

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ІМЕНІ
ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ Удосконалення технології відновлення корпусних
деталей сільськогосподарської техніки залізненням ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61
Спеціальності 208 „ Агроінженерія ”
(шифр і назва)

Ковалевський Антон Юрійович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.о.доц. Левчук О.В.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Баранович С.М.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

УДК 631. 263

Удосконалення технології відновлення корпусних деталей сільськогосподарської техніки залізненням. Ковалевський Антон Юрійович – Кафедра експлуатації та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП – 2024. 78 с. – Рис. 30. - Табл. 4. – 43 джерела.

В дипломній роботі було проведено аналіз конструктивних особливостей корпусних, їх характерні дефекти та способи відновлення отворів під підшипники. Аналіз показав, що всі існуючі способи металопокриттів, що застосовуються для відновлення посадкових отворів, у тому числі під підшипники, в автомобільних корпусних деталях, повною мірою не відповідають сучасним вимогам, які висуваються до якості продукції, яка випускається ремонтною галуззю.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які підтверджують, що для забезпечення надійної роботи агрегатів необхідне не тільки відновлення розмірів посадкових отворів корпусних деталей, а й відновлення їхнього взаємного розташування.

Проведено дослідження впливу режимів електролізу на експлуатаційні властивості електролітичного покриття залізо-мідь. Встановлені математичні залежності показників властивостей факторів процесу дозволяють отримувати покриття із заданими значеннями дотичної сили різання, міцності зчеплення з матеріалом основи, мікротвердості, процентного вмісту міді в покритті, зносостійкості.

Розроблено практичні рекомендації щодо відновлення посадкових отворів корпусних деталей машин електролітичним покриттям залізо-мідь. При встановлених доцільних діапазонах зміни режимів електролізу покриття залізо-мідь порівняно з «чистим» електролітичним залізом дотична сила різання знижується на 46,6%. Потрібна потужність верстата при обробці вторинної заготовлі знижується на 45,2%.

Також були розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: технологія, відновлення, корпусна деталь, залізнення і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1. Конструктивні особливості корпусних деталей.....	9
1.2. Характерні дефекти корпусних деталей.....	12
1.3 Аналіз способів відновлення отворів під підшипники чавунних корпусних деталей.....	17
Висновки до розділу 1.....	25
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ПОКРИТТЯ ЗАЛІЗО-МІДЬ.....	27
2.1 Визначення впливу деформацій посадкових отворів корпусів коробок передач на довговічність агрегатів та деталей.....	27
2.2 Визначення допустимої концентрації хлорної міді в електроліті як функції від міцності зсуву покриття залізо-мідь.....	35
Висновки до розділу 2.....	40
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	41
3.1 Методика визначення міцності зчеплення електролітичного покриття залізо-мідь із матеріалом основи.....	41
3.2 Методика проведення багатofакторного експерименту щодо визначення основних експлуатаційних властивостей електролітичного покриття залізо- мідь.....	44
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	50
4.1 Вплив концентрації хлорної міді в електроліті залізнення на міцність зчеплення покриття з матеріалом основи.....	50
4.2 Результати багатofакторного експерименту щодо визначення основних експлуатаційних властивостей електролітичного покриття залізо- мідь.....	51
Висновки до розділу 4.....	59

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
5.1. Вимоги безпеки до території приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних майстерень.....	61
5.2. Аналіз робочих місць за критеріями безпеки праці.....	62
5.3. Дослідження небезпечних виробничих факторів.....	62
5.4 Правила безпеки при виконанні технологічних операцій.....	63
5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
ДОДАТКИ.....	77

ВСТУП

Ресурс відремонтованих агрегатів значною мірою залежить від рівня технології та якості відновлення корпусних деталей. Відновлення зношених отворів корпусів призводить до порушення міжосьових відстаней, співвісності отворів, паралельності осей, що є причиною низького ресурсу відремонтованих вузлів та агрегатів. Так, ресурс коробок передач, зібраних із нових деталей та відновлених корпусів з порушеннями просторової геометрії, становить менше половини ресурсу нових [1,21,22].

Корпусні деталі трансмісії виготовляють переважно із сірого чавуну. Характерними дефектами корпусів є: знос посадкових отворів під підшипники та склянки, різьбових отворів, отворів під валики перемикування передач, під настановні штифти, тріщини та обломи; викривлення приєднувальних поверхонь. Коефіцієнти відновлення корпусів за капітального ремонту машин становлять 0,4 - 0,8 [26-28].

Найбільша повторюваність дефектів й у посадкових отворів під підшипники і склянки. Усунення цих дефектів становить основну складність технологічного процесу відновлення корпусних деталей. В результаті зношування, старіння і деформації корпусів порушуються не тільки розміри отворів, але і їх взаємне розташування, паралельність і перпендикулярність осей отворів між собою і щодо настановних баз. Тому в процесі відновлення поряд з доведенням розмірів отворів до номінальних значень необхідно відновлювати їхнє просторове розташування, витримуючи точні розміри.

Основне завдання при відновленні корпусів полягає в правильному виборі способу нанесення покриття, схеми базування та технології механічної обробки, що дозволяють відновити зносостійкість і задані параметри точності.

