



ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»



КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

«Підвищення довговічності деталей гальмівної системи транспортних засобів
використанням сучасних методів реновації на базі ТОВ «Калита-Нова»
м. Кропивницький»

Виконав:

магістрант групи ТС-23М-2 _____ Сергій СОЛОВОНЮК
(шифр групи) (підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник:

д.т.н., професор _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри:

к.т.н., доцент _____ Сергій МАГОПЕЦЬ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

«__» _____ 2024 р.

Рецензент:

_____ (підпис) _____ (ім'я та прізвище)
(науковий ступінь, вчене звання)

«__» _____ 2024 р.

Кропивницький – 2024 р.

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА, ТРАНСПОРТУ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
КАФЕДРА «ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ МАШИН»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма: «Технічний сервіс сільськогосподарської техніки»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри «Експлуатація та ремонт машин»

_____ Сергій МАГОПЕЦЬ
«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Соловонюку Сергію Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи «Підвищення довговічності деталей гальмівної системи транспортних засобів використанням сучасних методів реновації на базі ТОВ «Калита-Нова» м. Кропивницький»

керівник роботи Шепеленко Ігор Віталійович, _____ д.т.н., _____ професор
(прізвище, ім'я, по батькові) (науковий ступінь) (вчено звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» _____ 2024 року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи «02» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Матеріали науково-дослідної практики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

4.1 Розділ 1. Основні етапи розвитку ТОВ «Калита-Нова». Сучасні тенденції розвитку автомобілебудування. Обґрунтування теми магістерської роботи.

4.2 Розділ 2. Актуальність та необхідність реновації деталей автомобільної техніки. Необхідність реноваційних міроприємств для деталей гальмівної системи транспортних засобів. Аналіз втрати працездатності розтискного кулака гальмівного механізму внаслідок зношування деталі. Методи контролю дефектів розтискного кулака гальмівної системи. Обґрунтування вибору способу відновлення деталі – розтискний кулак гальмівного механізму. Висновки по розділу 2.

4.3 Розділ 3. Технічна характеристика розтискного кулака гальмівної системи. Мікроструктура робочої поверхні деталі після експлуатації. Аналіз довговічності розтискних кулачків. Дослідження структури і твердості поверхневого шару деталі в місцях найбільшого зносу. Аналіз працездатності та зносу розтискного кулака в процесі експлуатації. Розробка технологічної послідовності відновлення розтискного кулака. Висновки по розділу 3.

4.4 Розділ 4. Оцінка надійності розтискного кулака після відновлення. Економічна ефективність розробленої технології реновації стосовно відновлення розтискного кулака. Висновки по розділу 4.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: Схема гальмівного механізму вантажного автомобіля. Схеми відновлення розтискного кулака. Ремонтне креслення розтискного кулака. Мікроструктура поверхневого шару розтискного кулака до і після відновлення. Інтегральні та диференціальні криві довговічності розтискного кулака. Зміни радіуса евольвенти деталі до і після експлуатації. Результати дослідження мікротвердості. Залежність зносу розтискного кулака від пробігу автомобіля. Схема послідовності технологічного процесу відновлення деталі.

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ЕТАПІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Діяльність ТОВ «Калита-Нова» та обґрунтування теми магістерської роботи	04.11.2024	
2	Розділ 2. Літературний аналіз за темою досліджень	11.11.2024	
3	Розділ 3. Результати досліджень щодо підвищення довговічності розтискного кулака гальмівної системи	28.11.2024	
4	Розділ 4. Оцінка надійності та економічної ефективності відновлення розтискного кулака	02.12.2024	
5	Оформлення ілюстративного матеріалу	02.12.2024	

Магістрант _____
(підпис)

Соловонюк С.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота присвячена підвищенню довговічності деталей гальмівної системи транспортних засобів за рахунок використання сучасних методів реновації.

А тому, метою представленої роботи є підвищення довговічності деталей гальмівної системи транспортних засобів за рахунок реновації зношених виробів.

Об'єкт дослідження – технологічний процес відновлення розтискного кулака гальмівної систем вантажних автомобілів.

Предметом дослідження є зношені та відновлені розтискні кулаки вантажних автомобілів.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені наступні завдання:

1. Виконати аналіз працездатності та ступеня зносу деталей гальмівного механізму з урахуванням їхнього ресурсу роботи в експлуатації.
2. Виявити зони зносу і причини зниження працездатності деталей гальмівного механізму, що призводять до втрати його службових властивостей.
3. Провести статистичний аналіз довговічності розтискного кулака.
4. Скласти технологічний процес відновлення розтискного кулака.
5. Провести експериментальні дослідження ефективності запропонованого методу реновації.
6. Надати оцінку надійності та економічної ефективності відновлення розтискного кулака.

Визначено, що історія створення та становлення підприємства ТОВ «Калита-Нова» нерозривно пов'язано з розробкою технологій відновлення найбільш відповідальних деталей транспортних засобів.

Показано, що вирішенням проблеми підтримання парку транспортних засобів у технічно справному стані є відновлення зношених деталей. Реновація деталей порівняно з виробництвом нових запасних частин дає значну економію матеріальних і трудових ресурсів.

Встановлено, що однією з деталей, що лімітує працездатність гальмівного механізму є розтискний кулак. Але, відсутність достовірних даних про величину зносу не дозволяє обґрунтовано підійти до вибору способу відновлення цієї деталі. Розглянувши переваги та недоліки способів відновлення основних дефектів розтискного кулака, визначено ефективність використання термопластичної технології, що включає стор. високотемпературний нагрів і пластичну деформацію сплаву.

Аналіз працездатності та ступеня зносу розтискного кулака від пробігу автомобіля показав, що максимальна величина зносу досягає 3,25 мм на опуклій поверхні евольвенти голівки кулака під час пробігу автомобіля 98 тис. км, що спричиняє збільшення кута повороту деталі відносно нового виробу на 9°, що знижує ефективність процесу гальмування.

Запропоновано технологічний процес відновлення розтискного кулака, що складається з таких операцій: миття; дефектування; нагрівання; штампування; видалення окалини з поковки; механічна обробка; гартування з нагріванням СВЧ.

Кваліфікаційна магістерська робота складається з вступу, 4 розділів, висновків; містить 65 сторінок тексту, 26 рисунків, 6 таблиць.

ЗМІСТ

ВСТУП.....

**РОЗДІЛ 1. ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КАЛИТА-НОВА» ТА
ОБґРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

1.1. Історія створення та діяльності ТОВ «Калита-Нова».....

1.2. Сучасні тенденції розвитку мирового автомобілебудування ...

1.3. Обґрунтування теми магістерської роботи

1.4. Висновки по розділу 1.....

РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ АНАЛІЗ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....

- 2.1. Актуальність та необхідність реновації деталей автомобільної техніки
- 2.2. Необхідність реноваційних міроприємств для деталей гальмівної системи транспортних засобів
- 2.3. Аналіз втрати працездатності розтискного кулака гальмівного механізму внаслідок зношування деталі
- 2.4. Методи контролю дефектів розтискного кулака гальмівної системи.....
- 2.5. Обґрунтування вибору способу відновлення деталі – розтискний кулак гальмівного механізму.....
- 2.6. Висновки по розділу 2.....

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОЗТИСКНОГО КУЛАКА ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

- 3.1. Технічна характеристика розтискного кулака гальмівної системи
- 3.2. Мікроструктура робочої поверхні деталі після експлуатації
- 3.3. Аналіз довговічності розтискних кулачків
- 3.4. Дослідження структури і твердості поверхневого шару деталі в місцях найбільшого зносу
- 3.5. Аналіз працездатності та зносу розтискного кулака в процесі експлуатації

3.6. Розробка технологічної послідовності відновлення розтискного кулака

3.7. Висновки по розділу 3

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗТИСКНОГО КУЛАКА

4.1. Оцінка надійності розтискного кулака після відновлення

4.2. Економічна ефективність розробленої технології реновації стосовно відновлення розтискного кулака

4.3. Висновки по розділу 4.....

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

Вступ

Згідно із загальноприйнятим визначенням *реновація* (від лат. *renovatio* – «оновлення») – процес поліпшення, реставрації виробу без руйнування цілісності.

У ремонтному виробництві технології реновації утворюють особливу групу ресурсо- та енергоощадних технологічних процесів, адже вже за своєю суттю передбачають продовження терміну служби матеріальних об'єктів, що задовольняють потреби суспільства в різних сферах його життєзабезпечення і практичної діяльності. Вони спрямовані на раціональне використання і збереження ресурсів витраченої праці, багатств землі, складу атмосфери, води і повітря і, вже тому, є технологіями майбутнього. Технології реновації використовують там, де має місце пошкоджений, морально або фізично застарілий, новий об'єкт, але такий, що не відповідає своїм завданням, який втратив свої початкові службові характеристики і властивості.

Якість реновованих виробів аналогічна до знову виготовлених, визначається використовуваними технологіями і залежить від надійності технологічного процесу загалом. Технологічне забезпечення якості та прогнозування надійності виробів під час їхнього виготовлення безпосередньо пов'язують із теорією технологічного успадкування, яка розглядає явище перенесення властивостей об'єктів від попередніх технологічних операцій до наступних. Це означає, що згідно з принципом технологічної спадковості, стан і якість реноваційних об'єктів залежать не тільки від останньої операції, але пов'язані також з особливостями енергетичних впливів усіх попередніх операцій, починаючи з матеріалу для заготовки.

Однією з найбільш значущих особливостей реноваційних технологій є вид заготовки – пошкоджена деталь. Пошкодження в ній і формування нових властивостей відбуваються впродовж усього періоду «виробництво-експлуатація» технічного об'єкта – це дефекти та похибки обробки й збирання під час виготовлення, послідовне накопичення ушкоджень на стадіях транспортування, зберігання та експлуатації виробу, зміна параметрів стану під час виконання планових ремонтних операцій, а також унаслідок дії реологічних процесів, структурних змін матеріалу та ін.

Реновація порівняно з виробництвом нових запасних частин дає значну економію матеріальних і трудових ресурсів, оскільки заготівлею є сама зношена деталь, що зберігає ще значний обсяг минулої праці.

Однак деталі гальмівного механізму у вантажних автомобілях відновлюються рідко. На думку [1] це пов'язано з тим, що вони впливають на активну безпеку автомобіля, а це своєю чергою призводить до дорожньо-транспортних пригод. Використання сучасних методів реновації стосовно деталей гальмівного механізму дало б змогу підвищити надійність і довговічність транспортних засобів.

РОЗДІЛ 1. ДІЯЛЬНІСТЬ ТОВ «КАЛИТА-НОВА» ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

1.1. Історія створення та діяльності ТОВ «Калита-Нова»

«Науково-виробнича фірма «Калита» зареєстрована 15 листопада 1993 року в формі ТОВ. Початковою спеціалізацією роботи підприємства було відновлення колінчастих валів методом електродугового напилення. У 1994 році підприємство заключило угоду з Державним Інноваційним фондом про впровадження інноваційного проекту: «Технологія відновлення колінчастих валів електродуговим напиленням композиційними покриттями». Проект було впроваджено за шість місяців; вже через місяць підприємство вийшло на проектну потужність» [2].

Поштовхом до активної діяльності підприємства стало впровадження лінії для відновлення блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання. Для виконання поставленої мети було придбано та введено в експлуатацію спеціальне розточувальне обладнання, що дало змогу розробити технологію хонінгування циліндрів із застосуванням прогресивного інструменту: алмазних різців та алмазних хонінгувальних брусків.

Наступним етапом у розвитку підприємства стало впровадження дільниці з ремонту головок блоків циліндрів двигунів, а також впровадження технології відновлення розподільчих валів легкових автомобілів безвтулковим способом спряження.

«У 1997 році на підприємстві з'явилася дільниця з ремонту паливної апаратури та розширюється спеціалізація по відновленню пар тертя деталей машин, встановлено універсальний координатно-розточувальний верстат особливої точності, що дозволило проводити відновлення різноманітних корпусних деталей, а також спряжень типу вал – втулка» [2].

«У 1998 році на підприємстві модернізовано технологію ремонту головок блоків циліндрів двигунів із застосуванням новітньої технології фірми “NEWAY”; впроваджується відділ по ремонту карбюраторів ДВЗ із сучасним технологічним обладнанням, яке дозволяє імітувати роботу карбюраторів в умовах близьких до умов реальної роботи двигуна» [2].

«На протязі 1999 – 2001 рр. розпочато роботи дільниці зварювально-рихтувальних робіт, почала працювати дільниця шиномонтажу та балансування коліс, яка потім була оснащена верстатом по правці зварних коліс автомобілів, виконуються роботи з ремонту ходових частин легкових автомобілів» [2].

«Новим етапом розвитку підприємства стало її реорганізація та створення ТОВ «Калита-Нова». На сьогодні «підприємство ТОВ «Калита-Нова» відноситься до автосервісних підприємств, що виконують функції, пов'язані з підтриманням автомобілів в справному технічному стані. Основним видом діяльності організації є технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів. Проходячи практику на такому підприємстві здобувачі вищої освіти мають можливість побачити окремі технології ТО і ремонту автомобілів, а також закріпити теоретичні знання, отриманні під час навчання. Матеріально-технічна база підприємства дозволяє виконувати ремонт базових деталей автомобілів» (рис.1.1)» [2].

«Станом на 01.09.2024 р ТОВ «Калита-Нова» зареєстровано адресою: м.Кропивницький, вул. Олійника 49» [2].



а)



б)



в)

Рис.1.1. «Обладнання та виконання робіт на підприємстві ТОВ «Калита-Нова» [2]

1.2. Сучасні тенденції розвитку мирового автомобілебудування

В останні десятиліття автомобілізації світу відбувалася вельми інтенсивно: з 1980 р. по 2020 р. темпи зростання випуску автомобілів (продукції багаторічного використання) майже вдвічі перевищували приріст населення. У другій половині минулого десятиліття обсяг світового виробництва автомобілів усіх видів перевищив 50 млн. од. на рік [3].

Показники світового автопарку в розрахунку на одну тис. жителів за 90-ті роки зросли майже в півтора рази і на рубежі нового століття в багатьох розвинених країнах досягли й склалися на рівні 500 легкових автомобілів (приблизно 1 автомобіль на 2 особи).

У розвинених країнах, як відомо, живе менше 20 % усього населення планети, при цьому їхнім жителям належить цілих 80 % світового автопарку. Якщо ж розглядати рівень автомобілізації найбільших країн, що розвиваються – Китаю та Індії, то він становитиме лише 53 і 14 автомобілів на 1000 жителів відповідно. З огляду на це, можна очікувати, що низький рівень автомобілізації сприятиме обсягу попиту з боку цих країн як у середньостроковій, так і в довгостроковій перспективі

Слід зазначити, що кожному з регіональних автомобільних ринків притаманні свої відмінні риси. Можна виділити такі характерні особливості легкових автомобілів тих чи інших виробників.

Стратегічні альянси дають змогу американським компаніям розробляти і випускати більший асортимент продукції в короткі терміни, отримувати доступ до нових технічних рішень, винаходів і ринків. Аналіз найвідоміших альянсів і компаній, що об'єдналися, - GM-Toyota, GM-Renault-Nissan, GM-Fuji Heavy Industries Ltd, Daimler-Chrysler-Hyundai Motor - показав, що не всі з них функціонують успішно, а більш як половина розпадається, не реалізувавши наміченої мети та не подолавши труднощів, що виникають на шляху їхнього розвитку.

Усі ці традиції та вподобання мають бути обов'язково враховані виробниками для того, щоб їхні автомобілі мали успіх у відповідних покупців. Проводяться численні дослідження в цій галузі для створення автомобілів під конкретний автомобільний ринок або навіть країну. З урахуванням усіх даних, а також досвіду на ринок виробники випускають саме ті машини, на які чекають споживачі.

Декілька останніх прикладів таких автомобілів – VW New Beetle і Mini - які були побудовані з оглядкою на дизайн конкретних автомобілів середини минулого століття. З технічної точки зору ці автомобілі сучасні, але не ідеальні. Зараз вони особливо добре продаються і в Європі, і в Америці.

Автомобільні «ідеології» різних ринків справили один на одного сильний вплив, зробили автомобілі більш «інтернаціональними». Коли виробник готує до випуску на ринок автомобіля, то він найчастіше здебільшого розраховує на дві-три країни, в яких він продаватиметься. Отже, для хороших продажів і отримання хорошого прибутку автомобіль повинен передусім поєднувати в собі пристрасні та вподобання людей, які живуть у цих країнах.

«Основу структури світового ринку становлять легкові автомобілі, на їхню частку у світовій економіці припадає близько 72,6% виробництва, так само значну частку в структурі світового автомобільного ринку займають комерційні авто – на частку цієї групи припадає 22,0% усього виробництва транспорту. На вантажні автомобілі припадає лише 4,8 %, всього світового ринку автомобілів. Найменша частка в структурі належить автобусам 0,7 % світового ринку автомобілів» [3].

