндель; 3 - шарикопідшипник; 4 - вісь качання; 5 - тарировочна пружина; 6 - гвинт; 7 - підшипник ексцентрика; 8 - ексцентрикова втулка; 9 - фіксуючий гвинт; 10 - вісь ексцентрика; 11 - косозуба шестерня; 12 - електродвигун.

Від валу двигуна через дві косозубі шестерні 11 обертання передається до осі 10 ексцентрика, на кінці якої гвинтом 9 закріплена змінна повідкова ексцентрикова втулка 8 з підшипником 7, що входить у вилку шпинделя 2. При обертанні втулки шпиндель з кульовою головою 1 отримує коливальний рух, повертаючись навколо осей 4, закріплених у підшипниках 3 та стійках корпусу головки. Змінюючи місцями шестерні 11 (передаточне число 3), можна отримати частоту коливань (подвійних ходів) кульової головки 4200, або 467 за

хвилину. Зусилля обкочування кулі регулюють стисненням тарованої пружини 5, попереднє стиснення якої забезпечується гвинтом 6.

Змінні кульові головки 1 дозволяють використовувати кулі малого діаметра (від 2 мм) для утворення вузьких канавок при створенні зносостійких робочих поверхонь. Замість кульової головки в шпиндель можна встановити цанговий тримач для закріплення алмазних наконечників з метою вібровигладжування поверхонь шийок з наплавленим твердим шаром.

Для зменшення габаритних розмірів і маси пристроїв останнім часом застосовують віброголівки з електромагнітним приводом. Вони дозволяють безступінчасто регулювати амплітуди коливання кулі в межах 0,3-1,1 мм і зусилля обробки без зняття із верстата та розбирання головки, а також підвищують продуктивність обробки завдяки збільшенню частоти коливань (подвійних ходів) інструменту до 6000 за хвилину.

Застосування прогресивних процесів обробки поверхневим пластичним деформуванням (ППД) дозволяє виключати операції обробки та доведення. Дослідження показали, що чистову обробку ППД і, зокрема, віброобкатування доцільно образно використовувати як обробку колінчастих валів двигунів. Оброблені ППД поверхні шийок не тільки самі зношуються в 1,5—2 рази менше, а й мають меншу «ріжучу» здатність, тобто в кілька разів менше зношують другий елемент пари тертя — підшипники, сальники та інші деталі двигунів.

В даний час створені типові проекти спеціалізованих цехів централізованого відновлення автомобільних деталей. Є проекти спеціалізованих цехів з ремонту автомобільних деталей і, зокрема, колінчастих валів на базі існуючих типових ремонтних майстерень. Як приклад, використання типової ремонтної майстерні для централізованого ремонтного виробництва можна навести один із варіантів спеціалізованого цеху по ремонту та відновленню колінчастих валів автомобільних двигунів (рис. 43).

Загальна площа цеху становить 1100 м², з якої 76,3%, або 840 м² - виробнича площа. Технологічне обладнання розміщено в порядку виконання

технологічного процесу, що забезпечує прямолінійність проходження колінчастих валів, що ремонтуються і відновлюються. Орієнтовний склад основного обладнання спеціалізованого цеху з ремонту та відновлення колінчастих валів наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Орієнтовний перелік обладнання на дільниці з ремонту та відновлення колінчастих валів спеціалізованого цеху

Устаткування	Тип	Кількість
Мийна установка	КОМ-887 Г	2
Верстат токарний	16K20	7 (4 верстата для переобладнання під наплавку)
Дефектоскоп	М-217	2
Гідравлічний прес 400 кН	2135-1М ГАРО	2
Зварочний трансформатор	СТН-350	1
Горизонтально-фрезерний верстат	6М80Г	1
Наплавочна головка	А-580	4
Зварочний агрегат	ПСО-500	4
Круглошліфовальний верстат	3А423	12
Радіально-свердлильний верстат	2А592	1
Верстат для суперфінішу	ПВК01-71	1
Балансировочний верстат (универсально-балансировочна машина БМ-У4)	4247	1

Ванна для консервації з підігрівом	ОМ-1316	1
------------------------------------	---------	---

Орієнтовний склад робітників спеціалізованого цеху з ремонту та відновлення колінчастих валів при двозмінній роботі приведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.3 Орієнтовний кількісний склад робітників, які працюють на ділянці з ремонту та відновлення колінчастих валів в спеціалізованому цеху

Операції	Професія	Середній	Кількість робочих при річній програмі ремонтних робіт	
		розряд	18000 валів	27000 валів
Мийочні	Мийник	2	3	4
Токарні, зачистні	Токар	3	4	5
Контрольно-сортувальні	Дефектовщик-сортувальник	4	4	5
Слюсарні, правильні, свердлильні, пресові	Слюсар	3,3	3	4
Зварочні, наплавочні	Зварник	4	5	7
Шліфувальні	Шліфувальник	3	16	24
Фрезерні, балансировочні	Фрезерувальник-баланси́ровочник	4	2	3
Полірувальні	Шліфувальник-полірувальник	3	2	2

Консерваційні	Комплектувальник	3	1	2
Всього		3	40	56

Орієнтовна кількість робітників, які працюють у спеціалізованому цеху з ремонту та відновлення колінчастих валів приведена в таблиці 3.7.

Таблиця 3.4 Орієнтовна кількість робітників, які працюють на дільниці з ремонту та відновлення колінчастих валів спеціалізованому цеху.

Категорія працюючих	Кількість працюючих при річній програмі ремонтних робіт	
Працюючі	18000 валів	27000 валів
Основні, допоміжні	48	67
Інженерно-технічні працівники Молодший обслуговуючий персонал	40	56

3.6 Організація централізованого ремонту і відновлення колінчастих валів

Спеціалізоване ремонтне підприємство (цех) очолює начальник, який відповідає за виконання планових завдань та виробничо-господарську діяльність колективу. Йому підпорядковані всі служби цеху і насамперед майстри, які організовують роботу в змінах. За вирішення технічних питань несе відповідальність старший інженер (начальник технічного відділу) цеху.

Облік надходжень і зданої продукції, планування запуску, табельний облік, а також нормування покладається на плновиків-нормувальників. Службу контролю цеху очолює контрольний майстер (старший контролер). Орієнтовний структурний склад спеціалізованого цеху ремонту та відновлення колінчастих валів з різною програмою наведено у таблиці 3.6.

Таблиця 3.5. Орієнтовний структурний склад спеціалізованого цеху з ремонту та відновлення колінчастих валів

Професії, посади та категорії працюючих	Кількість працюючих при річній програмі ремонтних робіт	
	180 валів	270 валів
Інженерно-технічні працівники	5	8
Начальник цеху	1	1
Заступник начальника цеху	-	1
Виробничий майстер	2	2
Контролер	1	1
Старший інженер	1	1
Механік-енергетик	-	1
Інженер	-	1
Молодший обслуговуючий персонал	1	2
Бухгалтер	1	1
Плановик- нормувальник	1	—
Робітники	48	67
Основні	40	56
Допоміжні	8	11

Ремонт та відновлення колінчастих валів при потоковому виробництві виконують при повному знеособленні деталей. Транспортування колінчастих валів з господарів до спеціалізованого цеху або на обмінні пункти і назад

забезпечують господарства, що здають деталі в ремонт, або спеціалізовані підприємства з централізованого ремонту двигунів. Для якнайшвидшого отримання відремонтованих колінчастих валів, замість зданих у ремонт, створюється обмінний фонд деталей.

Колінчасті вали, що прибувають в цех, розвантажують на місцях попереднього складування (ПС). З цих місць згруповані по типу і розмірах колінчасті вали надходять на мийку. Після миття зачищають шийки і проводять їх дефектоскопію. Якщо необхідно, колінчасті вали правлять, а деталі, що вимагають відновлення, надходять на заварку і наплавку. Колінчасті вали, що підлягають ремонту, вилучають із відновного потоку та транспортують на місце очікування шліфування (МО).

Наплавлені колінчасті вали спрямовують на попереднє шліфування. Чистове шліфування та подальшу обробку відновлювальних колінчастих валів, так само, як і шліфування шийок під ремонтні розміри, зазвичай виконують на одних і тих же верстатах.

Після виконання всіх передбачених операцій та контролю колінчасті вали потрапляють на комплектацію, консервацію та упаковку. У упакованому вигляді деталі відвантажують на місце кінцевого складування (КС).

Важливе значення на спеціалізованому ремонтному виробництві має організація технічного контролю. До основних завдань служби технічного контролю цеху входять: виявлення якості матеріалів, перевірка розмірів, геометричної форми та якості оброблених поверхонь колінчастих валів; нагляд за застосовуваними вимірювальними засобами, збір відомостей про роботу колінчастих валів, що випускаються з ремонту, і проведення заходів щодо зниження браку продукції, що випускається. Остаточний контроль відремонтованих колінчастих валів проводять на контрольному пункті (КП) наприкінці потокової лінії.

Якісна організація інструментального та ремонтного цехів також є одним із факторів успішного функціонування виробництва. Всі інструменти та пристрої видають на робочі місця через інструментально-роздавальну комору

(ІРК). Кладова обладнана стелажми для зберігання шліфувальних кіл, іншого обробного та вимірювального інструменту та пристроїв. На робочі місця видають шліфувальні кола, лише випробувані на міцність. Для цього використовують верстати ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-7. Для балансування шліфувальних кіл на оправках застосовують балансувальні пристрої (ножі). Заточувати та відновлювати інструмент та пристосування повинен слюсар по оснастці (слюсар-заточник).

Для своєчасного обслуговування устаткування цеху складають графік ППР, затверджуваний начальником цеху. Успішній роботі цеху сприяє і правильна організація складського господарства. Складування та зберігання колінчастих валів на робочих місцях допускається на рухомих стелажах. На них можна зберігати колінчасті вали, що знаходяться на місці очікування шліфування (МО). Інструменти та оснащення, а також деякі запасні частини для обладнання можуть складуватися в інструментально-роздавальній коморі.