Актуальність питання найважливішим завданням ремонтного виробництва на етапі є розробка нових ефективніших технологічних процесів відновлення зношених деталей машин. Найбільш гостро ця проблема проглядається при технологічному формуванні якості відновлення зношених корпусних деталей

машин, що є дорогими, металомісткими та складними у виробництві. Відновлення зношених отворів корпусів призводить до порушення міжосьових відстаней, співвісності отворів, паралельності осей, що є причиною низького ресурсу відремонтованих агрегатів. Основне завдання при відновленні корпусів полягає в правильному виборі способу нанесення покриття, схеми базування та технології механічної обробки, що дозволяють відновити зносостійкість і задані параметри точності. У зв'язку з цим удосконалення технології відновлення отворів під кільця підшипників у корпусних деталях з метою забезпечення можливості відновлення геометричних параметрів та необхідної зносостійкості є актуальним.

Об'єктом дослідження є технологічний процес нанесення електролітичного залізного покриття з властивостями, що забезпечують необхідну оброблюваність при відновленні зношених посадкових отворів корпусних деталей машин.

Предметом дослідження є експлуатаційні властивості нового електролітичного покриття залізо-мідь.

Мета роботи - технологічне забезпечення експлуатаційних властивостей електролітичного залізного покриття стосовно відновлення зношених посадкових отворів під підшипники корпусних деталей машин.

Наукова новизна:

- розроблено теоретичні положення щодо визначення впливу деформацій посадкових отворів корпусів коробок передач на довговічність агрегатів та деталей;

- отримана математична залежність, що описує взаємозв'язок міцності зчеплення покриття з матеріалом основи та геометричними характеристиками посадкових отворів корпусних деталей автомобілів, що дозволяє проводити розрахунок необхідної та достатньої міцності зчеплення покриття при розробці технологічного процесу нанесення електролітичного покриття залізо-мідь;

- встановлені закономірності, що описують взаємозв'язок між режимами технологічного процесу нанесення електролітичного покриття залізо-мідь та його експлуатаційними властивостями.

Практична цінність та реалізація результатів роботи:

- встановлені закономірності, що описують взаємозв'язок між режимами технологічного процесу нанесення електролітичного покриття залізо-мідь та його експлуатаційними властивостями;

- визначено доцільні режими залізнення для одержання зносостійких залізомідних покриттів;

Завдання досліджень:

- провести аналіз конструктивних особливостей корпусних деталей;

- провести аналіз існуючих технологічних процесів відновлення отворів під підшипники у чавунних корпусних деталях;

- розробити теоретичні положення щодо визначення впливу деформацій посадкових отворів корпусів коробок передач на довговічність агрегатів та деталей;

- розробити теоретичні положення для визначення необхідної та достатньої міцності зчеплення покриття залізо-мідь стосовно технологічного процесу відновлення посадкових отворів корпусних деталей машин залізненням;

- дослідити вплив технологічних режимів на експлуатаційні властивості електролітичного покриття залізо-мідь.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Конструктивні особливості корпусних деталей

Розвиток сучасного машинобудування тісно переплітається з викликом підвищення надійності та довговічності деталей машин, які працюють в екстремальних умовах. Особливу увагу приділяють корпусним деталям сільськогосподарських машин.

Для того, щоб сільськогосподарська техніка, зокрема зернозбиральні комбайни, виконувала свої функції, необхідно, щоб вона мала відповідні якісні та експлуатаційні характеристики. Однією з ключових характеристик є надійність. Ця якість визначається на етапах проектування, виробництва, дослідження, експлуатації та ремонту машин і технологічного обладнання. Підвищення надійності сільськогосподарських машин сприяє підвищенню продуктивності в сільському господарстві.

Питання надійності та якості виготовлення сільськогосподарської техніки набуває особливого значення в Україні, оскільки рівень технічного забезпечення сільського господарства в країні знизився. Продуктивність сільськогосподарських робіт в агротехнічні строки залежить від працездатності машин, їх якості та надійності.

Силова передача машини включає в себе комплекс механізмів, які передають потужність від двигуна до ведучих коліс та приймального валу робочої машини. Вона забезпечує зміну кутової швидкості та крутного моменту. Силова передача трактора, автомобіля чи комбайна складається з муфти зчеплення, коробки передач та головної передачі, розташованих у відповідних корпусних деталях – корпусах муфти зчеплення, коробок передач та заднього мосту [9-11,18].

За формою, корпусні деталі можна класифікувати як прості і складні, за розмірами – дрібні, середні та великі. З технологічної точки зору, деталі можуть бути точно обробленими (за формою наближені до тіл обертання) та тими, основні оброблювані поверхні яких взаємно паралельні та перпендикулярні.

Розподіл за розташуванням поверхонь включає в себе лінійне розташування базових ліній та розташування базових ліній у різних площинах і під різним кутом. Щодо цілісності поверхні отвору, вона може бути цілісною, роз'ємною чи розірваною. За наявністю конструктивних елементів поверхні отвору виділяють гладкі, з буртиком, з кільцевою канавкою (однією чи двома), з проточкою під заглушку, з технологічним отвором, скосом, вибіркою.

Для систематизації внутрішніх циліндричних поверхонь корпусних деталей силових передач проведено докладний аналіз основних деталей комбайнів, використовуваних в сільському господарстві.