Сучасне світове виробництво автомобілів охоплює всі без винятку регіони світу, проте динаміка розвитку виробництва на окремих регіональних ринках істотно різниться.

1.3. Обґрунтування теми магістерської роботи

Вирішенням проблеми підтримання парку автомобілів, що експлуатується, в технічно справному стані є забезпечення підприємств автомобільного транспорту запасними частинами за рахунок відновлення зношених деталей, що дає змогу повторно, а іноді й багаторазово використовувати деталі, що визначають ресурс автомобіля.

Світовою практикою вироблено ефективні способи боротьби з дефіцитом – резервування гнучких потужностей, які можна переналагоджувати, що дають змогу виробляти необхідні запасні частини на основі оперативних заявок, і розвинуту мережу підприємств із реновації або відновлення деталей, які частково отримують під час утилізації непридатних автомобілів.

У зв'язку з цим слід зазначити, що нині актуальною проблемою стає утилізація автомобіля. Усі розвинені країни вже давно вирішили цю проблему. Наприклад, у Німеччині існує законодавча норма, що зобов'язує виробників машин безплатно приймати свої старі автомобілі на утилізацію, при цьому дата випуску ролі не відіграє, крім того фірми зобов'язані створювати мережу приймальних пунктів у всіх регіонах Німеччини. Уже зараз перед інженерами під час розроблення автомобілів стоїть завдання про те, щоб після їхньої утилізації залишалося якомога менше відходів. Перспективна мета - вторинне використання 85% матеріалів від сухої маси автомобіля.

«У високорозвинених країнах (США, Англії, Японії, Німеччини) реновація автомобільних деталей здебільшого здійснюється на підприємствах-виробниках автомобілів» [1].

«У США задоволення потреби автотранспортних засобів у запасних частинах забезпечується на 25 % у результаті відновлення деталей» [3].

«Відновленням деталей зайнято близько 800 фірм і компаній, до них відносяться як спеціалізовані фірми, так і фірми, що виробляють комплектувальні вироби для автомобілебудівних підприємств, у загальному

обсязі продукції яких 10-40% припадає на випуск відремонтованих деталей. Ремонтним фондом слугують деталі зі списаних автомобілів, які постачають фірми-виробники або фірми, що спеціалізуються на переробці непридатних автомобілів» [3].

«Відновлення зношених деталей є ефективним методом, що дає змогу успішно вирішувати проблему запасних частин. При цьому на відновлення зношених деталей менше витрачається металу, електроенергії та праці, ніж на виготовлення нових. Економічна доцільність відновлення деталей визначається тим, що більша частина їх виходить з ладу внаслідок природного зносу робочих поверхонь, супроводжуваного незначною втратою металу за вагою (не більше ніж 0,2-0,3%)» [3]. «Наприклад, 95% деталей двигунів внутрішнього згоряння вибраковують у разі зносу, що не перевищує 0,3 мм, і більшість із них можуть бути вдруге використані після відновлення» [3].

«Реновація порівняно з виробництвом нових запасних частин дає значну економію матеріальних і трудових ресурсів, оскільки заготівлю є сама зношена деталь, що зберігає ще значний обсяг минулої праці» [1]. Так, наприклад, під час відновлення 1000 двигунів на ремонтних підприємствах економиться понад 50 тонн високосортного чавуну, а під час відновлення 200 тис. гальмівних колодок – до 350 тонн сталі. Унаслідок цього собівартість більшості відремонтованих деталей не перевищує 10-30% собівартості нових [4].

«Відновлення автомобільних деталей стало одним із найважливіших показників господарської діяльності великих ремонтних, спеціалізованих малих підприємств і кооперативів. Створено фактично нову галузь виробництва – відновлення зношених деталей» [6].

«За низкою найменувань найважливіших найбільш металомістких і дорогих деталей вторинне споживання відремонтованих деталей значно більше, ніж споживання нових запасних частин. Так, наприклад, відремонтованих блоків двигунів використовується в 2,5 рази більше, ніж одержуваних нових, колінчастих валів – у 1,9 рази, картерів коробок передач – у 2,1 рази більше, ніж нових» [7].

«Собівартість відновлення для більшості відновлюваних деталей не перевищує 75% вартості нових, а витрата матеріалів у 15-20 разів нижча, ніж на їх виготовлення» [8].

«Висока економічна ефективність підприємств, що спеціалізуються на відновленні автомобільних деталей, забезпечує їм конкурентоспроможність в умовах ринкового виробництва» [9].

Однак деталі гальмівного механізму у вантажних автомобілях відновлюються рідко. Згідно з розглянутими джерелами літератури, це пов'язано з тим, що вони впливають на активну безпеку автомобіля, а це своєю чергою призводить до ДТП. Внаслідок цього під час відновлення деталі цієї групи необхідно використовувати такі методи, які дали б змогу повністю відновити не тільки геометричні розміри деталі, а й експлуатаційні властивості.

1.4. Висновки по розділу 1

За результатами розділу 1 «Аналіз діяльності підприємства ТОВ «Калита-Нова» та обґрунтування теми магістерської роботи» зроблені наступні висновки:

1. Історія створення та діяльність підприємства ТОВ «Калита-Нова» нерозривно пов'язано з розробкою технологій відновлення найбільш відповідальних деталей транспортних засобів.

2. Розглянуті сучасні тенденції розвитку автомобілебудування.

3. Вирішенням проблеми підтримання парку автомобілів у технічно справному стані є відновлення зношених деталей.

4. Реновація деталей порівняно з виробництвом нових запасних частин дає значну економію матеріальних і трудових ресурсів.

РОЗДІЛ 2. ЛІТЕРАТУРНИЙ АНАЛІЗ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Актуальність та необхідність реновації деталей автомобільної техніки

Нині обсяг і номенклатура деталей, що відновлюються, не задовольняють розв'язанню проблеми парку вантажних автомобілів, що експлуатують. Відновлюється 10... 15% деталей вузлів і агрегатів, що надходять у капітальний ремонт, а підлягають відновленню до 70% деталей автомобіля, 55...60% невідновлених деталей йдуть на утилізацію через відсутність недорогих продуктивних технологій відновлення.

Отже, відновлення працездатності зношених деталей є альтернативою купівлі запасних частин, впливає на становище, що склалося на ремонтно-обслуговуючій базі, дає змогу зменшити собівартість автомобільних перевезень, збільшити довговічність і ефективність техніки, що експлуатується.

Новий сконструйований вантажний автомобіль не завжди забезпечує очікувані результати в експлуатації, проблема забезпечення високої технічної готовності та максимальної тривалості працездатного періоду автомобіля має вирішуватися на всіх етапах його повного періоду експлуатації [9].

На стадії проектування необхідно враховувати раціональне вирішення питання ремонтпридатності.

Науково-технічні проблеми подовження повного періоду експлуатації автомобіля, які вирішуються з урахуванням реновації зношених деталей:

- розробка конструктивних доповнень у проектувальних рішеннях, з урахуванням подальшого відновлення деталей;
- розробка і впровадження нових методів відновлення працездатності зношених деталей;
- розробка методики оцінки ресурсу деталей після відновлення;
- розробка методу оцінки економічної ефективності від відновлення деталей.

Ефективність конструкторсько-технологічних рішень визначається під час експлуатаційних випробувань. Позитивні результати модернізації деталей, вузлів і агрегатів можуть бути реалізовані в серійному і ремонтному виробництвах.

Відновлення деталей має позитивний бік в екологічному аспекті.

Використання деталей, отриманих від розбирання автомобіля під час утилізації, дає змогу знизити шкідливі викиди на 50% і потребує витрат до 70% від вартості нових виробів [10].

Витрати металу на випуск запасних частин сягають 40% від загального обсягу металу, що використовується автомобільною промисловістю.

Проведений літературний аналіз доводить необхідність відновлення деталей автомобіля [11].

При цьому близько 80% деталей автомобілів мають середній знос від 0,1...0,3 мм (табл. 2.1) і лише в окремих випадках - понад 0,5 мм. Втрата ваги і зміна розмірів у цих деталей дуже малі: втрата ваги порівняно з новими деталями становить 0,5...3,5%, а зміна розмірів – 1,2...8% [10].

Витрати на матеріали та отримання заготовок під час виготовлення деталей на автомобілебудівних підприємствах становлять 70...75% від їхньої вартості, а під час відновлення, залежно від способу реновації, вони перебувають у межах 1...12%.

За результатами даних (табл. 2.1) щодо відсоткового розподілу відмов для автобусів і вантажних автомобілів за пробігу 100 тис. км можна зробити висновок, що основними причинами відмов вантажних автомобілів є зношування і втомне руйнування деталей – 58%, а для автобуса середнього класу – 53%.

Таблиця 2.1 – Відсотковий розподіл відмов за видами транспортних засобів

Причина відмови	Розподіл відмов, %	
	Вантажний автомобіль	Автобус
Знос	44	39
Пластичне деформування та руйнування, в тому числі:	28	30
- обрив, зрив, розрив, зрізання	23	21
- витягування, вигин, згинання, зминання	8	12
Втомні руйнування, в тому числі:	20	18
- тріщини	15	8
- поломки	7	10
- вифарбування	1	1
Температурні руйнування, в тому числі:	14	12
- перегорання, підгоряння, замикання	6	8
Прогорання	5	4
Закоксування	4	2
Інші	6	8

Деталі у вузлів і агрегатів автомобілів, що надходять у капітальний ремонт, можуть бути повторно використані після відновлення. Вони становлять 40...45% від загальної кількості деталей (без урахування кріпильних деталей), при цьому вартість відновлення нижча за собівартість їх виготовлення і становить 10...60%. За середній термін служби вантажних автомобілів (10...12 років) витрати на технічне обслуговування і ремонт перевершують первісну вартість у 5...7 разів [10].

Виходячи з вищевикладеного, доцільність реновації деталей по відношенню до їх виробництва зумовлюється такими об'єктивними фактами:

- відсутністю витрат, пов'язаних з отриманням заготовок;
- мінімальною величиною витратних матеріалів, які використовуються під час відновлення (їх повна відсутність під час пластичного деформування);
- істотним скороченням витрат, пов'язаних з обробкою деталі (обробляються лише ті поверхні деталей, які до операцій реновації мали дефекти);
- економією у витрачанні трудових, сировинних та енергетичних ресурсів;
- істотним скороченням виробничих потужностей машинобудівних заводів, зайнятих виготовленням запасних частин.

Реновацію зношених деталей здійснюють такими методами обробки: зварюванням, наплавленням, металізацією, електролітичним покриттям, електроіскровою та електромеханічною обробкою, паянням, заливанням антифрикційними сплавами та полімерними матеріалами і рідко використовуваним методом обробки пластичною деформацією [11].

Різноманіття методів відновлення деталей, кожен з яких має свої позитивні і негативні моменти, вимагає вироблення алгоритму прийняття рішення про відновлення деталі тим чи іншим способом.

Типова послідовність вибору раціонального способу відновлення деталей складається з таких блоків:

1. Дефектація (визначається придатність деталі до подальшої експлуатації).
2. Аналіз видів дефектів.
3. Аналіз методів відновлення (оцінюється можливість усунення дефекту наявними методами відновлення).
4. Аналіз технічного рівня якості відновлення (оцінюються показники рівня реновації службових властивостей матеріалу деталі, безвідмовності та довговічності деталі).

5. Аналіз технологічного рівня відновлення (оцінюються показники енергоємності, матеріалоємності, продуктивності, трудомісткості, складності необхідного обладнання технологічного процесу усунення дефекту методом відновлення).

6. Аналіз економічної ефективності відновлення (оцінюються показники собівартості та рентабельності усунення дефекту деталі).

7. Вибір оптимального поєднання якісних показників процесу відновлення (оцінюється раціональність вибору методу відновлення дефекту з урахуванням значень показників технічного, технологічного та економічного показників).

2.2. Необхідність реноваційних міроприємств для деталей гальмівної системи транспортних засобів

Реновація службових властивостей ресурсозношених деталей є першочерговим параметром відновлення. З цієї точки зору всі деталі, що надходять у ремонт, можна розділити на дві групи:

- деталі, що впливають на активну безпеку автомобіля; насамперед сюди відносяться деталі рульового управління, гальмівної системи і підвіски автомобіля;
- деталі, що не впливають на активну безпеку автомобіля.

Деталі, що належать до першої групи, зазнають під час експлуатації великих динамічних багатоциклових навантажень і потребують під час ремонту відновлення не тільки форми та розмірів, а й регламентованих властивостей металу, з якого вони виготовлені.

До таких деталей можна віднести розтискний кулак, що входить до гальмівної системи автомобіля КамАЗ (рис. 2.1).

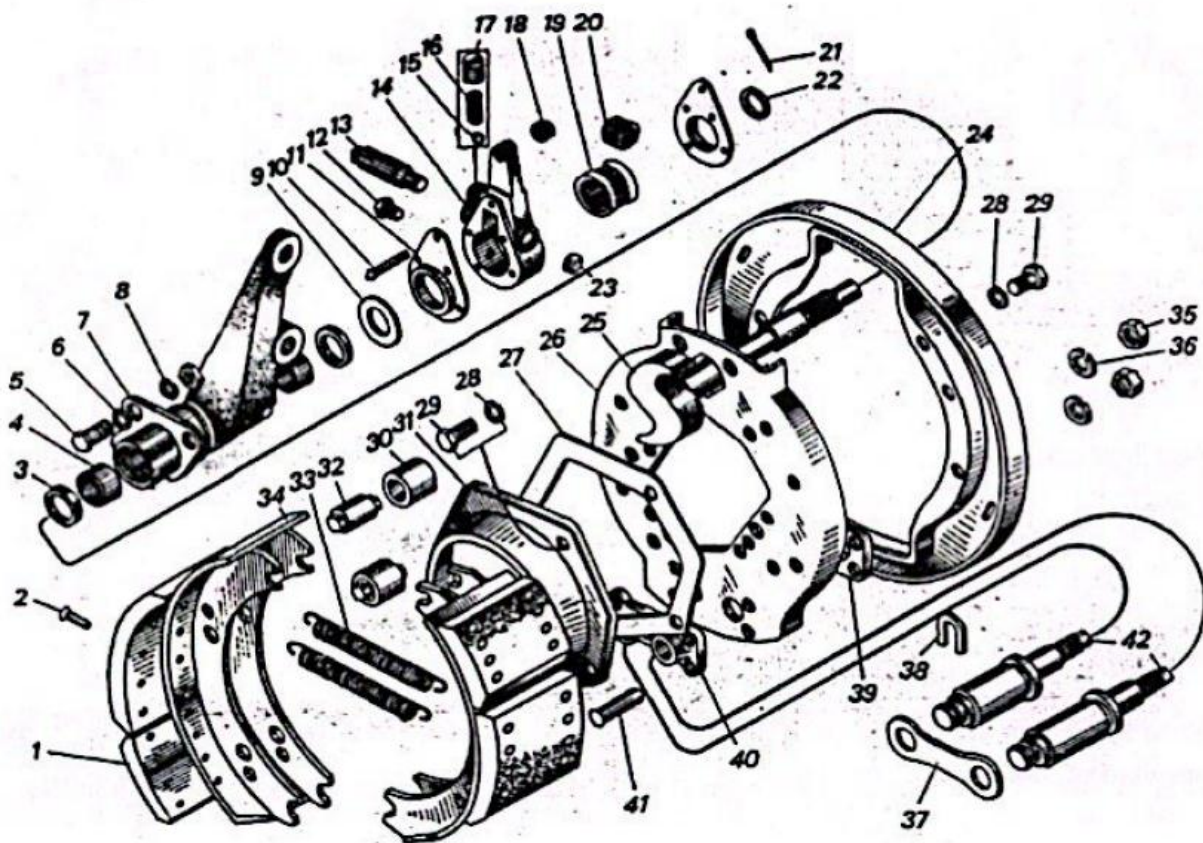


Рис.2.1. «Схема барабанного гальма автомобіля КамАЗ: 1 – накладка фрикційна колодки; 2 – заклепка кріплення фрикційної накладки; 3 – кільце утотнительное розтискного кулака; 4 – втулка розтискного кулака; 5 – болт кріплення кронштейна переднього гальма; 6 – шайба пружинна; 7 – кронштейн гальмівної камери і розтискного кулака; 8 – гайка; 9 – шайба регулювальна розжимного кулака; 10 – заклепка; 11 – кришка важеля; 12 – маслянка; 13 – вісь важеля; 14 – корпус важеля; 15 – кулька-фіксатор; 16 – пружина фіксатора; 17 – пробка фіксатора; 18 – втулка важеля; 19 – шестерня важеля; 20 – черв'як важеля; 21 – шплінт; 22 – шайба розтискного кулака; 23 – заглушка; 24 – щиток переднього гальма; 25 – кулак розтискний; 26 – супорт; 27 – прокладка мастиловловлювача; 28 – шайба пружинна; 29 – болт кріплення мастиловловлювача; 30 – ролик колодки; 31 – мастиловловлювач; 32 – вісь ролика колодки; 33 – пружина відтяжна колодок; 34 – колодка в зборі; 35 – гайка; 36 – шайба пружинна; 37 – накладка осей колодок; 38 – чека осі колодки; 39 – пластина підсилювальна супорта; 40 – кронштейн осей колодок; 41 – заклепка кріплення кронштейна» [10].

«Кулак розтискний 25 заднього гальма входить до робочої гальмівної системи, призначеної для зниження швидкості автомобіля. Гальмівні механізми встановлено на всіх колесах автомобіля, основний вузол гальмівного механізму змонтовано на супорті 26, жорстко пов'язаному з фланцем моста. На ексцентрикову вісь, закріплену в супорті 26, вільно спираються дві гальмівні колодки 34 з приклепаними до них фрикційними накладками 1, виконаними за серповидним профілем відповідно до характеру їхнього зносу. Осі колодок ексцентричними опорними поверхнями дають змогу під час складання гальмівного механізму правильно сцентрувати колодки щодо гальмівного барабана» [10].

«Гальмівний барабан розташовується на шпильках кріплення колеса і фіксується від осьового переміщення трьома гвинтами. Під час гальмування колодки розсуваються «S» подібною частиною кулака і притискаються до внутрішньої поверхні барабана. Між розтискним кулаком і колодками встановлено ролики 30, що знижують тертя і поліпшують ефективність гальмування» [10].

«Під час розгальмовування колодки повертаються у вихідне положення чотирма стяжними пружинами 33. Розтискний кулак 25 обертається в кронштейні 7, прикріпленому до супорта 26 болтами. На цьому ж кронштейні встановлюється гальмівна камера. На шліцьовому кінці вала розтискного кулака встановлений регулювальний важіль черв'ячного типу, з'єднаний зі штоком гальмівної камери за допомогою вилки і пальця» [10].

«Гальмівний механізм від потрапляння бруду захищає щиток 24, який прикріплений болтами до супорта. Профіль головки розтискного кулака 25 виконано по спіралі (рис. 2.2), завдяки чому під час повороту кулака створюються рівні переміщення колодок, і, отже, їхні накладки зношуються однаково. Розміри головки розтискного кулака 25 забезпечують можливість розсовування колодок навіть за повного їхнього зносу» [10].

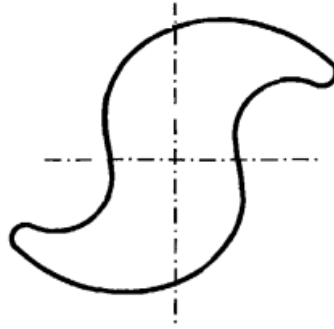


Рис.2.2. Профіль головки розтискного кулака

Марка матеріалу, що застосовується для виготовлення розтискного кулака: Сталь 45. Прокат сортовий калібрований зі спеціальною обробкою поверхні з вуглецевої, якісної, конструкційної сталі. Вага розтискного кулака: $m = 2,45$ кг.

Застосовувана термообробка: на поверхні западин і шліц глибина загартування СВЧ $h = 1,5...2,5$ мм (рис.1.6) і шийок $h = 1,5...3,5$ мм; HRC 48 не менше.

Твердість серцевини: $163...207 HB$. На рис.2.3 показано зношену деталь.



Рис.2.3. Знос деталі в наслідок експлуатації

Дефекти розжимного кулака гальм, що виникають у період експлуатації: зношення опорних шийок, зношення шліців деталі. Причинами порушення цілісності (механічні пошкодження) розтискного кулака гальм є фізико-механічні властивості матеріалу поверхонь деталей, що змінюються внаслідок нагріву їх у процесі роботи та зношення загартованого поверхневого шару, що виражається в зниженні твердості.

Порушення цілісності поверхонь розтискного кулака спричиняється корозійними ураженнями. Корозійні пошкодження виникають унаслідок хімічної або електрохімічної взаємодії металу деталі з корозійним середовищем. Корозійне ураження металів і сплавів завжди починається з поверхні і є наслідком окислювально-відновних реакцій, що відбуваються на межі метал - газове або рідке середовище.

2.3. Аналіз втрати працездатності розтискного кулака гальмівного механізму внаслідок зношування деталі

У процесі експлуатації початкові розміри, форми, об'єм, маса і механічні властивості сполучених деталей змінюються через зношування деталей, корозію та інші причини. Встановлено, що за сучасного рівня техніки - 85-90% машин виходить з ладу внаслідок зношування деталей і тільки 10-15% з інших причин.

Аналізуючи роботу деталей підвіски та гальмівної системи слід виділити найбільш відповідальні деталі. Такими є кульовий палець, розтискний кулак і рульові тяги. Лімітування працездатності низки деталей є їхня корозія в процесі експлуатації за рахунок контакту з водою та агресивними середовищами. Кульові пальці та розтискні кулаки в процесі експлуатації схильні до інтенсивного зносу, що знижує ефективність роботи гальмівної системи та рульового механізму. Однак до теперішнього часу в літературі відсутня інформація щодо методології підвищення довговічності деталей

гальмівного механізму вантажних автомобілів, однією з яких є розтискний кулак.

«Для оцінки технічного стану розтискного кулака гальм з подальшим їх сортуванням на групи придатності в ремонтному виробництві є, на відміну від інших машинобудівних виробництв, операція, що має назву дефектації. Під час цього процесу здійснюється перевірка відповідності деталі технічним вимогам, які викладено в технічних умовах на ремонт або в керівництві з ремонту, при цьому використовується суцільний контроль, тобто контроль кожної деталі. Крім того, дефектація деталей - це також інструментальний і багатостадійний контроль» [11].

«Деталі після миття і сушіння піддаються контролю і сортуванню на придатні без відновлення, ті, що підлягають відновленню, і вибраковуванню за непридатністю. Контроль проводиться відповідно до технічних умов на контроль і сортування деталей. До придатних без відновлення відносяться деталі, знос яких лежить у межах допустимих величин, що не перешкоджають подальшому їх використанню (деталі з допустимим зносом). Деталі, знос яких вищий за припустимий, але які не належать до групи непридатних, підлягають відновленню і подальшому використанню. Після закінчення контролю їх направляють у склад накопичення деталей і далі по відповідних цехах для відновлення» [11].

«Для послідовного виключення невідновлюваних деталей із загальної маси використовують такі стадії виявлення деталей» [10]:

- «- з явними непереборними дефектами – візуальний контроль;
- з прихованими непереборними дефектами – неруйнівний контроль;
- з непереборними геометричними параметрами – вимірювальний контроль» [10].

2.4. Методи контролю дефектів розтискного кулака гальмівної системи

«У процесі дефектації деталей застосовують такі методи контролю: органолептичний огляд (зовнішній стан деталі, наявність деформації, тріщин, задирок, сколів тощо)» [11]:

«- інструментальний огляд за допомогою пристосувань і приладів (виявлення прихованих дефектів деталей за допомогою засобів неруйнівного контролю);

- безшкальних мір (калібри і рівні) і мікрометричних інструментів (лінійки, штангенінструменти, мікрометри тощо) для оцінки розмірів, форми і розташування поверхонь деталей» [11].

«Контролю в процесі дефектації піддаються тільки ті елементи деталі, які в процесі експлуатації пошкоджуються або зношуються» [11].

«Контрольні операції проводяться візуально і за допомогою інструменту, а в окремих випадках і пристосуваннями. Візуально перевіряється загальний технічний стан розтискного кулака гальм, і виявляються зовнішні дефекти. За допомогою інструментів перевіряються розміри деталей або відхилення геометричної форми. Виявлення ж прихованих дефектів - за допомогою дефектоскопа» [10].

«На основі контролю проводиться сортування деталей за групами з маркуванням групи відповідною фарбою. Результати контролю і сортування деталей заносять у дефектувальну відомість, що слугує підставою для видачі придатних деталей зі складу і видачі наряду на роботи з відновлення зношеного розтискного кулака гальм» [10].

Сортування розтискного кулака гальм, що підлягають відновленню, здійснюється відповідно до діючої на даному підприємстві форми організації

технологічного процесу відновлення розтискного кулака гальм – подефектної або маршрутної технології.

«Контроль діаметральних розмірів шийок, зовнішнього діаметра шліців проводиться скобами. Перевірка діаметра шліців також може проводитися спеціальним кільцем. Контроль профільних поверхонь здійснюють скобами або шаблонами» [10].

На заводах з великою виробничою програмою контроль і сортування деталей здійснюють переважно граничним інструментом, що більшою мірою сприяє підвищенню продуктивності праці.

«Поряд з контролем розмірів і геометричної форми розтискного кулака гальма вельми важливо встановити і наявність у них прихованих дефектів у вигляді різного роду поверхневих і внутрішніх тріщин» [11].

Останнє особливо необхідно у зв'язку з тим, що деталь впливає на безпеку під час експлуатації автомобіля. Контроль прихованих дефектів може здійснюватися різними методами: магнітною, люмінесцентною та ультразвуковою дефектоскопіями. Контроль рентгенівськими променями не набув поширення в авторемонтному виробництві. Усі зазначені методи дають змогу виявити приховані дефекти в деталях без пошкодження останніх.

Магнітний спосіб: умовам авторемонтного виробництва найбільше відповідає магнітний метод, що вирізняється досить високою точністю, короткочасністю і простотою апаратури.

«Сутність методу магнітної дефектоскопії полягає в такому. Якщо через контрольовану деталь пропустити магнітний потік, то в разі наявності в останній тріщин магнітна проникність буде неоднаковою, внаслідок чого відбудеться зміна значення і напрямку магнітного потоку» [11].

На реєстрації останнього і засновані методи магнітної дефектоскопії.

Серед різних способів реєстрації зміни значення і напрямку магнітного потоку найбільшого поширення набув метод магнітного порошку, що дає змогу здійснювати контроль деталей різної конфігурації і розмірів.

Ультразвуковий метод: він заснований на явищі поширення в металі ультразвукових коливань, що порушують щільність металу (тріщини, раковини). «Для ультразвукової дефектоскопії необхідні високі частоти за невеликої потужності випромінювання, тому застосовується п'єзоелектричний ефект» [11]. Контроль деталей ультразвуковим методом можна здійснювати двома способами: тіньовим та імпульсним відлунням, інакше званим способом відбивального відлуння.

«У результаті контролю деталі мають бути поділені на три групи» [11]:

- «придатні деталі, характер і знос яких перебувають у межах, що допускаються технічними умовами (деталі цієї групи використовуються без ремонту)» [11];

- «деталі, що підлягають відновленню, - дефекти цих деталей можуть бути усунені освоєними і на ремонтному підприємстві способами ремонту» [11];

- «непридатні деталі» [11].

«На основі вивчення появи дефектів на деталях, урахування їхнього взаємозв'язку розробляються стратегії дефектації, що дають змогу підвищити ефективність функціонування цієї ділянки. Придатні, без ремонту, відокремлюють або направляють безпосередньо на складання. непридатні деталі накопичують у контейнерах для металу, які потім відправляють на склад утилю» [10].

2.5. Обґрунтування вибору способу відновлення деталі – розтискний кулак гальмівного механізму

Розтискний кулак передніх і задніх гальм (№ деталі 5320-3501110/111 і 53212-3501110/111). На знос розжимного кулака діють такі чинники, як: швидкість переміщення поверхонь тертя, температурний режим роботи деталі, ступінь агресивності навколишнього середовища. Основним фактором, що визначає довговічність цієї деталі розжимний кулак, є абразивне зношування.

Існує велика кількість способів відновлення ресурсу деталей машин.

Різноманіття методів відновлення пояснюється: різною конструкцією і конфігурацією деталей; об'ємом деталей, що надходять у ремонт; різницею виду дефектів; матеріалом і термічною обробкою елементів деталі, що відновлюється; величиною зносу; трудомісткістю виконання реноваційних робіт (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 - Трудомісткість відновлення деталей

№ п/п	Спосіб відновлення	Трудомісткість у % від вартості відновлення
1	Слюсарно-механічна обробка	25,0
2	Ручне, газове та електричне зварювання	23,0
3	Наплавлення	19,0
4	Спосіб додаткових деталей	14,0
5	Спосіб ремонтних розмірів	8,0
6	Клейові композиції	7,0
7	Гальванічні покриття	4,5
8	Металізація	4,5
9	Пластичне деформування	4,0

Трудомісткість відновлення зношених деталей методами пластичної деформації не перевищує 4% від собівартості процесу реновації (табл. 2.2), цим визначається підвищений інтерес до цього методу [].

Фізична сутність зміни геометричних розмірів деталі під час пластичного деформування полягає в тому, що під час відновлення об'єм металу деталі залишається сталим, а частина металу, необхідна для компенсації зношування, переміщується з її неробочих ділянок на зношені, для відновлення первинних розмірів поверхні.

Деталь деформують до отримання на зношених ділянках номінальних розмірів з урахуванням припусків на подальшу механічну обробку.

Відмінною особливістю способу пластичного деформування є цілеспрямована зміна властивостей металу відновлюваної деталі, а саме вибором раціонального термомеханічного режиму формоутворення.

Технологічні процеси відновлення деталей пластичним деформуванням проводять у широкому діапазоні температур і швидкостей деформації: в гарячому стані на високошвидкісному, швидкохідному і тихохідному обладнанні.

Місце і характер зносу деталі визначають метод нагрівання, який може бути загальним або місцевим. Температура і швидкість нагріву деталі мають визначальне значення під час проектування технологічного процесу відновлення. Якщо потребує відновлення тільки зношений конструктивний елемент деталі, то піддають нагріванню ділянку, що підлягає обробці тиском.

З наявних методів відновлення деталей пластичним деформуванням, залежно від конструкції деталі, найбільшого застосування в ремонтному виробництві набули такі: правка, осадження, обтиснення, роздача, накатка, розкочування, наклеп.

Правка наклепом забезпечує зміну геометрії завдяки створенню на поверхні деталі напружень стиснення

Осадження застосовують для зменшення внутрішнього і збільшення зовнішнього діаметра порожнистих і суцільних деталей. Отримання необхідних розмірів досягається за рахунок зменшення її висоти.

Якщо деталь, сполучена з втулкою, має достатню міцність, то перед осадкою відновлювану втулку можна не випресовувати. У цьому разі частина сполученої з втулкою деталі відіграє роль своєї матриці.

Витяжка використовується для збільшення довжини і ширини деталей за рахунок місцевої зміни їх поперечного перерізу. Цей метод застосовується для подовження штанг, штовхачів, різних тяг, шатунів, важелів та інших деталей [10].

Роздачу застосовують для збільшення зовнішніх розмірів порожнистих деталей за рахунок збільшення їхніх внутрішніх розмірів. Якщо деталь має

твердість HRC <30, то роздача можлива без попереднього нагрівання. Для роздавання характерний збіг зовнішніх сил із напрямком необхідної деформації

Роздачою можна повернути працездатність таким деталям, як: поршневі пальці, зовнішні циліндричні поверхні чашок диференціала тощо. Якщо поверхні деталі в процесі виробництва були загартовані або цементовані, то перед роздачою їх піддають відпалу або високому відпуску.

Обтисненням відновлюють внутрішні діаметри порожнистих деталей за рахунок зменшення їх зовнішнього діаметра.

У ремонтному виробництві велике застосування знаходять різноманітні способи наплавлення деталей.

Наплавлення (рис. 2.4) спричиняє зміни структури металу, а це зі свого боку може призвести до небажаної зміни фізико-механічних властивостей матеріалу деталі.

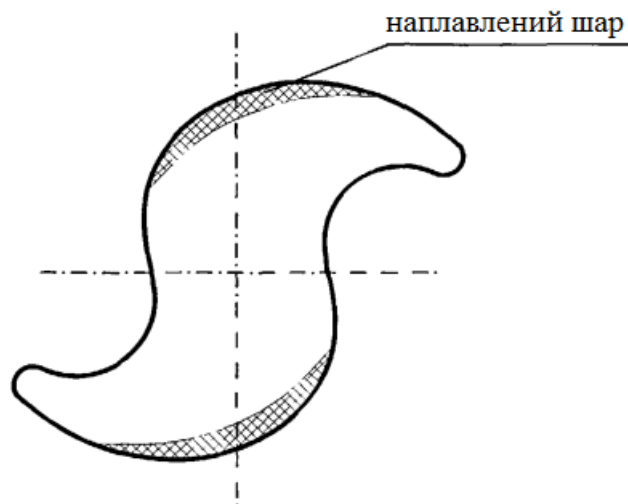


Рис.2.4. Відновлення деталей методом наплавлення

Підвищення якості наплавленого шару на відновлюваній деталі в разі використання широко застосовуваного електродного дроту марки Св-08Г2С або Нп-18ХГСА досягається подальшим зміцненням поверхні пластичним деформуванням.

Недолік методу полягає у високій трудомісткості, пов'язаній з подальшим механічним обробленням наплавлених ділянок, а також необхідності використання надалі разупрочнюючих і зміцнюючих видів термічної обробки.

Особливий інтерес представляє і технологія надання працездатності вузлам і складальним одиницям автомобіля і двигуна за рахунок механічного оброблення в ремонтний розмір робочих поверхонь деталей. Незважаючи на компенсацію розмірів за рахунок сполученої деталі, ця технологія широко використовується в промисловості. Однак вона не може бути реалізована для широкої номенклатури деталей і особливо для виробів, що контактують за складним варіантом – за евольвентою [5].

Науково обґрунтовано й експериментально підтверджено методи відновлення зношених поверхонь деталей, які ґрунтуються на об'ємній зміні сталі, що досягається структурними перетвореннями під час дифузійного насичення сплаву азотом або розпадом залишкового аустеніту. Можливість таких методів різко обмежена, оскільки вони дають змогу збільшити розміри виробу на соті й у крайньому разі на десятки частки міліметра і тільки на окремих марках сталей - азотованих та інструментальних [5].

Варіантом відновлення деталей є процес, заснований на тому, що зношену частину відрізають, а потім приварюють нову (рис. 2.5).

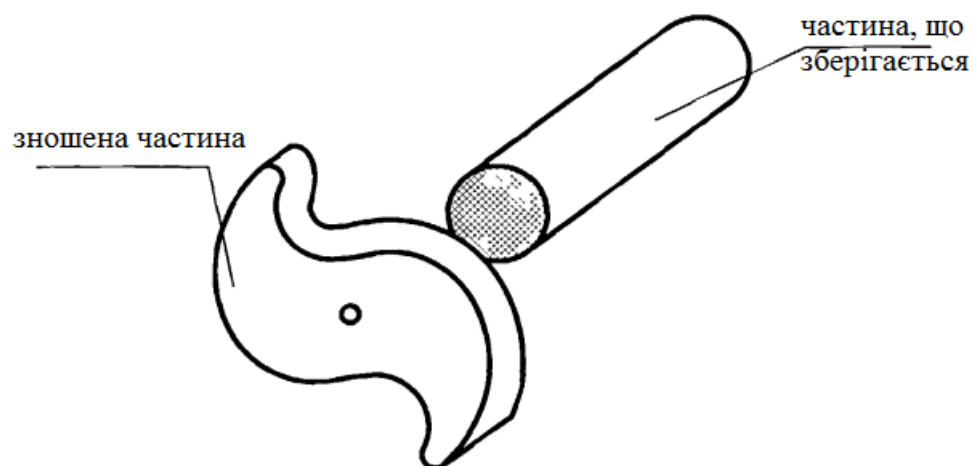


Рис.2.5. Схема відновлення деталі методом заміни головки на розтискному кулаці

Розглядаючи різноманіття методів відновлення деталей машин, що піддаються зносу в експлуатації, найперспективнішим як з економічної та екологічної, так і з технічної точок зору є термопластична технологія, що включає високотемпературний нагрів і пластичну деформацію сплаву, яка забезпечує переміщення об'єму металу з неробочої зони на поверхню зносу [15].

Складність у реалізації цього методу пояснюється необхідністю встановлення таких зон на деталі. До переваг такого методу належать:

- фізико-механічні властивості відновленої деталі будуть близькі до нової деталі;
- формозміна відбувається в штампах досить простої конструкції на універсальному ковальсько-пресовому обладнанні із застосуванням стандартних засобів автоматизації та механізації;
- можливе отримання необхідної мікроструктури металу відновлюваної деталі.

2.6. Висновки по розділу 2

Виконавши аналіз літературних джерел за темою досліджень можемо зробити наступні висновки:

1. Терміни експлуатації автомобіля можна значно підвищити за рахунок відновлення зношених деталей, а саме питання реновації деталей є важливою науково-технічною задачею.

2. Встановлено, що однією з деталей, що лімітує працездатність гальмівного механізму є розтискний кулак. Разом з тим, відсутність достовірних даних про величину зносу не дозволяє обґрунтовано підійти до вибору способу відновлення цієї деталі.

3. Розглянуті переваги та недоліки способів відновлення основних дефектів розтискного кулака. Доведено ефективність використання

термопластичної технології, що включає високотемпературний нагрів і пластичну деформацію сплаву.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОЗТИСКНОГО КУЛАКА ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Технічна характеристика розтискного кулака гальмівної системи

Найширшого практичного застосування у автомобілебудуванні в гальмівних механізмах набули сталеві розтискні кулаки із загартованими струмами високої частоти робочими поверхнями - шліцьового з'єднання та евольвенти головки деталі, що працює в парі з ролик гальмівної колодки. (рис. 3.1).

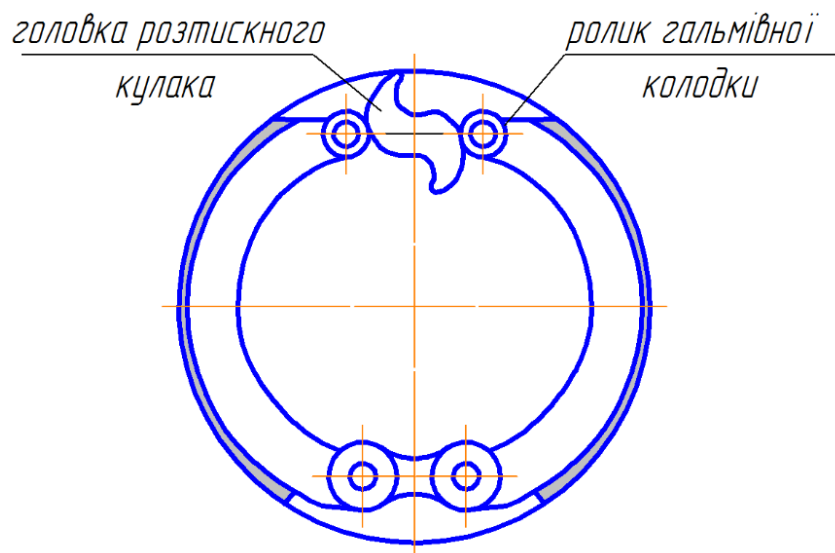


Рис.3.1. Схема гальмівного механізму

Для виготовлення кулака (рис. 3.2) гальмівної системи автомобіля КаМАЗ використовується сталь 45, хімічний склад і механічні властивості якої наведені нижче в табл.3.1-3.2.

Ескізи розтискних кулаків гальмівної системи автомобілів КаМАЗ і МАЗ наведені на рис.3.2 і 3.3.

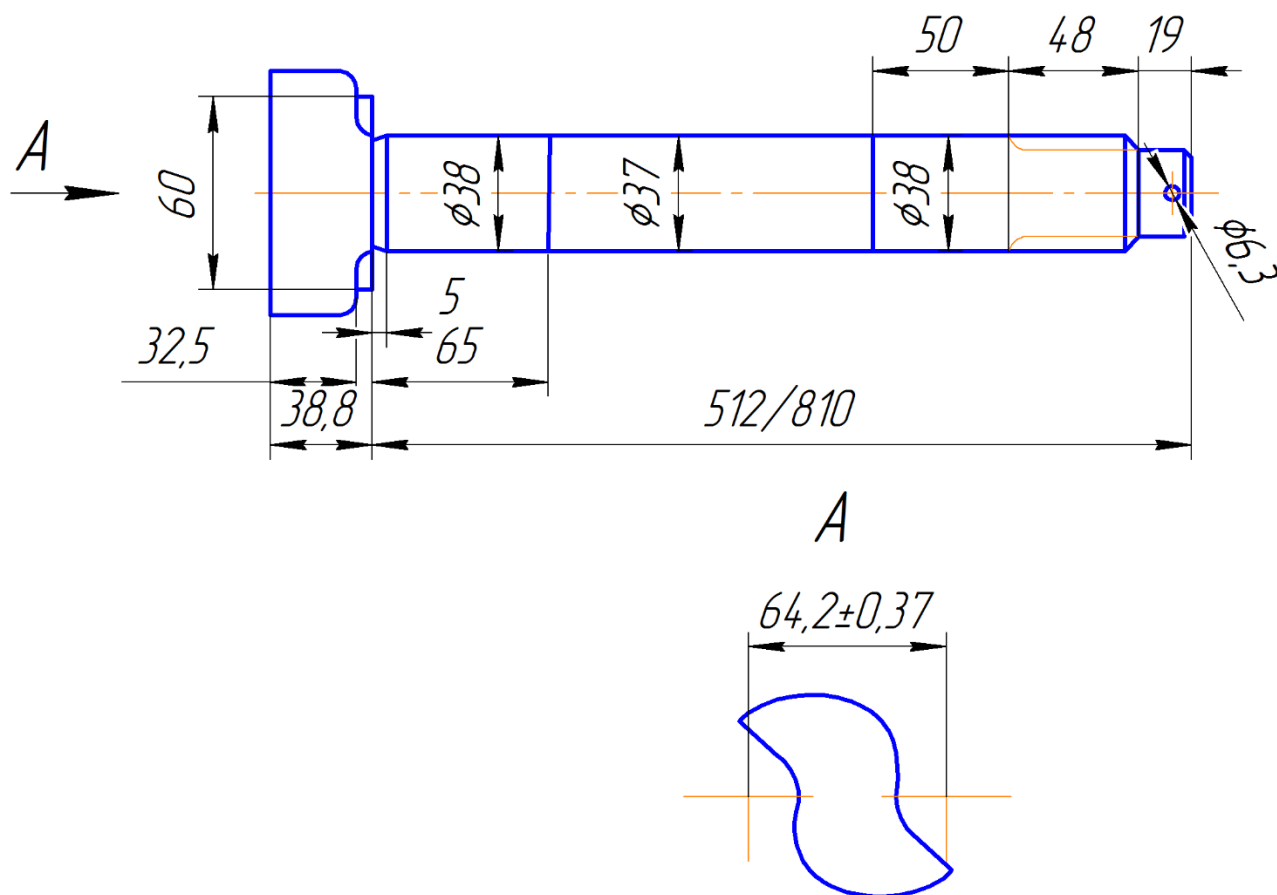


Рис.3.2. Розтискний кулак автомобіля КаМАЗ

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 45 [12]

Зміст у % хімічного елементу						
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
0,42-0,50	0,17-0,37	0,5-0,8	≤0,25	≤0,15	≤0,040	≤0,035

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 45 [12]

Показники властивостей					
Границя міцності, МПа	Границя <u>тягучості</u> , МПа	Відносне подовження, %	Відносне <u>суження</u> , %	Ударна в'язкість, Дж/см ²	Твердість НВ
≥600,0	≥355,0	≥16,0	≥40,0	≥49	175-207

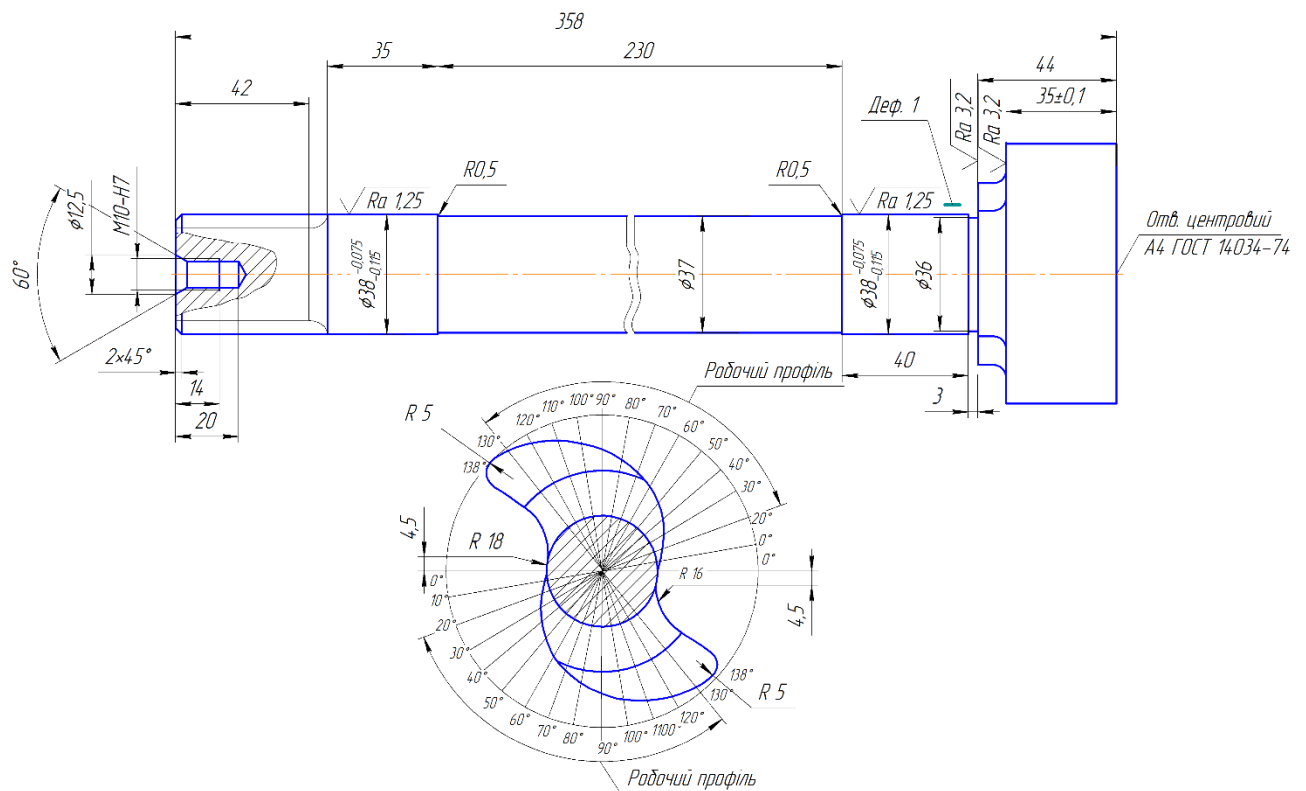


Рис.3.3. Розтискний кулак автомобіля МАЗ

Кулак являє собою тіло обертання ступінчастої форми з максимальними діаметром по твірній кулака 99 мм.

Передній кінець кулака являє собою робочу поверхню спеціального профілю з найменшим радіусом твірної $R\ 18$ мм і найбільшим $R\ 49,5$ мм. Робоча поверхня кулака загартована струмами високої частоти до твердості HRC 48...56 одиниць на глибину 1,5...4,0 мм. Шорсткість даної поверхні не менше $R_a = 2,5$ мкм.

На задньому кінці кулака виконані прямобічні шліци, з центруванням по зовнішньому діаметру. Шліци мають твердість HRC 48...56 одиниць і шорсткість по зовнішньому діаметру не менше $R_a = 1,25$ мкм, по бічним поверхням не менше $R_a = 6,3$ мкм. Радіальне биття зовнішньої поверхні і паралельність бічних поверхонь шліців не більше 0,03 мм.

До шліцьової і спеціальної поверхні розтискного кулака прилягають гладкі циліндричні поверхні під втулки. Дані поверхні мають твердість HRC 48...56 одиниць і шорсткість не менше $R_a = 1,25$ мкм.

Для зручності монтажу та демонтажу кулака поверхня між шийками під втулки виконана з меншим діаметром.

Вісьове переміщення кулака обмежується шайбою і болтом. З цією метою в задньому кінці кулака з торця виконаний різьбовий отвір.

При спрацюванні гальмівної системи розтискний кулак працює на скручування. Робочий профіль при роз тисканні гальмівних колодок працює на стирання в умовах сухого тертя.

Опорні шийки під втулки зношуються під дією радіальних сил в умовах гідроабразивного тертя.

Під дією осьових, різальних і ударних навантажень різьбові поверхні мають зминання і зріз витків.

Шліци працюють на зминання при передачі зусилля від черв'яка механізму, що регулюється, до розтискного кулака.

3.2. Мікроструктура робочої поверхні деталі після експлуатації

Довговічність деталей в експлуатації залежить від багатьох чинників, але основоположним все ж залишається структура і властивості поверхневих шарів матеріалу деталі. Рациональність створення оптимальних властивостей на поверхні, а відповідно й обраного способу зміцнення, завжди мають бути технічно й економічно обґрунтовані.

Для розтискних кулаків найефективнішим за досяжним результатом, що полягає в підвищенні поверхневої твердості та зносостійкості в поєднанні із забезпеченням високого опору зносу, є поверхневе загартування нагрівання струмами високої частоти.

Цей спосіб зміцнення має величезну перевагу перед тривалими й енергоємними процесами хіміко-термічної обробки.

Застосування високошвидкісного нагріву дає змогу змістити фазові перетворення в сталі в сферу більш високих температур (на 50-200°C вище за критичну точку A_{c3}) і в такий спосіб дає змогу отримати вигідніше поєднання процесу

зародження і процесу зростання зерен аустеніту. Завдяки реалізації такого ефекту можна забезпечити тільки процес зародження майже в усьому об'ємі, що нагрівається, і в такий спосіб отримати дрібнозернистий аустеніт, а в остаточному підсумку і структуру загартованого шару з мартенситом дрібноголчастої та безголчастої будови за збереження початкової структури в серцевині.

Металографічними дослідженнями структури і мікротвердості загартованих розтискних кулаків у районі евольвенти встановлено, що глибина зміцненого шару становить 3,0...3,5 мм, мікроструктура являє собою дрібноголковидний мартенсит (рис. 3.4) із поверхневою твердістю більше, ніж 580 HV (>52 HRC).

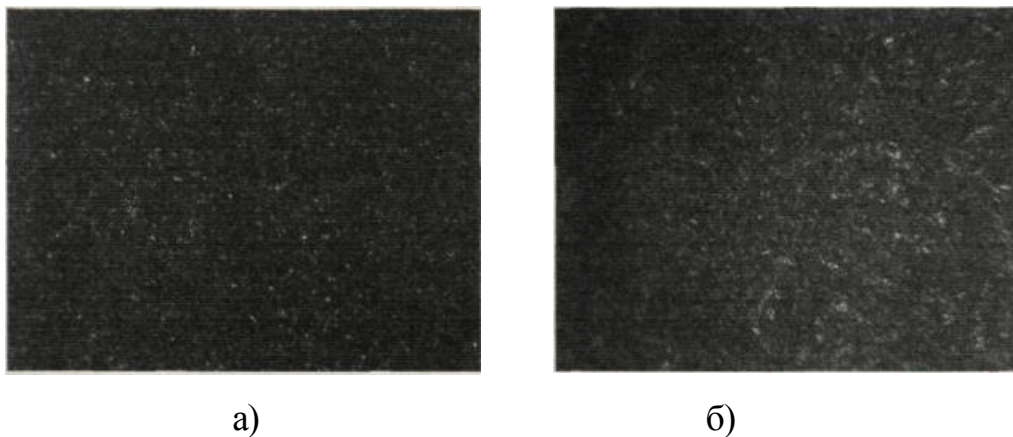


Рис.3.4. Мікроструктура поверхневого шару сталі 45 після СВЧ: а) $\times 100$; б) $\times 500$

Не менш актуальним і безсумнівно важливим завданням є дослідження властивостей деталей після експлуатації. Першочергову увагу при цьому слід приділяти найбільш навантаженим ділянкам виробу, які й визначають у кінцевому підсумку довговічність вузлів. Дослідження розтискних кулаків, знятих із гальмівного механізму після експлуатації автомобіля, показало наступне. Лінійні та кутові виміри, виконані по евольвенті голівки розтискного кулака (рис. 3.5), свідчать, що зношування спостерігається з випуклого боку, а його величина має максимальне значення при 90° .

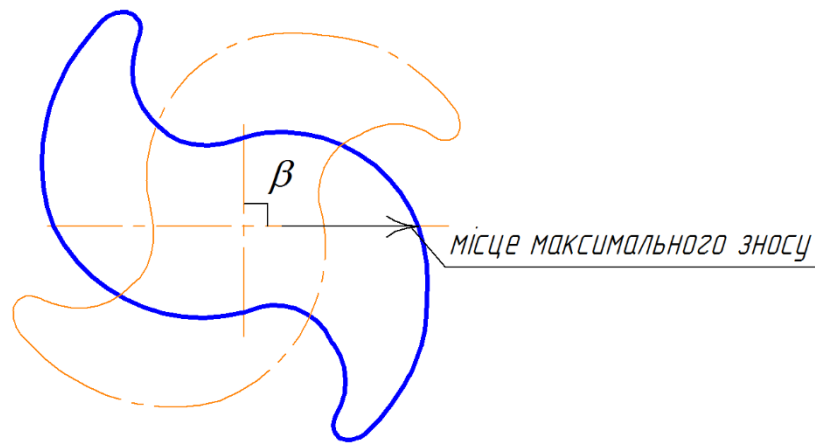


Рис.3.5. Зона поверхні зносу деталі

3.3. Аналіз довговічності розтискних кулачків

Для оцінки довговічності розтискних кулачків в умовах експлуатації було зібрано статистичну інформацію. При цьому були задіяні дані [2].

Контролю піддалися 180 автомобілів сімейства КамАЗ, при цьому їхній сумарний річний пробіг становив 5,742 млн км. що пройшли експлуатацію в агропромисловому комплексі; середньодобовий пробіг – 110 км.

На базі отриманої інформації було побудовано статистичний ряд ресурсу розтискних кулачків. У цьому випадку статистичний аналіз проводився на підставі відомої методики [7].

За даними статистичного ряду побудували гістограму (рис. 3.6), полігон (рис. 3.7) і криву накопичених дослідних імовірностей довговічності розтискних кулачків гальмівного механізму (рис. 3.8), що дають наочне уявлення про дослідний розподіл та дають змогу розв'язати низку інженерних задач графічним способом.

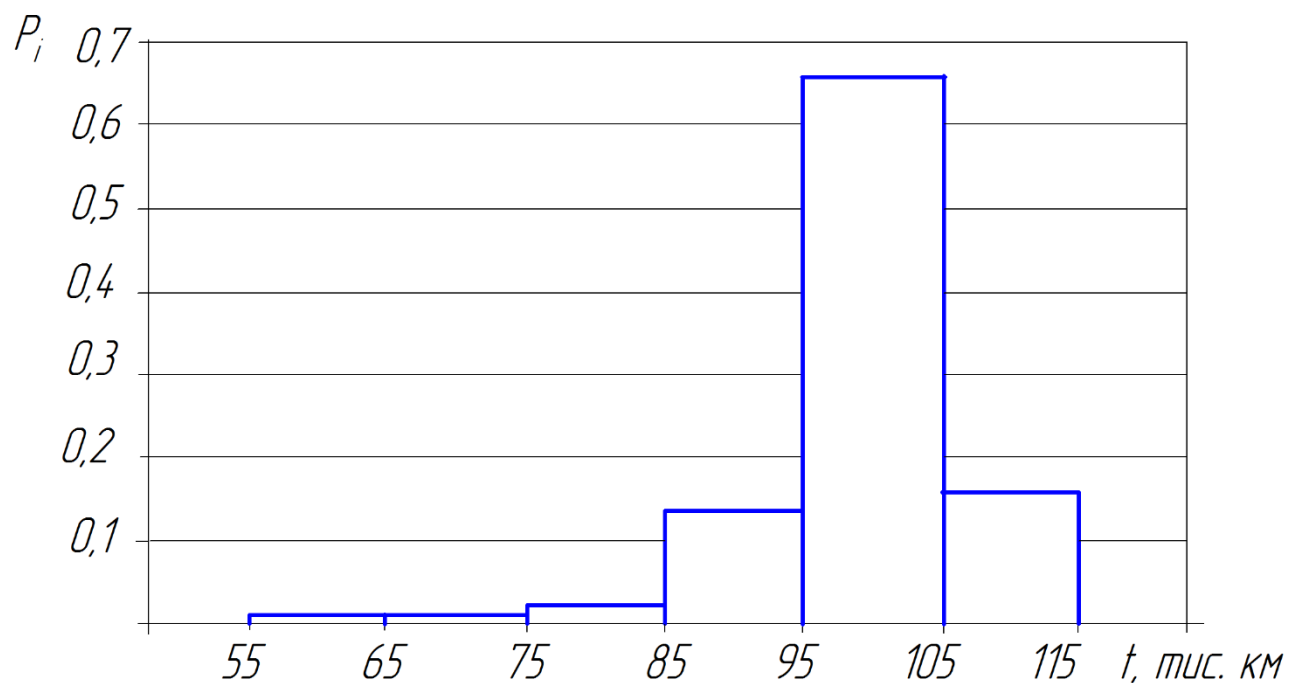


Рис.3.6. Гістограми накопичених дослідних імовірностей довговічності розтискних кулаків

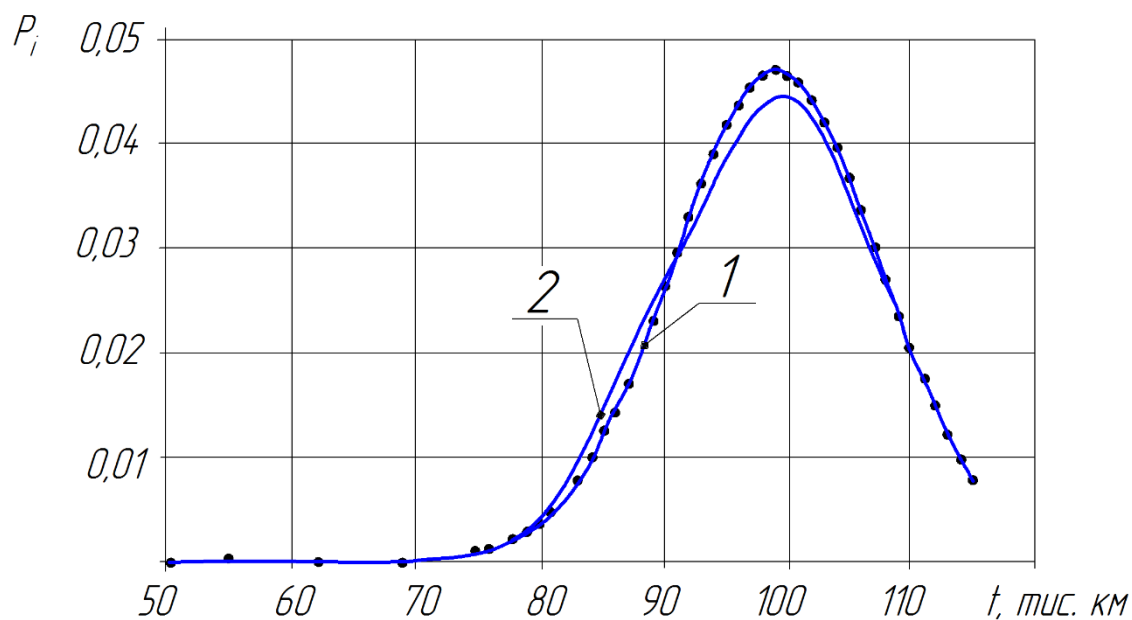


Рис.3.7. Полігон (1) і графік диференціальної функції (2) розподілу довговічності розтискного кулака гальмівного механізму

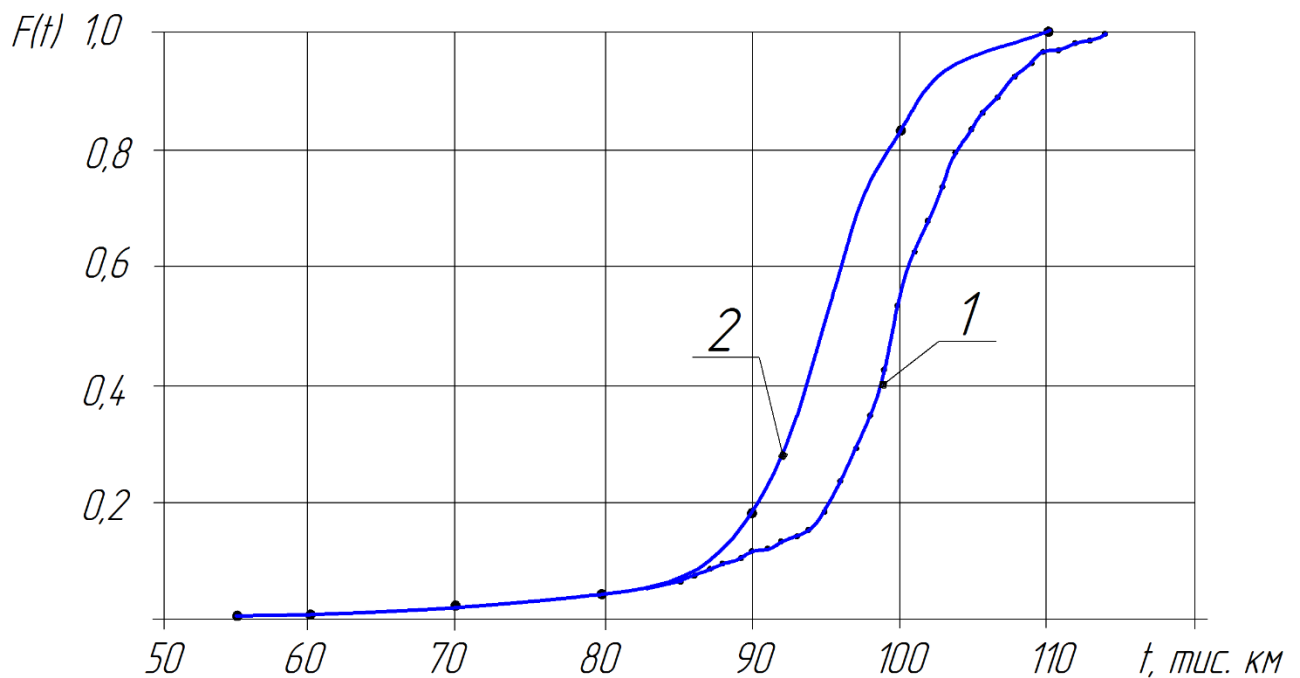


Рис.3.8. Крива накопичених дослідних імовірностей (1) і графік інтегральної функції розподілу (2) довговічності розтискного кулака гальмівного механізму

Основні результати обчислень статистичних характеристик розподілу довговічності розтискних кулаків гальмівного механізму зведені в табл. 3.3

Таблиця 3.3 – Пробіг до зняття з експлуатації розтискних кулаків гальмівного механізму

№ п/п	Інтервали пробігу до заміни, тис км	Значення середини інтервалу, тис км	Кількість замінених розтискних кулаків, m_i	Дослідна вірогідність, p_i	Накопичена дослідна вірогідність, P
1	55...65	60	2	0,011	0,011
2	65...75	70	2	0,011	0,022
3	75...85	80	4	0,022	0,044
4	85...95	90	25	0,139	0,183
5	95...105	100	118	0,656	0,839
6	105...115	110	29	0,161	1,000
Сума			180	1,000	

Для вирівнювання розподілів показників довговічності розтискних кулаків

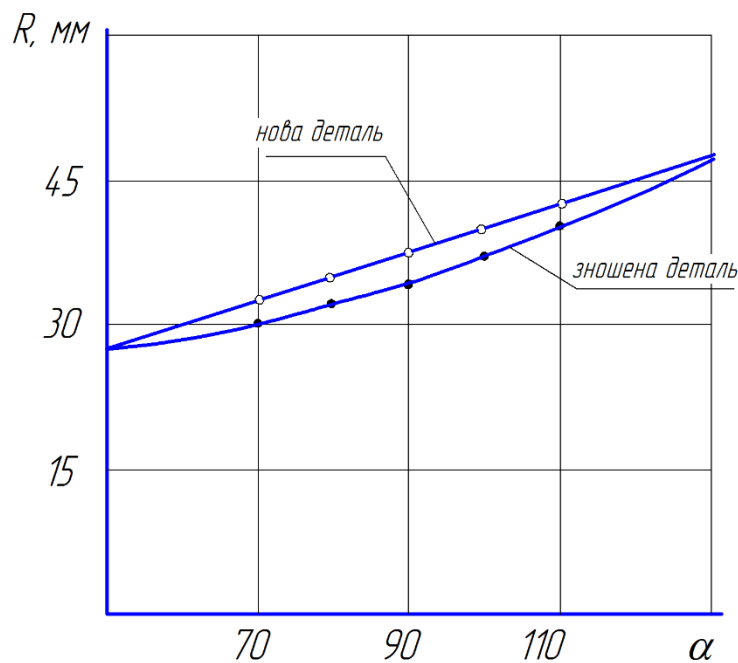
використовували закон нормального розподілу.

Надалі оцінювали збіг дослідного і теоретичного законів розподілу показників довговічності за критерієм згоди. Для цього визначали ступінь збігу в інтервалах статистичного ряду: дослідної ймовірності та диференціальної функції, накопиченої дослідної ймовірності та інтегральної функції. Ступінь збігу свідчив про те, що обраний закон не суперечить дослідному розподілу.

Отримані результати показали, що з імовірністю 95% середнє значення довговічності розглянутих розтискних кулаків гальмівного механізму, що розглядаються, становить 99 тис. км. При цьому мінімальне її значення – не менше ніж 96,81 тис. км, а максимальне – 101,19 тис. км.

3.4. Дослідження структури і твердості поверхневого шару деталі в місцях найбільшого зносу

Зміна радіуса евольвенти деталі показано на рис. 3.9.



а)

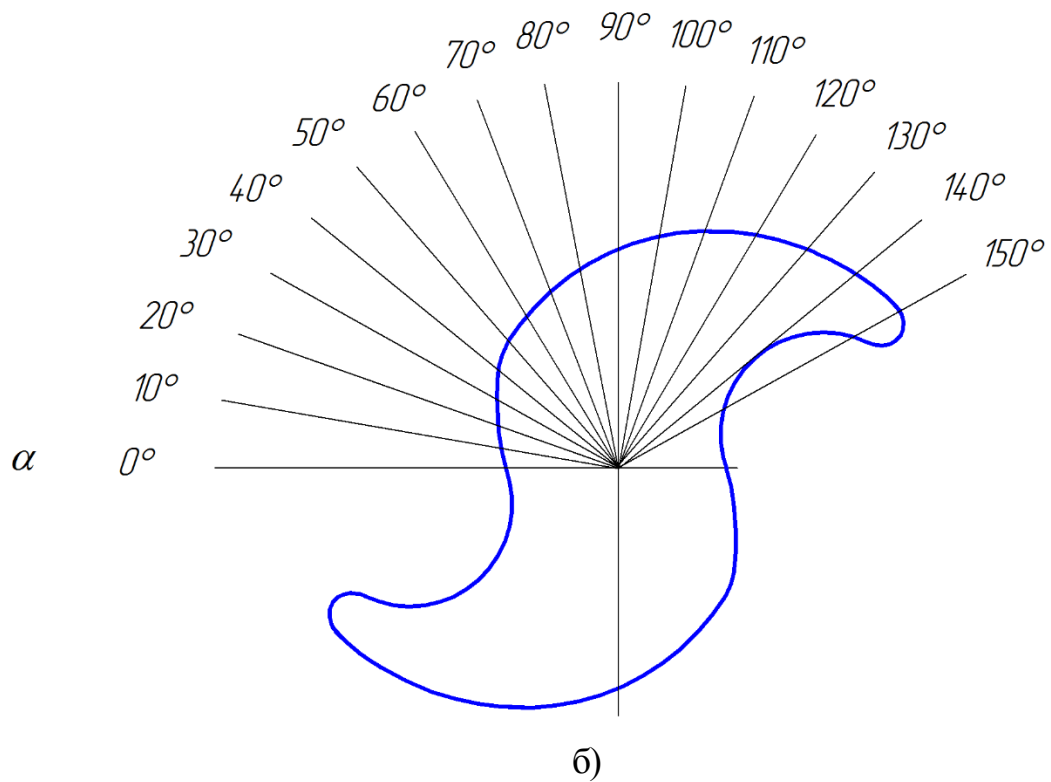
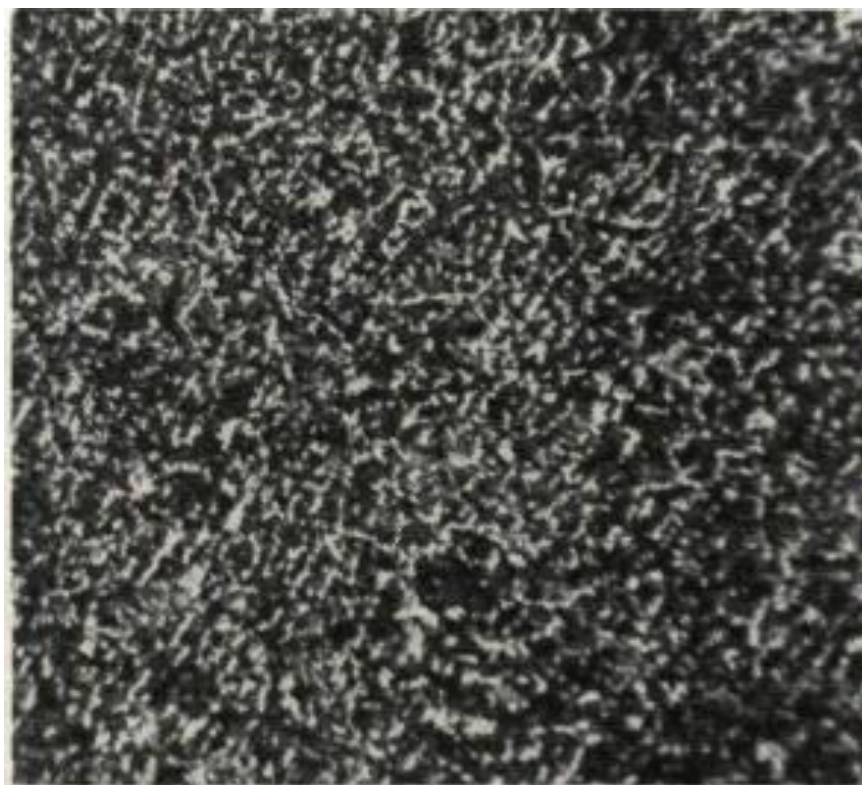


Рис.3.9. Зміна радіуса евольвенти деталі до і після експлуатації (а); зони поверхні зносу деталі (б)

Металографічний аналіз структури поверхневого шару в зоні максимального зносу (рис. 3.10, кут 90°) показав, що вона являє собою ферито-перлітну будову. При цьому, загартований шар на зношеній деталі в цій зоні відсутній, що свідчить про його повну ліквідацію під час експлуатації.

Подальші дослідження поверхні часткового зносу (рис. 3.11, кут 70°) виявили, що величина загартованого шару становить не менше 3,2 мм.

Однак характер зміни мікротвердості за глибиною на евольвенті показує, що її значення на поверхні нижчі, ніж мікротвердість загартованого шару в глибині.



а)



б)

Рис.3.10. Мікроструктура на поверхні деталі сталі 45 в зоні максимального зносу: а) $\times 100$; б) $\times 500$

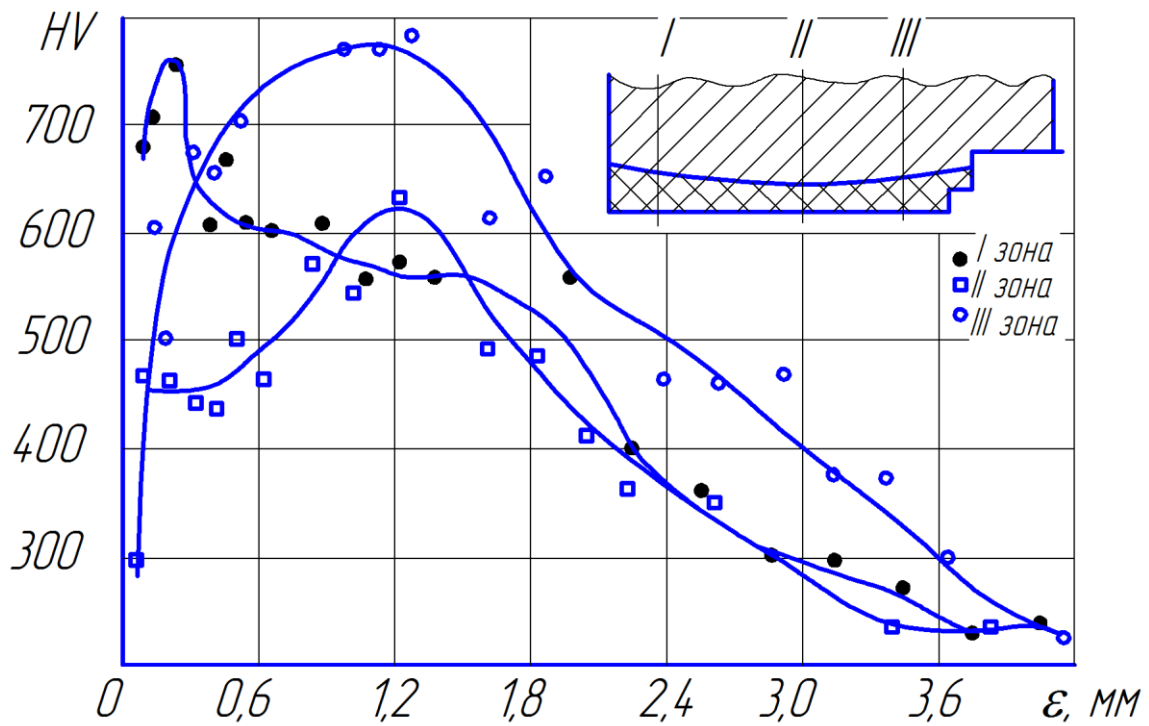


Рис. 3.11. Розподіл мікротвердості (HV) у різних зонах за глибиною загартованого шару деталі після експлуатації

Зниження твердості поверхні зміцненого шару пов'язане з розігрівом під час експлуатації поверхні деталі в зоні контакту з рухомими роликами, що призводить до відпускових процесів загартованих структур. Такі процеси протікають на глибину від 0,3 до 0,9 мм, що при подальшій роботі призводить до прискореного зносу деталі в експлуатації та знижує ефективність гальмування автомобіля.

Підтверджувальним фактором вищесказаного є змінений структурний стан зміцненого шару поблизу поверхні (рис. 3.12) по відношенню до структури деталі до експлуатації, а також до структури загартованого шару на відстані більше ніж 0,3 мм (зона I) і більше ніж 1,2 мм (зона II і III).

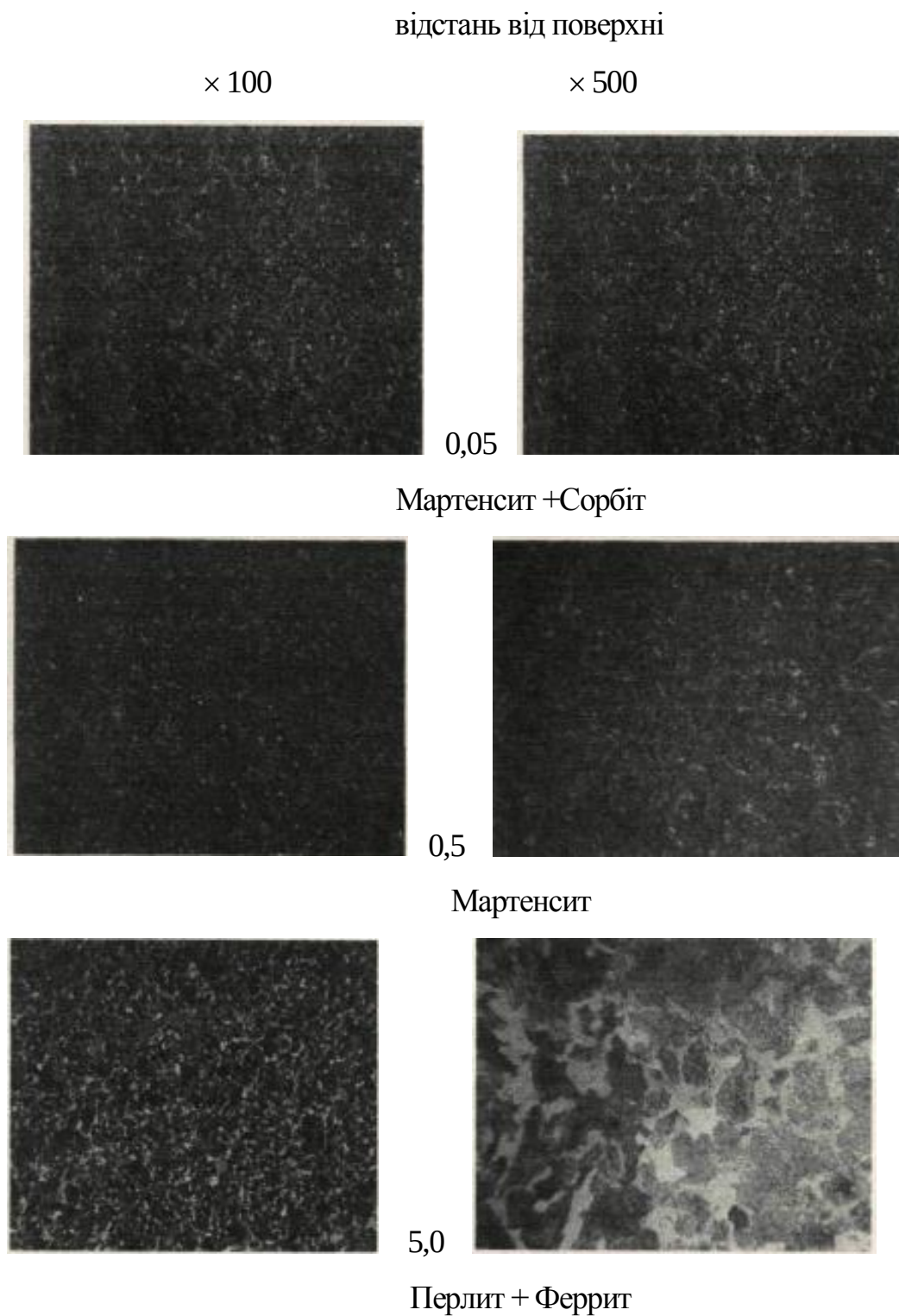


Рис.3.12. Мікроструктура сталі 45 за перерізом загартованого СВЧ шару (переріз № 1)

3.5. Аналіз працездатності та зносу розтискного кулака в процесі експлуатації

Для аналізу зносу розтискного кулака проведено контроль геометричних розмірів ста вісімдесяти зношених деталей із пробігом автомобілів в агропромисловому комплексі від 25 до 98 тис.км.

У цьому випадку, дані являють собою координати дев'яти точок евольвенти (рис. 3.13) для нової і зношеної деталі (табл.3.4).

Роботу розтискного кулака під час гальмування представлено на рис. 3.14.

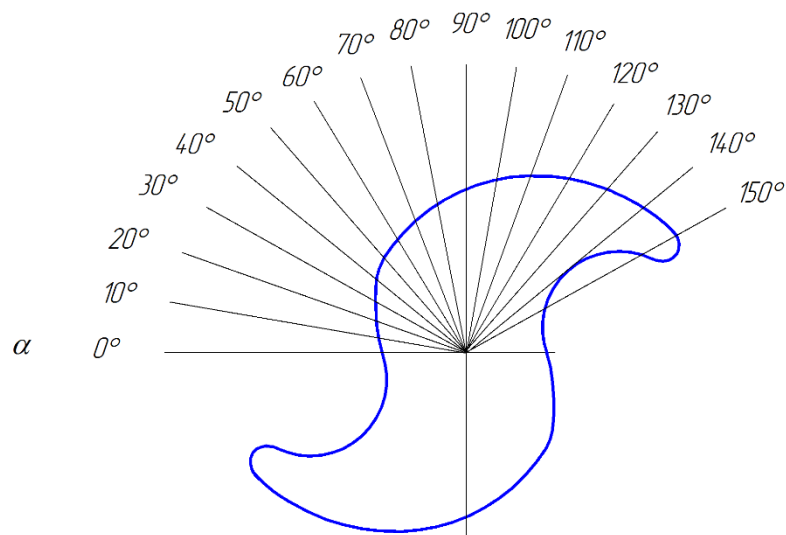
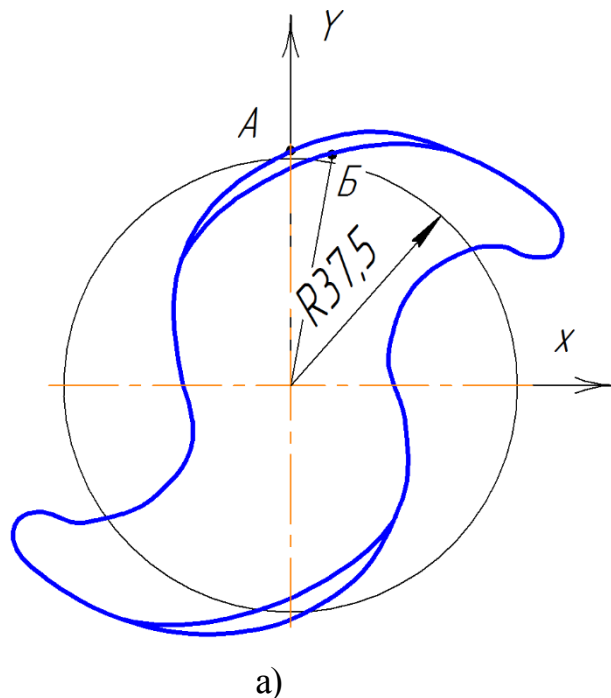
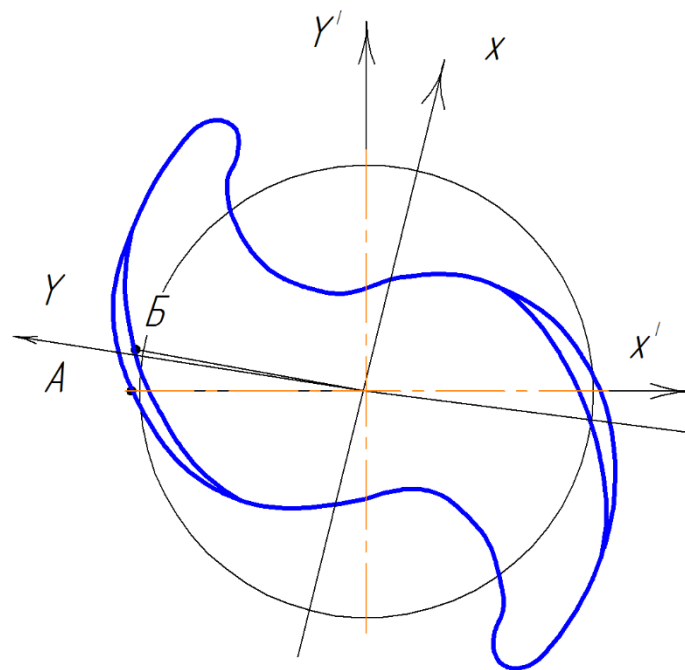
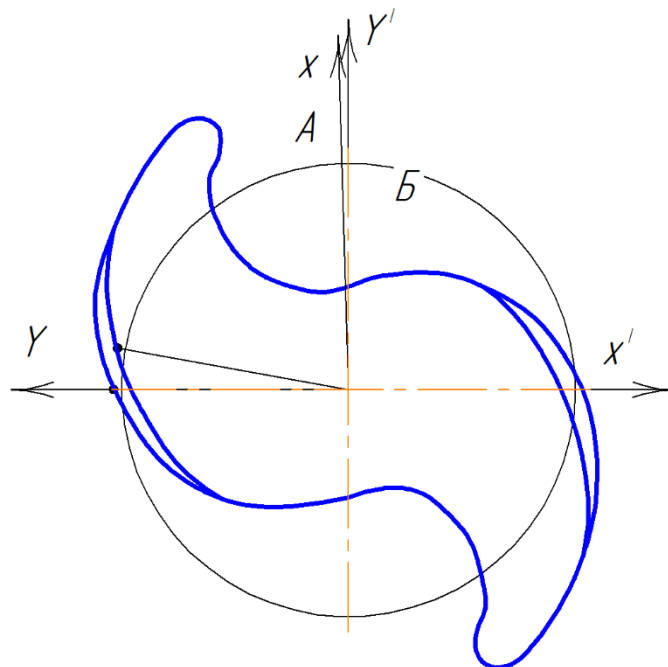


Рис. 3.13. Профіль розтискного кулака





б)



в)

Рис. 3.14. Схема роботи розтискного кулака під час гальмування автомобіля: а – положення розтискних кулаків у разі вимкненого гальмівного механізму; б – поворот нового розтискного кулака на максимальний кут, подальший поворот нового кулака неможливий, зношений розтискний кулак продовжує повертатися, бо внаслідок зносу утворився проміжок; в – поворот зношеного розтискного кулака на максимальний кут, подальший поворот зношеного розтискного кулака неможливий; т. А – точка дотику евольвенти нового кулака з колодкою, за якого відбувається блокування кулака, тобто

подальший її поворот неможливий; т. Б – точка дотику поверхні зношеного кулака з колодкою, за якого відбувається блокування кулака, тобто подальший її поворот неможливий

Таблиця 3.4 – Розміри робочої поверхні (R) по евольвенті розтискного кулака за різних пробігів автомобіля

$\alpha, ^\circ$	R, мм				
	Пробіг автомобіля 0 тис. км	Пробіг автомобіля 25 тис. км	Пробіг автомобіля 50 тис. км	Пробіг автомобіля 75 тис. км	Пробіг автомобіля 98 тис. км
50	27,50	27,50	27,50	27,50	27,50
60	30,0	29,90	29,70	29,36	28,70
70	32,50	32,32	31,99	31,42	30,30
80	35,00	34,78	34,37	33,65	32,25
90	37,50	37,24	36,75	35,91	34,25
100	40,00	39,79	39,39	38,70	37,35
110	42,50	42,50	42,01	41,45	40,35
120	45,00	45,00	45,00	44,56	44,10
130	47,50	47,50	47,50	47,50	46,90

Дані табл. 3.4 свідчать, що максимальний знос спостерігається на деталі під час її повороту на кут 90° .

Також було проведено обміри розтискних кулаків залежно від пробігу автомобілів (рис. 3.15).

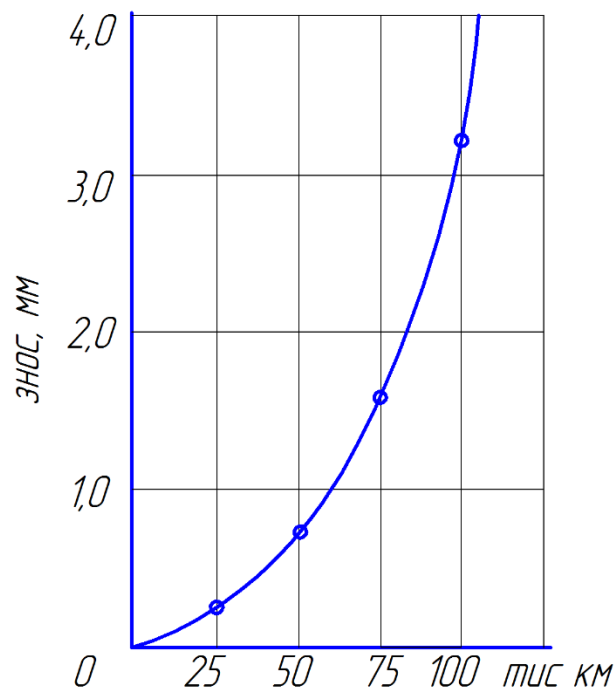


Рис.3.15. Залежність зносу розтискного кулака від пробігу автомобіля

Знос кулака під час всієї експлуатації автомобіля незначний, але, тим не менш, це призводить до зниження ефективності гальмування, що зі свого боку збільшує ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод.

Проаналізувавши різний ступінь зносу профілю розтискного кулака, побудовано графічну залежність зміни кута повороту від пробігу автомобіля (рис. 3.16).

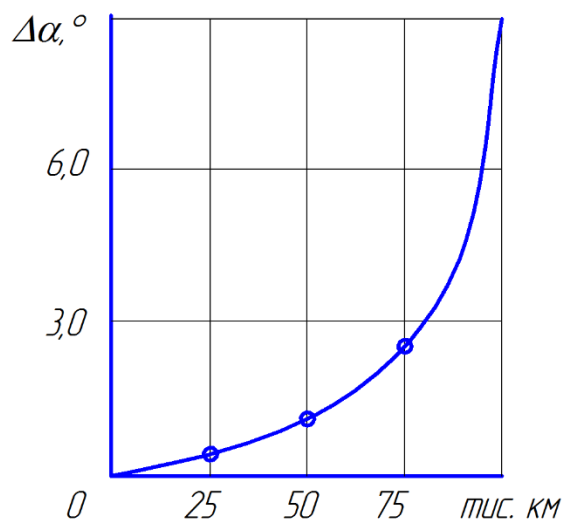


Рис. 3.16. Залежність зміни кута повороту розтискного кулака від пробігу автомобіля

Найбільший час спрацювання гальмівного механізму, тобто збільшення гальмівного шляху буде за найбільшого кута повороту розтискного кулака, що досягається за максимального спрацювання гальмівних накладок (рис. 3.17). Із рис. 3.17 видно, що зношений розтискний кулак повертається на більше, ніж 9° . $\Delta\alpha = 90^\circ - 81^\circ = 9^\circ$

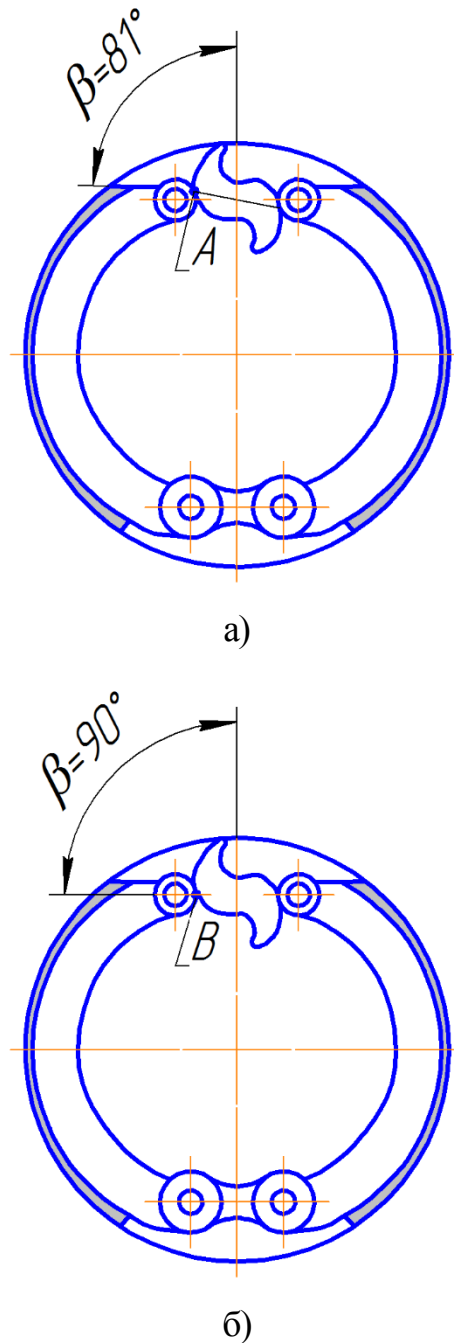


Рис.3.17. Схема роботи гальмівного механізму: а) з новим розтискним кулаком; б) зі зношеним розтискним кулаком

Проаналізувавши різний ступінь зносу гальмівних накладок, можна

спрогнозувати залежність збільшення кута повороту ($\Delta\alpha$) від ступеня зносу гальмівних накладок (рис. 3.18).

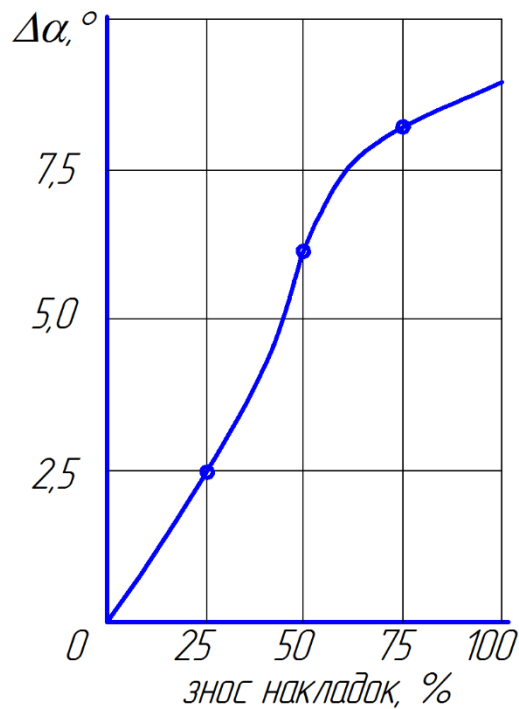


Рис. 3.18. Залежність зміни кута повороту $\Delta\alpha$ розтискного кулака від зносу гальмівних накладок

Результати досліджень засвідчили, що в разі зношеної поверхні головки не досягається необхідний гальмівний момент через наявність зазору між гальмівними накладками і барабаном.

Також підвищений знос кулака призводить до скорочення інтервалу заміни гальмівних накладок. Аналізуючи тривалість експлуатації автомобіля і товщину використовуваних гальмівних накладок, доходимо висновку, що з економічної точки зору вигідніше замінити розтискний кулак.

3.6. Розробка технологічної послідовності відновлення розтискного кулака

Продовження терміну служби зношених деталей можна досягти в разі надання їм первісної форми, розмірів і властивостей під час реновації.

Відновлення деталей необхідно вести такими способами, які за найменших витрат, трудових та енергоресурсів, забезпечують надійність деталей не меншу, ніж у нових. Огляд можливих методів відновлення деталей Типу «розтискний кулак», проведений у розділі 2, показав, що найбільш перспективними є методи пластичного деформування. На вибір способу відновлення деталі впливають конструкція деталі, матеріал, спосіб термічної обробки, твердість, запас міцності, величина зносу (дефекту).

Відновлення деталей пластичним деформуванням засноване на використанні пластичних властивостей металу. Цей вид обробки спричиняє не тільки відновлення форми та розмірів деталей, а й впливає на механічні властивості та структуру металу. Останні визначаються такими явищами, як динамічна полігонізація та рекристалізація, що відбуваються в металі деталі під впливом пластичної деформації та температури.

Таким чином, може бути прийнята наступна технологічна послідовність обробки деталі під час відновлення деталі (рис. 3.19):

1. миття;
2. дефектування;
3. нагрівання;
4. штампування;
5. видалення окалини з поковки;
6. механічна обробка;
7. загартування з нагріванням ТВЧ.

Після приймання деталей проводиться їх очищення і миття, а потім дефектування, тобто контроль придатності деталей для відновлення. Потім деталь нагрівається до необхідної температури. Після цього деталь відновлюється на пресі. Після чого деталь піддається механічній обробці. Далі проводиться загартування з нагрівання СВЧ.

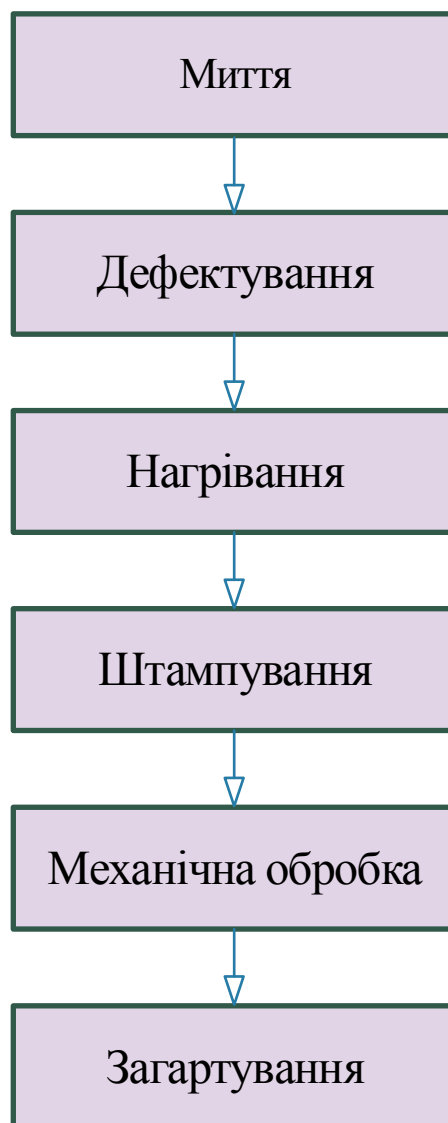


Рис. 3.19. Послідовність технологічних операцій відновлення розтискного кулака

Під час нагрівання деталей для відновлення мають бути забезпечені:

- необхідна температура;
- рівномірний розподіл температури по поверхні і по перетину;
- збереження цілісності матеріалу, що нагрівається, тобто відсутність мікро- і макротріщин.

Допустимий інтервал температур пластичної деформації для відновлюваних деталей зі Сталі 45 дорівнює 850-900° С.

З метою зменшення чадку металу в результаті нагрівання застосовуємо нагрівання в соляних ваннах. Матеріалом для електролітичних ванн служить вініпласт

або метал, облицьований вініпластом.

Застосовують для нагріву металу під обробку тиском електропечі з соляною ванною, що живляться змінним струмом промислової частоти (50 Гц). Температура електроліту доходить до 1300 °С. Схема живлення може бути одно- або трифазною; вона визначається потужністю і конструкцією печі.

Основою вибору температурного інтервалу нагрівання під пластичну деформацію для вуглецевих сталей слугує діаграма стану системи залізо-вуглець [15].

Після нагрівання до температури 900°C відбувається пластичне деформування деталі з подальшим повільним охолодженням.

Технологія процесу оброблення різанням і подальшого зміцнювального термічного оброблення деталі аналогічні технологічному процесу виготовлення нової деталі та використанню у виробництві того самого обладнання.

Індукційний нагрів до температури 900-930 °С здійснюється за допомогою СВЧ, а подальше спрейерне охолодження проводиться 5%-вим розчином рідини ТОСОЛ (вода + нітрат натрію).

3.7. Висновки по розділу 3

За результатами даного розділу зроблені наступні висновки:

1. На основі досліджень структури та геометричних розмірів розтискних кулаків виявлено закономірність зносу по евольвенті поверхні голівки деталі та показано, що зона максимального зносу розташовується під кутом 90° по відношенню до осьової лінії.

2. Середній ресурс розтискного кулака склав, з урахуванням довірчих меж 96,81... 101,19 тис. км.

3. Встановлено структурні та фазові зміни в зоні контакту деталей (розтискний кулак - ролик), що призводять до зменшення твердості поверхні кулака. Спостерігається зниження твердості поверхні по відношенню до нової на 50-60%.

4. Аналіз працездатності та ступеня зносу розтискного кулака від пробігу автомобіля показав, що максимальна величина зносу досягає 3,25 мм на опуклій

поверхні евольвенти голівки кулака під час пробігу автомобіля 98 тис. км, що спричиняє збільшення кута повороту деталі відносно нового виробу на 9° , що знижує ефективність процесу гальмування.

5. Запропоновано технологічний процес відновлення розтискного кулака, що складається з таких операцій: миття; дефектування; нагрівання; штампування; видалення окалини з поковки; механічна обробка; гартування з нагріванням СВЧ.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ТА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ РОЗТИСКНОГО КУЛАКА

4.1. Оцінка надійності розтискного кулака після відновлення

Оцінка надійності розтискного кулака гальмівної системи автомобіля, відновлених методом пластичного деформування, ґрунтувалася на таких дослідженнях:

- лінійних і кутових вимірів геометричних параметрів;
- металографічних дослідженнях мікроструктури та властивостей загартованого шару і серцевини деталі на відповідність нормативно-технічній документації;
- абразивного зносу деталі складної геометричної форми;
- оцінки статичної міцності деталі;
- працездатності деталі в реальних умовах експлуатації.

Контроль геометричних розмірів робочої поверхні головки кулака, відновленої розробленим методом, показав, що по евольвенті спостерігається збільшення розміру, яке перевищує на (1,5-2,0 мм) і величина якого перебуває в межах припуску на механічне оброблення (рис. 4.1).

Металографічними дослідженнями відновленого розтискного кулака встановлено, що твердість поверхні становить понад 54 *HRC*, а твердість серцевини перебувала в межах 187-202 *HB*.

Встановлено, що загартований шар після загартування *СВЧ* має структуру середньоголчастого мартенситу 2-3 бали, а серцевина перліт + ферит. Перехідна зона являє собою структуру, що складається з мартенситу і трооститу. Глибина загартованого шару склала 2,6 мм.

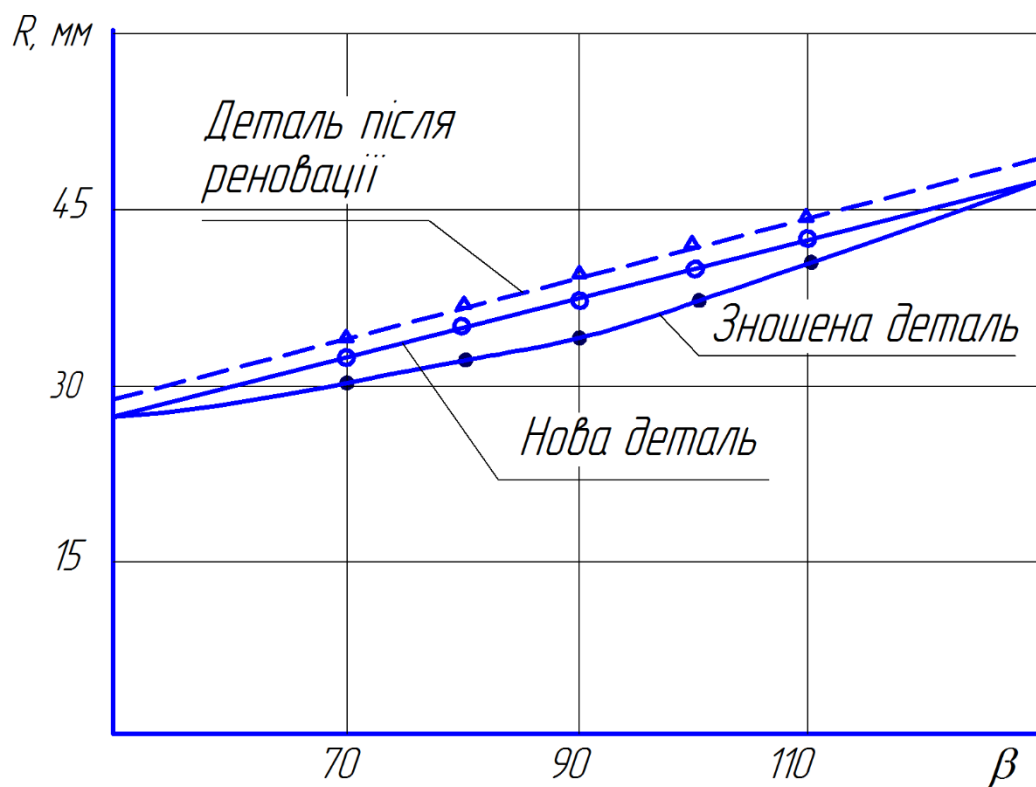


Рис.4.1. Зміна радіусу евольвенти деталі до (o), після (•) експлуатації та відновлення (Δ)



Рис.4.2. Розтискний кулак після відновлення

Властивості та мікроструктура в зонах, що не піддаються впливу в процесі відновлення, зберігаються за цієї технології, а саме на поверхні шліц глибина загартування шару 1,5-2,5 мм і твердість не менше 48 HRC.

Оцінимо статичну міцність деталі в зоні мінімальної товщини стінки. Надійність деталі в цій зоні забезпечується за умови, що $\sigma_T > \sigma$.

$$\sigma = \frac{P}{S},$$

де σ – питоме навантаження в зоні максимального зносу деталі, МПа;

P – зусилля, яке зазнає поверхня деталі в експлуатації, що становить 2200 кг;

σ_T – межа плинності сталі 45 після загартування, МПа;

S – площа мінімального перерізу, мм².

Площа мінімального перерізу в зоні пластичної деформації, що зазнає максимального зусилля:

$$S = H \times B,$$

де H – глибина впровадження інструменту 22,75мм;

B – товщина стінки деталі 7мм

$$S = 22,75 \times 7 = 159,2 \text{ мм}^2$$

Таким чином,

$$\sigma = \frac{2200}{159,2} = 138,1 \text{ МПа}$$

Згідно з довідковими даними [15] для загартованої сталі 45, що має твердість понад 50 HRC, межа плинності (σ_T) перевищує 890 МПа.

Отже зазначена вище умова $\sigma_T > \sigma$ повністю виконуються.

Отримані результати показують, що властивості відновленої деталі перебувають у повній відповідності з показниками властивостей, передбачених нормативно-технічною документацією на готовий виріб.

4.2. Економічна ефективність розробленої технології реновації стосовно відновлення розтискного кулака

Головним показником економічної ефективності є собівартість відновлення.

У загальному вигляді собівартість відновлення на конкретному підприємстві визначають за формулою:

$$C_{\text{в}} = C_{\text{виг}} + Z_{\text{пл}} + C_{\text{об}} + H_{\text{ц}} + H_{\text{с}} + C_{\text{бр}} + C_{\text{м}}.$$

У вартість матеріалів входять усі витрати на всі матеріали, які застосовують для відновлення цієї деталі:

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

де g_i – маса використаного матеріалу конкретного найменування, кг;

Π_i – ціна 1 кг матеріалу конкретного найменування, грн.;

n – кількість найменувань конкретних матеріалів.

Заробітну плату визначають з урахуванням комплексу операцій, передбачених технологічним процесом за формулою:

$$Z_{\text{пл}} = \left(\frac{T_{\text{н1}} C_{\text{п1}}}{60} + \frac{T_{\text{н2}} C_{\text{п2}}}{60} + \dots + \frac{T_{\text{н6}} C_{\text{п6}}}{60} \right) K_{\text{д}} K_{\text{н}} K_{\text{с}},$$

де $T_{\text{н1}}, T_{\text{н1}}, \dots, T_{\text{н6}}$ – норми часу на виконання операції з першого по шостий розряди з розрахунку на одну деталь, хв.;

$C_{\text{п1}}, C_{\text{п2}}, \dots, C_{\text{п6}}$ – погодинні тарифні ставки з першого по шостий розряди;

$K_{\text{д}}, K_{\text{н}}, K_{\text{с}}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно преміальні доплати, додаткову заробітну плату (оплата відпусток, компенсацій, чергувань тощо) і відрахування до фонду соціального страхування.

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання з розрахунку на одну деталь:

$$C_{\text{об}} = C_{\text{а}} + C_{\text{тп об}} + C_{\text{е}} + C_{\text{в}},$$

де C_a , $C_{т р об}$, C_e , C_v – витрати відповідно на амортизацію обладнання, ремонт і обслуговування обладнання, енергетичні джерела (електроенергію, газ, пар, стиснене повітря, воду), допоміжні матеріали.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати зазвичай визначають у відсотковому відношенні до заробітної плати виробничих робітників.

Втрати від браку враховують за допомогою коефіцієнта виходу придатних деталей у процесі відновлення.

При укрупнених розрахунках собівартості для визначення економічної доцільності відновлення можна користуватися таким виразом:

$$C_{\epsilon} = \left(\sum_{i=1}^d C_{num} S_i K_{ndi} \right) D_u + 0,1 C_n,$$

де d – число відновлюваних поверхонь деталей;

C_{num} – питома собівартість відновлення одиниці площі i -ї поверхні прийнятим способом;

S_i – площа (довжина) i -ї поверхні, дм^2 ;

K_{ndi} – коефіцієнт повторюваності дефекту i -ї поверхні;

D_u – коефіцієнт, що враховує витрати на підготовчі роботи під час відновлення деталей;

C_n – ціна нової деталі, грн.

Основними резервами зниження собівартості відновлених деталей є:

- зниження трудомісткості процесів відновлення за рахунок підвищення рівня механізації та автоматизації виробництва;

- зменшення питомої енергоємності процесів, тобто зменшення витрат електроенергії, газу, пари, стисненого повітря в розрахунку на одиницю площі відновлюваної поверхні.

Річна економія від запропонованої технології реновації складе:

$$E = \left[(C_1 + E_n K_1) \frac{P_1 + E_n}{P_2 + E_n} - (C_2 + E_n K_2) \right] A_2,$$

де C_1 , C_2 – собівартість відновлення деталі відповідно за базовим і новим варіантами, грн.;

K_1, K_2 – питомі капітальні вкладення на придбання та встановлення обладнання за базовим і новим варіантами, грн.;

P_1, P_2 – величини, зворотні строкам служби деталі, відновленої за базовим і новим варіантами;

A_2 – річний обсяг (кількість) відновлюваних деталей за новим варіантом у розрахунковому році, шт.

Розрахунок за представленою залежністю виконують у тому разі, коли термін служби відновлених деталей більше одного року.

Під час економічного обґрунтування технологічних, організаційних і маркетингових рішень у сфері промислового відновлення деталей необхідно виявляти економічну ефективність їх впровадження.

Економічна ефективність промислового відновлення деталей оцінюється за критеріями:

- рентабельності;
- конкурентоспроможності обраної технології відновлення по відношенню як до аналогічних способів відновлення, так і до виробництва деталей;
- терміну окупності проекту та обсягу капітальних вкладень.

4.3. Висновки по розділу 4

За результатами виконання розділу 4 зроблені наступні заключення:

1. Відновлені розтискні кулаки задовольняють технічним вимогам за формою, розмірами та властивостями, які висуває технічна та конструкторська документація до цих деталей.

2. Викладена методика розрахунку економічної ефективності запропонованої технології реновації деталі. Визначені шляхи зниження собівартості відновлення деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконання кваліфікаційної магістерської роботи, яка присвячена підвищенню довговічності деталей гальмівної системи використанням сучасних методів реновації на прикладі розтискного кулака, зроблені наступні загальні висновки:

1. Дослідження довговічності розтискного кулака гальмівної системи автомобілів сімейства КамАЗ засвідчили, що їхній ресурс під час експлуатації становить 86...98 тис. км. Однією з головних причин низької довговічності є абразивне спрацювання головки розтискного кулака внаслідок стирання випуклої частини її поверхні, що призводить до погіршення гальмівних характеристик автомобіля, які впливають на безпеку руху загалом.

2. Виявлено загальні закономірності зносу по евольвенті поверхні головки деталі. Максимальне зношування розташовується під кутом 90° щодо осової лінії. Встановлено структурні та фазові зміни в зоні контакту деталей (розтискний кулак - ролик), що призводять до зменшення твердості поверхні.

3. Аналіз працездатності та ступеня зносу розтискного кулака від пробігу автомобіля показав, що максимальна величина зносу досягає 3,25 мм на опуклій поверхні евольвенти голівки кулака під час пробігу автомобіля 98 тис. км, що спричиняє збільшення кута повороту деталі відносно нового виробу на 9° , що знижує ефективність процесу гальмування.

4. Запропоновано технологічний процес відновлення розтискного кулака, що складається з таких операцій: миття; дефектування; нагрівання; штампування; видалення окалини з поковки; механічна обробка; гартування з нагріванням СВЧ.

5. Реалізація запропонованого методу реновації розтискних кулаків засвідчили, що такі деталі повністю відповідають технічним вимогам.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ



1. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Реновація>
2. <https://erm.kntu.kr.ua/materiali/pidgotovka.html>
3. <https://logist.fm/publications/osnovni-trendi-suchasnogo-avtomobilebuduvannya>
4. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посібник / П.О. Руденко. — К.: Вища школа, 1993. — 414 с.
5. Волошук В.В. Моделювання теплових процесів в автомобільних барабанних гальмах / В.В. Волошук, Д.О. Вольченко // Автомобільний транспорт: зб. наук. пр. — Харків: ХНАДУ, 2009. — №24. — С. 20—26.
6. Хітров І.О. Ремонт машин і обладнання: Навч. посібник / І.О. Хітров, В.С. Гавриш. — Рівне: НУВГП, 2012. — 184 с.
7. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І. Черновол, В.Ю. Черкун, В.В. Аудін та ін. / За ред. М.І. Черновола. — Кіровоград: КОД, 2010. — 320 с.
8. Технологічні методи ремонтного відновлення деталей машин. Навчальний посібник / Д.Л. Радик, М.Г. Левкович, В.В. Васильків, М.Д. Радик. — Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. — 213 с.
9. Ремонт машин та обладнання: підруч. для вищ. навч. закл. / О.І. Сідащенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. ХНТУСГ. — 2 вид., перероб. і доп. — Х.: Міськдрук, 2014. — 740 с.
10. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2 / Сідащенко О.І., Тіхонов О.В., Скобло Т.С. та інші / За ред. О.І. Сідащенка, О.В. Тіхонова. Навчальний
11. Ремонт машин: підруч. для вищ. навч. закл. / О.І. Сідащенко, О.А. Науменко, Т.С. Скобло та ін. За ред. проф. О.І. Сідащенка, О.А. Науменка. — К.: Агроосвіта, 2014. — 665 с.

12. Попович В.В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Підручник/ В.В. Попович, В.В. Попович. — Львів: Світ, 2006. — 623 с.¶

13. Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. / Сідащенко О.І., Тіхонов О.І., Лузан С.О. та інші. Навч. посібник. — Харків: ХНТУСГ, 2017. — 361 с.¶

14. Черновол М.І., Пермяков О.А., Немировський Я.Б., Шепеленко І.В., Горбулик В.І. Методологія технологічного проектування процесу відновлення деталей // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні: зб. наук. пр. — Харків: НТУ «ХПІ», 2023. № 2 (8) 2023. — С. 10–16.¶

15. Технологічні методи ремонтного відновлення деталей машин. Навчальний посібник. / Д.Л. Радик, М.Г. Левкович, В.В. Васильків, М.Д. Радик. — Тернопіль: Видавництво ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. — 213 с.¶

16. Сучасний інструмент і машини для інтенсифікації слюсарно-ремонтних робіт: навч. посібник/ І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, О.А. Науменко, І.В. Шепеленко, О.Д. Мартиненко, О.О. Гончаренко, С.В. Лисенко. — Харків: «Діса-плюс», 2024. — 214 с.¶

17. Введення в технічний сервіс машин: методи усунення несправностей машин та обладнання: навч. посібник/ М.І. Черновол, І.М. Рибалко, О.В. Тіхонов, І.В. Шепеленко, О.А. Науменко, О.Д. Мартиненко. — Харків: «Діса-плюс», 2024. — 158 с.¶