Хімікати та компоненти для приготування емульсії (Емульсол Е-3 (В) або Е-2 (Б), кальцинована сода) і миючих розчинів, а також паливно-мастильні матеріали зберігають у відділенні приготування емульсії. Складники для приготування спеціальної глини та наплавочний дріт, готовий до вживання, зберігають у відділенні для приготування глини та наплавочного дроту. Компоненти для приготування легуючого флюсу, а також приготований флюс доцільно зберігати у відділенні приготування флюсу, яке зазвичай розміщується в віддаленні від корпусу цеху.

Над головним прольотом цеху розташовують одну, а іноді і дві кран-балки вантажопідйомністю 3-5 т. Вони служать для вивантаження колінчастих валів, що прибувають в ремонт, навантаження відремонтованих і упакованих валів на транспортні засоби, полегшення розбирання та складання обладнання при ремонті, транспортування по цеху агрегатів, вузлів та обладнання та інших робіт.

Зручно розміщувати колінчасті вали на рухомих стелажах, які можна перекичувати разом із деталями від одного робочого місця до іншого. Якщо

необхідно, можна переміщати колінчасті вали, укладені на рухомих стелажах, або у спеціальних контейнерах для транспортування за допомогою кран-балок.

На багатьох ремонтних спеціалізованих автопідприємствах використовують для транспортування деталей підвісні штовхаючі конвеєри. Застосування таких засобів транспортування економічно виправдане під час виготовлення продукції одного типорозміру.

Найбільш прийнятна для спеціалізованого цеху ремонту різних за типорозмірами колінчастих валів транспортування їх зі стелажів на верстат або верстак за допомогою консольних поворотних кран-балок з тельферами вантажопідйомністю до 0,25 т. Такі кран-балки встановлюють у цеху так, щоб вони перекривали всю виробничу площу цеху.

Потоковий метод виробництва на спеціалізованих автопідприємствах - це така форма організації праці в ремонтному виробництві, при якій процес виробництва розчленовується на окремі операції, що виконуються на певних робочих місцях, певними робітниками. Поділ праці, зосередження працівників у виконанні однієї чи навіть частини операції, ведуть до значного підвищення продуктивності праці. В умовах потокового виробництва витримується певна спрямованість, безперервність руху колінчастих валів у процесі їх ремонту та відновлення. Тому робочі місця розміщуються по ходу виробничого процесу.

На рисунку 3.13 показаний один з варіантів раціонального планування та обладнання ділянки для дугового наплавлення деталей.

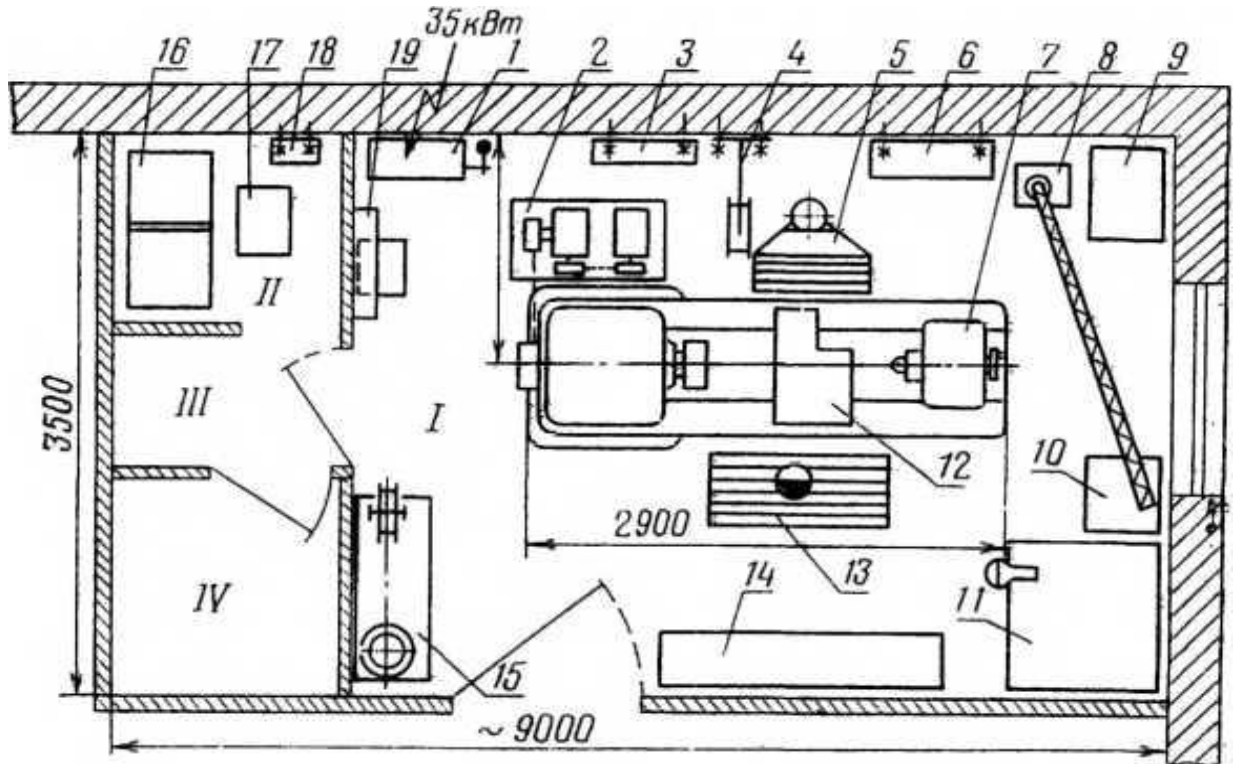


Рисунок 3.13 План та обладнання ремонтної дільниці для дугового наплавлення деталей:

I - відділення наплавлення; II - відділення джерел живлення; III - відділення підготовки та зберігання матеріалів; IV - відділення приготування та зберігання флюсів, 1 - розподільний щит; 2 - електродвигун; 3 - щит з електровимірювальними приладами та контрольною лампою; 4 — кронштейн з касетою для електродного дроту; 5 - вентиляційний пристрій; 6 - бак для охолоджуючої рідини; 7-верстат; 8 - поворотний кран; 9 - шафа для одягу; 10 - тумбочка для інструменту; 11 - верстат; 12 - наплавна головка; 13 - дерев'яний настил; 14 - стелаж для деталей; 15 - верстак з вертушкою для перемотування дроту; 16 - джерело струму; 17 - дросель; 18 - магнітний пускач джерела струму; 19 - протипожежне обладнання.

Використання елементів наукової організації праці на ремонтному автопідприємстві починається з удосконалення робочих місць. Раціональна організація робочих місць полягає у створенні максимальних зручностей для робітника шляхом правильної розстановки обладнання, розташування інструментів і предметів праці. Важливе значення має своєчасне забезпечення робочих місць усім необхідним роботи.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Аналітичний метод розрахунку форми поршневого кільця

Сучасні методи виготовлення поршневих кілець методом одночасного обточування-розточування за шаблоном потребує точного надання форми кільця у його вільному стані. Зазвичай, аналітичні методи розрахунку форми кілець не враховують змінний модуль пружності матеріалу, місцеві зменшення площі перерізу через вікна або дренажні щілини та залишкові деформації чавуну. Відтак, практичне застосування цих методів потребує додаткових експериментальних досліджень для уточнення форми кільця у вільному стані.

Для усунення даних недоліків запропоновано аналітичний метод розрахунку форми кільця, який дозволяє: гнучко змінювати епюру тиску кільця на стінки циліндра; враховувати змінний модуль пружності матеріалу кільця по периметру; брати до уваги величину залишкової деформації; враховувати наявність місцевих прорізів, виїмок та вікон, які послаблюють перетин кільця на певних ділянках, і визначати координати овальності поршневого кільця у вигляді гнучкої стрічки. У вільному стані важливо спершу задатися законом або епюрою розподілу тиску кільця на стінки циліндра. У цьому методі розрахунку використано лінійну залежність зміни тиску від кута повороту радіус-вектора. Це дозволяє охопити широкий спектр епюр тиску: симетричні, асиметричні, з підвищеним тиском на кінці, зменшеним тиском або, врешті-решт, рівномірним. Ці епюри характеризуються максимальним тиском в кінці P_3 , тиском в середній частині P_2 і в спинці P_1 . Для точок переходу задаються кути Θ_1 та Θ_2 (рис. 4.1).

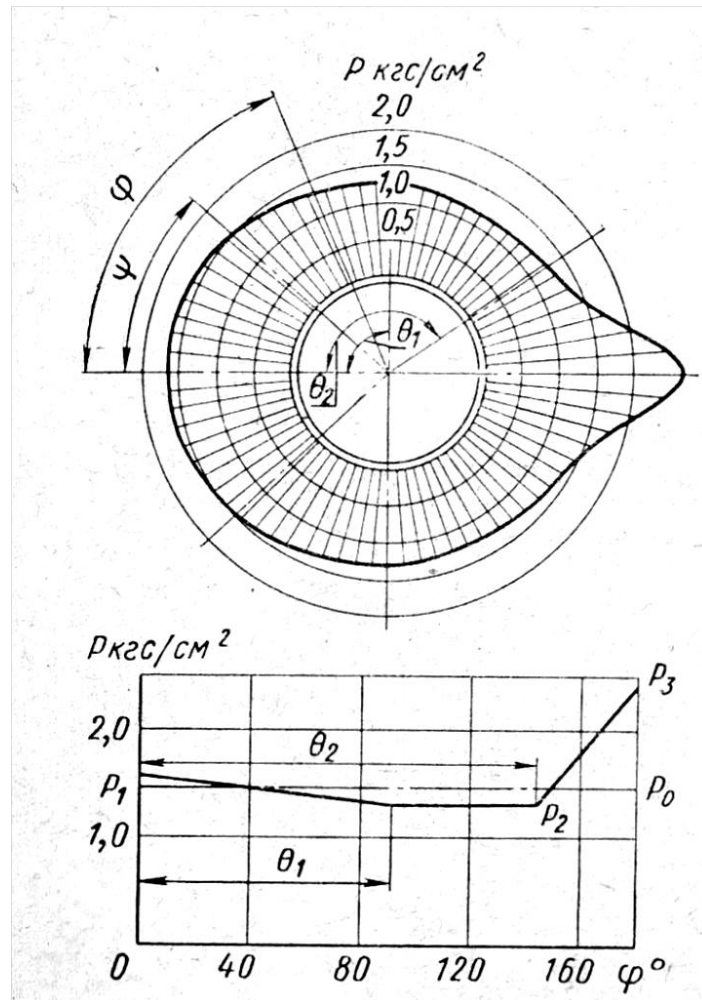


Рисунок 4.1. Параметри епюри, заданої лінійними функціями

На рисунку 4.2 показані основні типи епюр.

Кільце в цілому характеризується величиною середнього питомого тиску P_0 пов'язаного з іншими величинами рівнянням

$$(P_1 - P_2) \frac{\theta_1}{2} + (P_3 - P_2) \frac{\pi - \theta_2}{2} = \pi (P_0 - P_2).$$

Співвідношення між P_1 і P_3 має бути обраним таким, щоб забезпечити умови рівноваги кільця:

$$\int_0^{\theta_1} (P_\varphi - P_2) br \cos \varphi d\varphi = \int_{\theta_2}^{\pi} (P_\varphi - P_2) br \cos \varphi d\varphi,$$

Де r - середній радіус кільця у вільному стані;

b - осьова висота кільця.

Якщо віднести всі тиски b до середнього і позначити: $P_1 = K_1 P_0$; $P_2 = K_2 P_0$

$P_3 = K_3 P_0$ то виходячи з рівностей (1) і (2) $K_2 = (K_3 - 1) D + 1$ і $K_1 - (K_3 - 1) E + 1$,

$$D = \frac{1}{\frac{\theta_1^2}{2(\pi - \theta_2)} \cdot \frac{1 + \cos \theta_2}{1 - \cos \theta_1} + \frac{\pi - \theta_2}{2} - 1};$$

$$E = \frac{\theta_1}{\pi - \theta_2} \cdot \frac{1 + \cos \theta_2}{1 - \cos \theta_1} (1 - D) + D.$$

З формули випливає, що епюра тиску повністю характеризується постійними величинами P_0 , K_3 , θ_1 та θ_2 . Задаючись величинами θ_1 та θ_2 можна здійснити симетричну (коли $\theta_1 = \pi - \theta_2$) або несиметричну епюри тисків. Змінюючи величину K_3 , можна отримати епюри з підвищеним тиском в кінці ($K_3 > 1$), з рівномірним тиском ($K_3 = 1$) і з заниженим тиском в кінці ($K_3 < 1$).

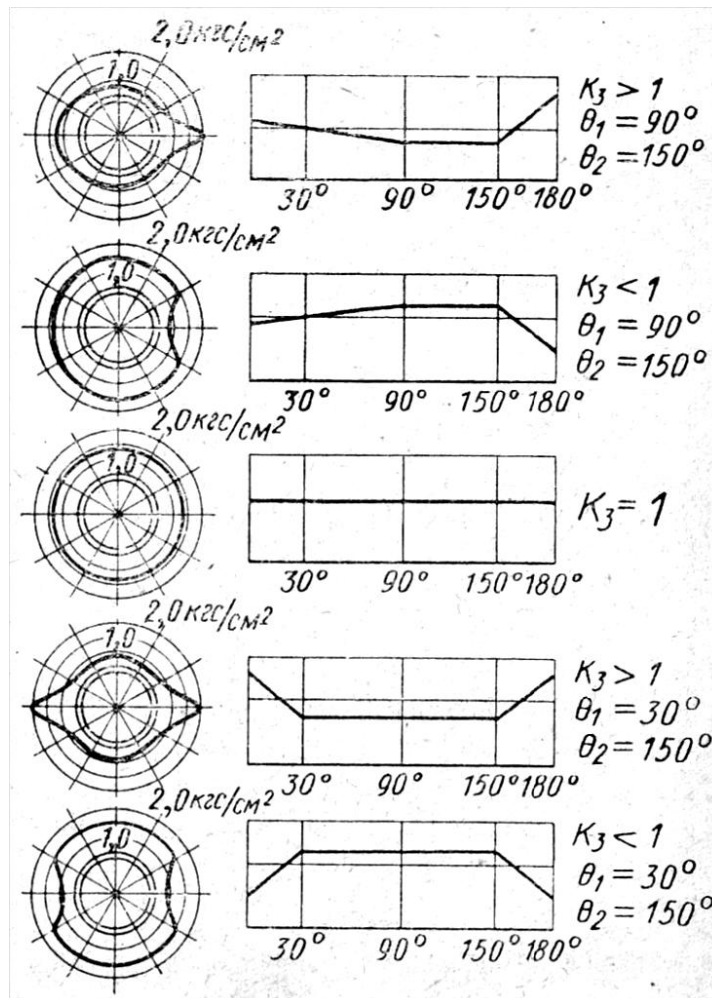


Рисунок 4. 2. Схема основних типів епюр розподілу питомого тиску по колу циліндра при його залежності від кута повороту радіуса-вектора

4.2 Розрахунок форми поршневого кільця у вільному стані

Подальше завдання розрахунку зводиться до визначення такої форми кільця у вільному стані, яка забезпечує при встановленні кільця в циліндр правильної форми: прилягання його по всьому контуру; розподіл тисків відповідно до заданої епюри. Ці умови будуть виконані, якщо кривизна кільця у кожній точці $-\pi$ - при переході з вільного стану в робочий зміниться на величину

$$\Delta \frac{1}{\rho_\varphi} = - \left(\frac{1}{\rho_\varphi} - \frac{1}{r} \right)$$

Ця зміна відбувається під впливом моментів, зумовлених заданим нерівномірним тиском кільця на стінки циліндра.

На першій ділянці кільця $O - \Theta_1$ діють: (рис. 4. 2):

1. Згинний момент M'' від постійного тиску P_2 :

$$M'' = \int_{\varphi}^{\pi} br^2 P_2 \sin(\psi - \varphi) d\psi = br^2 P_2 (1 + \cos \varphi)$$

2. Момент від зростаючого тиску на кінцях:

$$\begin{aligned} M''' &= \int_{\theta_2}^{\pi} br^2 (P_3 - P_2) \frac{\psi - \theta_2}{\pi - \theta_2} \cdot \sin(\psi - \varphi) d\psi = \\ &= br^2 \frac{P_3 - P_2}{\pi - \theta_2} [\sin \varphi - \sin(\theta_2 - \varphi) + (\pi - \theta_2) \cos \varphi]; \end{aligned}$$

3. Момент від зростаючого тиску біля стінки .

$$\begin{aligned} M' &= \int_{\varphi}^{\theta_1} br^2 (P_1 - P_2) \frac{\theta_1 - \psi}{\theta_1} \sin(\psi - \varphi) d\psi = \\ &= br^2 \frac{P_1 - P_2}{\theta_1} [\theta_1 - \varphi - \sin(\theta_1 - \varphi)]. \end{aligned}$$

З другого краю ділянки $\Theta_1 - \Theta_2$ діють лише моменти M'' і M''' .

На третій ділянці $\Theta_2 - \pi$ діють теж моменти M'' і M''' , проте M''' підраховується з урахуванням зміни меж інтегрування в залежності від кута φ :

$$\begin{aligned}
 M''' &= \int_{\varphi}^{\pi} br^2 (P_3 - P_2) \frac{\psi - \varphi}{\pi - \theta_2} \cdot \sin(\psi - \varphi) d\psi = \\
 &= br^2 (P_3 - P_2) \left[\cos \varphi + \frac{1}{\pi - \theta_2} \sin \varphi + \frac{\varphi - \theta_2}{\pi - \theta_2} \right].
 \end{aligned}$$

Сумарні значення моментів, які діють на кожній ділянці:

$$\begin{aligned}
 M_1 &= br^2 P_0 K_2 [1 + \cos \varphi] + br^2 P_0 (K_1 - K_2) \frac{1}{\theta_1} [(\theta_1 - \varphi) - \\
 &- \sin(\theta_1 - \varphi)] + br^2 P_0 (K_3 - K_2) [\sin \varphi - \sin(\theta_2 - \varphi) + (\pi - \theta_2) \cos \varphi] \\
 M_{II} &= br^2 P_0 K_2 [1 + \cos \varphi] + br^2 P_0 (K_3 - K_2) \frac{1}{\pi - \theta_2} [\sin \varphi - \\
 &- \sin(\theta_2 - \varphi) + (\pi - \theta_2) \cos \varphi]; \\
 M_{III} &= br^2 P_0 K_2 [1 + \cos \varphi] + br^2 P_0 (K_3 - K_2) \left[\cos \varphi + \right. \\
 &\left. + \frac{1}{\pi - \theta_2} \sin \varphi + \frac{\varphi - \theta_2}{\pi - \theta_2} \right].
 \end{aligned}$$

Користуючись формулою:

$$\frac{1}{r} - \frac{1}{\rho} = \Delta \frac{1}{\rho} = \frac{M}{EJ},$$

підраховуємо зміну кривизни Δ ... в границях кожної ділянки.

Після перетворень

$$\Delta \frac{1}{\rho_i} = P_0 \frac{br^2}{EJ} \left[A_0 + (K_3 - 1) \sum A_i \right]$$

Величина A_0 однакова для всіх ділянок

$$A_0 = 1 + \cos \varphi.$$

Величина $\sum A_i$ - визначається для кожної ділянки виходячи із значень M_I , M_{II} , M_{III} :

$$\sum A_1 = A_1 + A_2 + A_3; \quad \sum A_{11} = A_1 + A_3; \quad \sum A_{111} = A_1 + A_4,$$

$$\begin{aligned}
 A_1 &= D(1 + \cos \varphi); \\
 A_2 &= \frac{1}{\theta_1} [E - D] [\theta_1 - \varphi - \sin (\theta_1 - \varphi)]; \\
 A_3 &= \frac{1}{\pi - \theta_2} \cdot \frac{E - D}{E - 1} (1 - D) [\sin \varphi - \sin (\theta_2 - \varphi) + (\pi - \theta_2) \cos \varphi]; \\
 A_4 &= \frac{1}{\pi - \theta_2} \cdot \frac{E - D}{E - 1} (1 - D) \left[\cos \varphi + \frac{1}{\pi - \theta_2} \sin \varphi + \frac{\varphi - \theta_2}{\pi - \theta_2} \right].
 \end{aligned}$$

При заданих кутах Θ_1 і Θ_2 зміна кривизни пов'язана простою залежністю з величиною підвищення або зменшення тиску в кінці кільця - коефіцієнтом K_3 . Це дозволяє використовувати одну і ту ж таблицю величин ΣA_i для великої групи епюр.

У таблиці 4.1 наведено значення ΣA_i для ряду значень K_3 стосовно несиметричної епюрі з $\Theta_1 = 90^\circ$ і $\Theta_2 = 150^\circ$. При інших кутах Θ коефіцієнти повинні бути підраховані заново. За цими значеннями визначаються збільшення кривизни, а потім і радіуси кривизни ρ .

При цьому повинні бути відомі розміри кільця, момент інерції перерізу J і модуль пружності матеріалу E .

На рисунку 4.3 наведено криві зміни радіусів кривизни поршневого кільця для двигуна СМД-14 з діаметром циліндра 120 мм.

Таблиця 4.1 Значення функції $A_0 + \Sigma A_i$ при різних значеннях коефіцієнта K_3 для $\Theta_1 = 90^\circ$ і $\Theta_2 = 150^\circ$

	$A_0 + \Sigma A_i$		
	$K_3 = 1,5$	$K_3 = 2$	$K_3 = 2,5$
0	1,884	1,769	1,658
10	1,882	1,774	1,670
20	1,846	1,748	1,653
30	1,778	1,691	1,557

60	1,477	1,452	1,432
90	1,034	1,075	1,115
120	0,561	0,621	0,682
150	0,173	0,209	0,246
160	0,076	0,094	0,111
170	0,019	0,023	0,028
180	0,000	0,000	0,000

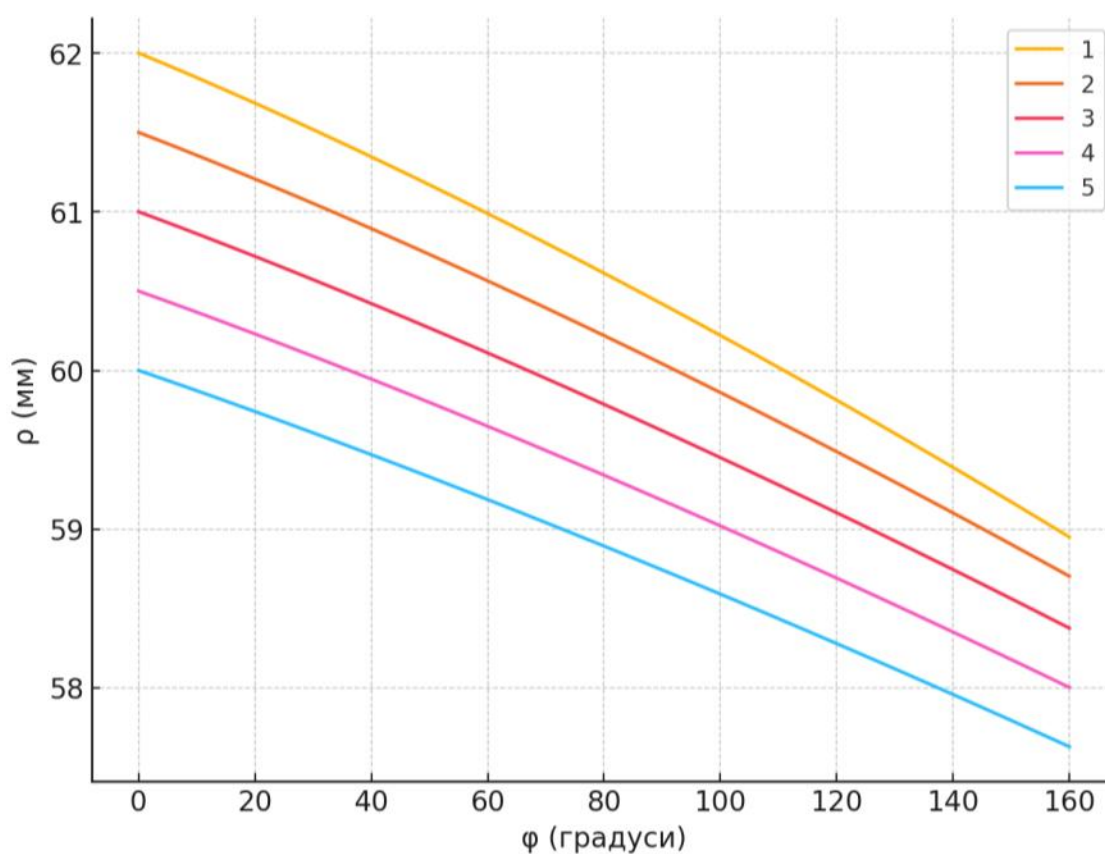


Рисунок 4.3. Зміна радіусів кривизни поршневих кілець діаметром 120 мм при різних епюрах тиску (1, 4, 5) при врахуванні залишкової деформації (2) та - перемінного модуля пружності (3).

Крива 1 показує, як змінюються радіуси кривизни для кільця із середнім тиском $P_0 = 1,42 \text{ кгс/см}^2$ з підвищеним в 1,5 рази тиском у кінців; крива 4 для

рівномірного тиску $1,42 \text{ кгс/см}^2$, а крива 5 - для рівномірного тиску $1,33 \text{ кгс/см}^2$. Таким чином, невеликі зміни в радіусі кривизни викликають суттєві зміни в характері розподілу питомих тисків, що ще раз підтверджує необхідність високої точності обробки поршневих кілець. Тому слід контролювати кривизну кільця по периметру, особливо в період доведення кілець, за допомогою найпростішого приладу з базою $20 \dots 25 \text{ мм}$.

Наведений вище розрахунок зроблений у припущенні сталості модуля пружності E . Проведені дослідження показали, що в поршневих кільцях може мати місце значна (до 20%) зміна модуля пружності по периметру при переході від замка до стінки. Розрахунок дозволяє врахувати вплив цього параметра на кривизну кільця у вільному стані. Наближено можна прийняти лінійну залежність зменшення модуля від спинки кільця до його кінців ¹:

$$E = E_0 (1 - \alpha \varphi).$$

Якщо цю величину підставити у формулу то збільшення кривизни в цьому випадку буде відрізнятися від підрахованого для постійного модуля E_0 і визначатися співвідношенням

$$\Delta \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1 - \alpha \varphi} \left[\Delta \frac{1}{\rho_\varphi} \right] \quad E = \text{const}$$

відповідно зміниться і радіус кривизни ρ .

Крім змінного модуля пружності, необхідно врахувати залишкову деформацію, яка для чавуну складає в ньому близько 15%. Якщо позначити відносну величину залишкової деформації через γ , то для компенсації падіння пружних властивостей кільця після його навантаження слід відповідно збільшити розрахункові згинальні моменти:

$$M_{\text{роз}} = \frac{1}{1 - \gamma} M_{\text{роз}}$$

відповідно розрахункове збільшення кривизни складе

$$\Delta \frac{1}{\rho} = \frac{1}{1 - \gamma} \left(\Delta \frac{1}{\rho_\varphi} \right)_{\gamma=0}$$

Якщо прийняти, що $\gamma = 0,15$ то розрахункові радіуси кривизни збільшаться. На рисунку 4.3 облік залишкової деформації для кривої 1 викликав зміщення її майже на всьому діапазоні (крива 2). Облік впливу змінного модуля пружності ($\alpha = 0,15/180$) додав ще одну невелику величину до радіусів кривизни (крива 3). Проте необхідність обліку зазначених параметрів добре ілюструється кривими на рис. 4.3. Додатки до радіусів кривизни, які визначаються величиною залишкової деформації та змінним модулем пружності, можна порівняти з тими, що формують епюру тиску, і характеризуються різницею між кривими 1 і 4.

Подальший хід розрахунку повинен дозволити визначити, виходячи з кривої зміни радіусів кривизни ρ , значення координат точок кільця, що знаходиться у вільному стані. З цією метою крива ρ розбивається на окремі ділянки постійних радіусів кривизни, якими підраховуються координати кільця. Такий прийом дозволяє врахувати, за потреби, місцеві ослаблення перерізу кільця за рахунок вікон, дренажних вирізів іт. д. У цьому випадку будуються дві криві (рис. 4.4): одна для неослабленого перетину з максимальним моментом інерції J , а інша — для ослабленого з моментом інерції J_1 . При необхідності кількість кривих може бути збільшена відповідно до числа перерізів, що мають різні моменти інерції. Далі проводиться розбивка кривих на ділянки постійної кривизни. У місцях переходу від суцільного перерізу (крива 1) до ослабленого (крива 2) буде мати місце різкої зміни радіуса кривизни. Однак це не позначиться на плавності кільця контуру. На рис. 4.5 показано побудову контуру кільця по радіусах кривизни. У цій побудові слід враховувати, що кути φ , на які розбита крива радіусів кривизни на рис. 4.4, при побудові контуру кільця зменшуються щодо r/ρ . Таким чином, першим радіусом кривизни за рис. 4.5 при побудові контуру описується дуга не $\Delta\varphi_1$ а

$$\Delta\alpha_1 = \Delta\varphi_1 \frac{r}{\rho_1}.$$

Відповідно за цією формулою перераховуються дуги для кожного радіусу. Перехід від кола одного радіуса до кола іншого відбувається плавно. Кола в точці переходу мають загальну дотичну. Весь контур кільця

апроксимується таким чином 20...25 дугами кіл різних радіусів.

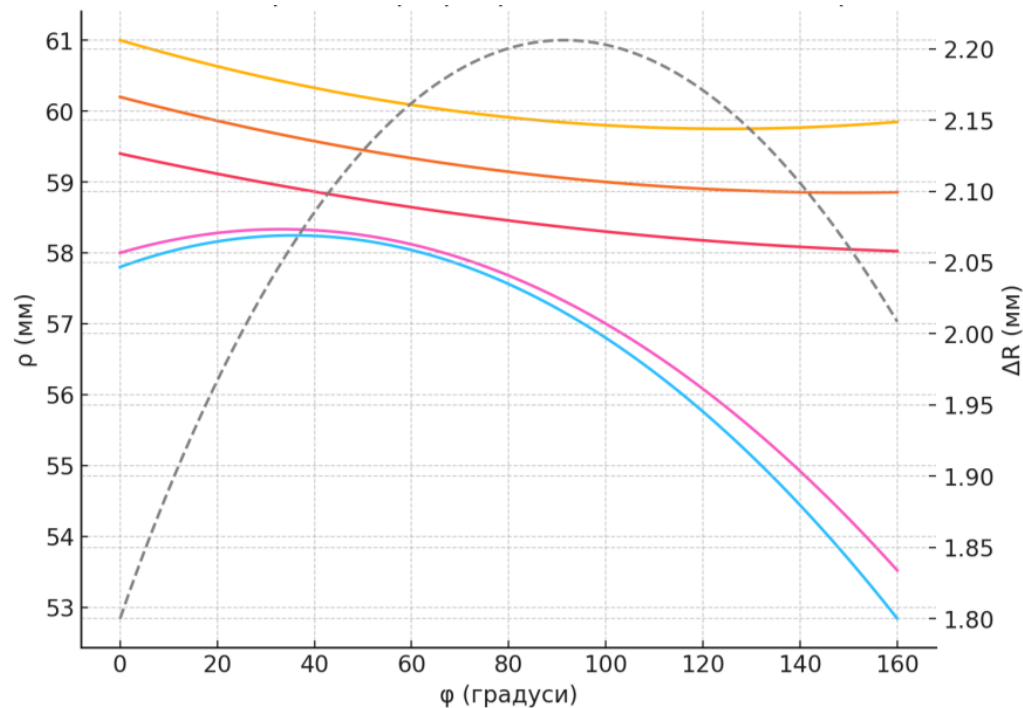


Рисунок 4.4. Розбивка кривих ρ_ϕ на ділянки з постійною кривизною для кільця, які мають місцеве ослаблення перерізу:

1 - крива для ділянок кільця з неослабленим перетином; 2 - крива для ділянок кільця з ослабленим перетином; 3 - результуюча ступінчаста розрахункова характеристика зміни радіусів кривизни для кільця з ослабленим перетином.

За схемою на рис. 4.5 можна аналітично підрахувати координати будь-якої точки профілю кільця. Зазвичай достатньо підрахувати координати кінців ділянок. Якщо прийняти за початок координат точку O_1 то ці координати визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} x_1 &= -(\rho_1 \cos \alpha_1 - \Delta); \\ y_1 &= \rho_1 \sin \alpha_1; \\ x_2 &= -[\rho_2 \cos \alpha_2 + (\rho_1 - \rho_2) \cos \alpha_2 - \Delta]; \\ y_2 &= \rho_2 \sin \alpha_2 + (\rho_1 - \rho_2) \sin \alpha_1; \\ x_3 &= -[\rho_3 \cos \alpha_3 + (\rho_1 - \rho_2) \cos \alpha_1 + (\rho_2 - \rho_3) \cos \alpha_2 - \Delta] \\ y_3 &= \rho_3 \sin \alpha_3 + (\rho_1 - \rho_2) \sin \alpha_1 + (\rho_2 - \rho_3) \sin \alpha_2 \end{aligned}$$

або для довільної ділянки

$$x_i = - \left[\rho_i \cos \alpha_i + \sum_{n=1}^{i-1} (\rho_n - \rho_{n+1}) \cos \alpha_n - \Delta \right]$$

$$y_i = \rho_i \sin \alpha_i + \sum_{n=1}^{i-1} (\rho_n - \rho_{n+1}) \sin \alpha_n$$

Формули для підрахунку координат точок кільця у вільному стані не залежать від того, як вибрані радіуси і чи є скачки в кривій розташування центрів кривизни. Але при цьому дуже важливо враховувати знак різниці $(\rho_n - \rho_{n+1})$.

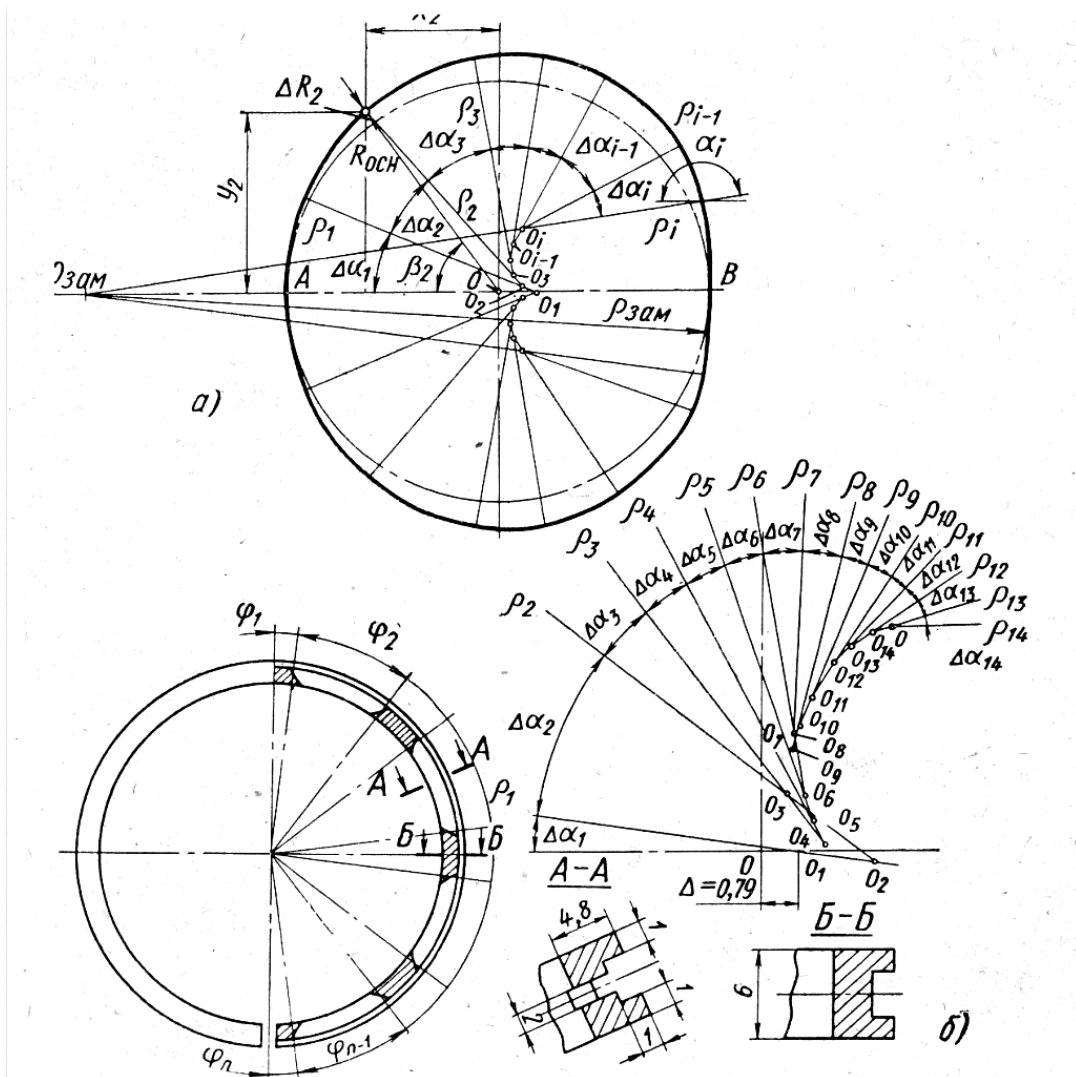


Рисунок 4.5. Побудова контуру кільця по радіусах кривизни:

а - для кілець з постійним перерізом; б - для кілець з місцевими
ослабленнями перерізу

Для визначення полярних координат, у яких зазвичай задається форма

кільця у вільному стані, необхідно визначити (рис. 4.5):

радіус замикаючого кола

$$\rho_{зам} = \frac{y_i}{\sin(\pi - \alpha_i)}$$

радіус основного кола

$$R_{oct} = \frac{1}{2} \left[\rho_1 - \rho_i \cos \alpha_i - \sum_{n=1}^{i-1} (\rho_n - \rho_{n+1}) \cos \varphi_1 + \right. \\ \left. + \rho_{зам} (1 + \cos \alpha_i) \right]$$

величину зміщення Δ центру основного кола від центру першого кола:

$$\Delta = \rho_1 - R_{осн}$$

Відносно центра основного кола O підраховуються радіуси-вектори r та кути їх повороту β :

$$r_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2}; \quad \beta_i = \arctg \frac{y_i}{x_i}$$

Для характеристики форми кільця зазвичай застосовується величина перевищення над основним колом ΔR :

$$\Delta R_i = (\rho_i - R_{осн}).$$

При обраному початку координат величина ΔR дорівнюватиме нулю при $\beta = 0$ і $\beta = 180^\circ$.

Під час проведення розрахунків можна використовувати таблиці, куди заносяться послідовно результати обчислень. Практично зручніше запрограмувати весь хід розрахунку та використовувати комп'ютерну техніку. На рис. 4.4 наведено криві, що характеризують зміну ΔR для компресійних (крива 4) та маслоємних кілець (крива 5) діаметром 120 мм. Проведені розрахунки щодо визначення форми у вільному стані для кілець основних автомобільних двигунів. За результатами цих розрахунків виготовлені копії до токарних верстатів для одночасного обточування-розточування поршневих кілець. Обробка великої партії кілець за цими копіями показала, що приблизно 98% кілець забезпечують повне, безпросвітне прилягання до калібру, і тільки у

2% був в окремих точках мерехтливий просвіт, що не перевищує 0,01 мм.

Крім точного розрахунку, методика передбачає спрощену (за трьома дугами) методику побудови ливарної заготівлі. Застосування викладеної вище схеми розрахунку дозволило також аналітичним методом розраховувати координати та величину овальності кільця у гнучкій стрічці, залежно від величини підвищення тиску в кінці кільця, та характеру епюри. На рисунку 4.6 показано зміну величини овальності в стрічці (різниця діаметрів: кільця, що проходить через замок, і перпендикулярного до нього) в залежності від значення K_3 .

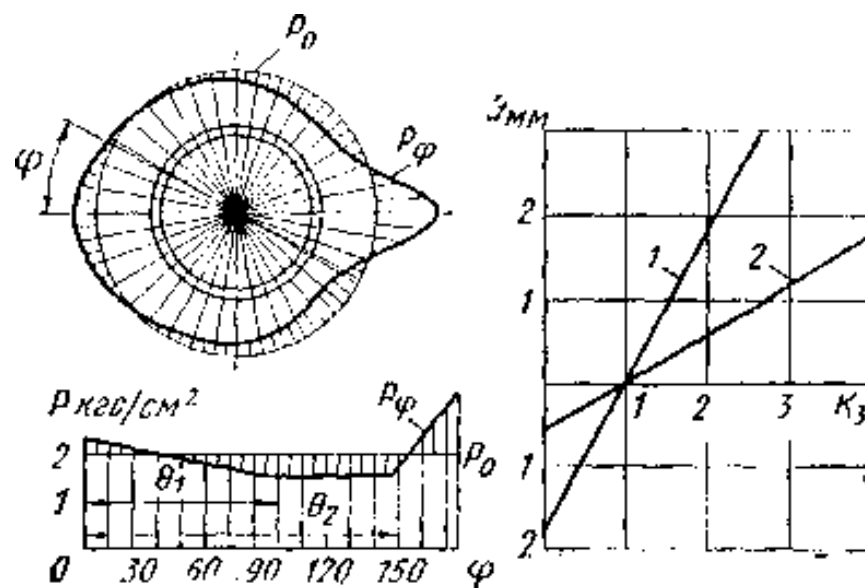


Рисунок 4.6. Зміна величини овальності E у стрічці в залежності від тиску в кінці та виду епюри: 1 - для симетричної епюри; 2 - для несиметричної епюри

Великий вплив має характер епюри на цю величину: симетрична епюра суттєво збільшує овальність кільця. Тому цей показник умовно характеризує епюру тиску і в ряді випадків може дати спотворене уявлення про дійсний характер розподілу тиску.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Визначення рівня шуму та заходи для його зниження

За сучасних умов боротьба з шумом є технічно-складною, комплексною, дорогою. Важливо знижувати шум у джерелі його виникнення, створювати безшумні або малOSHумні машини і технологічні процеси, транспортне і промислове устаткування, починаючи ще зі стадії проектування.

При цьому розраховується очікувана величина шуму, розробляються заходи щодо зниження шуму до допустимого рівня. Відповідно до норм, вважають верхньою межею шуму для роботи в цехах машинобудівного виробництва 60 дБА.

Рівень звукової потужності визначають за формулою:

$$L_p = L_{cp} + 10 \cdot \lg \frac{S}{S_1},$$

де L_{cp} – середній рівень шуму, який діє на поверхню площею S .

Розрізняють два види нормування виробничого шуму: санітарно-гігієнічне і технічне. Перше регулює рівень шуму з огляду його дії на організм людини. Норматив житлово-побутового шуму - 40 дБА вдень, 30 дБА - вночі. Технічне нормування стандартизує існуючі або очікувані шумові характеристики устаткування об'єкта. Друге повинне забезпечити вимоги першого. Вухом людини, звукові хвилі частотою нижче 16 Гц сприймає не як звук, а як вібрацію.

Соціальний характер проблеми забруднення середовища шумом і визначає те, що боротьба з ним – завдання не тільки технічне, а й суспільне. У проблемі взаємодії людського суспільства і природи важливе місце посідає свідомість і активна боротьба з шумовим забрудненням довкілля. На пристосування до сильного шуму організм людини витрачає велику кількість енергії, перенапружується нервова система, виникають втома, нервовий і психічний розлади.

Особливо важко переносяться раптові різкі високочастотні звуки. При

рівні шуму понад 80 дБА послаблюється слух, виникають нервово-психічні захворювання, виразка шлунку, гіпертонія, підвищується агресивність. Дуже сильний шум (понад 110 дБА) призводить до так званого шумового сп'яніння, а потім — до руйнування тканин тіла, перш за все — слухового апарату.

Для зниження шуму можна використовувати наступні методи:

- зменшення шуму в джерелі;
- зміна направленості шуму;
- раціональне планування підприємств і цехів, акустична обробка приміщень;
- зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

Часто не економічно, а інколи практично неможливо зменшити шум до допустимих величин загально технічними методами, тому основними методами запобігання професійних захворювань є засоби індивідуального захисту.

До засобів індивідуального захисту відносяться вкладиші (вставлені в слуховий канал м'які тампони з ультразвукового полотна) – зниження шуму 5-20 дБ, навушники – зниження шуму 10 – 40 дБ і шлеми – зниження шуму більше 120 дБ.

5.2 Вибір і розрахунок віброізоляторів для встановлення обладнання на СТО

Віброізоляція використовується для зменшення передачі коливань від джерела збудження до об'єкту, який необхідно захистити, за допомогою пристроїв, що встановлюються між ними. Віброізоляція здійснюється шляхом введення в коливальну систему додаткового пружного зв'язку, який перешкоджає передачі вібрації від машини - джерела коливань до основи або суміжних елементів конструкції, цей пружний зв'язок може також використовуватись для послаблення передачі коливань від основи на людину, або на машину, яку необхідно захистити.

Ефективність віброізоляції визначають коефіцієнтом передачі КП, який показує відношення амплітуди вібропереміщення, віброшвидкості,

віброприскорення об'єкта, який захищається від діючої на нього сили, до амплітуди тієї ж величини джерела збудження при гармонійній вібрації. Розраховується коефіцієнт передачі за формулою:

$$KП = \frac{F_{т.осн}}{F_{т.маш}}, \quad (8.2)$$

де $F_{т.осн}$ - амплітуда вібропереміщення, віброшвидкості, віброприскорення об'єкта, який захищається;

$F_{т.маш}$ - амплітуда джерела збудження тієї ж величини при гармонійній вібрації.

Чим менше значення цього співвідношення, тим вища віброізоляція. Коефіцієнт передачі в системах, де можна знехтувати тертям, можна розрахувати за формулою:

$$KП = \frac{1}{(f - f_o)^2} - 1,$$

де f - частота збудження коливальної системи;

f_o - власна частота коливань системи.

Звичайно ефективність віброізоляції визначають в децибелах:

$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{k_{II}}.$$

Вираз для власної частоти в герцах з врахуванням того, що $\frac{mg}{q} = x_{cm}$,

можна представити у вигляді:

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{qg}{mg}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{x_{cm}}}, \quad (8.5)$$

де x_{cm} - статична осадка системи на віброізоляторах під тиском власної ваги.

Чим більша статична усадка, тим нижча власна частота і тим ефективніша

віброізоляція. Однак ця умова противоречить економічним, а в деяких випадках, і технічним можливостям, оскільки приводить до складних і дорогих конструкцій віброізоляторів з великими габаритами, а система на таких віброізоляторах набуває надто великої рухомості в окремих степенях вільності. Тому в даному випадку необхідно знаходити розумний компроміс між гігієнічними, технічними, економічними вимогами. Таким чином, чим вища частота вібрації, тим легше здійснити віброізоляцію. Звідси випливає, що існує оптимальне співвідношення між частотою збудження і власною частотою коливань системи. Воно складає $\frac{f}{f_0} = 3 \div 4$, що відповідає $KП = \frac{1}{8} \div \frac{1}{15}$.

Для віброізоляції стаціонарних машин з вертикальною змущуючою силою в машинобудуванні частіше всього застосовують віброізолюючі опори типу пружних прокладок або пружин (рисунк 5.2). Можливе їх суміщене використання (комбіновані віброізолятори).

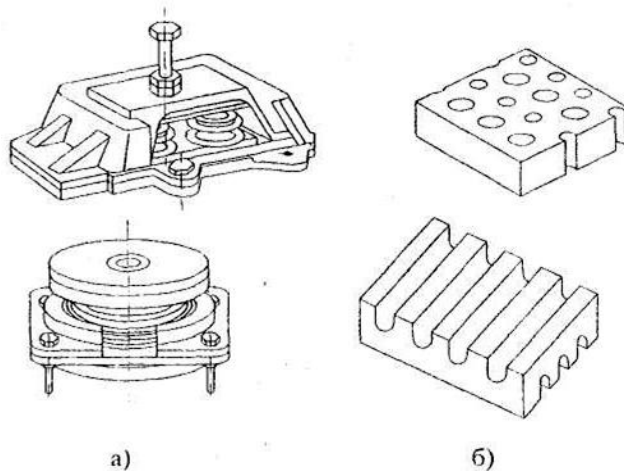


Рисунок 5.2 — Віброізолюючі опори: а) пружинні; б) гумові віброізолятори

Пружинні віброізолятори в порівнянні з прокладками мають ряд переваг. Вони можуть застосовуватись для ізоляції коливань як низьких, так і високих частот (забезпечують будь-яку деформацію), довше зберігають постійність пружних властивостей в часі, добре протидіють дії масла і температури, відносно малогабаритні. Однак, вони можуть пропускати коливання високих

частот, оскільки матеріал пружин (сталь) має малі внутрішні втрати, а у вказаному діапазоні знаходяться резонансні частоти пружин. Тому, в такому випадку, пружинні віброізолятори рекомендується встановлювати на прокладки із пружних матеріалів типу гуми (комбінований віброізолятор).

При використанні віброізоляторів типу гумових прокладок слід приймати міри для забезпечення деформації в горизонтальній площині. Тому гумові віброізолятори повинні або мати форму ребристих чи пористих плит, або розбиватись на ряд паралельно встановлених елементів

Будь-яка машина, поставлена на віброізолятори, має шість ступенів вільності, оскільки може здійснювати коливання в трьох взаємно перпендикулярних площинах простору, а також здійснювати обертовий рух в тих самих площинах.

Розрахунок системи з шістьма ступенями вільності досить складний. На практиці віброізоляції машин обмежуються в більшості випадків розрахунком тільки вертикальних коливань. Розрахунок віброізоляторів зводиться до визначення необхідної жорсткості гумових прокладок або пружин і визначення їх параметрів: числа витків і діаметра дроту пружини; висоти, площі і числа гумових прокладок; перевірки на відсутність в них резонансних явищ і стійкості.

В тому випадку, коли параметри вібрації невідомі, необхідно виконувати умову: $\frac{f}{f_0} = 3 \div 4$.

Значення частоти дії збуджуючої сили визначають за параметрами робочого процесу. Для різних типів машин з числом робочих циклів n для електроприводів частота обертання n хв⁻¹ значення розраховується за формулою:

$$f = \frac{n}{60}.$$

За відомим значенням f знаходять f_0 (Гц):

$$f_o = \frac{f}{3 \div 4}.$$

Використовуючи зв'язок між статичною осадкою x_{cm} і частотою власних коливань системи f_o , можна побудувати графік залежності для визначення x_{cm} по заданому значенню коефіцієнта КП. Графік будується в логарифмічних координатах. Для необхідного значення f_o визначають потрібну статичну усадку системи і проводять розрахунок параметрів ізоляторів.

Для гумових прокладок розраховують потрібну висоту віброізоляторів

$$h = x_{cm} \frac{E}{\sigma},$$

де E - динамічний модуль пружності, для гуми складає $E = 2 \cdot 10^7$ Па;

σ - допустиме напруження стиску матеріалу прокладки, для гуми $\sigma = 4 \cdot 10^6$ Па.

Товщина віброізолюючої прокладки повинна відповідати умові

$$h < \frac{\lambda \cdot n}{2},$$

де λ - довжина хвилі ізолюваних коливань;

$n=1, 2, 3, \dots$

В іншому випадку в прокладці виникають резонансні коливання. Для визначення площі віброізолюючої прокладки служить формула:

$$S = \frac{m \cdot g}{\sigma \cdot N},$$

де m - маса агрегату, кг;

N - число прокладок.

Розмір поперечного перерізу прокладки A знаходять із умови: $h \leq A \leq 8h$.

Розрахунок пружинних ізоляторів зводиться до визначення зусилля, що сприймає кожна з пружин при робочій деформації за формулою:

$$P_2 = \frac{m}{N \cdot n},$$

де m - маса агрегату, кг;

N - кількість віброопор агрегата;

n - кількість пружин в опорі.

Потім вибирають пружину, що має необхідні параметри.

Визначають жорсткість пружини по залежності: $z = \frac{P_3}{\omega_3}$, де ω_3 -

максимальна деформація пружини, ($\omega_3 = 20 \div 40$ мм), та кількість робочих

витків: $n = \frac{z_1}{z}$ де z - жорсткість одного витка.

В ливарних цехах сучасних машинобудівних підприємств вибивка відливок проходить механізованим способом на вібраційних машинах різної потужності.

Принцип роботи вібротранспортерів полягає в тому, що з допомогою так званих пневматичних вібраторів корпуси і рами машини приводяться в віброуючий стан, в результаті якого відливки звільняються від формовочної суміші, яка після відповідної обробки повторно використовується.

Для звільнення від формовочної суміші заготовок - складових корпусу коробки діапазонів 3518020-43360 – правого 3518020-41061 і лівого 3518020-41062 півкорпусів вагою 32,5 кг використовуємо транспортуєчу вибивну решітку моделі 31244, грузопідйомність якої 100 кг, частота коливань 960 хв^{-1} , маса агрегату 3 т, число опор – 6, кількість пружин в опорі – 3. Коефіцієнт передачі КП= 1,0.

1. Розрахунок гумових віброізоляторів.

Визначаємо частоту робочих циклів агрегату:

$$f = \frac{960}{60} = 16 \text{ Гц}$$

Знаходимо власну частоту коливань системи:

$$f_{\text{оmax}} = \frac{f}{3} = \frac{16}{3} = 5,3 \text{ Гц};$$

$$f_{\text{оmin}} = \frac{f}{4} = \frac{16}{4} = 4 \text{ Гц}.$$

Приймаємо $f_o = 5 \text{ Гц}$.

За графіком залежності коефіцієнта передачі від статичної осадки і частоти обертання знаходимо необхідну статичну осадку системи: $x_{\text{ст}} = 2,1 \text{ см}$.

Визначаємо необхідну висоту гумових віброізоляторів за формулою.

$$h = 2,1 \cdot 10^{-2} \frac{2 \cdot 10^7}{4 \cdot 10^6} = 0,11 \text{ м}.$$

Визначаємо площу одного віброізолятора за формулою .

$$S = \frac{9000 \cdot 9,8}{4 \cdot 10^6 \cdot 8} = 27,56 \text{ м}^2.$$

2. Розрахунок пружинних віброізоляторів.

Для забезпечення віброізоляції приймаємо двопружинний віброізолятор.

Визначаємо зусилля, яке сприймає кожна пружина за формулою .

$$P_2 = \frac{9000}{8 \cdot 3} = 375 \text{ кг}.$$

Підбираємо пружину 181, для якої $P_3 = 400 \text{ кгс}$; $d = 8,0 \text{ мм}$; $z_1 = 80,861 \text{ кгс/мм}$.

Визначаємо жорсткість пружини

$$z = \frac{400}{30} = 13,3 \text{ кг/см}.$$

Кількість робочих витків буде складати

$$n = \frac{z_1}{z} = \frac{80,860}{13,3} = 6,1.$$

Приймаємо $p = 6$.

Отже для забезпечення віброізоляції вібраційної машини можна використовувати гумові віброізолятори площею $27,56 \text{ м}^2$ і висотою $0,11 \text{ м}$, або пружинні віброізолятори - пружини номер 181, з кількістю робочих витків – 7.

5.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки при надзвичайних ситуаціях

Вихідні дані:

1. Потужність ядерного заряду, вихід з ладу одного з реакторів, вибух наземний $q = 30 \text{ Кт}$.
2. Віддалення ОНГ від центра міста $R_z = 1 \text{ км}$.
3. Максимальне відхилення центра ймовірного вибуху від точки прицілу $r_{vid} = 0.3 \text{ км}$.
4. Середня швидкість вітру $V_{cp} = 25 \text{ км/год}$.
5. Встановлена доза опромінення на одну добу.

Механічний цех

1. Будівля – №1 – одноповерхова з неметалевим каркасом
 №2 – одноповерхова, цегляна, зашклена з армованого скла
2. Двері дерев'яні, пофарбовані в темний колір.
3. Віконні рами – дерев'яні темного кольору.
4. Покрівля – толь.
5. Технологічне обладнання – верстати важкого типу; верстати середнього і кранове обладнання.
6. Газопровід наземний; водопровід підземний.
7. Сховище 4 класу, вбудоване площа 120 м^2 ; товщина перекриття – бетон 23 см ; ґрунт 24 см .
8. Чисельність найбільшої робочої зміни – 240 чол.
9. Повітропостачання по режиму 1.
10. Кількість засобів ізоляції: ФВК – 1 – 2 шт, ЄРВ – 72 -1 шт.
11. Тривалість робочої зміни 8 годин.

5.3.1 Оцінка захисту робітників і службовців

Потрібно визначити показники сховища до стійкості, захисних властивостей, життєзабезпечення і своєчасності заповнення.

Характеристика сховища:

- № сховища – 1;
- клас сховища – IV;
- захисні властивості: $\Delta P_{\phi} = 150$ кПа, послаблення радіації $K_{\text{посл}} = 892$;
- площа приміщення для персоналу, що переховується $S = 120$ м²;
- кількість місць при двоюрисному розміщенні нар $M = 240$;
- кількість місць з захисними властивостями, що відповідають вимогам $M_{\text{зг}} = 240$;
- число людей, що підлягають укриттю в сховищах – 240;
- число місць, що забезпечуються чистим повітрям в режимі I – 175

Проводимо розрахунок:

1. Максимальна відстань від ймовірного центру вибуху $R_x = R_r - r_{\text{від}} = 1 - 0,3 = 0,7$ км.

2. Визначаємо необхідний коефіцієнт послаблення радіації захисними спорудами, для чого розраховуємо максимальну дозу радіації від радіоактивного забруднення при однократному опроміненні (за 1 добу) відкрито розташованих людей в районі об'єкта за формулою:

$$D_{\text{р.з.мак}} = 5 \cdot P_1 \cdot (t_n^{-0,2} - t_k^{-0,2})$$

де P_1 – максимальний рівень радіації, що очікується на об'єкті, визначається по при $R_k = 0,7$, $V_{\text{с.р}} = 25$ км/год (якщо об'єкт знаходиться на осі сидла радіоактивної хмари, $P_1 = 18797$ Р/год);

t_n – початок зараження,

$$t_n = \frac{R_x}{V_{\text{ср}}} + t_{\text{вип}} ,$$

де $t_{\text{вип}}$ – час випадання радіоактивного осаду в середньому 1 год;

t_{κ} – час закінчення облучення, $t_{\kappa} = t_{\text{н}} + 24 = 25$ год

$$t_{\text{н}} = \frac{0,7}{25} + 1 = 1,028 \text{ год};$$

$$D_{\text{p.з.мах}} = 5 \cdot 18797 \cdot (1^{-0,2} - 25^{-0,2}) = 44614 \text{ Р.}$$

Визначаємо необхідний коефіцієнт послаблення радіації захисними спорудами від радіоактивного забруднення по формулі:

$$K_{\text{посл.п.з}} = D_{\text{п.з.мах}} / 50,$$

$$K_{\text{посл.п.з}} = 44614 / 50 = 892$$

Для проникаючої радіації складає 10000 Р.

Таблиця 5.1 – Оцінка стану інженерного захисту

Результати оцінки стану інженерного захисту працівників об'єктів					Заходи по підвищенню надійності інженерного захисту
№ сх.	$K_{\text{м}} = \frac{M}{N}$	$K_{\text{з.б}} = \frac{M_{\text{зб}}}{N}$	$K_{\text{мз}} = \frac{N_{\text{мз}}}{N}$	$K_{\text{сбч}} = \frac{N_{\text{сбч}}}{N}$	
1	1	1	1	1	Надійність інженерного захисту досягається створенням на об'єкті стійкої системи керування, високою підготовкою керуючого складу об'єкту до виконання покладених функціональних обов'язків, своєчасним прийняттям правильних рішень і постановкою задач підлеглими у відповідності з наявною ситуацією. Інженерно-технічні заходи, як правило включають комплекс робіт, які забезпечують підвищення стійкості виробничих будівель, верстатного і технологічного обладнання, комунально-енергетичних систем.

5.3.2 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу ударної хвилі

1. Визначаємо максимальне значення очікуваного на об'єкті надлишкового тиску (ΔP_{max}) в екстремальних умовах, тобто, коли об'єкт знаходиться на максимальній відстані від центра вибуху $R_x = R_r - r_{від} = 1 - 0,3 = 0,7$ км.

$$\Delta P_{\phi max} = 150 \text{ кПа}$$

2. По таблицях визначаємо ступінь руйнування елементів цеху в залежності від ΔP_{ϕ} .

3. Зробити висновки і намітити заходи по підвищенню стійкості механічного цеху

Таблиця 5.2 – Висновки та заходи по підвищенню стійкості механічного цеху

Висновки (визначити найбільш вразливі елементи цеху, можливість його роботи при $\Delta P_{\phi max}$)	Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху
Цех може виявитись на межі сильних і повних руйнувань вогнища ядерного ураження з можливим максимальним залишковим тиском 150 кПа, а межа стійкості цеху до ударної хвилі – 40кПа, так як $\Delta P_{\phi lsm} < \Delta P_{\phi max}$, то об'єкт є нестійким до ударної хвилі. Можливі збитки при максимальному надлишковому тиску ударної хвилі приведуть до скорочення виробництва на 80-90%	Для підвищення стійкості механічного цеху до ударної хвилі необхідно підвищити стійкість будівель цеху за допомогою контрфорсів, підносів, додаткових рамних конструкцій, кабельну електросітку, а також повітропроводи прокласти під землею, вузли кранів та кранового обладнання, що можуть бути уражені закрити захисними кожухами встановити колони кранів

5.3.3 Оцінка стійкості ремонтної ділянки до впливу світлового опромінення

У відповідності з вихідними даними завдання визначаємо:

1. максимальне значення світлового імпульсу:

$$I_{\max} = 1700 \text{ кДж/м}^2 \text{ (по додатку 4).}$$

2. Ступінь вогнестійкості 2.
3. Категорію пожежної вибухонебезпечності – Д.
4. Пожежну обстановку в цеху.

Таблиця 5.3 – Пожежна обстановка в цеху

№	Елементи цеху що можуть загорітися	Світловий імпульс що викликає займання кДж/м ²
1	Двері дерев'яні, пофарбовані в темний колір	220
2	Віконні рами – дерев'яні темного кольору	220
3	Покрівля - толь	550

5. Межа стійкості цеху рівна 550 кДж/м².

Оскільки $I_{\max} = I_{\lim}$, то механічний цех є нестійким до світлового опромінення. Пожежну небезпеку для цеху становлять двері, віконні рами, а також покриття з толі.

Доцільно підвищити стійкість механічного цеху до 1700 кДж/м² замінивши покрівлю цеху на азбестно-цементну, замінити дерев'яні віконні рами на металеві, оббити двері покрівельною сталлю по азбестовій прокладці, провести в цеху профілактичні протипожежні заходи.

5.3.4 Оцінка стійкості ремонтної дільниці до дії проникаючої радіації та радіоактивного зараження

Визначаємо максимальне значення рівня радіації, якщо вісь сліду РЗ проходить через територію об'єкта. $P_{1 \max} = 18197$.

Доза проникаючої радіації у відповідності з рівня $D_{\max}^{np} = 10000 \text{ Р}$.

Коефіцієнт послаблення радіації будівлями цеху по буде рівним: $K_{посл.р.з}^{cx} = 7$

Коефіцієнт послаблення дози радіації для сховища визначається за формулою

$$K_{посл.р.з}^{cx} = K_p \cdot 2^{\left(\frac{h_{\delta}}{d_{\delta}} + \frac{h_{cp}}{d_{cp}}\right)},$$

де K_p – коефіцієнт, що враховує розміщення сховища (для вбудованих сховищ $k=8$);

h_{δ} – товщина шару перекриття з бетону, $h_{\delta} = 23$ см;

d_{δ} – товщина шару половинного послаблення радіації, для бетону $d_{\delta} = 10$;

d_{cp} – товщина шару половинного послаблення радіації, для ґрунту $d_{cp} = 14.4$;

h_{cp} – товщина шару перекриття з ґрунту, $h_{cp} = 24$ см.

$$K_{посл.р.з}^{cx} = 8 \cdot 2^{\left(\frac{23}{10} + \frac{24}{14.4}\right)} = 125$$

Визначаємо зону опромінення при $P_{1 \max}$, яку можуть одержати робітники і службовці, знаходячись у виробничих приміщеннях чи сховищі за робочу зміну (8 год)

$$D_{p.з}^{\delta y \delta} = \frac{5 \cdot P_{1 \max} (t_g^{-0.2} - t_k^{-0.2})}{K_{посл}^{\delta y \delta}},$$

$$D_{p.з}^{cx} = \frac{5 \cdot P_{1 \max} (t_n^{-0.2} - t_k^{-0.2})}{K_{посл}^{cx}},$$

$$t_n = \frac{P_x}{V_{cp}} + t_{\text{вун}},$$

$$t_k = t_n + 8,$$

$$t_n = \frac{0.7}{25} + 1 = 1.028 \approx 1 \text{ год};$$

$$t_{\kappa} = 1 + 8 = 9 \text{ год};$$

$$D_{p.3}^{\text{буд}} = \frac{5 \cdot 18797(1^{-0.2} - 9^{-0.2})}{7} = 4775 \text{ Р};$$

$$D_{p.3}^{\text{сх}} = \frac{5 \cdot 18797(1^{-0.2} - 9^{-0.2})}{125} = 267 \text{ Р}.$$

Визначаємо межу стійкості роботи цеху в умовах радіаційного забруднення:

$$P_{1\text{lim}} = \frac{D_{\text{уст}} \cdot K_{\text{посл}}}{5(t_n^{-0.2} - t_{\kappa}^{0.2})},$$

$$P_{1\text{lim}} = \frac{25 \cdot 7}{5(1^{-0.2} - 9^{0.2})} = 98 \text{ Р/Год}.$$

Так, як $P_{1\text{lim}} < P_{1\text{max}}$, то об'єкт не стійкий до радіоактивного зараження.

Висновки (стійкість цеху до радіоактивного зараження і можливість продовження роботи). Об'єкт може опинитись в зоні радіоактивного зараження з максимальним рівнем радіації 18797 Р/год на 1 годину. Захисні властивості не забезпечують неперервність роботи протягом встановленого часу робочої зміни (8 годин) в умовах очікуваного максимального рівня радіації. Межа стійкості роботи цеху в умовах радіоактивного зараження $P_{1\text{lim}} = 98 \text{ Р/Год}$.

Заходи по підвищенню стійкості механічного цеху.

Для під стійкості цеху до радіоактивного зараження необхідно провести наступні заходи:

підвищити ступінь герметизації цеху;

підготувати систему вентиляції цеху до режиму очистки повітря від радіоактивного пилу, обладнати її сітковим масляним протипиловим фільтром і перемикачами роду роботи;

розробити режими радіаційного захисту робочих і роботи цеху в умовах радіоактивного зараження місцевості; підвищити коефіцієнт послаблення сховища.

ВИСНОВКИ

Проведені комплексні дослідження та одержані результати свідчать про цілісність представлених матеріалів, які згідно поставленої мети були направлені на вирішення актуальної технічної задачі – вибір оптимального технологічного процесу ремонту та відновлення пошкоджених робочих поверхонь колінчастих валів двигунів автомобіля. Текстовий та графічні матеріали кваліфікаційної роботи пов'язані між собою, доповнюють один одного та розкривають її зміст.

Вибір об'єкту дослідження зумовлений актуальністю проблеми підвищення надійності та довговічності експлуатації колінчастих валів. Пошук оптимальних варіантів вирішення даної проблеми базувався на аналізі технічної та патентної літератури по даній тематиці. В якості досліджуваного вибрано колінчастий вал двигуна автомобіля.

Детальний аналіз технічних вимог на виготовлення даного валу, умов його експлуатації дозволили розробити комплекс конструкторсько-технологічних рішень по вдосконаленні конструкції вала, вибору матеріалу заготовки та способу її виготовлення. Враховуючи технологічні можливості ремонтного цеху даного автопідприємства підібрано необхідне обладнання, устаткування, інструменти, вихідні матеріали для реалізації найбільш оптимального методу відновлення пошкоджених поверхонь тертя колінчастого валу.

Системний підхід до вирішення даної проблеми охопив весь комплекс конструкторських, технологічних та експлуатаційних міроприємств по розробці (вдосконаленню) технологічного процесу ремонту та відновлення колінчастого валу з вибором оптимальних режимів обробки, сучасних засобів контролю точності та якості виконуваних робіт. Даний підхід можна зреалізувати і на інших підприємствах для ремонтних робіт аналогічних деталей, враховуючи їх специфіку та технологічні можливості. В цілому, представлені в магістерській роботі матеріали носять цілісний характер на вирішення актуальної проблеми в

автомобілебудуванні і свідчать про достатньо високий рівень авторів даної роботи для самостійного вирішення доволі складних інженерних задач

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. 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.
3. 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.
- 4 Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с
5. Gypka, A., Aulin, V., Mironov, D., Leshchuk, R., Yarema, I., Bukhovets, V., & Teslia, V. (2024). Structural and energetic self-organization of antifriction composite materials of car parts during friction and wear. *Problems of Tribology*, 29(2/112), 67-73.
6. Ляшук, О., Гевко, І., Гупка, А., Слободян, Л., Гевко, Б., & Хорошун, Р. (2023). Розробка моделі узагальненого діагностичного показника технічного стану ходової частини автомобіля з використанням математичних методів теорії планування експерименту. *сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 2(21), 135-144.
7. 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.

8. Gypka, A., et al. The patterns of changes in the degree of lubrication of the crankshaft bearings of car engines depending on the parameters of the load-speed modes of operation. *Problems of Tribology*, 2024, 29.3/113: 72-78.

9. Aulin, Victor, et al. Tribodiagnosis of the surface damage of tribo-coupling parts materials during machine operation. *Procedia Structural Integrity*, 2024, 59: 428-435.

10. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.