У виробництві корпусних деталей машин найчастіше використовують сірий чавун марок СЧ 18, СЧ 20, СЧ 21, СЧ 24 з твердістю 170-240 НВ. Окремі корпуси виготовляють з чавуну СЧ 15, ВЧ 45 та сталі 35Л з твердістю 165-240 НВ. Для корпусів широко використовується алюмінієвий сплав АЛ 32. [18]

Діаметральні розміри отворів під підшипники та отвори під вали шестерень виконують за 7-м та 8-м квалітетами відповідно. Точність міжцентрового розташування та допуски на співвісність, паралельність та перпендикулярність осей отворів визначені в межах, що забезпечують високу якість та надійність корпусних деталей. Поверхні, що адаптовані для взаємодії, піддавалися обробці з шорсткістю в діапазоні від $R_a = 6,4$ до 1,25 мікрметрів, забезпечуючи оптимальну текстуру. Відхилення цих поверхонь від прямолінійності допускалося в межах від 0,05 до 0,2 міліметра на всій їхній довжині, що гарантувало високу геометричну точність. Ненормальність торцевих поверхонь до осей отворів зберігалася в межах 0,01-0,1 міліметра на кожні 100 міліметрів радіуса, забезпечуючи стабільність і точність всіх конструкційних елементів.

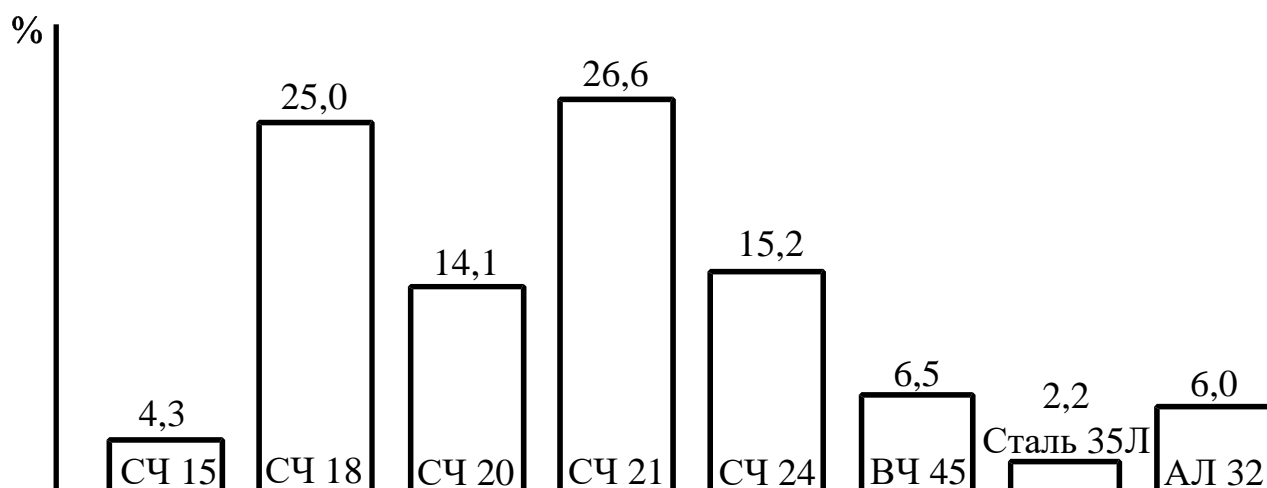


Рисунок 1.1 – Розподіл корпусних деталей за матеріалом.

Підшипники та вали шестерень мають встановлюватися в отвори з урахуванням зазору, натягу та перехідних посадок. Для внутрішніх циліндричних поверхонь основної маси корпусів встановлені межі шорсткості в діапазоні від $R_a = 1,25$ до $2,5$ мікрметрів. Час від часу шорсткість регулюється одночасно за параметрами R_a і R_z . У таких випадках, для поверхонь під підшипники регламентується шорсткість з параметром R_a , а для поверхонь під вали шестерень - з параметром R_z .

Діаметри отворів під підшипники в корпусних деталях розташовані в межах від 52 мм до 160 мм і становлять приблизно 95% від усіх внутрішніх циліндричних поверхонь корпусних деталей. Довжина поверхонь під підшипники знаходиться в діапазоні від 11 мм до 60 мм [9-11,18].

У процесі експлуатації машин посадочні поверхні деталей силових передач витримують значні навантаження, зокрема, шестернями передаються зусилля від 30 кН і більше. Питомі навантаження на внутрішні циліндричні поверхні коливаються від 1 МПа до 7 МПа. Проте, важко встановити пряму залежність між ступенем зносу внутрішніх циліндричних поверхонь і величиною питомих навантажень [41-43].

1.2. Характерні дефекти корпусних деталей

Кожна окрема складова машини, яка є конструктивною одиницею, складається з певної кількості елементів, загальна кількість яких обмежується не більш як шістьма (тертя, опорні, привалочні, передавальні, кріпильні, зв'язні). Ці зазначені елементи формують комплекс характерних структурних параметрів, які визначають технічний стан деталей.

Дослідження проявів зносу деталей виявило, що основною причиною втрати працездатності є спрацювання робочих поверхонь. Виходячи з проведеного аналізу, можна стверджувати, що відмови, викликані зносом, у сучасних машинах сягають 80-90% від загальної кількості відмов.

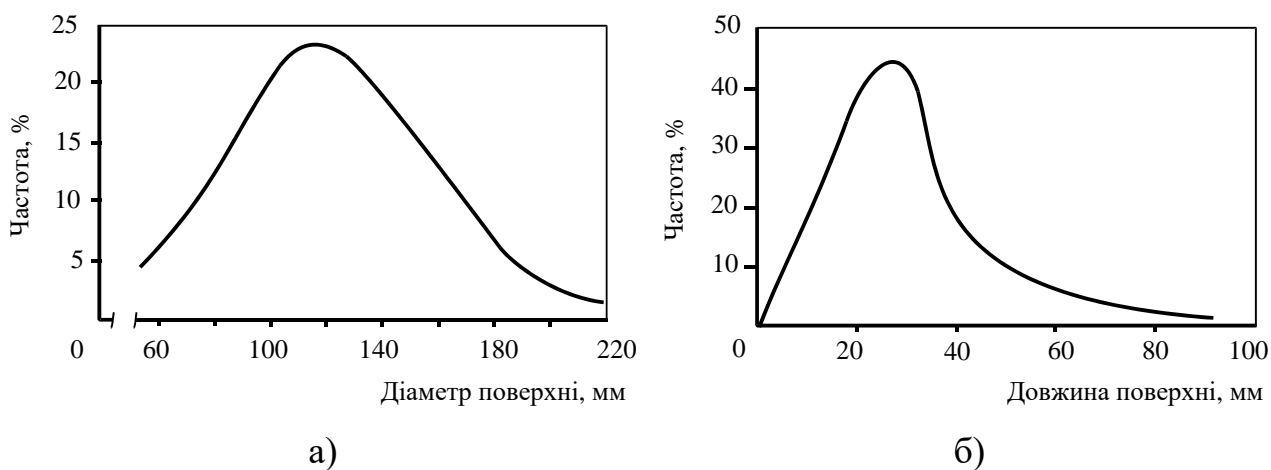


Рисунок 1.2 – Розподіл внутрішніх циліндричних поверхонь за діаметром (а) та довжиною (б).

Дефекти поверхонь деталей розподіляються за видами невідповідності розмірам (74,9 %), формі (19,5 %), шорсткості (4,9 %), фізико-механічним властивостям (0,2 %) та порушенням цілісності (0,5 %). Значна частина деталей (приблизно 83 %) має спрацювання до 0,6 мм, з основною часткою припадання на циліндричні поверхні (52 %) [41-43].

Особливе місце серед деталей, які потребують відновлення, займають корпусні деталі сільськогосподарських машин. Корпусні деталі, представляючи собою складні конструкції, піддаються аналізу з точки зору чистоти обробки спряжених поверхонь, точності розмірів елементів та взаємного розташування спряжених поверхонь базових деталей.

Характерні дефекти корпусних деталей включають тріщини, зломи, пробоїни, пошкодження різей, спрацювання поверхонь отворів під підшипники, а також порушення взаємного просторового розташування опорних поверхонь.

Наукові вивчення та практика ремонтних виробництв підтверджують, що однією з основних причин скорочення терміну служби машинних агрегатів є відхилення у взаємному розташуванні спряжених поверхонь базових деталей.

Згідно з класифікацією умов роботи відновлюваних поверхонь деталей, внутрішні циліндричні поверхні можуть перебувати в спряженні з іншими поверхнями в нерухомому стані (за рахунок сил тертя або допоміжних деталей) або в рухомому стані (при терті ковзання з різними видами руху).

Дослідження підтверджують, що від 50% до 80% корпусних деталей тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин потребують відновлення садочних місць під підшипники. Це призводить до відмови близько 22% підшипників [32-34].

Результати також свідчать, що внаслідок спрацювання посадочних поверхонь порушуються міжцентрові відстані валів, їх паралельність, співвісність отворів, що призводить до прискореного зносу підшипників, шестерень і валів, а також підвищення шуму, самовимикання передач і збільшення енерговитрат на подолання сил тертя.

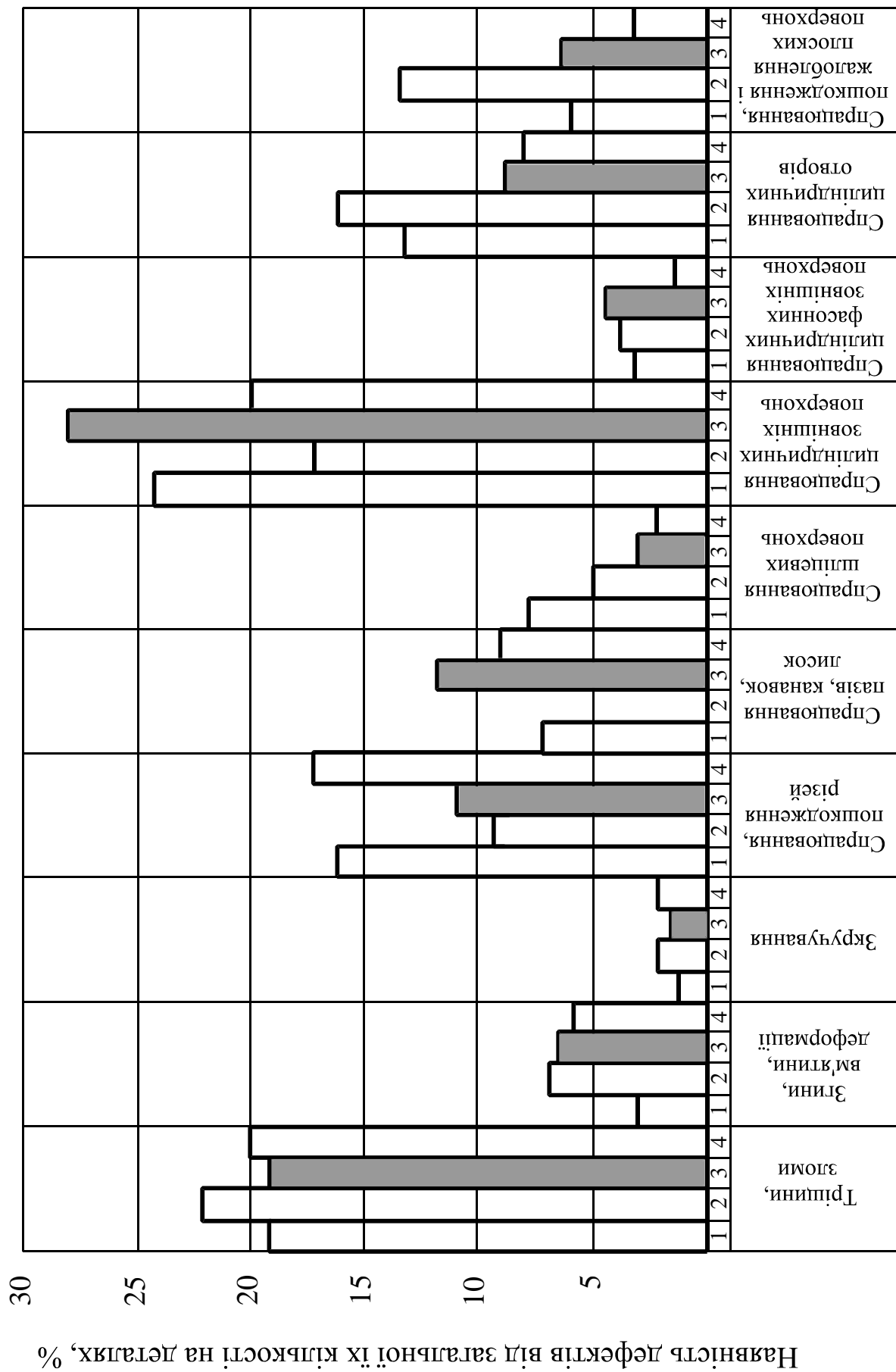


Рисунок 1.3–Наявність дефектів на основних конструктивних елементах деталей машин: 1 – трактори; 2 – автомобілі; 3 – комбайни; 4 – сільськогосподарські машини та знаряддя.

Спрацювання посадочних поверхонь під підшипники представляє собою ключовий дефект корпусних деталей, трансмісій тракторів, автомобілів та комбайнів, які застосовуються у сільському господарстві. Максимальні значення спрацювань в середньому коливаються від 0,2 мм до 0,7 мм, а для окремих поверхонь можуть досягати 1,5-2 мм.

Перекося валів на $34'$ збільшує напруження на зуб на 18%, а при перекося на $3^{\circ}22'$ – на 75%. Непаралельність осей на 0,2 мм збільшує навантаження на зуб до 128%. Спрацювання поверхні посадочного отвору на 0,05 мм збільшує навантаження на зуб до 25%, а ресурс зменшується в декілька разів.

У результаті спрацювання порушується макрогеометрія посадочних отворів, виражена у формі овальності і конусності. Для сільськогосподарських машин овальність отворів знаходиться в межах 0,02-0,1 мм, а конусність – від 0,01 до 0,05. Конусність отвору в межах допустимого виготовлення зменшує довговічність кулькових підшипників на 27%, а овальність тієї ж величини – на 18%.

Перекося валів, нерівномірність крутного моменту, збільшення динамічних навантажень та вібрацій впливають на ресурс підшипників кочення. Додаткова потужність, витрачена на подолання сил тертя, призводить до різкого збільшення робочих температур підшипникових вузлів і зниження довговічності підшипників у 5-7 разів. Збільшення навантаження в n разів знижує довговічність вузла в n^3 рази.

Довговічність підшипника суттєво залежить від посадки підшипника в отвір. Посадка підшипника 307 у отвір із зазором 0,1 мм знижує його довговічність у 1,5 рази, а із зазором 0,2 мм – у 2 рази у порівнянні з довговічністю при нульовому зазорі. Посадка підшипника 208 із зазором 0,095 мм знижує його довговічність у 1,4 рази, а із зазором в 0,139 мм – у 1,8 рази.

Спрацювання посадочних поверхонь корпусних деталей залежить також від стану самого підшипника. Збільшення радіального зазору підшипника призводить до збільшення амплітуди коливання рухомого кільця та появи ударів кільця об

кульки, що вимагає збільшення натягу посадки підшипника як на валу, так і в отворі.

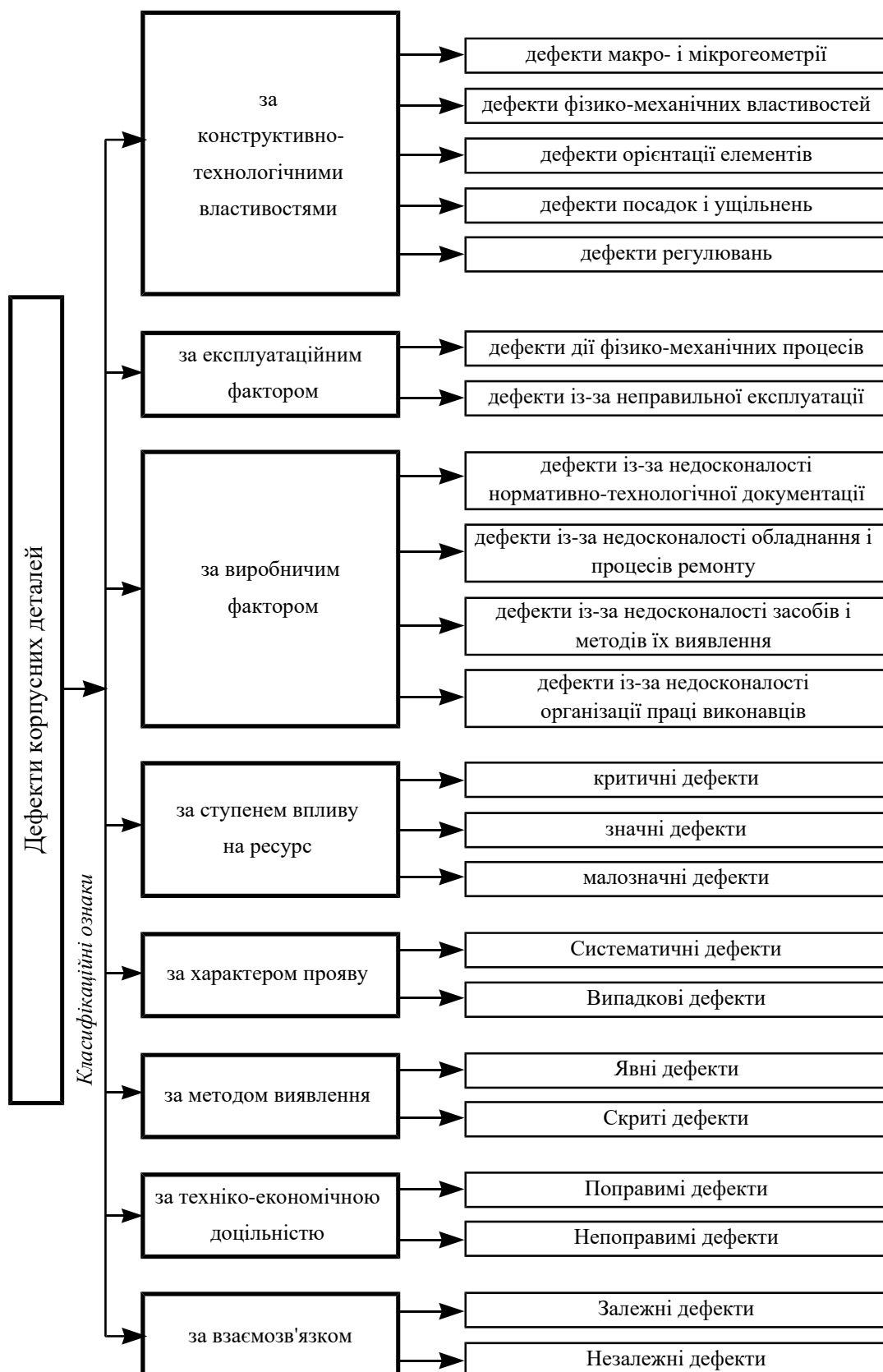


Рисунок 1.4 – Класифікація дефектів корпусних деталей.

Деформація корпусних деталей відбувається внаслідок дії залишкових напружень, які мають складний характер розподілу. Залишкові напруження не знімаються повністю, навіть після штучного або звичайного старіння. Під дією залишкових напружень в обробленій корпусній деталі відбувається зміна геометричних параметрів: жолоблення поверхонь, зміна форми поверхонь посадочних отворів, зміна міжосьових відстаней, порушення паралельності та перпендикулярності осей і площин.

Класифікація дефектів дозволяє проаналізувати основні фактори, що впливають на надійність корпусних деталей та їх складальних одиниць, а також на машину в цілому.

1.3 Аналіз способів відновлення отворів під підшипники чавунних корпусних деталей

Актуальним є пошук надійних способів відновлення отворів під кільця підшипників у корпусних деталях, що забезпечують можливість відновлення геометричних параметрів (співвідносі, допусків на розміри, шорсткості поверхні), а також забезпечують необхідну зносостійкість.

Відновлення таких чавунних корпусних деталей пов'язане із значними труднощами, зумовленими високою схильністю чавуну до утворення твердих структурних складових (ледебуриту, мартенситу) та підвищеної схильністю до тріщиноутворення. Останнє пов'язане не лише з наявністю ледебуритної евтектики та мартенситу, але й з низькою пластичністю та міцністю чавуну. Тому роботи з відновлення посадкових отворів у чавунних корпусах деталей ведуться у напрямку створення таких процесів, які забезпечували б отримання оброблюваних покриттів різанням. Такими способами є:

1. Гальванічне нанесення покриттів;
 - Залізнення місцеве;
 - Залізнення проточне;
 - електронатирання;
 - нанесення залізо-цинкового покриття;

2. Нанесення епоксидних компаундів;
3. Газополум'яна обробка;
4. Напилення;
5. Електромікронаплавлення;
6. Газопорошкова наплавка;
7. Низькотемпературна наплавка - паяння;
8. Вібродугова наплавка;
9. Електроіскрове наплавлення;
10. Контактне приварювання сталевих стрічки.

У проведеному нижче огляді наведено аналіз способів відновлення поверхонь отворів в корпусних деталях і наведено деякі рекомендації щодо впровадження найбільш кращих.

Гальванічні способи знайшли певне застосування у зв'язку з розробкою вневаних способів нанесення покриттів - способу місцевих залізничних ванн і проточного залізнення.

Спосіб місцевих ванн відрізняється простотою та знаходить застосування на ремонтних підприємствах. Концентрований розчин хлористого заліза (600 г/л) з кислотністю $pH=0,6-0,7$ при кімнатній температурі дозволяє отримати досить якісне покриття при катодній щільності струму $D_k=4...8$ А/дм² завтовшки 0,05...0,15мм. Зчеплення покриття з основою забезпечується попереднім знежиренням поверхні (бензином) та анодним очищенням у 30% розчині сірчаної кислоти при $D_a=20...70$ А/дм².

Недолік способу залізнення в місцевих ваннах - низька швидкість осадження заліза - 0,10...0,15 мм/год, а також жорсткі вимоги до стабільності режимів залізнення на всіх операціях та відсутність можливості механізації та автоматизації процесу. Причому при даному способі швидко збіднюється електроліт і його не завжди вистачає для отримання необхідної якості та товщини покриття.

Спосіб проточного залізнення розроблений професорами М.П.Мелковим і А.М. Пашенних, був у подальшому досліджений у роботі П.И.Мирзоянца [14,22].

Спосіб полягає в тому, що поверхня, що покривається перетворюється в замкнуту комірку, через яку прокачується електроліт зі швидкістю 5 см/сек при $D_k=30$ А/дм² в порівнянні зі способами місцевих ванн швидкість осадження заліза збільшується і становить 0,25 мм/год. Позитивною стороною залізнення є висока міцність зчеплення покриття з деталлю застосування недорогих матеріалів. До недоліків способу слід зарахувати низьку швидкість осадження.

Різновидом вневаних гальванічних методів є електронатирання. Однак невисока швидкість нарощування (3...10 мкм/хв) обмежує застосування електронатирання для деталей із зносом понад 0,1 мм.

Цинкозалізненні гальванічні покриття.

Технологія відновлення посадочних місць у корпусних деталях цинкозалізними покриттями розроблена відомими науковцями. Для нанесення добре оброблюваних покриттів завтовшки 0,3...0,4 мм рекомендується використовувати електроліт наступного складу: сірчаноокислий цинк - 250 г/л, сірчаноокисле залізо - 30...50 г/л, сірчаноокислий амоній - 50 г/л, сірчана кислота 0,5...2,0 г/л.

Режим електролізу: катодна щільність струму 5...15 А/дм² температура електроліту 50...60°C.

Формування гнізд епоксидними компаундами набула деякого поширення при ремонті автомобілів, тракторів та сільськогосподарських машин [14,22]. У США, Англії, Японії, Фінляндії ці матеріали використовують для відновлення сполучення типу «гніздо корпусної деталі - зовнішнє кільце підшипника».

Ремонт названих вище деталей і з'єднань полягає у нанесенні на зношену поверхню шару полімерного матеріалу, часткового його затвердіння та подальшого калібрування під номінальний розмір.

Недоліки процесу - значна частка ручних робіт, складність механізації процесу, внаслідок чого й великі витрати часу відновлення деталі. Так, часткове затвердіння триває від 0,5 до 1,5 годин.

Після калібрування відновлена поверхня отверждається протягом 12...24 годин при кімнатній температурі або 5 годин у сушильній шафі при температурі

60...80°C. Крім того, синтетичні матеріали схильні до швидкого старіння і за багатьма властивостями поступаються металопокриттям. Так, твердість Брінеллю не перевищує 11,0 МПа, теплоємність по Мартенсу не більше 117°C, середня напруга при зрушенні, що характеризує адгезію, не перевищує 14,5 МПа. Спосіб вимагає високої точності дотримання технології [14,22].

Спосіб газополум'яної обробки з метою відновлення посадкових поверхонь заснований на структурних перетвореннях в чавуні при його нагріванні, які призводять до створення залишкових напруг. Радіальне усадження отвору при нагріванні до 750 ... 850 ° С може досягти 0,24 мм. Однак в умовах експлуатації спостерігається релаксація залишкової напруги, що призводить до зміни геометричних розмірів, тому радіальна усадка, раніше досягнута при обробці, зменшується.

Високий нагрів деталі може призвести до її викривлення і порушення розташування поверхонь, що сполучаються і, як було показано вище, до зниження працездатності всього агрегату. В силу вказівних причин застосування способу газополум'яної обробки відновлення посадкових поверхонь є неефективним.

Металізація досліджувалась багатьма вченими в лабораторних умовах. За даними дослідників, отримані позитивні результати для відновлення гнізд у корпусних деталях під шарики підшипники плазмовою металізацією. Проте практичне використання цього способу на авторемонтних підприємствах країни не набуло поширення. Це складністю пристрою і обслуговування плазмової установки, і навіть не надійною роботою його вузлів, зокрема плазмотрона. Крім того, матеріали для відновлення цим технологічним варіантом дефіцитні.

Однак металізація може проводитись іншими способами з використанням простого обладнання для газополум'яного напилення.

Так у ряді зарубіжних літературних джерел повідомляється про застосування для напилення порошкового матеріалу Metco-404. Цей порошок є зерна алюмінію, покриті шаром нікелю. При нанесенні цього порошку на поверхню виробу алюміній при температурі 630°C вступає в екзотермічну реакцію з нікелем з утворенням нікелю, що міцно утримується на поверхні, що

напилюється. У нашій країні для напилення застосовують алюмінієво-нікелевий дріт «Алюнік7/1».

Статична міцність нерухомих пар (при перепресуваннях) відновлених деталей плазмовою металізацією перебуває на рівні нових, а динамічна міцність при циклічному навантаженні зусиллям 360 кг при $N=10$ і $25*10$ циклів склала на 11% вище, ніж у нових деталей.

Цей метод відновлення нині удосконалюється низкою науково-дослідних колективів.

Електромікронаплавлення впроваджено у низці підприємств. Сутність способу полягає в наступному. Пучку електродів (80...160 шт.) діаметром 0,5...0,8 мм повідомляють обертальний рух зі швидкістю 600...1250 об/хв. При обертанні круглого пучка електродів і зіткненні з деталлю з'являються електричні розряди і метал наноситься на поверхню. Наплавлення проводиться електродами з дроту Св-08. Різновидом зазначеного способу є відновлення посадкових поверхонь мідним диском, що обертається. Для виготовлення електродних дисків використовують вирубний штамп. Одним таким електродом відновлюють до 40...45 посадкових гнізд підшипників.

Для здійснення технологічного процесу відновлення посадкових гнізд корпусних деталей необхідно надати обертання деталі зі швидкістю 30...40 об/хв. Швидкість обертання електрода - 600...1250 об/хв. Відновлювана деталь та електрод обертаються у взаємо- протилежних напрямках. Струм дуги становить 200...400А; напруга - 8...12В. Поздовжня подача електрода повинна дорівнювати 0,08...0,1 мм/об. За два проходи електрода можна наростити шар завтовшки 0,2...0,3 мм на діаметр. Величина наплавленого шару, його щільність і шорсткість поверхні великою мірою залежать від вибраних параметрів (числа оборотів деталі та електрода, подачі електрода та величини струму). Наплавлена поверхня після калібрування є однорідним металом без пір, раковин і сторонніх включень.

Недоліком способу мікронаплавлення є те, що при форсованих електричних режимах можна отримати наплавлений шар до 0,2...0,3 мм на діаметр.

Однак при такому режимі нагрівання чавуну (основи деталі) стає значним,

з'являється відбіль та тріщиноутворення підшару, можливі відколи на окремих ділянках. При знижених значеннях струму і напруги нагрівання деталі знижується, і товщина покриття тоді становить 0,07...0,08 мм на бік. В обох випадках поверхнева твердість мідного наплавленого шару нижче твердості матеріалу деталі.

Газопорошкова наплавка - це новий низькотемпературний процес наплавлення чавуну порошковими сплавами і застосовується для виправлення дефектів лиття на фінішних операціях механічної обробки [2,13,32,33].

Процес газопорошкового наплавлення включає:

1) локальний (місцевий) підігрів поверхні дефекту полум'ям пальника до 400 ... 450 °С;

2) підлужування з метою запобігання поверхні від окислення (пальник з повністю відкритим порошковим важелем швидко переміщається над нагрітою поверхнею, і порошок, що видується, утворює на наплавлюваній поверхні найтонший захисний шар); 3) наплавлення.

Наплавлення здійснюється без розпилення основного металу. При цьому заплавлення дефекту тонкими шарами (0,1...3,0 мм) можливе завдяки порівняно малому тепловложенню в основний метал, що не викликає суттєвих деформацій у виробі. У процесі наплавлення проводиться

У процесі наплавлення проводиться пульсуюча подача порошку, що забезпечує повне розплавлення зерен порошкових сплавів.

Дослідженнями встановлено, що для процесу газопорошкового наплавлення чавуну доцільно застосовувати порошки з грануляцією частинок 140...160 мкм. Більші частинки (зерна) не встигають розплавитися в полум'ї та зварювальній ванні, що веде до великих втрат порошку в процесі наплавлення та появи дефектів у наплавленому металі.

Низькотемпературна наплавка – паяння. Паяння - наплавлення чавуну широко застосовується у зарубіжній техніці. У вітчизняній практиці цей процес використовується мало.

Разом з тим паяння-наплавлення має ряд істотних переваг перед

наплавленням. Оскільки процес здійснюється шляхом застосування сплаву-припою більш легкоплавкого, ніж чавун, паяння-наплавлення йде при значно нижчих температурах, ніж наплавлення. Внаслідок цього знижується небезпека відбілу, тріщиноутворення, підвищується продуктивність праці та економічність процесу порівняно зі способами наплавлення, пов'язаними з підігрівом деталей.

Як матеріали покриттів найбільшу популярність здобули припій ПМЦ-36, ПМЦ-48, ПМЦ-54, Л62. Як флюси застосовуються флюси на основі бури, борної кислоти, кухонної солі. