

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра на тему

Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з підвищення ефективності відновлення робочої поверхні гільз циліндрів ДВЗ

(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ- ПОМ-23мг
спеціальності: 015 Професійна освіта
(Машинобудування)

(код і найменування спеціальності)

[підпис] / Микола ДЗЮБЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник [підпис] / Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент [підпис] / Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри [підпис] / Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль [підпис] / Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК [підпис] / Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н.
КАРАЗІНА

Факультет Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»

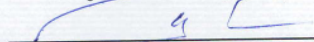
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

Спеціальність 015 Професійна освіта. (Машинобудування)

Освітньо-професійна програма Професійна освіта. (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри


(підпис)

к.т.н., доц. Олег ПОДОЛЯК

«12» 10 2024р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)
другого (магістерського) рівня вищої освіти

студенту (ці)

Миколі ДЗЮБЕНКУ
(ім'я, прізвище)

1. Тема Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з підвищення ефективності відновлення робочої поверхні гільз циліндрів ДВЗ

затверджена наказом по академії № ^{4801-5/3345} від «12» 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » грудня 2024 р.

Розробити методiku зміцнення гільз циліндрів ДВЗ методом поверхнево-пластичної деформації

4. Зміст роботи/проєкту(перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ. 1. Актуальність професійної підготовки фахівців машинобудівних підприємств 2. Підвищення довговічності деталей як проблема. 3.

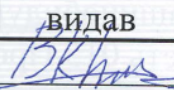
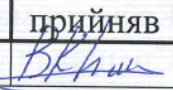
Підвищення довговічності деталей ДВЗ методом ППД.3.Методичний розділ

Висновки. Список джерел.

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):


Презентація основних результатів виконаних досліджень. Роздатковий матеріал

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Методичний	Борис ХОМУЛЕНКО			

7. Дата видачі завдання «02» вересня 2024 р.

Керівник роботи


(підпис)

Олег ПОДОЛЯК
(ім'я, прізвище)


Завдання прийняв до виконання


(підпис)

Микола ДЗЮБЕНКО
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналіз стану питання.	10.09.2024	
2	Вибір найбільш ефективного методу відновлення деталей двигуна з урахуванням умов його експлуатації	1.10.2024	
3	Розробка методики відновлення деталей двигуна методом ППД	15.10.2024	
4	Методичний розділ	1.11.2024	
5	Оформлення і захист дипломного проєкту	10.12.2024	

Студент (ка) 
(підпис)

Микола ДЗЮБЕНКО
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль 

Олег ПОДОЛЯК

Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проекту)

Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі з підвищення ефективності відновлення робочої поверхні гільз циліндрів ДВЗ

(назва роботи)

студента

ДЗЮБЕНКО Микола Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Подоляк Олег Степанович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 13,39,

Коефіцієнт Подібності 2: 9,30,

Сигнал „Тривога!": – немає; – є, кількість разів у тексті _____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 20% – оригінальна робота,

від 21% до 50% – задовільно оригінальна робота,

від 51% до 90% – умовно оригінальна робота,

більше 90% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

оригінальна,

задовільно оригінальна,

умовно оригінальна,

неоригінальна.

Висновок:

робота може бути допущена до захисту,

необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проекту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор


(підпис)

Скоркін А.О.

(прізвище та ініціали)

28.11.2024

(дата)

РЕФЕРАТ

Робота містить 83 сторінки машинописного тексту, 11 рисунків, 12 таблиць, 17 літературних джерел.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити методику професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств по підвищенню зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації.

Об'єктом дослідження є процес професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств.

Предметом дослідження є методика професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств по підвищенню зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації.

В ході виконання роботи автором була розроблена методика визначення режимів обробки методом ППД, яка може бути використана на підприємствах, що займаються виготовленням і ремонтом двигунів внутрішнього згорання. Отримані залежності лягли в основу експериментальних досліджень.

Ключові слова: методика, дидактичний проєкт, факультативне заняття, відновлення, пластична деформація.

ABSTRACT

The work contains 83 pages of typewritten text, 11 figures, 12 tables, and 17 literary sources.

The purpose of the study is to theoretically substantiate and develop a methodology for professional training of specialists of machine-building enterprises to increase the wear resistance of cylinder liners using the method of surface plastic deformation.

The object of the study is the process of professional training of a specialist of machine-building enterprises.

The subject of the study is the methodology of professional training of a specialist of machine-building enterprises to increase the wear resistance of cylinder liners by the method of surface plastic deformation.

During the work, the author developed a methodology for determining processing modes using the PPD method, which can be used at enterprises engaged in the manufacture and repair of internal combustion engines. The obtained dependencies formed the basis of experimental studies.

Keywords: methodology, didactic project, elective, restoration, plastic deformation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ	7
РОЗДІЛ 2 ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЯК ПРОБЛЕМА	12
2.1 Довговічність деталей в дослідженнях науковців.....	12
2.2 Види і характеристики зношування.....	23
2.3 Технологічні методи підвищення зносостійкості	28
Висновки до 2 розділу.....	33
РОЗДІЛ 3 ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ (ППД).....	34
3.1 Огляд сучасних методів виготовлення деталей двигуна на прикладі гільзи циліндрів.....	34
3.2 Підвищити якість відновлюваних поверхонь.....	36
3.3 Вплив зміцнення на втомну міцність.....	45
3.4 Вплив зміцнення на знос поверхонь, що труться.....	49
3.5 Устаткування і режими деформації.....	53
Висновки до 3 розділу.....	59
РОЗДІЛ 4. ДИДАКТИЧНИЙ ПРОЄКТ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ З ТЕМИ «ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	60
4.1. Вихідні дані.....	60
4.2. Постановка цілей факультативного заняття.....	61
4.3. Перелік літературних джерел.....	62
4.4. Конструювання дидактичних матеріалів.....	63
4.5. Аналіз базових умов навчання.....	63
4.6. Проектування мотиваційних технологій.....	66
4.7. Проектування технології формування орієнтовної основи діяльності	68
4.8. Проектування технології формування виконавчих дій.....	71
4.9. Проектування контрольних дій з теми.....	73
4.10. Розробка сценарію факультативного заняття.....	75
Висновки до 4 розділу.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	81

ВСТУП

Актуальність дослідження. Результатом навчання у закладі вищої освіти є не лише набуття системи професійних знань, а й формування особистісних якостей фахівця. При цьому процес професійної підготовки, який моделюють науковці, визначаючи та уточнюючи цілі, завдання, зміст, методи, форми, мотиви навчальної діяльності студентів, функції навчання, передбачає розвиток не лише професійної сфери майбутнього фахівця, а також і інтелектуальної, вольової, мотиваційної сфер особистості, виховання потреби в самоосвіті та самовдосконаленні. Однак, незважаючи на зацікавленість науковців проблемою професійної підготовки працівників технічних спеціальностей, окремі питання залишилися поза їхньою увагою. Зокрема недостатнього досліджено особливості професійної підготовки майбутніх працівників машинобудівної галузі в контексті компетентнісного підходу.

Проблеми професійної підготовки майбутніх працівників технічного профілю вивчаються досить ґрунтовано як у вітчизняному освітньому просторі, так і в закордонному. Зокрема, особливості формування базових професійних компетенцій в ЗВО технічного профілю в процесі вивчення фундаментальних дисциплін обґрунтувала В. Петрук; основи фундаменталізації навчання інформаційних дисциплін у ЗВО технічного профілю розробив С. Семеріков; педагогічні умови формування професійних якостей майбутнього авіаційного фахівця в процесі фізичної підготовки визначила та експериментально перевірила І. Галімска; структуру та зміст формування здоров'язберігаючої компетентності у студентів технічних спеціальностей визначив В. Овчарук; педагогічні умови формування професійної самосвідомості у майбутніх інженерів визначила та обґрунтувала Ю. Корсун; засади професійної підготовки до управлінської діяльності майбутніх фахівців у галузі безпеки людини дослідила О. Повстин; організаційно-педагогічні умови формування фахової компетентності

студентів закладів вищої освіти технічного профілю в умовах професійно-практичної підготовки визначила О. Косарук; особливості підготовки майбутніх фахівців будівельного профілю до професійної діяльності в умовах неперервної освіти розглядала О. Гулай тощо.

Отже, **об'єктом дослідження** є процес професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств.

Предмет дослідження – методика професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств по підвищенню зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати, розробити методику професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств по підвищенню зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації.

Завдання дослідження:

1. Провести аналіз професійної підготовки фахівця машинобудівних підприємств.

2. Теоретично обґрунтувати та розробити дидактичний проєкт факультативного заняття навчання з теми «Підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації» для фахівців машинобудівних підприємств.

Методи дослідження. Для досягнення сформульованої мети та завдань використано комплекс взаємодоповнюючих методів дослідження:

– теоретичні методи – аналіз наукової, психолого-педагогічної та методичної літератури з досліджуваної проблеми і суміжних галузей з метою вивчення концептуальних положень, базових понять і категорій дослідження; аналіз підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації; синтез та узагальнення процесу професійної підготовки фахівців машинобудівного профілю; узагальнення, абстрагування, класифікація та проєктування для обґрунтування теоретичних засад і методичних аспектів розроблення дидактичного проєкту факультативного заняття;

– емпіричні методи – проведення експериментальних досліджень на зношувальність гільз циліндрів.

Новизна одержаних результатів та їх теоретичне значення полягає у тому, що уточнено та конкретизовано теоретичні та експериментальні положення процесу професійної підготовки фахівців машинобудівного підприємства; знайшли подальшого розвитку положення щодо змісту та технологій реалізації дидактичного проєкту факультативного заняття з теми «Підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації» для здобувачів освіти за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування».

Практичне значення одержаних результатів у тому, що розроблено методику розрахунку режимів поверхнево-пластичної деформації для гільз циліндрів, розроблено дидактичний проєкт факультативного заняття з теми «Підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації» для здобувачів освіти за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування». Розроблений дидактичний проєкт доцільно використовувати у закладах вищої освіти.

Структура та загальний обсяг роботи. Робота складається з української та англійської анотацій, списку умовних скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного розділу, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи 83 сторінок, обсяг основного тексту 82 сторінок. Робота містить 5 таблиць, 15 рисунків. Список використаних джерел має 12 найменувань.

РОЗДІЛ 1

АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Аналіз тенденцій розвитку машинобудівних підприємств у контексті сучасних соціально-економічних трансформацій показав її невідповідність пріоритетам розвитку національної економіки. У машинобудівному комплексі спостерігається зменшення обсягів діяльності, низький рівень рентабельності машинобудування та нестача коштів для фінансування техніко-технологічного оновлення, інноваційного та соціально-економічного розвитку. Таким чином, основою подальшого розвитку машинобудівної галузі України є подолання кризових явищ, стабілізація і стійкий розвиток галузі, який можливий шляхом технологічної і структурної перебудови виробництва, сфери послуг та інших галузей для випуску сучасної конкурентоспроможної продукції. Машинобудування відноситься до провідних галузей промисловості. На машинобудівельних підприємствах створюються засоби праці для підприємств інших галузей економіки, використовуючи досягнення наукових досліджень, передовий вітчизняний досвід та досвід розвинутих країн. Діяльність цих підприємств спрямована на виготовлення машин і обладнання, що забезпечують загальне зростання обсягів виробництва та продуктивності праці, зниження собівартості продукції.

Провідна роль у забезпеченні економічного зростання, соціального розвитку та науково-технічного прогресу України належить промисловості. У структурі промисловості України найбільшу питому вагу мають галузі важкої індустрії, особливо галузь машинобудування. Машинобудування є фундаментом економічного потенціалу країни, від рівня ефективності діяльності його підприємств залежить стан її соціально-економічного розвитку. Машинобудування – одна з найважливіших галузей виробництва, що значно впливає на продуктивність, ефективність і прогрес майже у всіх сферах людської діяльності. В Україні галузь машинобудування представлена

металургійним, гірничошахтним, підйомно-транспортним, енергетичним, судно-, авіа-, і автомобілебудуванням, виробництвом машин і механізмів для хімічної і нафтохімічної, легкої та харчової промисловості, сільськогосподарським, будівельно-дорожнім машинобудуванням та виробництвом машин для комунального господарства, виробництвом верстатів і інструментів та машин і обладнання для збройних сил. Стабільний розвиток машинобудування забезпечує рентабельність і конкурентоздатність більшості товарів і послуг, зростання інтелектуального й матеріального рівня населення, соціальний захист і розвиток економіки як окремих регіонів, так і держави. Таким чином, сприяння розвитку машинобудівної галузі є пріоритетним стратегічним напрямком щодо забезпечення стабільного соціально-економічного становища країни. Стан та розвиток машинобудування має важливе значення не лише для промисловості, а й для економіки в цілому. Адже, потенціал та наявні виробничі можливості даної галузі є основою стратегічної стійкості національної економіки.

Ефективність роботи підприємств машинобудівельної галузі залежить від сукупності організаційно-економічних та соціальних факторів. Серед них — спеціалізація та кооперування виробництва, їх розміщення на території окремих регіонів, впровадження у виробництво нових типів машин та устаткування, вдосконалення галузевої структури, наявність кваліфікованих кадрів.

На роботу підприємств впливають визначені державою умови для економічної самостійності в комерційній діяльності тощо. Важливе значення має територіальне розташування підприємств машинобудування, використовуючи позитивні умови для роботи підприємств на території окремих регіонів, окремих міст, враховуючи забезпеченість підприємств кваліфікованими кадрами, паливно-енергетичними ресурсами, можливостями для надійного та ефективного обслуговування тощо. У зв'язку з цим значна увага приділяється впровадженню спеціалізації та кооперування виробництва у машинобудуванні. Спеціалізація виробництва передбачає концентрацію

випуску конструктивно і технологічно подібних виробів, а також концентрацію на окремих підприємствах. Вона сприяє зростанню продуктивності праці за рахунок використання спеціалізованого високопродуктивного обладнання, раціональних технологічних процесів та організації праці. Підготовка та підвищення кваліфікації фахівців є актуальною і важливою складовою ринку праці. Саме тому ефективне функціонування будь-якої держави визначається насамперед ступенем підготовки її кадрів.

Професійна підготовка— це складова системи освіти України, вона є комплексом педагогічних та організаційно-управлінських заходів, спрямованих на забезпечення оволодіння громадянами знаннями, уміннями і навичками в обраній ними галузі професійної діяльності, на розвиток компетентності та професіоналізму, виховання загальної і професійної культури. У сучасних соціально-економічних умовах держава потребує цілісної системи безперервної професійної освіти, що відповідає національним інтересам і світовим тенденціям розвитку економіки, забезпечує підготовку кваліфікованих фахівців, спроможних навчатися впродовж життя, підвищувати рівень своєї кваліфікації, здобувати, при необхідності, іншу професію. На вирішення цих завдань і спрямована підготовка фахівців, які будуть готувати надію машинобудування нашої держави.

Протягом останніх років потенціал кваліфікованих фахівців в Україні значно знизився у порівнянні з розвинутими країнами. Це зумовлено падінням престижу робітничих професій, неефективним інформуванням населення щодо попиту на професії, недостатньою участю суб'єктів господарювання у розв'язанні проблем професійної освіти і навчання. Як наслідок, суб'єктів господарювання не задовольняє якість підготовки робітничих кадрів, що пов'язано із застарілою матеріально-технічною базою, недосконалістю кваліфікаційних характеристик на професії та види робіт, державних стандартів професійно-технічної освіти, недостатнім рівнем підготовки педагогічних працівників.

Подальший розвиток професійної освіти України неможливий без досягнення європейського рівня освітніх стандартів з урахуванням національних особливостей, що обумовлює необхідність модернізації, розширення функцій професійно-технічної освіти, її трансформації в професійну освіту і навчання.

Назріла необхідність якісних змін у взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади та місцевого самоврядування щодо питань функціонування і розвитку професійної освіти і навчання. Потребує реформування система управління професійною освітою і навчанням.

Не сприяють оперативному і гнучкому реагуванню на попит у фахівцях діючі умови і процедура ліцензування освітньої діяльності професійно-технічних навчальних закладів, підприємств, організацій і установ, що здійснюють підготовку робітничих кадрів на виробництві.

На сьогоднішній час в нашій країні необхідно негайно удосконалювати професійну підготовку фахівців. Це є актуальним та необхідним на сьогоднішній день.

Високий рівень розвитку сучасних технологій призведе до витіснення з процесу виробництва низько кваліфікованих працівників та носіїв застарілих професій, викличе необхідність найму адаптованого до вимог сучасних технологій персоналу, який досить гнучко реагує на професійні зміни.

Висновки до розділу 1

Актуальність професійної підготовки фахівців підприємств машинобудування по підвищенню зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації зумовлена тим, що введення й застосування високошвидкісної обробки деталей на підприємствах машинобудування є край нагальною проблемою. Головною умовою успіху у високошвидкісній обробці є правильний вибір усіх складових факторів, що беруть участь у цьому процесі: верстат, система ЧПУ, різальний інструмент тощо. А це ставить високі вимоги до рівня підготовки фахівця галузі машинобудування.

Проте, щоб бути компетентним, такий фахівець повинен бути технічно грамотним, відповідальним і вимогливим, а також володіти імітаційним моделюванням для вирішення нагальних виробничих проблем, щоб якісно здійснювати свою діяльність повною мірою відповідно до вимог спеціальності.

РОЗДІЛ 2

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ЯК ПРОБЛЕМА

2.1 Довговічність деталей в дослідженнях науковців

Довговічність машини є загальний час, який вона може відпрацювати в номінальному режимі в умовах нормальної експлуатації без істотного зниження основних розрахункових параметрів, з врахуванням всіх ремонтів, з економічно-обґрунтованою їх сумарною вартістю. Довговічність найбільшою мірою визначається зносостійкістю деталей.

Ресурс довговічності – час роботи машини до першого капітального ремонту.

Термін служби машини – це загальна тривалість знаходження її в експлуатації до повного вичерпання ресурсу довговічності.

Надійність техніки – властивість техніки протягом заданого часу зберігати працездатність, знаходитися в справному стані і виконувати встановлені функції. Надійність техніки є комплексним параметром, що включає такі показники, як безвідмовність техніки, довговічність її роботи, ремонтпридатність і збереженість властивостей. Надійність техніки залежить як від якості інженерного проекту і особливостей конструкції, так і від якості виготовлення і експлуатації.

На стадії проектування і конструювань особливе значення для забезпечення надійності мають рівень інженерних рішень, властивості вживаних фізичних об'єктів і конструкційних матеріалів, що враховують, методи і засоби захисту від шкідливих дій ззовні і таке інше. Ускладнення конструкцій техніки зазвичай знижує її надійність. Міра надійності техніки визначається рівнем технології, якістю виготовлення вузлів і деталей, якістю збірки і контролю продукції. Надійність техніки залежить від умов та інтенсивності її експлуатації, якості профілактичних робіт, що проводяться, і ремонтів, використання діагностичних засобів і таке інше [4].

Необхідно звернути увагу на те, що останнім часом в популярній технічній літературі з'явилося багато рекламних матеріалів про нові препарати російського і зарубіжного виробництва, вживання яких при експлуатації дасть приголомшливі результати по економії палива, підвищенню ресурсу і інших експлуатаційних характеристик машин. Деякі з них не обґрунтовані з наукової точки зору, не досліджені і не дають очікуваних результатів. Інколи автори, без проведення необхідних досліджень, посилаються на ефект беззносності, який нібито проявляється при вживанні розроблених препаратів, але на інших принципах, відмінних від вибіркового перенесення (ефекту беззносності).

Розглянемо детальніше «Ефект беззносності», для детальнішого вивчення у зв'язку з темою даного магістерського дослідження.

Ефект беззносності, як явище природи, може бути тільки один, так само як немає декількох ефектів Ребіндера, явищ надпровідності або р. ління них і та р.. При роботі вузлів тертя деталі можуть не стикатися між собою (наприклад при газовому або гідродинамічному мастилі). В цьому випадку знос деталей може дорівнювати нулю, проте це в науковому плані не є ефектом беззносності. Інколи автори при експериментах внаслідок малої чутливості методу виміру зносу його не уловлюють і видають це як беззносність, не аналізуючи фізичних причин «беззносності».

На основі ефекту беззносності розроблені нові зносостійкі матеріали, конструкції вузлів тертя і мастила, які дозволяють:

- підвищити ресурс машин і механізмів;
- понизити витрату палива і змащувальних матеріалів;
- скоротити вжиток запасних частин та час регламентних робіт;
- в деяких випадках замінити мастило на воду;
- поліпшити експлуатаційні характеристики машини (поліпшити запуск двигуна внутрішнього згорання, понизити тертя в з'єднаннях машини);
- поліпшити екологічну обстановку при роботі двигунів внутрішнього згорання;

➤ без розбирання двигуна підняти його експлуатаційні характеристики.

Це перевірено на практиці і описано в роботах Крагельського І.В. [3], а також в наукових статтях і монографіях. Вживання ефекту беззносності в промисловості не вимагає великих капітальних витрат і може бути реалізоване на будь-якому транспортному і промисловому підприємстві.

Як вказано в роботах І.В. Крагельського і Е.М. Швецової [4,8] Знос деталей машин при граничному терті обумовлений накопичуванням дислокацій в поверхневому шарі контактуючих поверхонь, утворенням тріщин, руйнуванням і віднесенням часток до навколишнього середовища. Основні етапи зносу деталей при терті: взаємодія поверхонь, зміни на поверхні, руйнування [8]. Дислокації не можуть вийти на поверхню і розрядитися. Цьому заважає окисна плівка, яка завжди є на поверхні та в першу чергу руйнується сама. Енергія тертя витрачається на зміцнення матеріалу і його руйнування. Змащувальний шар значно зменшує знос за рахунок зниження молекулярного взаємодії між поверхнями, що труться, але цей шар не може виключити пластичну деформацію поверхневого шару деталей, тут не утворюються захисні плівки, які повністю виключили б взаємодію матеріалів основних деталей.

При ефекті беззносності утворюються нові структури, які екранують основні матеріали деталей, що труться. Ці структури володіють особливими властивостями: вони обмінюються із зовнішнім середовищем енергією і речовиною, деформуючись не руйнуються, їх продукти зносу, якщо такі по яких-небудь причинах утворюються, не вирушають в змащувальний матеріал, а втягуються в зазор електричними силами. Завдяки кінетичному переходу руху дислокацій від консервативного до переповзання, накопичення останніх відбувається поява тріщин в сервовитній плівці відсутня. Все це свідчить про те, що енергія тертя витрачається не на руйнування поверхні, а на фізико-хімічні процеси, що відбуваються в тонкому шарі деталей, що труться, і змащувальному шарі, без фінального стану.

У 1950-70-і рр. У зв'язку з різким ускладненням техніки сформувалась комплексна галузь науки, що вивчає методи і прийоми забезпечення надійності техніки, - теорія надійності. Ця теорія розробляє математичні методи розрахунку і прогнозування надійності техніки, прийоми обробки статистичної інформації, що отримується в ході експлуатації, розробляє структурні схеми пристроїв підвищеної надійності. Недостатня надійність призводить до зниження ефективності техніки, зростання ремонту і обслуговування, до додаткових витрат сил і засобів.

Якість продукції – сукупність технічних, експлуатаційних, економічних і інших властивостей, що обумовлюють її придатність для задоволення певних потреб. Вимоги до якості продукції постійно зростають під впливом розвитку науки і техніки, вдосконалення виробництва, безперервного зростання потреб суспільства, а також у зв'язку із значним розширенням міжнародних економічних зв'язків, поглибленням міжнародної спеціалізації і кооперації. До головних показників якості продукції відносяться економічність, продуктивність, надійність, довговічність, матеріало- і енергоємність машин і виробів. Якість характеризується ще ергономічними, естетичними і екологічними показниками.

Теорія довговічності (отже і надійності) знаходиться ще в стадії формування; її завданнями є:

- визначення технічно і економічно доцільних лімітів довговічності;
- розробка методів вивчення експлуатації машин (статистична обробка експлуатаційної інформації);
- вивчення експлуатаційних режимів і їх впливу на довговічність машин; типізація спектрів експлуатаційних режимів;
- визначення міри використання машин в експлуатації і співвідношення між довговічністю і терміном служби машин;
- діагностика причин зношування деталей і їх руйнування;
- виявлення найбільш зношуваних деталей, довговічність машини в цілому;

- розробка методів стендових і експлуатаційних випробувань машин, вузлів і деталей на довговічність; прогноз експлуатаційної довговічності машин на підставі стендових випробувань;
- розробка об'єктивних показників довговічності випускаємих машин.

На думку П.І.Орлова, численність і різноманітність факторів, що впливають на довговічність (технічний рівень експлуатації, коливання експлуатаційних режимів, якість виготовлення і таке інше), невизначеність багатьох чинників (розсіювання характеристик міцності і зносостійкості матеріалів, вплив регіональних і кліматичних умов і таке інше) змушують при визначенні довговічності вдаватися до методів теорії вірогідності і математичної статистики. Внаслідок цього теорія не дає однозначної відповіді на питання про очікувану довговічність, обмежуючись встановленням функціональних залежностей вірогідності зносу і руйнування від тривалості і режимів експлуатації [4].

Теорія може лише встановити, що вірогідна тривалість роботи машини на даному режимі дорівнюватиме 7,2; 10,5 і 15 тис.ч при вірогідності руйнування відповідно 90,80 і 60 %, або встановити вірогідне число машин, що залишаються в експлуатації, після певних періодів роботи (рис. 1)[16].

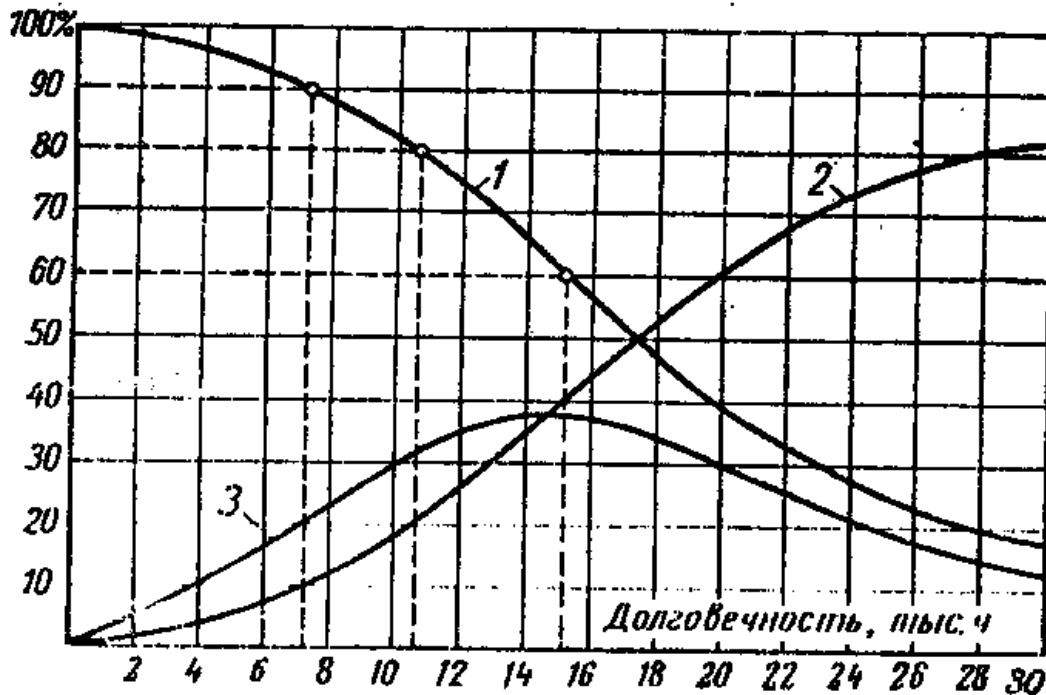


Рис.1 - Графік вірогідної довговічності:
 1 - вірогідний термін служби (відсоток виживання); 2 - вірогідність руйнування; 3 - щільність вірогідності терміну служби

Висновки ґрунтуються на вивченні машин випуску минулих років, що знаходяться в експлуатації, і завжди запізнюються, по суті вони не прикладені до машин нових випусків, конструктивним, що піддаються, і технологічним удосконаленням. При прогнозі довговічності нових машин, що є насущним практичним завданням, доводиться базуватися на стендових випробуваннях машин (або нових вузлів, що додаються до них).

Таким чином, одним з найважливіших розділів теорії довговічності є розробка методів прискорених випробувань і кореляція результатів випробувань з експлуатаційними умовами.

Теорія довговічності, що будує висновки на статистичних даних, по суті, придатна до виробів масового виробництва і в набагато меншій мірі – до виробів дрібносерійного, тим більше одиничного випуску. Взагалі ж, теорія довговічності в описаному вище трактуванні виходить з феноменологічних позицій, оперуючи цифрами досягнутої довговічності.

Набагато більше значення має розробка методів підвищення довговічності. Тут на перший план висувається завдання вивчення фізичних

закономірностей руйнування, зносу і пошкодження. Завдання ці настільки диференційовані і специфічні, що вкласти їх в рамки загальної теорії довговічності навряд чи можливо. Вони вирішуються методами р. ління них, теорії міцності і, головним чином, цілеспрямованою конструкторською і технологічною роботою над підвищенням довговічності.

Довговічність машини, як вже вказувалося, визначається зносостійкістю її деталей, що труться. Знос, що поступово розвивається, веде до загального погіршення показників машини, зниження точності виконуваних нею операцій, падінню ККД, збільшенню електровжитку і зниженню корисної віддачі. З течією часу знос може перейти в катастрофічну стадію. Прогресуюче пошкодження поверхонь викликає поломки і аварії (руйнування підшипників кочення, викрашування зубів зубчастих коліс, заїдання підшипників, поломка поршневих кілець і таке інше).

Довговічність машини можна штучно продовжити за допомогою відновлювальних ремонтів.

У початковий період експлуатації ремонтні витрати, як правило, невеликі. Потім вони стрибкоподібно зростають по мірі появи поточних і середніх ремонтів і, нарешті, досягають значної величини, сумірної з вартістю машини, коли машина піддається капітальному ремонту. Перед здачею в капітальний ремонт має бути вирішене питання про доцільність подальшої експлуатації машини. Якщо залишити збоку питання морального старіння, то економічно доцільною межею експлуатації треба, мабуть, рахувати момент, коли майбутні витрати на капітальний ремонт наблизяться до вартості нової машини. Вигідно придбати нову машину, чим ремонтувати стару, тим паче, що нові машини завжди перевершують за якістю машини, які пройшли ремонт, і тим паче, що показники нових машин в результаті безперервного технічного прогресу завжди вищі за показники старих машин. В той же час, з часом закономірно знижується вартість нових машин у зв'язку з інтенсифікацією і вдосконаленням виробничих процесів [17].

На думку П.І. Орлова головним способом підвищення зносостійкості при абразивному зносі є збільшення твердості поверхонь, що труться. Вплив поверхневої твердості на зносостійкість поверхонь, підвергнутих дії абразиву (корунд), показано на рис. 2. За одиницю прийнята зносостійкість поверхні з HV 500 (HRC 48). Як видно з діаграми, підвищення твердості на кожних 500 одиниць HV збільшує зносостійкість в 10 разів.

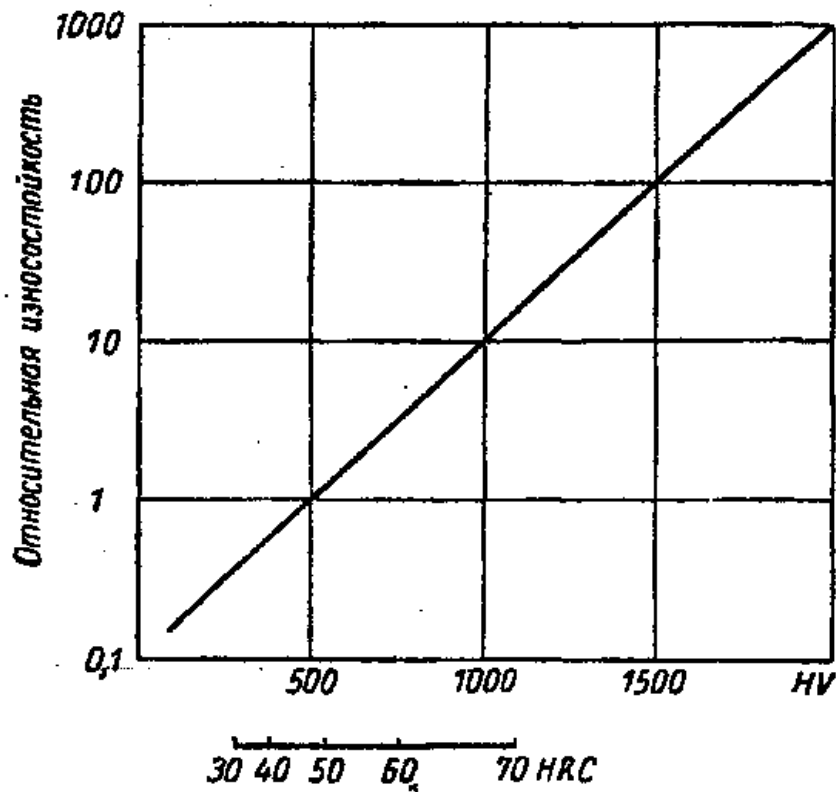


Рис. 2 - Залежність зносостійкості деталей від поверхневої твердості (по Гудвіну)

Сучасна технологія має в своєму розпорядженні ефективні засоби підвищення поверхневої твердості: цементация і обробка ТВЧ (HV 500-600), азотування (HV 800-1200), берилізація (HV 1000-1200), дифузійне хромування (HV 1200-1400), плазмове наплавлення твердими сплавами (HV 1400-1600), борірування (HV 1500-1800), бороціанування (HV 1800 – 2000) [4].

Наведемо ще один приклад по зміцненню деталей циліндрів і поршневих кілець. Випробування різних варіантів зміцнення деталей ЦПГ наведені в таблиці 1.1 [7].

Результати випробовувань зміцнених деталей ЦПГ

Метод зміцнення	Середнє значення максимального зносу мкм/км	
	Гільз циліндрів	Поршневих кілець
Хромування:		
Гільз	3,1	17,4
Поршневих кілець	7,8	14,8
Ізотермічний гарт гільз	8,6	37,5
Нормалізація кілець	15,4	44,0
Без зміцнення	16,8	48,5

Випробування вказують, що хромування циліндрів підвищує їх зносостійкість в 3...5 разів, а сполучених з ними р. ління них кілець у 2...3 рази. Проте враховуючи, що поршневі кільця карбюраторних двигунів покриті хромом, а при роботі пари хром по хрому не працюють (коефіцієнт тертя 0,08... 1,0), в той же час хром по чавуну працює добре (за аналогічних умов коефіцієнт тертя хром по чавуну 0,06...0,08), то чавунні гільзи карбюраторних автотракторних двигунів не хромують. Хромують в основному циліндри авіаційних двигунів. Тут поршневі кільця застосовують з високолегованих чавунів [6].

Іншим напрямом є поліпшення антифрикційних властивостей поверхонь шляхом використання методів, заснованих на ефекті вибіркового перенесення (Фінішна антифрикційна без абразивна обробка (ФАБО), металоблокуючі мастила, антифрикційні вставки, мідьвміщуючі чавуни та р.), осадженні фосфатних плівок (фосфатування), насиченні поверхневого шару сірою (сульфидування), графітом (графітування), свинцем (свинцювання)

та _р.. При помірній твердості такі поверхні володіють малим коефіцієнтом тертя, високою стійкістю проти задирів і схоплювання. Ці способи (особливо при режимі вибіркового перенесення) збільшують зносостійкість сталевих деталей в 10-20 разів.

Важливе значення має правильне поєднання твердості парних поверхонь тертя. При русі з середніми швидкостями під високими навантаженнями доцільне максимальне підвищення твердості обох поверхонь. При цьому поверхні тертя мають бути ретельно пригнані одна до іншої і прироблені [2].

Розглядаючи в цей час загальне положення справ з якістю технічної продукції в країнах СНД, не можна не процитувати деякі тези із статті В.А.Бокова, фахівця в області надійності машин, «Криза методів забезпечення якості продукції» [1]:

- якість основної маси продукції не можна визнати задовільним і відповідним світовим стандартам;
- рекомендації науки і розроблені на їх основі керівні документи (ГОСТи, довідники, методичні вказівки і _р..) взагалі малоефективні, оскільки розраховані на вузький круг спеціалістів-теоретиків і далекі від практики;
- практичні інженерно-технічні заходи по підвищенню якості продукції носять поверхневий характер із-за слабкості експериментальної бази і не розкривають глибинних первопричин дефектів продукту;
- відсутня державна цілеспрямована програма уп_р_ління якістю, не розроблена єдина технічна політика забезпечення якості і немає системи підготовки фахівців.

Необхідність поліпшення ситуації з якістю продукції диктується, як відзначає В.А. Боків, тією обставиною, що, починаючи з 1970-х _р.. в світовий економічний розвиток втрутилися такі фактори, як енергетична криза, екологічні обмеження і дефіцит трудових ресурсів, які звели до абсурду випуск низькоякісної продукції. Положення посилюється ослабленням

координації робіт з проблеми якості у зв'язку із зміною суспільного пристрою і його демократичним реформуванням на шляху до ринкової економіки.

Приведені пояснення по незадовільному стану якості продукції цілком відносяться до розвитку і використання методів підвищення зносостійкості машин і механізмів, нових ефективніших технологічних процесів обробки деталей, що труться, до розробки і вживання методів безрозбірного відновлення вузлів тертя і машин в цілому.

У зв'язку з цим слід продовжити початий аналіз, виконаний, В.А.Бічним про кризу методів забезпечення якості продукції. Він пише: «Математичний апарат, пропонований для оцінки якості і надійності, доступний із-за своєї складності лише вузькому колу теоретиків і його можна віднести, до справедливого визначення академіка Л.Понтрягина, до «математичної містифікації». Цей апарат створює завісу математичної абстракції і є бутафорією, що прикриває практичну неефективність праць, присвячених надійності і управлінню якістю.

Наявність кризи і його поглиблення, викликане принциповими розбіжностями між теоретичною і практичною сторонами проблеми якості В.А.Боків пояснює наступними причинами:

- розвиток теоретичних основ якості і надійності відбувалося на хвилі загальної тенденції зростання ролі наукових досліджень, зокрема математичних методів в техніці;
- математизація методів забезпечення якості і надійності полегшувала і прискорювала знаходження необхідних залежностей, звільняючи від витрат зусиль і засобів на відшукування і дослідження достовірних закономірностей, пов'язаних з фізичним єством об'єктів;
- можливість опори на «високу науку», що хоча і відводила в нетрі математичної абстракції, формалізму і схоластики, владнувала не лише розробників теоретичних основ, але і виробників продукції, фактично звільняючи їх від відповідальності за кінцеві результати. Криза уразила, хоча і у меншій мірі, розвинені промислові країни, за винятком Японії. Роками

наполегливої праці японські фахівці вибирали зі світового досвіду такі прийоми і підходи, які можна легко застосувати без спеціальної математичної підготовки. Це дозволило створити і широко використовувати систему, вирішальну основні проблеми управління якістю[1].

Можна вважати, що з підйомом промисловості і розвитком конкуренції в рішенні завдань по підвищенню якості машинобудівної продукції зажадається колишній арсенал тонких фізико-хімічних методів дослідження поверхневих шарів деталей що труться, знов розвинуться лабораторні і стендові дослідження зразків, деталей і вузлів машин.

В майбутньому при експлуатації машин знайдуть ширше вживання методи підвищення зносостійкості вузлів тертя, засновані на ефекті беззносності. Проте використання таких методів вимагає спеціальної підготовки обслуговуючого персоналу, як в частині теоретичних знань, так і практичних навичок.

2.2 Види і характеристики зношування

У науці про тертя і зношування розрізняють наступні види зношування: механічне, як результат механічних дій; корозійно-механічне, як результат механічної дії, що супроводжується хімічною і (або) електричною взаємодією матеріалу з середовищем.

Існує декілька різновидів механічного зношування: абразивне, як результат ріжучого або що дряпає; дії твердих тіл і часток; гідро(газо)абразивне, як результат дії твердих тіл або часток, що захоплюються потоком рідини (газу); гідро(газо)ерозійне, як результат дія на поверхню потоку рідини (газу); втомне, як результат втомного руйнування при повторній деформації мікрооб'ємів матеріалу, що наводить до виникнення тріщин і відділення часток на поверхні тертя або на її окремих ділянках; кавітація, як результат дії на поверхню твердого тіла при русі його в рідині в

умовах кавітації, тобто в умовах порушення перебігу рідини і утворення міхурів кавітацій.

Різновидом механічного зношування є *зношення при заїданні*, як результат схоплювання, глибинного виривання матеріалу, перенесення його з однієї поверхні на іншу і дії виниклих нерівностей на зв'язану поверхню.

До корозійно-механічного зношування відносять окислювальне зношування, при якому переважає хімічна реакція матеріалу з киснем або окислювальним доквіллям, і зношування при фрітінг-корозії, що виникає при малих коливальних відносних переміщеннях.

У основу приведеною класифікації видів зношування в машинах покладені сучасні уявлення про природу тертя і зношування, що склалися на основі глибокого вивчення цих складних явищ багатьма радянськими і зарубіжними школами дослідників (Ф.П.Боуденом, Б.В.Дерягиним, І.С.Крагельським, В.Д.Кузнецовим, Б.І.Костецким, Д.Тейбором, М.М.Хрущевим, і ін.).

Отже, розглянемо види зносу згідно проблеми магістерського дослідження.

1. *Абразивне зношування.* У транспорті найширше поширено абразивне зношування. Глибокими дослідженнями його займалися М.М.Хрущов и М.А.Бабічев. Вони сформулювали основи теорії, згідно якої механізм абразивного зношування пластичних металів (конструкційних сталей) може бути представлений як дряпання безліччю твердих зерен, з яких більшість залишає пластично видавлений слід, а менша частина зерен, з відповідно розташованими гранями, знімає стружку.

Абразивне зношування обумовлене або запилюванням атмосфери, або безпосередньою взаємодією деталей з вільними абразивними частками. Потрапляючи на поверхні тертя, вони можуть упродовжуватися в найбільш м'яку деталь і шаржувати її, стаючи непорушно закріпленими. Але і тоді, коли цього не спостерігається, вільні частини абразиву в зоні тертя діють як миттєво прикріплені до однієї з двох поверхонь тертя, викликаючи дряпання і

пластичну деформацію іншої поверхні. А оскільки такі часток багато, то одна частина з них миттєво прикріплюється до однієї поверхні, інша частина — до іншої, і в результаті інтенсивний зношуються обоє поверхні, що труться.

Природа гідро- і газоабразивного зношування інша. У цих випадках умовно закріплені абразивні частки відсутні. Але тверді тіла або частки, рухаючись з великою швидкістю в потоці рідини або газу, також виробляють дряпаючу дію, що викликає пластичну деформацію і мікрорізання. Гідроабразивне зношування має місце в устаткуванні гідротранспорту корисних копалини, а газоабразивне — в установках пневмотранспорту. Найбільш інтенсивно зношуються ті їх зони, де змінюються напрямки рухи струменя рідини або повітря.

Втомне зношування. Разом з абразивним у вузлах тертя широко поширено втомне зношування. Згідно втомної (кумулятивною) теорії зношування, запропонованою І.С.Крагельським, цей вигляд зношування характеризується багатоактним навантаженням одиничних фрикційних зв'язків аж до відділення часток.

Таким чином, кожен елемент в зоні тертя випробовує знакозмінну деформацію. Багатократні його повторення наводять до накопичення пошкоджень під поверхнею металу, де утворюються пори. Під впливом напруги вони переростають в тріщини з відділенням часток матеріалу або утворення ямок на поверхні (викрашуванням).

2. *Заїдання.* Широко поширено у вузлах тертя ПТМ. Зношування при заїданні або молекулярно-механічне зношування, зване також адгезійним. У його основі лежить мікросхоплення металів – явище місцевого з'єднання двох твердих тіл, що відбувається в твердому стані при терті унаслідок дії молекулярних сил. І.Б.Крагельський дає йому наступне пояснення. При великих тисках, що розвиваються в зонах фактичного (достеменного) контакту деталей, відбуваються значні місцеві подовження поверхні в точках торкання, що наводять до розриву окисної плівки. У цих місцях утворюються містки схоплювання, які в процесі ковзання руйнуються і виникають знов. При

їх руйнуванні частки металу вириваються з м'якшої поверхні і віддаляються в результаті подальшої багатократної дії.

3. Заїдання є найбільш небезпечним руйнуванням поверхонь, що труться, що виникає в результаті схоплювання, глибинного виривання матеріалу, перенесення матеріалу з однієї поверхні тертя на іншу, руйнівної дії нерівностей, що утворилися. Заїдання з'являється у вигляді глибоких борозен, виривів, наростів, рисок, оплавлень. Зношування при заїданні може мати лавинний, катастрофічний характер і наводити до повного виходу вузла тертя з роботи.

4. Обов'язковою умовою виникнення заїдання є руйнування проміжних змащувальних шарів і взаємодія фізично чистих контактуючих поверхонь. Руйнування захисних змащувальних шарів може настати унаслідок пластичної деформації, зносу шорсткостей, що знаходяться навіть в «холодному» стані, або унаслідок втрати змащуючих властивостей (деградації) змащувального матеріалу при підвищених фактичних температурах в зонах фактичного контакту тіл. Заїдання можливе в результаті спрацьовування змащувального матеріалу і при недостатньому його додатковому попаданні до місць тертя.

5. *Корозійно-механічне зношування.*

Виникає при терті матеріалів, вступаючих в хімічну взаємодію з доквіллям. Можуть мати місце також електричні процеси. Зношування в цьому випадку відбувається під впливом одночасно протікаючих процесів поверхневого руйнування від механічного і корозійного чинників. Інтенсивність корозійно-механічного зношування залежить від природи контактуючих матеріалів, їх корозійної стійкості, складу доквілля, від взаємодії матеріалів з середовищем, змащувальними матеріалами, з активними компонентами (присадками).

Активізує цей процес наявність вібрацій, змінних в часі моментів, що крутять і вигинають. Пошкодження концентруються на невеликих ділянках і нагадують точкову корозію. Підвищується величина шорсткостей,

утворюються натири, налипання, каверни, мікротріщини, при цьому зазвичай знижується втомна міцність деталей.

6. *Зношування при фретинг-корозії* виникає при малих коливальних, циклічних, зворотно-поступальних переміщеннях з малими амплітудами. Необхідною умовою виникнення фретинг-корозії є наявність проковзання між поверхнями, що стосуються.

7. *Ерозійне зношування* відбувається в результаті дії на поверхню потоку рідини, газу, твердих часток. З видаленням поверхневих локальних мікроб'ємів при повторних діях часток виникають яскраво виражені нерівності і огрублення поверхні. Інтенсивність ерозійного руйнування залежить від міцності когезійних зв'язків в матеріалі; енергія, що виділяється у момент зіткнення часток з поверхнею, може викликати часткове оплавлення місця контакту. Ерозія при дії води відбувається унаслідок тертя потоку об поверхню і від ударної дії часток потоку. При цьому може мати місце процес електрохімічної корозії, тому у багатьох випадках ерозійне зношування супроводжується корозійно-механічними руйнуваннями. Інтенсивність ерозійного зношування залежить від швидкості потоку, кута атаки з поверхнею, механічних властивостей і концентрації впливаючих часток, агресивності середовища — носія, фізико-механічних і хімічних властивостей поверхневих і приповерхневих шарів матеріалу. Відзначають ерозійні руйнування при гідроабразивній та газоабразивній дії середовища.

Провідний вигляд зношування. Згідно уявлень, висунутих Б.І.Костецьким, які добре узгоджуються з практикою, для кожного вузла тертя в конкретних умовах експлуатації встановлюється свій головний, так званий провідний вигляд зношування. Із зміною умов він може переходити в інший провідний вигляд зношування, що визначає швидкість протікання процесу. При цьому можуть мати місце і інші супутні види зношування, але їх вплив на кінцевий результат не є вирішальним.

2.3 Технологічні методи підвищення зносостійкості

Якість, надійність, довговічність вузлів тертя забезпечуються вживанням зносостійких і антифрикційних покриттів. Товщина покриттів змінюється від доль до декількох міліметрів залежно від їх призначення і умов вживання. Захист тонкого поверхневого шару масивної деталі дозволяє заощадити дорогі леговані сталі, кольорові метали, дефіцитні сплави, успішно вирішувати проблеми відновлення зношених деталей. Поверхневі властивості забезпечуються як нанесенням захисного шару (покриття), так і перетворенням поверхневого шару металу за допомогою хімічних, фізичних, механічних методів, дифузійним насиченням, хіміко-термічною обробкою. Хіміко-термічні методи керування поверхні тертя за рахунок збільшення твердості (цементация, азотування, ціанування, борірованіє і т. п.) вельми ефективні для підвищення опору абразивному зносу. Для поліпшення протизадірних властивостей створюються за допомогою сульфідуювання, сульфоціанірування, селенірування, карбонітрації, азотування тонкі поверхневі шари, збагачені хімічними сполуками, що запобігають схоплюванню і задирам. Частина технологічних завдань вирішується з використанням методів металізації напиленням, що включають газополум'яну металізацію, електродугову, плазмову, високочастотну індукційну металізацію, детонаційне напилення покриттів з металів, сплавів, оксидів, карбідів, бориду, скла, фосфору, органічних матеріалів.

Поверхневе зміцнення пластичною деформацією, вибухом, електроіскрове зміцнення, електролітичні, газотермічні методи, хіміко-термічні модифікування, осадження покриттів з газової фази, нанесення покриттів вакуумними іонно-плазмовими методами, лазерна обробка, іонно-променеві і електронно-променеві методи, наплавлення, приварка зносостійких матеріалів дозволяють конструктору істотно поліпшити надійність триботехнічних систем.

Хіміко-термічні методи зміцнення поверхні.

Леговані сталі, що володіють високою зносостійкістю і контактною міцністю, жароміцні сталі, вживані у вузлах тертя, що працюють при підвищених температурах, дорогі унаслідок високого вмісту легуючих елементів. У цих випадках економічно вигідно застосовувати низьколеговані і вуглецеві сталі, піддані відповідній хіміко-термічній обробці (ХТО). Для підвищення зносостійкості за рахунок збільшення поверхневої твердості деталей, що труться, застосовуються цементація, азотування, ціанування, борірування і інші процеси. Для поліпшення протизадірної стійкості металів за рахунок створення тонких поверхневих шарів, збагачених хімічними сполуками з активними елементами і запобігаючи захоплення і задирів при терті, застосовують сульфідкування, сульфоціанірування, селенірування, телурирування, обробку в йодисто-кадмієвій соляній ванні. При цих видах обробки поверхнева твердість не збільшується, але покращуються антифрикційні і протизадірні властивості.

В результаті азотування підвищуються зносостійкість, протизадірні стійкість, корозійна стійкість, втомна міцність, зростає твердість поверхні і збільшується опір розм'якшенню при високих температурах. Значно продуктивніший метою, не поступливий азотуванню по ефективності зміцнюючої дії, - ціанірування – проходить в рідких солоних ваннах, що містять суміші ціаністих солей натрію і калію.

У минулі роки розроблений процес карбонітрації, що відрізняється малою токсичністю і вищою продуктивністю. Карбонітрація успішно застосовується для зміцнення інструмента з швидкорізальної і штамповою сталей.

Борірування заліза і сталі як метод поверхневого зміцнення дозволяє отримати твердість поверхні вищу, ніж після вуглеціювання або азотування. Головний недолік шарів бориду — крихкість усувається введенням в реакційну суміш невеликої кількості міді, алюмінію і інших металів.

Електрохімічні методи нанесення покриттів.

Методи електрохімічного захисту поверхні застосовують для створення антифрикційних зносостійких покриттів на основі м'яких і твердих металів. При нанесенні тонких (декілька мкм) гальванічних покриттів Аї, Аq, РЬ, Іn, Сd за рахунок низького опору зрушенню матеріалу покриття і високій міцності основи отримують низькі коефіцієнти тертя.

Для підвищення зносостійкості деталей машин, а також для їх відновлення при ремонті широко застосовують різні види електролітичного хромування, никелірування і залізнення.

Метод електрохімічного оксидування (анодування) застосовується для здобуття товстих (до 2000 мкм) оксидних плівок на поверхні чорних і кольорових металів (А1, Мп, Та, Ті, Zr і ін.). Оксидна плівка, що утворюється при анодуванні, відрізняється високою твердістю, зносостійкістю, жароміцністю і електроізоляційними властивостями.

Електрохімічний метод селективного нанесення покриттів, що дозволяє покривати деталі на ділянках, схильних до найбільшого зносу або корозії, здійснюється при нормальній температурі, тому рівень залишкових напружень невисокий. Знижується також небезпека водневого окрихчування. Вказаним способом наносять покриття Сu, Аq, Аn, Ni, З.

Газотермічні методи нанесення покриттів.

Значна частина технологічних завдань, пов'язаних з необхідністю підвищення зносостійкості, корозійної стійкості, жароміцності, відновного ремонту і т. п. може бути вирішена при використанні газотермічних методів нанесення покриттів, що включають газополум'яну металізацію, електродугову, плазмову, високочастотну індукційну металізацію і детонаційне напилення покриттів. Можна напилювати різні матеріали в декілька шарів, отримуючи покриття із спеціальними властивостями.

З існуючих методів напилення, найбільшими можливостями володіють методи плазмового і детонаційного напилення. Найчастіше плазмове напилення використовують для нанесення тугоплавких покриттів, таких, як

оксид алюмінія, W, Mo і Nb, інтерметаліди, селеніди, карбіди, борид і так далі

Істотною перевагою детонаційного напилення є незначний нагрів деталі, що покривається, і розпиляних часток. Метод дозволяє наносити покриття на будь-які матеріали твердістю нижче 60 HRC – сталь, чавун, алюміній, мідь, латунь, бронзу, Mo, Ti, Be, Ni, скло, кераміку, графіт, папір і ін. Отримувані при цьому покриття по щільності, міцності, жароміцності, зносостійкості перевищують аналогічні характеристики покриттів, отриманих методами плазмового і газоплазмового напилення.

Вакуумні покриття і іонно-плазмові методи обробки. Широкого поширення набувають методи нанесення зносостійких покриттів у вакуумі. Розрізняють три основні методи нанесення покриттів: катодне розпиляло, термічне напилення і іонне осадження. Залежно від реакційної здатності газового середовища методи напилення можуть бути фізичними і хімічними. Для здобуття покриттів з хімічних сполук використовують хімічні методи: реактивне катодне розпиляло і реактивний випар. В цьому випадку метали або їх з'єднання розпиляли або випарюють в середовищі відповідних газів або їх сумішей при тиску 10 Па. Хімічні методи напилення покриттів у вакуумі представляють інтерес у зв'язку з можливістю здобуття покриттів оксидів, карбідів, нітриду, бориду і ін., які мають високі антифрикційні властивості і зносостійкість. Високою зносостійкістю володіють покриття TiC, TiN, що відрізняються високою твердістю і відносно невисокими коефіцієнтами тертя.

Для поліпшення триботехнічних властивостей, підвищення корозійної стійкості і міцності зчеплення покриття з основою з успіхом застосовується іонна імплантація (або іонне легування). В процесі обробки здійснюється модифікація фізичних і хімічних властивостей тонкого поверхневого шару без зміни первинних розмірів зразка. Імплантація здійснюється потоком іонізованих атомів, глибина проникнення прискорених іонів в матеріал невелика (від 1 мкм до декількох мкм) і визначається величиною енергії часток. Проте дія імпантованих іонів у ряді випадків поширюється на

глибину, глибину проникнення, що значно перевищує. При іонній імплантації на відміну від напилення покриттів в тонкому поверхневому шарі утворюються тверді сплави певного складу, що не мають різко вираженого кордону розділу, тому не виникає проблеми підвищення адгезії покриття до основи.

Зносостійкість інструменту, обробленого іонним легуванням, дозволяє збільшити ресурс в 2...3 рази і більше.

Обробка поверхні концентрованими потоками енергії. Для здійснення цілого ряду технологічних операцій в машинобудуванні і приладобудуванні застосовують концентровані потоки енергії (плазма, лазерне випромінювання, електронні і іонні потоки). При імпульсній дії виникають специфічні фазові і структурні перетворення матеріалів. При дії лазерного випромінювання термообробці піддається тонкий поверхневий шар. Високі швидкості нагріву (до 105 град/с) і охолодження (до $5 \cdot 10^8$ град/с) наводять до утворення метастабільних фаз, надтонкої структури речовини, пересичених твердих розчинів; може виникати аморфна структура – структура металевих стекол.

Поверхня оброблюваного виробу при лазерному зміцненні можна насичувати такими, що зміцнюють легуючими добавками значно ефективніше, ніж при звичайних методах ХТО, унаслідок вищих швидкостей дифузії в рідкій фазі в порівнянні з твердою фазою при ХТО.

В результаті лазерної обробки різних сталей, чавуну, алюмінієвих сплавів, бронзи, титанових сплавів істотно підвищуються поверхнева міцність і зносостійкість деталей машин. Застосовують комбіновані методи зміцнення у поєднанні з вживанням концентрованих потоків енергії.

Висновки до 2 розділу

У розділі було розглянуто поняття довговічності деталей, також перераховані види і характеристики зносу і визначені технологічні методи підвищення зносостійкості.

Проблема підвищення довговічності деталей завжди була і залишається предметом досліджень. Це пояснюється тим, що механізми повинні зберігати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах вживання.

Спираючись на отримані факти, ми прийшли до висновку, що дана тема перспективна і потрібний їй детальніше вивчення.

Отже, у другому розділі ми проаналізуємо та експериментально перевіримо підвищення довговічності двигуна внутрішнього згорання методом поверхнево пластичної деформації.

РОЗДІЛ 3

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ (ППД)

3.1 Огляд сучасних методів виготовлення деталей двигуна на прикладі гільзи циліндрів

Оскільки гільза циліндрів є найбільш навантаженою деталлю двигуна, умови роботи гільзи вельми важкі, тому до неї як до однієї з відповідальних деталей пред'являються особливі вимоги до виготовлення.

Все це нашоухує на необхідність вибору прогресивної технології що дозволяє підвищити ресурс і динамічні характеристики гільзи циліндрів двигунів з врахуванням режимів роботи.

Дивлячись на це, розгляд методом ППД розглянемо на її прикладі.

Поверхнєве зміцнення чавунних гільз обмежувалося виключно поверхневим гарту, оскільки методи ППД не підвищують міцності сірого чавуну. Вживання останнім часом для деталей двигуна магнієвого чавуну, дає можливість використовувати метод обробно-зміцнюючої обробки. Пояснюється це тим, що магнієвий чавун має кулевидну форму включень графіту. Кулевидний графіт при пластичній деформації фарбується не значно і при цьому не порушує металевої основи. Висока здатність піддаватися пластичному зміцненню спостерігається у чавуна лише при кулевидній формі графітових включень і різко знижується з появою в структурі змішаної або пластинчастої форми, це зв'язано з тим, що на гострих кінцях включень утворюються концентратори напруги що викликають зниження зносостійкості і втомної міцності. Дослідження Кудрявцева І.В. підтвердили правильність припущень про те, що чавуни з шаровидною формою графіту добре піддаються пластичному зміцненню і володіють більшою зносостійкістю, чим сірі гільзові чавуни.

Необхідно відзначити, що застосовуючи метод ППД для остаточної обробки точних деталей, можна істотно поліпшити чистоту обробленої поверхні, досягти більшої точності обробки, і в результаті зміцнення поверхневих шарів металу в певних межах підвищити динамічні характеристики деталей.

Поверхневий шар металу, зміцнений методом ППД, забезпечує в окремих випадках: збільшення міцності деталі особливо при роботі в умовах вібраційних і знакозмінних навантажень; підвищення зносостійкості поверхонь, що труться; збільшення міцності з'єднання деталей при пресових посадках; зменшення впливу на міцність деталей концентрації напруги в місцях надрізів, отворів та ін.; підвищення втомної міцності; підвищення опори деталей корозії за рахунок поліпшення чистоти обробки поверхні [2].

Все це підтверджує гіпотезу вживання методу ППД для підвищення довговічності деталей. Дослідження і практика показують, що обробка методом ППД деталей з високоміцного магнієвого чавуну дозволила підвищити втомну міцність більш ніж на 50% [2].

Найбільш простими і ефективними методами обробно-зміцнюючої обробки є обкатування (для зовнішніх поверхонь), розкочування (для внутрішніх поверхонь).

В результаті пластичної деформації металу і вирівнювання мікронерівностей значно збільшується опорна поверхня мікропрофіля деталі (Рис. 2.1). Це сприяє швидшому приробленню деталей, що сполучаються, в рухливих з'єднаннях і великій міцності нерухомих посадок.

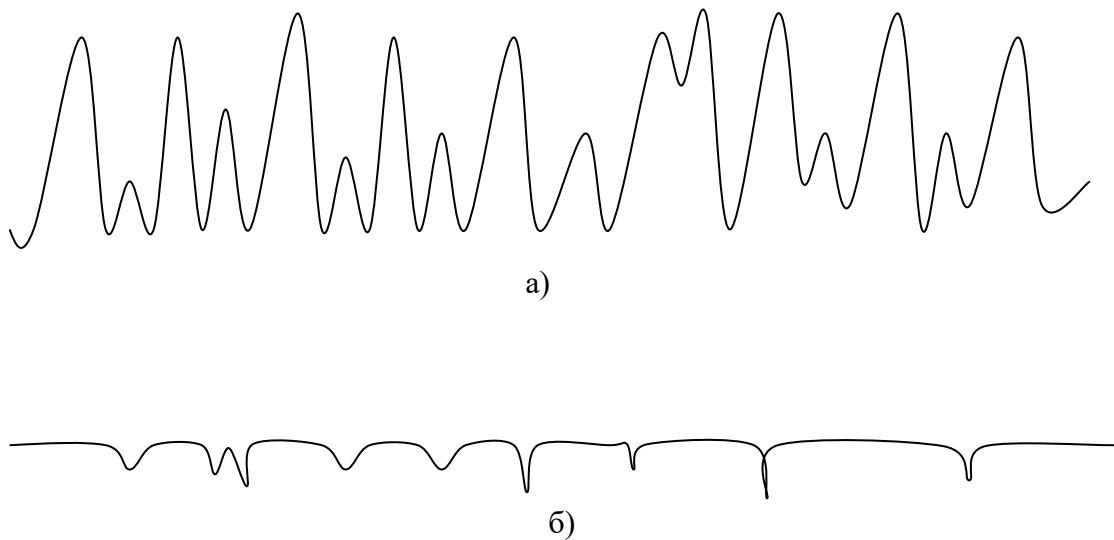


Рис. 2.1. Профілограма поверхні зразка з магнієвого чавуну : а – після обробки різцем; б – після обробки кулькою;

Окрім хорошої опорної поверхні поверхня б (Рис.1) володіє хорошими маслоутримуючими властивостями завдяки канавкам, які утворюються після проходження кульки по оброблюваній поверхні. Це дуже поважно для деталей двигуна внутрішнього згорання у зв'язку з тим, що багато хто з них відчуває постійний дефіцит в мастилі.

3.2 Підвищити якість відновлюваних поверхонь.

Якість поверхні обробленою методом ППД (розкатування або обкатування) залежить від матеріалу, розмірів і форми оброблюваної деталі; режимів зміцнення, конструкції кульки або ролика; якості ЗОЖ. До обробки розкатуванням або обкатуванням деталі повинні пройти попередню обробку зовнішніх поверхонь – напівчистовим і чистовим точінням або розточуванням, в окремих випадках шліфуванням. Перед розкочуванням шорсткість поверхні деталі має бути в межах 4-6-го класу чистоти, оскільки при грубішій обробці

поверхня після розкочування матиме неоднорідну шорсткість. Точність обробки поверхні деталей розкочуваннями відповідає 2-3-у класу; геометрія правильно оброблених поверхонь не міняється. Овальність і конусність, отримана при попередній обробці, зберігається після розкочування деталей кульковими і роликowymi розкочуваннями пружної дії. При розкочуванні ж жорсткими розкочуваннями, можливо, деяке поліпшення профілю і точності обробки. Проте це відбувається лише в межах залишкових деформацій поверхневих мікронерівностей.

Твердість поверхневого шару, глибина наклепання і величина залишкової напруги зростають із збільшенням тиску на ролик (Рис.2.2).

Глибина наклепаного шару визначається:

$$\delta = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_T}} \text{ мм}, \quad (1)$$

Де P – зусилля розкочування в Н;

σ_T – межа текучості матеріалу.

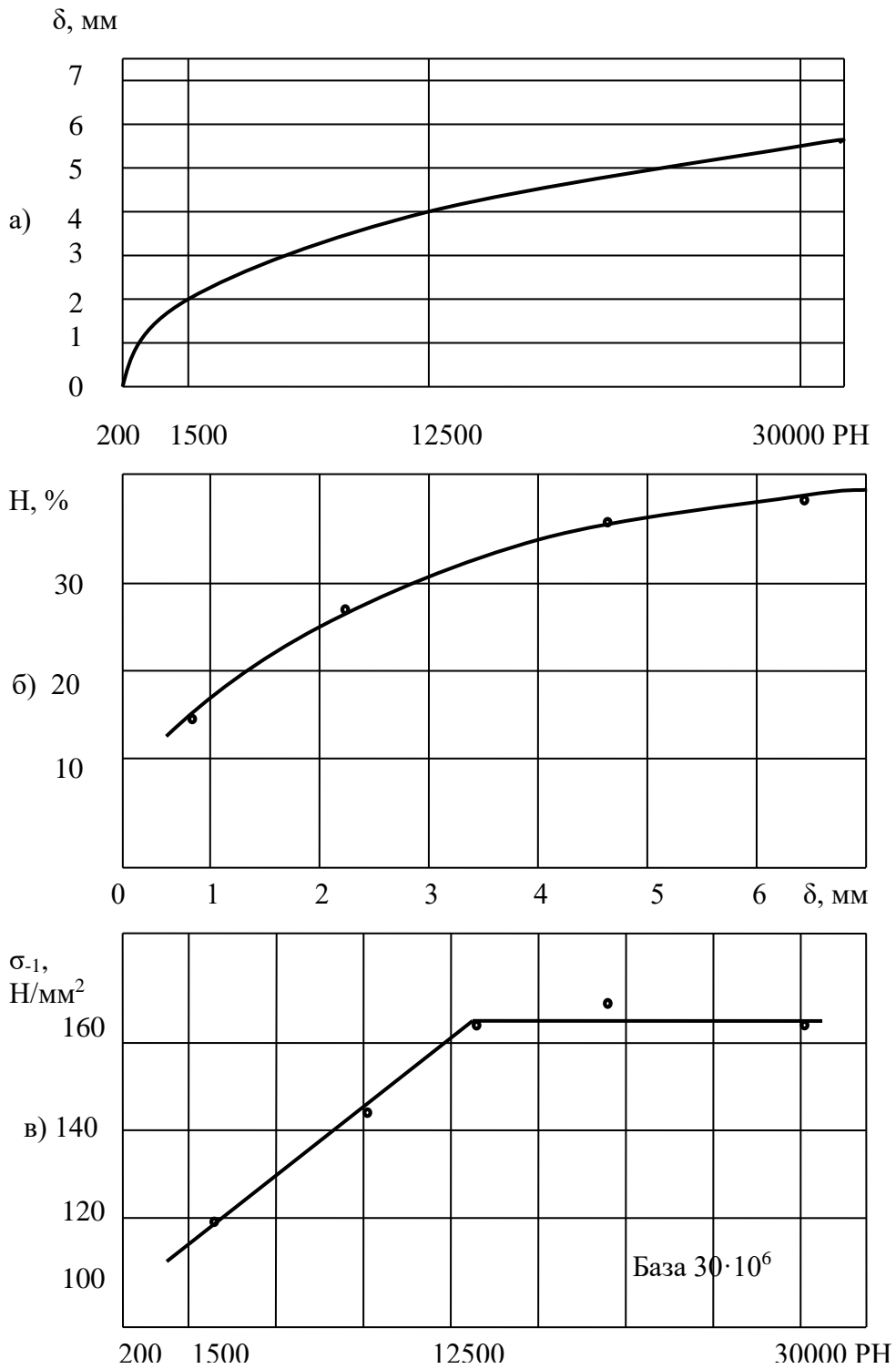


Рис. 2.2. Графіки залежності: а – глибина наклепання від зусилля, прикладеного до ролика; б – твердості від глибини наклепання; в – межі втоми від зусилля, прикладеного до ролика.

Залежно від оброблюваного матеріалу і режимів розкочування глибина наклепаного шару може змінюватися в широких межах, а твердість

поверхневого шару збільшується на 40-50%. Розкатування підвищує межу втоми деталей на 80% і більш, надаючи сприятливу дію на динамічні характеристики і експлуатаційні якості деталей. Чистота обробленої поверхні при розкочуванні покращується при збільшенні зусилля на ролик. Проте надмірний тиск може викликати перенаклеп поверхні і викликати руйнування деталі.

Все вище сказане, дає нам передумови для розробки оптимальної технології відновлення гільз циліндрів двигуна.

Шорсткість поверхні робить великий вплив на експлуатаційні властивості деталей шатуново-поршневої групи ДВЗ. При зниженні шорсткості зростає межа витривалості, зносостійкість і опірність поверхневому викрихтуванню. Шорсткість і метод остаточної обробки робочих поверхонь повинні призначатися з врахуванням експлуатації деталей.

При розкатуванні і обкатуванні деталей утворюється нова поверхня з шорсткістю, залежною від основних параметрів обробки. Уявлення про мікропрофіль, як слід робочого руху інструменту (кулі або ролика), є не точним унаслідок спотворення, викликаного пластичним рухом металу від місця контакту інструменту з деталлю. Пластична течія відбувається як у напрямі подачі з освітою хвилі, що переміщається разом з інструментом, так і в напрямі, протилежному до подачі, викликаючи спотворення утвореного раніше сусіднього мікропрофілю.

Для розрахунку висоти мікронерівностей рекомендуються формули:

$$R_z = R - \sqrt{R^2 - \frac{s^2}{4}}; \quad (2)$$

$$R_z = \frac{s^2}{8R}. \quad (3)$$

Розрахунок величини R_z для випадку обробки інструментом, що деформується, радіусом від 1,5 – 20 мм з подачею від 0,04 до 0,4 мм/об показує, що максимальна різниця в значеннях R_z , визначуваних по виразах (2) і (3),

мала. При нормальних співвідношеннях між подачею і радіусом сфери, ця різниця складає 0,005 – 0,02 мкм. Обидві формули (2) і (3) справедливі лише для випадку повної деформації вихідних шорсткостей.

У реальному процесі обробки відбувається пружна деформація матеріалу гільзи. Найбільшу деформацію метал має в центрі западини (крапці С). На вершині западини (крапка В) деформація мінімальна (Рис. 2.3).

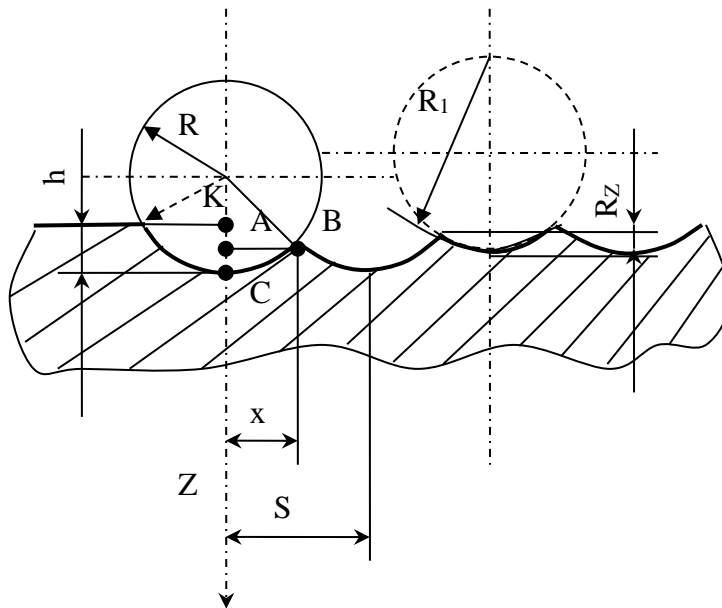


Рис.3.3. Розрахункова схема висоти нерівностей профілю

Після зміцнення поверхні методом ППД висота мікронерівностей відрізнятиметься від значення R_Z , визначеного виразами (2, 3). Ця відмінність дорівнює різниці у величині пружної деформації матеріалу в точках С і В.

На підставі розрахункової схеми можна скласти наступне рівняння:

$$R_Z = \left[\frac{s^2}{8R} - (\omega_C - \omega_B) \right], \quad (4)$$

де ω_C і ω_B – значення пружної деформації в точках С і В.

Пружну деформацію нерівностей можна визначити за допомогою завдання Герца. З теорії пружності відомо, що при пружному контакті двох тіл зсув (ω_1 і ω_2) від місцевої деформації точок першого і другого тіла у напрямі дії сили визначається таким чином:

$$\omega_1 + \omega_2 = \alpha - \beta x^2,$$

де x – відстань крапок від осі;

β – постійна величина, залежна від радіусу кривизни;

α – зближення обох тіл.

У крапці $C_x = 0$, і, отже $\omega_1 + \omega_2 = \alpha$.

При однакових пружних властивостях обох тіл, що справедливо для розкатування $\omega_1 = \omega_2 = \omega$ і $2\omega = \alpha$. Тому $\omega_C = \frac{\alpha}{2}$. Для крапки В

$$\text{запишемо } \omega_B = \frac{\alpha}{2} - \frac{2}{2}\beta x^2.$$

Різниця у величині пружної деформації вершини і западини гребінця буде рівна: $\omega_C - \omega_B = \frac{1}{2}\beta x^2$. Якщо врахувати, що $x = \frac{s}{2}$, то $\omega_C - \omega_B = \frac{1}{2}\beta \frac{s^2}{8}$.

Унаслідок пружної деформації, що відбувається за тим, що деформує, радіус западини R_1 набагато більше радіусу інструменту R , тобто $R_1 > R$ (Рис.2.3).

У нашому випадку постійна $\beta = \frac{R_1 - R}{2R_1R}$. Величину R_1 можна представити таким чином: $R_1 = KR$, де K – коефіцієнт, що характеризує збільшення радіусу западини. Тоді $\beta = \frac{K-1}{2RK}$, і різниця у величинах пружної

$$\text{деформації вершини і западини гребінців } \omega_C - \omega_B = \frac{K-1}{K} \frac{s^2}{16R}.$$

Висота мікронерівностей з врахуванням їх пружної деформації визначається з вираження:

$$R_z = \left[\frac{s^2}{8R} - \frac{(K-1)}{K} \frac{s^2}{16R} \right] = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{K-1}{2K} \right). \quad (5)$$

Необхідно ввести коефіцієнти, що враховують пластичні властивості матеріалу K і тиски на контактному майданчику K_p . В цьому випадку маємо:

$$R_z = \frac{s^2}{8R} \left(1 - \frac{K-1}{2K} \right) K_\varepsilon K_p. \quad (6)$$

Вираження (6) точніше визначає мікронерівності при обробно-зміцнюючої обробці деталі з оптимальними тисками і шорсткістю поверхні, що рекомендується під розкочування.

На висоту нерівностей, що утворюються при обкатуванні і розкатуванні, великий вплив чинить тиск в контактї, подовжня подача, розміри деформуючого інструменту, вихідна шорсткість поверхні і фізико-механічні властивості матеріалу оброблюваної деталі [1].

Для вивчення залежності шорсткості поверхні від тиску і попередньої обробки досліджувалися зразки з магнієвого модифікованого чавуну з кулевидною формою графіту. Дослідження дають уявлення про міру поліпшення поверхні в результаті розкочування кульковим і роликним розкочуванням (Рис. 2.4).

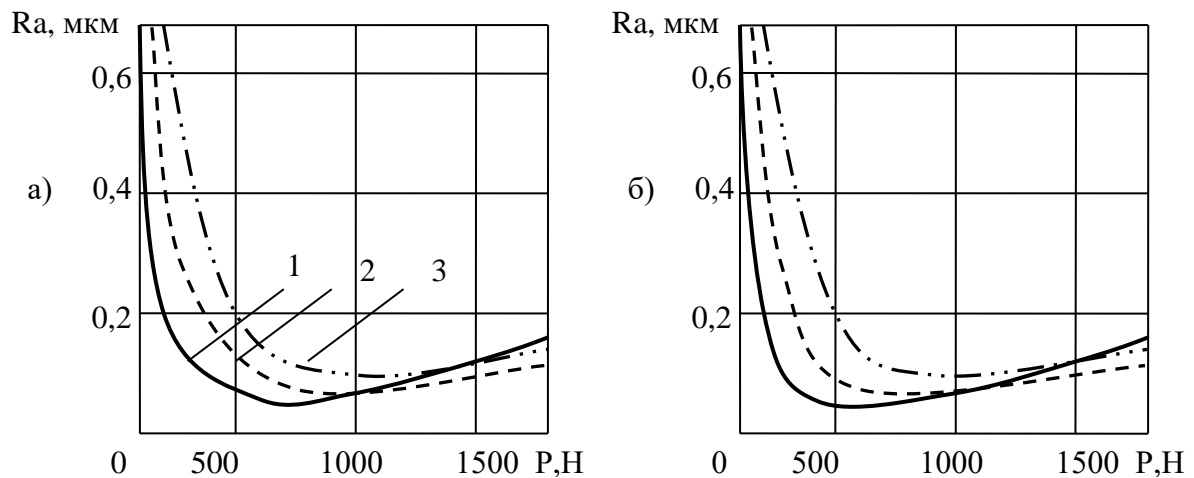


Рис. 3.4 Залежність шорсткості від зусилля і способу попередньої обробки: а – роликним розкочуванням; б – кульковим розкочуванням; 1 – шліфування; 2 – чистове розточування; 3 – напівчистова расточка

З (Рис. 3.4) видно, що із збільшенням тиску розкатана поверхня стає менш шорсткою. Мінімальні нерівності утворюються при оптимальному тиску, що забезпечує їх найбільшу деформацію і залежать від способу попередньої обробки, тобто від стану вихідної поверхні. Оптимальний тиск

зростає при переході до твердіших матеріалів і шорсткіших поверхонь. Якщо тиск вище оптимального, то висота мікронерівностей зростає. Це явище можна пояснити спотворенням мікропрофілю, а також перенаклепом верхнього шару металу і його часткове викрихтування і руйнування. Слід зауважити, що для здобуття оптимального тиску при обробці кулькою необхідно створити менше зусилля, чим при обробці роликком, також підвищується і сама чистота поверхні. Пояснюється це в першу чергу тим, що при обробці кулькою досягається велика контактна напруга при порівняно невеликих силах P , переданих з боку деформуючого інструменту на оброблювану поверхню деталі.

Великою перевагою розкатування є можливість здобуття простим і економічним способом оброблених поверхонь з невеликою шорсткістю. Зміна подачі і розмірів деформуючого інструменту може в значній мірі зробити вплив на чистоту обробленої поверхні. Висота нерівностей прямопропорційна величині подачі в другій мірі і оберненопропорційна радіусу кулі. Отже, за рахунок цих параметрів можна в значній мірі регулювати шорсткість поверхні (Рис.2.5).

При розкочуванні чавуну кулями однакового діаметру 5-10 мм і подачі 0,1 – 0,2 мм/об, що рекомендується, можна прийти до висновку, що, збільшення подачі від 0,05 до 0,2 мм/об практично не впливає на висоту нерівностей. Подальше збільшення подачі наводить до значного зростання нерівностей (Рис.2.5). Зниження шорсткості обкатоної поверхні досягається також шляхом збільшення розмірів деформуючого інструменту.

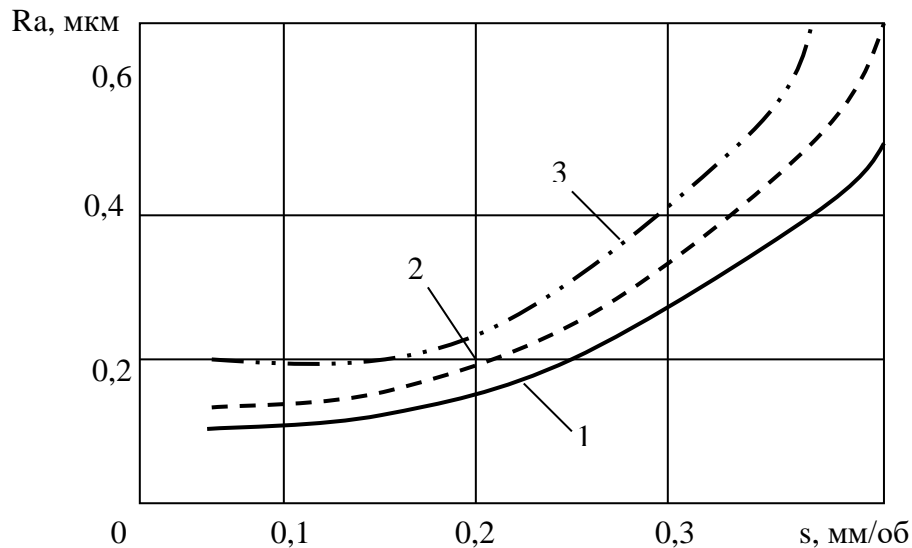


Рис. 3.5. Впливи подачі і діаметру інструменту на шорсткість поверхні при розкочуванні кулями діаметром: 1- 10мм; 2,3 – 4,7мм. І середньому тиску в контактї: 1,2 - $p = 2500 \text{ Н/мм}^2$; 3 – $p = 2100 \text{ Н/мм}^2$

При проектуванні технологічного процесу необхідно передбачити, аби операція, попереджуюча розкатуванню, забезпечила здобуття нерівностей в допустимих межах (Рис. 3.6). Оскільки зниження шорсткості поверхні при обробці різанням здорожує вартість відновлення гільз циліндрів і дуже поважно встановити їх висоту, що найбільш допускається.

При розкочуванні гільз циліндрів з тисками, близькими до оптимальних, вихідні нерівності до 30 мкм мало впливають на величину шорсткості (Рис. 3.6). При розкатуванні грубішої поверхні вихідні шорсткості деформуються частково, внаслідок чого оброблена поверхня гірша, ніж в першому випадку. Тому при вживанні оптимальних тисків вихідна шорсткість не повинна перевищувати 20 – 30 мкм.

Деякий вплив на шорсткість поверхні надає швидкість і число робочих ходів при розкочуванні. Для здобуття вищої чистоти доцільно виробляти розкатування із швидкістю 50 – 100 мм/хв.

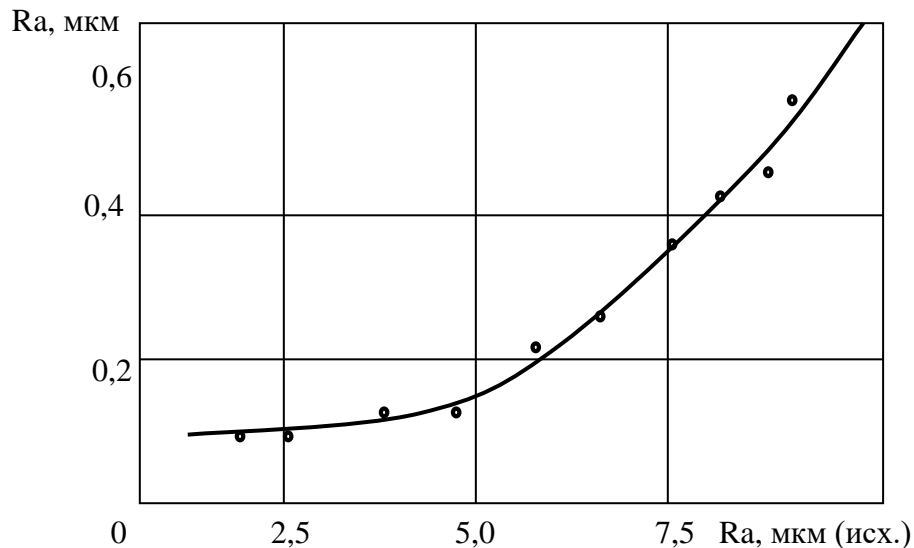


Рис. 6. Вплив вихідної шорсткості на шорсткість обробленої поверхні при розкочуванні гільзи циліндрів, діаметр кулі 10 мм, подача 0,1 мм/об.

Результати досліджень дозволяють рекомендувати при оптимальних тисках один робочий хід. Лише при особливих вимогах до якості поверхні доцільно виконувати два або три робочих хода. Проте велике число робочих ходів може викликати перенаклеп поверхні.

3.3 Вплив зміцнення на втомну міцність

В результаті розкатування і обкатування в поверхневих шарах разом із збільшенням твердості формується залишкова напруга, залежна від параметрів обробки. Крім того, відбувається зменшення мікронерівностей, загладжування і завальцовка рисок і інших дефектів поверхні деталі.

Відомо, що зниження шорсткості обробленої поверхні підвищує втомну міцність. Проте в значно більшій мірі втомна міцність підвищується унаслідок наклепання і залишкової напруги. У підвищенні втомної міцності чавунів вирішальну роль грає залишкова напруга. Крім того, вони є відповідальними за збільшення межі витривалості деталей за наявності конструктивних концентраторів напруги.

Залишкова напруга класифікується таким чином: залишкова напруга нульового роду, що виникає в системі взаємозв'язаних тіл (наприклад при посадці з натягом втулки); залишкова напруга першого роду, тіла, що врівноважуються в макрооб'ємах; залишкова напруга другого роду, тіла, що врівноважуються в мікрооб'ємах, відповідних розмірам зерен; залишкова напруга третього роду, що врівноважується в надзвичайно малих зонах, сумірних з розміром міжатомних відстаней [6].

У даному розділі ми розглядатимемо лише напругу першого роду, яка може бути досліджені як рентгенографічним методом, так і шляхом виміру деформації при його косому зрізі або видаленні напруженого шару, що труїть. Для дослідження тангенціальної і осьової залишкової напруги використовувалися зразки у вигляді кілець отриманих шляхом розрізання гільзи циліндрів.

Визначення величини залишкової напруги можна виробляти по методиці Н.Н. Давіденкова. Залишкова тангенціальна напруга σ_τ у даному шарі визначаються як сума три складових: $\sigma_\tau = \sigma_{\tau 1} + \sigma_{\tau 2} + \sigma_{\tau 3}$, де $\sigma_{\tau 1}$ – напруга, що знімається у момент розрізання кільця по утворюючій; $\sigma_{\tau 2}$ – напруга, що знімається при його видаленні; $\sigma_{\tau 3}$ – напруга, що знімається при видаленні всіх попередніх шарів. Поставляючи значення $\sigma_{\tau 1}$, $\sigma_{\tau 2}$, $\sigma_{\tau 3}$ отримаємо

$$\sigma_\tau = \frac{2E\Delta D_p}{(D-a)^2} \left(\frac{a}{2} - \Delta a \right) - \frac{E(a-\Delta a)^2}{3[D-(a+\Delta a)]^2} \frac{dD}{da} + \frac{E(4a-5\Delta a)}{3[D-(a+\Delta a)]^2} \Delta D, \quad (7)$$

де E – модуль пружності, D – зовнішній діаметр кільця, мм; ΔD_p – зміна діаметру після розрізання кільця, мм; a – товщина стінки кільця, мм; Δa – шар, що знімається, мм; ΔD – зміна діаметру після видалення шару Δa , мм; $\frac{dD}{da}$ – приріст діаметру кільця до товщини знятого шару після видалення шару Δa .

Що входить у формулу похідна $\frac{dD}{da}$ визначається графічним диференціюванням експериментальної кривої $D = f(a)$. Відношення $\frac{dD}{da}$ є

тангенсом кута нахилу дотичної до кривої в даній крапці (Рис. 2.7), тобто

$$\frac{dD}{da} = \operatorname{tg} \varphi.$$

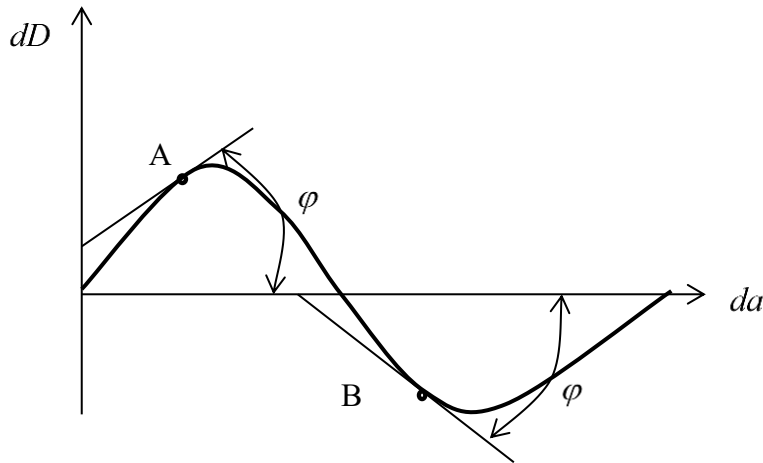


Рис. 237. Залежність деформації кільця по діаметру від товщини стравленого шару

Характер кривої (Рис. 3.7) дозволяє судити про знак напруги. Наприклад, її підйом свідчить про наявність розтягуючої напруги.

Залишкову осьову напругу можна визначити з вираження:

$$\sigma_0 = -\frac{2E}{b^2} f_p \left(\frac{a}{2} - \Delta a \right) + \frac{E}{3b^2} \left[(a - \Delta a)^2 \frac{df}{da} - 4(a - \Delta a)f + \Delta a f \right], \quad (8)$$

де a – товщина зразка, мм; b – половина довгі ділянки того, що труїть, мм; Δa – шар, що знімається, мм; f_p – прогин зразка, що виникає після відрізки від гільзи, мм; f – прогин зразка після видалення шару Δa , мм; $\frac{df}{da}$ – приріст прогину до товщини знятого шару після видалення шару Δa , визначене графічним диференціюванням експериментальної кривої $f = \varphi(a)$.

Для гільз циліндрів і інших відповідальних деталей двигуна не менш важливу роль грає наклепання. Коли руйнування деталі починається на деякій відстані від поверхні, тобто усередині, то наклепання перешкоджає цьому руйнуванню, і велике значення має глибина наклепання. Якщо руйнування

починається на поверхні деталі, то вирішальне значення має інтенсивність наклепання.

Для вивчення впливу розкочування на втомну міцність магнієвих чавунів проведені спеціальні випробування зразків. Зразки цементувалися на глибину 1,0-1,2 мм, потім проводився гарт і відпустка. Після термічної обробки поверхнева твердість складала HB 200 – 210.

В результаті поверхневого зміцнення розкатуванням втомна міцність підвищується при підвищених температурах і при роботі в корозійних середовищах. Випробування незміцнених і зміцнених розкатуванням зразків (Рис. 2.8), показують ефективність зміцнення при випробуваннях при температурі 200С, так і при температурі 1100С.

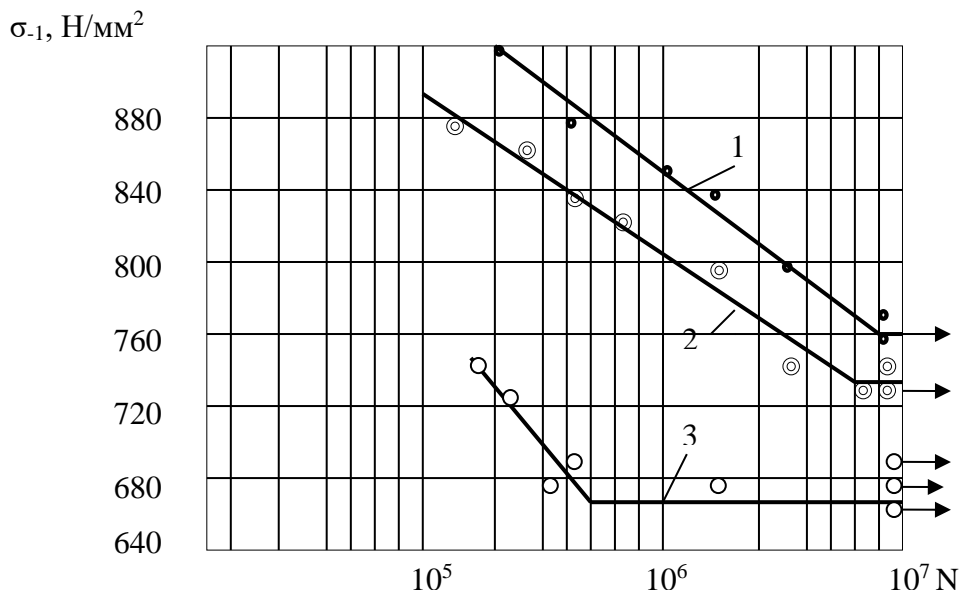


Рис. 3.8. Результати втомних випробувань зразків з магнієвого модифікованого чавуну: 1 – шліфування і розкатування (температура 200С); 2 – шліфування і розкатування (температура 1100С); 3 – шліфування (температура 200С)

Корозійно-втомна міцність зразків при їх випробуванні в корозійному середовищі (3% - ний розчин NaCl) після обкатування кулею діаметром 16мм з оптимальною силою значно підвищилася. Якщо межа витривалості незміцнених зразків складала 90 Н/мм², то після зміцнення він збільшився до 260 Н/мм².

3.4 Вплив зміцнення на знос поверхонь, що труться

Робоча поверхня гільзи циліндрів умовно складається з трьох частин: верхній частині, де знос має найбільше значення у зв'язку з максимальним тиском і температурним режимом; середній частині і нижній частині. Для забезпечення ефективної і безаварійної роботи ДВЗ автомобіля довговічність гільз повинна перевищувати довговічність поршневих кілець.

Гільзи циліндрів після обробки їх шліфуванням і хонінгуванням характеризуються наявністю шліфованих рисок, подряпин, мікротріщин, місцевих опіків і структурною неоднорідністю матеріалу приповерхневого шару. В процесі роботи поршневої групи високі контактні і динамічні навантаження викликають нерівномірну пластичну деформацію. Унаслідок ковзання поршневих кілець по поверхні гільзи відбувається відрив елементарних виступів, пластичні зсуви окремих ділянок, утворення тріщин і розривів на робочій поверхні, що також грають роль концентраторів напруги. Під дією циклічних навантажень і биття зароджуються первинні втомні тріщини, що наводять до викрихтування і утворення осповідних западин. Втомні викрихтування утворюються на поверхні у структурних неоднорідностей і інших концентраторах, а також на деякій відстані від поверхні, відповідному розташуванню максимальної дотичної напруги. Сильне забруднення масла і поверхні продуктами зносу викликає інтенсивне абразивне зношування, яке супроводить втомному зносу і в деяких випадках грає домінуючу роль. Дія активного середовища викликає адсорбцію, що посилюється нерівномірною пластичною деформацією. Проникнення активного середовища всередину металу підсилює утворення втомних тріщин і викрихтування часток. Таким чином, можна зауважити, що довговічність гільз визначається контактно-втомною міцністю (осповідний знос), абразивним зносом і поверхневою адсорбційно-втомною міцністю, причому всі ці види зносу відбуваються одночасно і у взаємодії. Також слід зауважити, що домінуючу роль грає знос унаслідок втоми.

Відповідно до характеру зносу підвищення зносостійкості і довговічності гільз циліндрів може бути досягнуте зниженням шорсткості і створенням структурно-однорідного, міцнішого поверхневого шару, що володіє підвищеним опором пластичній деформації і підвищеною жорсткістю, також зміцнений шар повинен значно перевищувати глибину розташування максимальної дотичної напруги. Здобуття такої поверхні затримає початок втомного руйнування, як на поверхні, так і в глибині і утруднить проникнення поверхнево-активних речовин всередину металу. Окрім того, підвищення твердості понизить абразивний знос.

Обробка розкочуванням дає можливість отримати однорідний поверхневий шар. Для більш обґрунтованого вибору технології і режимів обробки заздалегідь були проведені лабораторні випробування гільз циліндрів на стенді для випробування і обкатки двигунів, знос вимірювався методом проб масла картера. Випробовувалися гільзи, відновлені за звичайною технологією (розточування, шліфування, хонінгування) і методом поверхневої пластичної деформації (розкочуванням кульковим і роликівим розкочуванням при оптимальному тиску). Найбільший знос мають шліфовані гільзи. У гільз, що розкотали, знос знизився на 40 – 50% (Рис. 2.9).

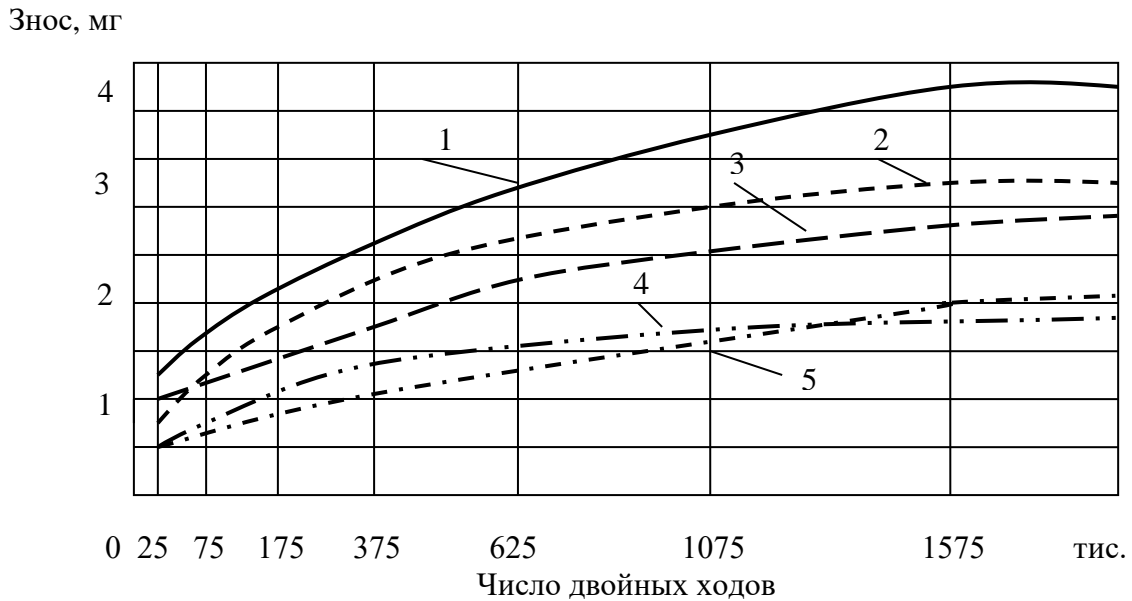


Рис. 3.9 – Знос гільз циліндрів двигунів при різних способах обробки: 1- розточування; 2 – шліфування; 3 – хонінгування; 4 – розкатування роликівим розкаткою; 5 – розкатування кульковою розкаткою.

Результати експлуатаційних випробувань ДВС вживаних на автомобілях підтвердили лабораторні випробування і показали, що зміцнення розкатуванням різко підвищує зносостійкість гільз циліндрів, а отже, підвищується довговічність всього ДВС в цілому (Таблиця 3.1). Тому як фінішна обробка при виготовленні гільз циліндрів можна обґрунтовано рекомендувати розкочування роликівим або кульковим розкочуванням.

Таблиця 3.1

Результати експлуатаційних випробувань на знос гільз двигуна ЗІЛ-130

Обробка гільз	Сила P_H , Н	Тиск при розкочуванні p , Н/мм ²	Знос %
1	2	3	4
Шліфування	-	-	100
Хонінгування	-	-	70

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
Розкатування	500	2300	57
Те ж	750	2800	50
Те ж	1100	3000	56

Вивчення характеру зносу гільз, що розкатали, дає можливість встановити наступне. Підвищення зносостійкості сприяє:

1 – створення зміцненого однорідного поверхневого шару з мінімумом дефектів, який частково ліквідує і ослабляє негативну роль концентраторів напруги; зменшенню їх шкідливого впливу сприяє і залишкова напруга, що виникає при розкатуванні, внаслідок чого утруднюється поява і розвиток втомних тріщин;

2 – отримане зміцнення розкочуванням підвищує опір наклепанню і особливо перенаклепанню поверхні, створюваному в процесі роботи;

3 – пластична деформація при розкочуванні закриває дефекти (подряпини від шліфувального круга, мікротріщини і таке інше), що є на поверхні, що утрудняє проникнення поверхнево-активних речовин всередину металу і підвищує опір поверхневій адсорбційній втомі;

4 – зниження шорсткості обробленої поверхні разом із зміцненням збільшує контактну жорсткість поверхні і робить гільзи більш зносостійкими.

Підвищення зносостійкості гільз циліндрів покращує основні показники роботи, а також динамічні характеристики двигуна внутрішнього згорання, забезпечує високий ресурс і довговічність. Слід зазначити, що зміцнення гільз циліндрів методом ППД підвищує ресурс нових гільз в 1,5 рази.

3.5 Устаткування і режими деформації

Однією з особливостей розкатування (обкатування) є те, що для виконання цієї операції немає необхідності застосовувати спеціальне дороге устаткування. Поверхні обробляють на звичайних універсальних

металоріжучих верстатах: токарних, свердловальних, розточувальних, фрезерних, строгальних і ін. Кваліфікація робітника не вимагає високого розряду. Жорсткість універсальних верстатів є достатньою для проведення розкочування і обкатування, причому на деяких верстатах (токарних, розточувальних) немає необхідності встановлювати заново оброблювану деталь це знижує час на обробку і погрішність базування.

Як вже вказувалася вище якість обробки поверхні при розкочуванні роликком або кулькою значно залежить від режимів деформації: зусилля розкочування, подачі, швидкості розкочування, числа проходів, сорту вживаної змащувально-охолоджуючої рідини. Деякі формули для розрахунків режимів деформації приведемо в таблицю 3.2.

таблиця 2.2

Формули для розрахунків режимів розкатування (обкатування)

Параметри	Формули	Позначення
1	2	3
Швидкість в м/хв: Для верстатів з обертальним рухом	$v = \frac{\pi D n}{1000}$	D - діаметр оброблюваної деталі, мм; n - число зворотів шпинделя верстата в мін;
Для верстатів із зворотно-поступальним рухом	$v = \frac{L n (1 + m)}{1000}$	L - довжина робочого ходу деталі або інструменту в мм; n - число подвійних ходів в мін; m - відношення швидкості робочого ходу до швидкості холостого ходу;
Подача на один ролик (куля) при обробці багатороликковими розкатуваннями в мм/об	$S_{uu} = \frac{S}{z}$	S - подача на зворот (подвійний хід) в мм/об z - число роликів або кульок;

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Машинний час: для верстатів з обертальним рухом T_M в мін	$T_M = \frac{(L+l)K}{nS}$	L - довжина оброблюваної поверхні в мм; K - число проходів; n - число обертів за хвилину; $l = l_1 + l_2$ - величина входу і перебігання ролика або кульки в мм: $l_1 = 1 - 3$ мм; $l_2 = 0,5b$ b - ширина циліндрової частини ролика);
Для верстатів із зворотно-поступальним рухом T_M в мін	$T_M = \frac{B+y}{Sn} K$	B - ширина обкатування в мм;

Вибір зусилля обкатування (нормальний тиск на ролик) залежить від наступних чинників: механічних властивостей оброблюваного металу, стану оброблюваної поверхні і її мікрогеометрії, форми і розмірів виробу і накатного інструменту (ролика або кульки).

Система верстат – деталь – інструмент при розкочуванні навантажена трьома складовими загального зусилля розкочування: зусиллям подачі P_x , радіальним зусиллям P_y і тангенціальним P_z .

Величини P_x і P_z малі в порівнянні з радіальним зусиллям P_y ; тому останнє зазвичай називається зусиллям розкатування (обкатування) P_y . Залежно від режимів розкатування (обкатування) і форми інструменту зусилля подачі P_x складає $0,04 - 0,2P_y$.

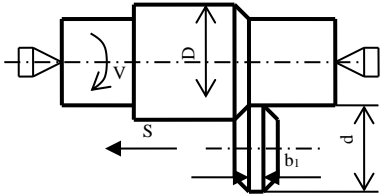
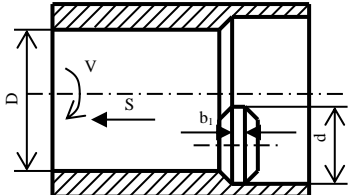
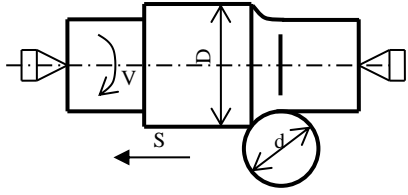
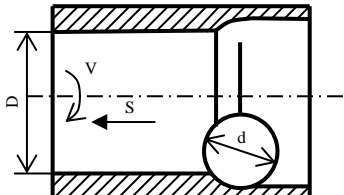
Для усунення шкідливого впливу сил подачі P_x на упорні підшипники і усунення прослизання ролика в деяких випадках рекомендується площина ролика розташовувати не перпендикулярно до осі виробу, а з відхиленням від

перпендикулярності на деякий кут β який встановлюється в межах від 4 до 10^0 .

Для забезпечення заданої шорсткості поверхні при виборі зусилля обробки доцільно виходити з умови здобуття в зоні контакту необхідного значення максимальної нормальної напруги стискування. Наближені розрахункові формули для визначення зусилля розкочування і обкатування поверхонь роликami і кульками приведемо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Визначення зусилля для різних схем деформації поверхні

Схема обробки	Формула
	$P = \frac{Db_1q^2}{0,126E\left(\frac{D}{d} + 1\right)}$
	$P = \frac{Db_1q^2}{0,18E\left(\frac{D}{d} - 1\right)}$
	$P = \left(\frac{dq}{0,045E}\right)^2 q$ <p>при</p>
	$P = \left[\frac{Dq}{0,045E\left(\frac{D}{d} - 1\right)}\right]^2 q$

Позначення: N - зусилля обкатування або розкатування в Н; q - максимальний тиск в Н/мм²; D - Діаметр оброблюваного виробу в мм; d - діаметр ролика або кульки в мм; b_l - ширина контакту ролика з оброблюваним виробом в мм; E - модуль пружності оброблюваного матеріалу.

Значення контактного тиску q приблизно можна набувати рівним $(1,8 \div 2,1) \sigma_T$, де σ_T - межа текучості оброблюваного матеріалу.

При обробці отворів ротаційними дорнами і багатороликівими розкатуваннями зусилля обкатування визначається величиною натягу, тобто перевищенням діаметру розкатування над діаметром заздалегідь обробленого отвору. Попередня обробка гільз циліндрів вироблялася чистовим розточуванням. В результаті обробки досягався 9 – 10-й клас чистоти і 2-й клас точності, чим більший діаметр куль, тим більший натяг можна приймати. У таблиці 2.4 приведені значення натягу, що рекомендуються, і подач при розкатуванні гільз циліндрів виготовлених з магнієвого чавуну.

Таблиця 3.4

Режими деформації при обробці гільз циліндрів ротаційними дорнами

Діаметр куль дорну в мм	Режими деформації		
	Натяг в мм	Подача на кулю в мм/об	швидкість v в м/мин
4,75	0,05 – 0,08	0,01 – 0,015	40 – 180
10	0,08 – 0,11	0,015 – 0,05	40 – 180
12	0,1 – 0,15	0,05 – 0,07	40 – 180

Подача ролика при розкатуванні робить вплив на зміцнення металу і чистоту поверхні. Для досягнення високої чистоти поверхні подачу слід вибирати малою – не вище 0,5 мм/об [Папшев], подачу можна визначити з формули:

$$S = (0,3 \div 0,5)b_{\text{мм/об}} \quad (9)$$

де b - ширина циліндрової стрічки ролика в мм.

Для кулькових розкочувань подача, що рекомендується, складає 0,1 – 0,2 мм/об. Видно, що при обробці кульковими розкатуваннями подачу можна збільшити і тим самим підвищити продуктивність.

Швидкість розкатування практично не робить впливу на якість поверхні і повинна призначатися з умови забезпечення продуктивної роботи без вібрацій в межах допустимої міцності системи верстат – деталь – інструмент. На практиці розкатування виробляється з швидкостями до 180м/хв.

Велике значення на якість обробленої поверхні надає число проходів. Найбільш ефективно зміцнення і якість поверхні відбувається в перші два проходи. Збільшення числа проходів приводить до погіршення чистоти і утворення перенаклепа поверхні, а також до пониження межі витривалості деталі. Тому при виборі режиму обробки (особливо зусилля розкатування) необхідно прагнути здійснювати розкатування за один прохід.

Важливу роль на якість обробленої поверхні, стійкість інструменту і потужність, витрачену на обробку, грає мастило і охолодження зони контакту. Чим більше тиск в зоні контакту інструмент – деталь, тим більшою поверхневою активністю повинна володіти вживана змащувально-охолоджуюча рідина. Коефіцієнт зовнішнього тертя при терті чавуну і високовуглецевої сталі, при вживанні різних сортів СОЖ складає: трансформаторне масло (95%) і олеїнова кислота (5%) – 0,08 – 0,1; індустріальне масло (40%) і веретенне масло (60%) – 0,06 – 0,09; мазут – 0,09 – 0,15; сульфозфрезол – 0,05 – 0,08.

Зважаючи на неможливість обліку всіх технологічних чинників при розкочуванні в практиці доцільно відлагоджувати режими розкатування по задалегідь обробленому еталону. За результатами перевірки якості обробленої поверхні і розмірам еталону можна судити про правильність вибору режиму розкочування.

Висновки до 3 розділу

Прогресивний напрям в справі підвищення якості, довговічності і надійності деталей машин – обробка їх високопродуктивним методом поверхневої пластичної деформації (ППД), заснованим на використанні пластичних властивостей металу, на його здатності безповоротно деформуватися під дією зовнішніх сил без порушення цілісності волокон. При обробці деталей методом ППД можна використовувати парк металоріжучого устаткування, що є на будь-якому автомобільному підприємстві і не вимагає спеціального устаткування.

Обробка деталей машин ППД є одним з найбільш простих і ефективних методів зміцнення. Поверхнева пластична деформація підвищує втомну міцність, контактну витривалість і зносостійкість деталей і тим самим збільшує довговічність машин і устаткування. В результаті поверхневої деформації знижується шорсткість поверхні, виникає сприятлива стискаюча залишкова напруга. Після згладжування нерівностей поверхня може набувати дзеркального блиску, тому при високих вимогах до якості оброблюваних поверхонь доцільно використовувати ППД як обробно-зміцнююча обробка.

Дивлячись на все вище викладене, ми рекомендуємо застосовувати метод поверхнево пластичного деформування при виготовленні деталей для підвищення міцності їх поверхні, який, в свою чергу, підвищить довговічність роботи двигуна внутрішнього згорання, а також всього автомобіля у цілому.

РОЗДІЛ 4

ДИДАКТИЧНИЙ ПРОЄКТ ФАКУЛЬТАТИВНОГО ЗАНЯТТЯ З ТЕМИ «ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ МЕТОДОМ ПОВЕРХНЕВО-ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ» ДЛЯ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1. Вихідні дані:

4.1. Назва спеціальності – Професійна освіта. Машинобудування;

4.2. Назва навчального закладу – Українська інженерно-педагогічна академія;

4.3. Освітній рівень, ступінь вищої освіти – другий (магістерський) рівень вищої освіти, магістр;

4.4. Стратегічні цілі підготовки:

– застосовувати глибокі знання у галузі сучасних технологій машинобудівного виробництва для вирішення міждисциплінарних інженерних завдань;

– ставити та вирішувати інноваційні завдання інженерного аналізу, пов'язані зі створенням та обробкою матеріалів та виробів, з використанням системного аналізу та моделювання об'єктів та процесів машинобудування;

– розробляти технологічні процеси, проєктувати та використовувати нове обладнання та інструменти для обробки матеріалів та виробів, конкурентоспроможних на світовому ринку машинобудівного виробництва;

– проводити теоретичні та експериментальні дослідження в галузі сучасних технологій обробки матеріалів, нанотехнологій, створення нових матеріалів у складних та невизначених умовах.

4.5. Назва навчальної дисципліни – Проєктування і програмування обробки на верстатах зЧПК.

4.2. Постановка цілей факультативного заняття (оперативних цілей).

Опис оперативних цілей з навчальної теми представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Оперативні цілі вивчення теми

Цілі факультативного заняття	Цілі-задачі навчального матеріалу	Умови досягнення	Результат у вигляді дій студентів
1	2	3	4
Сформувані у здобувачів освіти вміння визначити методи зменшення напруженого стану деталей дизелів автомобілів під час експлуатації на основі комплексного дослідження технології триботехнічного припрацювання з прямих формувальних мідьвмісних поверхневих шарів на гільзах циліндрів.	<p>– розкрити механізм формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів та теоретично обґрунтувати можливість використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів;</p> <p>– виявити основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні та встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень;</p> <p>– теоретично та експериментально обґрунтувати вплив параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p>	Базові знання: Теорія різання та інструмент, автоматизовані виробничі системи та технологічне оснащення верстатів, деталі машин, обладнання автоматизованого виробництва.	Правильно виконувати здобувачами освіти певні практичні дії, пов'язані з підвищенням зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації.

4.3. Перелік літературних джерел з теми.

1. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навчальний посібник / С.Г. Бондаренко. – Львів : «Магнолія 2006», 2014. – 500 с.
2. Горбатюк Є.О. Технології машинобудування : навчальний посібник / Є.О. Горбатюк, М.П. Мазур, А.С. Зенкін, В.Д. Каразей. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2015. – 358 с.
3. Жигуц Ю.Ю. Технологія машинобудування. Збірник лабораторних робіт : Навчальний посібник / Ю.Ю. Жигуц, В.Ф. Лазар. – К. : «Кондор-Видавництво», 2013. – 352 с.
4. Юрчишин І.І. Технологія машинобудування : Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт : Навч. посібник / І.І. Юрчишин, Я.М. Литвиняк, І.Є. Грицай, М.Л. Кукляк, Я.М. Кусий, В.В. Ступницький, В.А. Яцюк, А.М. Кук, Є.М. Махоркін, В.П. Свізінський / Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – 528 с.

4.4. Конструювання дидактичних матеріалів:

План

1. Матеріали і методи формування та дослідження стану робочих оливи та поверхонь гільз циліндрів двигунів вантажних автомобілів.
2. Дослідження стану деталей циліндро-поршневої групи приформуванні поверхневих шарів триботехнологіями припрацювання у середовищі композиційної оливи.
3. Формування функціонального мідь вмісного поверхневого шару гільз циліндрів під час їх триботехнічного припрацювання.

4.5. Аналіз базових умов навчання. Вибір способів актуалізації базових знань і способів дій представлено в табл.4.2.

Продуктом цієї діяльності є розроблена на підставі аналізу система визначення й вирівнювання початкових вимог до необхідного рівня, представлена у вигляді карти міжтемних зв'язків. У ній перелічуються базовий матеріал і засоби його реалізації, засоби й методи організації та здійснення вхідного контролю, які мусять охоплювати всі необхідні базові знання й уміння, критерії їхньої оцінки, а також засоби формування базового матеріалу.

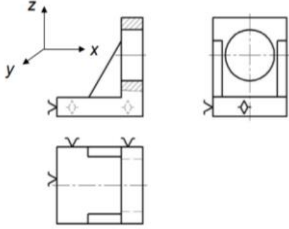
Як уже відзначалося, способи формування базового матеріалу реалізують міжтемні зв'язки. До цих способів висуваються вимоги повного охоплення базового матеріалу й швидкості його засвоєння. Відповідно до цього формування базового матеріалу має здійснюватися шляхом швидкого й чіткого відтворення необхідної інформації з метою її відновлення в пам'яті учнів. Для цього викладачеві необхідно попередньо подати певну інформацію у вигляді опорного конспекту або логічної структури.

Таблиця 4.2

Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3
Теорія різання та інструмент	<p>Методи: письмове опитування.</p> <p>Форми: фронтальна.</p> <p>Засоби: тестові завдання.</p> <p>1. До показників точності вертикально-свердлильного верстата не відносять</p> <p>....</p> <p>1) площинність робочої поверхні столу.</p> <p>2) перпендикулярність напрямку руху гільзи шпинделя щодо плоскості столу.</p> <p>3) шорсткість напрямної поверхні гільзи шпинделя.</p> <p>4) шорсткість робочої поверхні столу.</p> <p>2. Для завдання положення будь-якої деталі щодо іншої деталі, необхідно і достатньо мати</p> <p>1) три опорні точки.</p>	<p>При відсутності базових знань у здобувачів освіти формуємо методом пояснення-бесіда протягом 10 хвилин.</p>

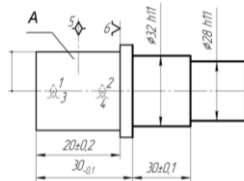
Продовження таблиці 4.2

1	2	3
	<p>2) чотири опорні точки. 3) п'ять опорних точок. 4) шість опорних точок. 3. Для завдання положення будь-якої деталі щодо іншої деталі, необхідно і достатньо</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) однієї конструкторської основної бази. 2) двох конструкторських основних баз. 3) трьох конструкторських основних баз. 4) шести конструкторських допоміжних баз. <p>4. Показані на малюнку опорні точки позбавляють заготовку можливості</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) переміщуватися в напрямку осі Y, обертатися навколо осі Y та обертатися навколо осі X. 2) обертатися навколо осі X, переміщуватися в напрямку осі Z та обертатися навколо осі Y. 3) обертатися навколо осі Y, переміщуватися в напрямку осі Z і переміщуватися в осі X. 4) переміщуватися в напрямку осі X, обертатися навколо осі Z і переміщуватися в осі Y.  <p>5. За призначенням бази поділяють на ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) підвійні напрямні, напрямні та опорні. 2) установні, опорні та приховані. 3) конструкторські, технологічні та вимірювальні. 4) підвійні опорні, явні та приховані. 	

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
---	---	---

	<p>6. За кількістю ступенів вільності, що відбираються базами, бази поділяють на</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конструкторські, технологічні та вимірвальні. 2) явні та приховані. 3) конструкторські основні та конструкторські допоміжні. 4) установні, напрямні, опорні, підвійні напрямні та підвійні опорні. <p>7. Установна база відбирає у заготовки або виробу</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) одна ступінь вільності. 2) два ступені вільності. 3) три ступені вільності. 4) чотири ступені вільності. <p>8. На операції механічної обробки валу вісь циліндричної поверхні А є ...</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) конструкторською підвійною опорною явною базою. 2) технологічною підвійною напрямною явною базою. 3) конструкторською напрямною явною базою. 4) технологічною підвійною напрямною похованою базою. 	
--	---	--



4.6. Проєктування мотиваційних технологій навчання з теми факультативу, характеристика і текст мотивації, використання якої доцільно при вивченні навчального матеріалу представлено в табл. 4.3.

Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи мотивації	Вступна мотивація
1	2
Мотивуючий вступ	<p>Доброго дня! Створення та впровадження нових систем та комплексів машин, подальша інтенсифікація АПК роблять найважливішою проблемою підвищення надійності та довговічності техніки, ефективності її використання, рівня технічного обслуговування, ремонту та зберігання. Ефективне використання техніки можливе лише за чіткої організації робіт з її технічного обслуговування та ремонту.</p> <p>На сучасному етапі розвитку ремонтної бази ремонтно-майстерні, ремонтно-механічні-заводи, дилерські центри, підприємства технічного сервісу вирішують великі та відповідальні завдання щодо підтримки машинно-тракторного парку країни у працездатному стані, періодичному відновленню ресурсу машин.</p> <p>Одним з ключових технологічних питань, що підвищують довговічність і технічну готовність двигунів, є застосування прогресивних технологічних процесів відновлення деталей, що забезпечують підвищення якості відновлення і відповідно ресурсу відремонтованих машин.</p> <p>У ремонтному виробництві часто важко забезпечити отримання потрібних розмірів деталей, що відновлюються, через недосконалість обладнання. Наприклад, при розточуванні та подальшому хонінгуванні гільз під ремонтний розмір. Багато ремонтних заводів розмір гільзи підганяють індивідуально під кожен поршень. Це не дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання недотримання необхідних зазорів у з'єднанні призводить до збільшення тривалості процесу приробітку або неможливості такої.</p> <p>З цих позицій для підприємств технічного сервісу (ПТС) досить перспективною виглядає комплексна операція, що полягає в поверхневому зміцненні робочої поверхні гільзи (розточування) та нанесення антифрикційного покриття (мідь). Тим більше, що ця операція через свою відносну простоту може бути використана як при ремонті ЦПГ в умовах ПТС, так і при виготовленні нових в умовах заводів виробників.</p> <p>Пропонується об'єднати сучасні способи в єдиний технологічний ланцюжок, створивши таким чином комплекс</p>

Продовження таблиці 4.3

1	2
	<p>заходів для практичного здійснення підвищення ресурсу відремонтованих двигунів.</p> <p>Серед технологічних процесів відновлення гільз циліндрів в умовах ремонтних підприємств заслуговує на увагу так званий комбінований спосіб обробки. Стосовно гільз циліндрів перспективним слід вважати комбінований спосіб: розточування, поверхнево-пластична деформація (ППД) з одночасним нанесенням антифрикційних покриттів (ФАБО), прискорений доробок.</p> <p>Розточування поверхні тертя гільзи усуває сліди зносу та забезпечує необхідні розміри та точність для подальшої обробки.</p> <p>Методи пластичного деформування дозволяють зміцнити поверхню тертя деталей формуючи необхідний мікрорельєф. Зміцнення поверхні сприяє підвищенню зносостійкості, контактної витривалості деталей у період експлуатації за рахунок збільшення мікротвердості та створення стискаючих залишкових напруг.</p> <p>Нанесення антифрикційного покриття здійснюється за фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО). Сутність ФАБО полягає в нанесенні в процесі тертя на поверхню тонкого (0,5 - 5,5 мкм) шару металу, що має високі антифрикційні властивості.</p> <p>Зменшення зносу обмідненої поверхні можна пояснити двома факторами: перше - це зміцнення поверхневого шару при ППД, друге це наявність більш пластичного мідного покриття, що зменшує не тільки коефіцієнт тертя, а й службовця твердим мастилом у процесі тертя.</p> <p>Вивчення впливу антифрикційного мідного покриття показали, що витрати потужності тертя на обіднених гільзах на 35-40% менше, ніж хонінгованих. Результати досліджень мікротвердості за глибиною зміцненого шару внутрішньої поверхні гільзи близькі до розрахункових значень.</p>

4.7. Проєктування технології формування орієнтовної основи діяльності на факультативному занятті (табл.4.4).

Іноді викладач може сам на підставі наявних логіко-змістових матеріалів розкрити зміст діяльності. У цьому разі учні одержують інформацію в готовому вигляді. Але в ряді випадків процес засвоєння нового матеріалу може

перетворитися на «самостійне відкриття», що є надзвичайно важливим для оптимізації навчання. Майбутньому викладачеві слід володіти інформацією про можливі способи побудови орієнтовної основи діяльності та порядок взаємодії її компонентів.

На початковій стадії формування ООД викладач виділяє всі знання про предмет діяльності, а також умови, яких необхідно дотримуватися для вирішення завдання, крім цього розглядає процес діяльності (з чого почати, що виконувати й у якому випадку?).

Відповідно до цих положень провідною метою розробки технологій формування нових знань є проектування та реалізація оптимальної орієнтовної основи діяльності, що дозволить сформувати необхідні якості професійних дій.

Таблиця 4.4

Способи формування ООД на факультативному занятті

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття	Форми	Методи	Засоби
1	2	3	4
Сформувати здатності: – розкрити механізм формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів та теоретично обґрунтувати можливість використання	Фронтальна	Словесні (бесіда, оповідання, пояснення). Наочні (демонстрація презентації, плакатів та інших об'єктів).	План для обговорення: 1. Матеріали і методи формування та дослідження стану робочих оливи та поверхонь гільз циліндрів двигунів вантажних автомобілів. 2. Дослідження стану деталей циліндро-поршневої групи при формуванні поверхневих шарів триботехнологіями припрацювання у

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4
<p>триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів;</p> <p>– виявити основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні та встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень;</p> <p>– теоретично та експериментально обґрунтувати вплив параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p>			<p>середовищі композиційної оливи.</p> <p>3. Формування функціонального мідь вмістного поверхневого шару гільз циліндрів під час їх триботехнічного припрацювання.</p>

4.8. Проектування технології формування виконавчих дій на факультативному занятті (табл. 4.5).

Таблиця 4.5

Способи формування виконавчих дій з теми

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття	Форми	Методи	Засоби
1	2	3	4
Закріпити здатності у здобувачів освіти: – розкрити механізм формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів та теоретично обґрунтувати можливість використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів; – виявити основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні та встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень; – теоретично та експериментально обґрунтувати вплив параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.	Фронтальна	Закріплююча бесіда.	Для закріплення нового навчального матеріалу викладач ставить усні запитання. 1. У чому полягає сутність механізму формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів? 2. Обґрунтуйте переваги використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів. 3. Які основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні?

Продовження таблиці 4.5

1	2	3	4
			<p>4. Поясніть, яким чином встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень?</p> <p>5.Опишіть методику впливу параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p> <p>6.У чому полягає експериментальна перевірка впливу параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p>

4.9. Проєктування контрольних дій з теми (табл. 4.6).

Контроль формування професійної діяльності є однією з основних складових системи управління процесом навчання. За даними доктора

педагогічних наук І. І. Тихонова, час у навчальному процесі розподіляється в такий спосіб: «повідомлення інформації – 40%, засвоєння інформації – 40%, контроль засвоєння – 10–15%, корекція узгодження – 5–10%». Таким чином, на контроль навчальної діяльності в навчальному процесі відводиться до 20% часу. І це виправдано, оскільки наявність технологій контролю сприяє визначенню успішності навчання кожного учня, причин незадовільного засвоєння навчального матеріалу, включенню раціональних прийомів і способів навчання для ліквідації недоліків управління навчальною діяльністю. Саме тому без відповідного блоку методів контролю та корекції сформованих умінь система управління навчанням є неповноцінною і незавершеною.

Таблиця 4.6

Засоби контролю з теми факультативного заняття

Рівні засвоєння навчального матеріалу теми заняття	Форми	Методи	Засоби
1	2	3	4
Проконтролювати здібності у здобувачів освіти: – розкрити механізм формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів та теоретично обґрунтувати можливість використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів;	фронтальна	Письмове опитування	Контрольні питання: 1. Що називають руйнуванням структури? 2. Дайте визначення мікрорізанню. 3. Назвіть етапи руйнування металу шляхом створення та розвитку тріщин. 4. У чому полягає сутність водневого спрацьовування? 5. Назвіть чинники, які впливають на процес абразивного спрацьовування?

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4
<p>– виявити основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні та встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень;</p> <p>– теоретично та експериментально обґрунтувати вплив параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p>			<p>6. За якими критеріями визначають рівень технічної експлуатації машин?</p> <p>7. Залежно від яких умов вибирають матеріали для вузлів тертя?</p> <p>8. Як проводять захист матеріалів тертя?</p> <p>9. Для чого проводять обкатку пар тертя?</p> <p>10. Класифікуйте методи зміцнювальної обробки деталей машин.</p> <p>11. Поясніть, як відбувається зміцнення поверхні деталей машин у процесі утворення захисної плівки.</p> <p>12. Яким чином можна змінити хімічний склад поверхневого шару металів?</p> <p>13. Як відбувається зміцнення поверхні деталей машин під час наклепу?</p> <p>14. За рахунок чого можливе зміцнення металу по всьому об'єму?</p>

4.10. Розробка сценарію факультативного заняття. Сценарій заняття, його структура й зміст структурних елементів представлені у вигляді табл. 4.7.

Планування навчального процесу (розбивання на уроки, визначення їхньої структури і типів) у нашому випадку є завершальним етапом методичної діяльності, тоді як більшість традиційних програм методичної підготовки розглядає урок як основу педагогічного проектування, головну змістову одиницю дидактичного проекту.

Сценарій навчання з теми заняття

№ п/п	Структурні елементи заняття	Зміст структурних елементів
1	2	3
1	Організаційний момент	Заняття починається з вступної організаційної частини, перевірки присутніх за журналом, повідомлення теми та цілей заняття.
2	Повідомлення теми і мети заняття	Повідомлення теми заняття: «Підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації». Мета: Сформувати у здобувачів освіти вміння: розкрити механізм формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів та теоретично обґрунтувати можливість використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів; виявити основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні та встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень; теоретично та експериментально обґрунтувати вплив параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.
3	Мотивація мети	Повідомлення важливості вивчення даної теми: Доброго дня! Створення та впровадження нових систем та комплексів машин, подальша інтенсифікація АПК роблять найважливішою проблему підвищення надійності та довговічності техніки, ефективності її використання, рівня технічного обслуговування, ремонту та зберігання. Ефективне використання техніки можливе лише за чіткої організації робіт з її технічного обслуговування та ремонту. На сучасному етапі розвитку ремонтної бази ремонтно-майстерні, ремонтно-механічні-заводи, дилерські центри, підприємства технічного сервісу вирішують великі та відповідальні завдання щодо підтримки машинно-тракторного парку країни у працездатному стані, періодичному відновленню ресурсу машин.

Продовження таблиці 4.7

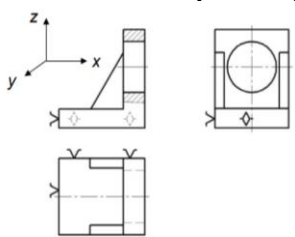
1	2	3
3	Мотивація мети	<p>На сучасному етапі розвитку ремонтної бази ремонтно-майстерні, ремонтно-механічні-заводи, дилерські центри, підприємства технічного сервісу вирішують великі та відповідальні завдання щодо підтримки машинно-тракторного парку країни у працездатному стані, періодичному відновленню ресурсу машин.</p> <p>Одним з ключових технологічних питань, що підвищують довговічність і технічну готовність двигунів, є застосування прогресивних технологічних процесів відновлення деталей, що забезпечують підвищення якості відновлення і відповідно ресурсу відремонтованих машин.</p> <p>У ремонтному виробництві часто важко забезпечити отримання потрібних розмірів деталей, що відновлюються, через недосконалість обладнання. Наприклад, при розточуванні та подальшому хонінгуванні гільз під ремонтний розмір. Багато ремонтних заводів розмір гільзи підганяють індивідуально під кожен поршень. Це не дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання недотримання необхідних зазорів у з'єднанні призводить до збільшення тривалості процесу приробітку або неможливості такої.</p> <p>З цих позицій для підприємств технічного сервісу (ПТС) досить перспективною виглядає комплексна операція, що полягає в поверхневому зміцненні робочої поверхні гільзи (розточування) та нанесення антифрикційного покриття (мідь). Тим більше, що ця операція через свою відносну простоту може бути використана як при ремонті ЦПГ в умовах ПТС, так і при виготовленні нових в умовах заводів виробників.</p> <p>Пропонується об'єднати сучасні способи в єдиний технологічний ланцюжок, створивши таким чином комплекс заходів для практичного здійснення підвищення ресурсу відремонтованих двигунів.</p> <p>Серед технологічних процесів відновлення гільз циліндрів в умовах ремонтних підприємств заслуговує на увагу так званий комбінований спосіб обробки. Стосовно гільз циліндрів перспективним слід вважати комбінований спосіб: розточування, поверхнево-пластична деформація (ППД) з</p>

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
		<p>одночасним нанесенням антифрикційних покриттів (ФАБО), прискорений доробок. Розточування поверхні тертя гільзи усуває сліди зносу та забезпечує необхідні розміри та точність для подальшої обробки.</p> <p>Методи пластичного деформування дозволяють зміцнити поверхню тертя деталей формуючи необхідний мікрорельєф. Зміцнення поверхні сприяє підвищенню зносостійкості, контактної витривалості деталей у період експлуатації за рахунок збільшення мікротвердості та створення стискаючих залишкових напруг.</p> <p>Нанесення антифрикційного покриття здійснюється за фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО). Сутність ФАБО полягає в нанесенні в процесі тертя на поверхню тонкого (0,5 - 5,5 мкм) шару металу, що має високі антифрикційні властивості.</p> <p>Зменшення зносу обідненої поверхні можна пояснити двома факторами: перше - це зміцнення поверхневого шару при ППД, друге це наявність більш пластичного мідного покриття, що зменшує не тільки коефіцієнт тертя, а й службовця твердим мастилом у процесі тертя.</p> <p>Вивчення впливу антифрикційного мідного покриття показали, що витрати потужності тертя на обіднених гільзах на 35-40% менше, ніж хонінгованих. Результати досліджень мікротвердості за глибиною зміцненого шару внутрішньої поверхні гільзи близькі до розрахункових значень. Отже, почнемо!</p>
4	Актуалізація базових знань	<p>Проведення письмового опитування, за допомогою тестових завдань:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. До показників точності вертикально-свердлильного верстата не відносять 1) площинність робочої поверхні столу. 2) перпендикулярність напрямку руху гільзи шпинделя щодо плоскості столу.

		<p>3) шорсткість на прямої поверхні гільзи шпинделя.</p> <p>4) шорсткість робочої поверхні столу.</p> <p>2. Для завдання положення будь-якої деталі щодо іншої деталі, необхідно і достатньо мати</p>
--	--	---

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
		<p>1) три опорні точки.</p> <p>2) чотири опорні точки.</p> <p>3) п'ять опорних точок.</p> <p>4) шість опорних точок.</p> <p>3. Для завдання положення будь-якої деталі щодо іншої деталі, необхідно і достатньо</p> <p>1) однієї конструкторської основної бази.</p> <p>2) двох конструкторських основних баз.</p> <p>3) трьох конструкторських основних баз.</p> <p>4) шести конструкторських допоміжних баз.</p> <p>4. Показані на малюнку опорні точки позбавляють заготівлю можливості</p> <p>1) переміщуватися в напрямку осі Y, обертатися навколо осі Y та обертатися навколо осі X.</p> <p>2) обертатися навколо осі X, переміщуватися в напрямку осі Z та обертатися навколо осі Y.</p> <p>3) обертатися навколо осі Y, переміщуватися в напрямку осі Z і переміщуватися в осі X.</p> <p>4) переміщуватися в напрямку осі X, обертатися навколо осі Z і переміщуватися в осі Y.</p>  <p>5. За призначенням бази поділяють на ...</p> <p>1) підвійні напрямні, напрямні та опорні.</p> <p>2) установні, опорні та приховані.</p> <p>3) конструкторські, технологічні та вимірювальні.</p> <p>4) підвійні опорні, явні та приховані.</p> <p>6. За кількістю ступенів вільності, що відбираються базами, бази поділяють на</p> <p>1) конструкторські, технологічні та вимірювальні.</p> <p>2) явні та приховані.</p>

		3. Формування функціонального мідь вмісного поверхневого шару гільз циліндрів під час їх триботехнічного припрацювання.
6	Формування ВД	Викладач видає групі здобувачів освіти з нової теми, ставить завдання, підбиває підсумки про виконану роботу.

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
		<p>1. У чому полягає сутність механізму формування мідьвмісного антифрикційного покриття на основі трибологічних процесів?</p> <p>2. Обґрунтуйте переваги використання триботехнічного припрацювання ресурсовизначальних спряжень деталей дизелів автомобілів.</p> <p>3. Які основні закономірності процесу напруженого стану досліджуваних деталей при триботехнічному припрацюванні?</p> <p>4. Поясніть, яким чином встановити аналітичні залежності впливу його параметрів на ресурс досліджених спряжень?</p> <p>5. Опишіть методику впливу параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p> <p>6. У чому полягає експериментальна перевірка впливу параметрів припрацювання на характеристики робочих поверхонь деталей циліндро-поршневої групи та їх напружено-деформований стан.</p>
7	Формування КД	<p>Викладач проводить студентам перевірку їх знань та вмінь з вивченої теми за допомогою запитань:</p> <p>Контрольні питання:</p> <p>1. Що називають руйнуванням структури?</p> <p>2. Дайте визначення мікрорізанню.</p> <p>3. Назвіть етапи руйнування металу шляхом створення та розвитку тріщин.</p> <p>4. У чому полягає сутність водневого спрацьовування?</p> <p>5. Назвіть чинники, які впливають на процес абразивного спрацьовування?</p> <p>6. За якими критеріями визначають рівень технічної експлуатації машин?</p>

		<p>7. Залежно від яких умов вибирають матеріали для вузлів тертя?</p> <p>8. Як проводять захист матеріалів тертя?</p> <p>9. Для чого проводять обкатку пар тертя?</p> <p>10. Класифікуйте методи зміцнювальної обробки деталей машин.</p> <p>11. Поясніть, як відбувається зміцнення поверхні деталей машин у процесі утворення захисної плівки.</p>
--	--	--

Продовження таблиці 4.7

1	2	3
		<p>12. Яким чином можна змінити хімічний склад поверхневого шару металів?</p> <p>13. Як відбувається зміцнення поверхні деталей машин під час наклепу?</p> <p>14. За рахунок чого можливе зміцнення металу по всьому об'єму?</p>
8	Підбиття підсумків	Викладач підбиває підсумки по пройденій темі. Виявляє педагогічну ефективність проведеного заняття.

Висновки до розділу 4

В цьому розділі ми розробили дидактичний проєкт на тему «Підвищення зносостійкості гільз циліндрів методом поверхнево-пластичної деформації», а саме: сформулювали дидактичні цілі по темі, виділили перелік базового матеріалу та розробили методи, засоби, форми контролю базового матеріалу, сформулювали план проведення практичної роботи. Відповідно до плану були обрані та обгрунтовані методи та засоби проведення орієнтовної основи діяльності, виконавчих дій студентів та контрольних дій. Результатом проєктування складових факультативного заняття є розробка сценарію проведення факультативного заняття, який представлений у вигляді дій викладача та студентів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс] : підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf
2. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.
3. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.
4. Лебедик Л.В., Стрельников В.Ю., Стрельников М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельников, М. В. Стрельников. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.
5. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2024. – 224 с.
6. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2024. – 82 с.
7. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

8. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

9. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт. : О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.

10. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>

11. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>

12. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>

13. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>

14. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>

15. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>

16. Захаркін О.У. Технологічні основи машинобудування (основні способи обробки поверхонь та сучасні Т-системи для їх реалізації): навчальний посібник. / О.У. Захаркін. – Суми: Вид-во СумДУ, 2009. – 137 с.

17. Технологія конструкційних матеріалів : підручник для студ. мех. спец. вищ. навч. закл. / [М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз, та ін.] під ред. М. А. Сологуба., 2-е вид., перероб. і доп. — Київ : Вища школа, 2002. — 374 с.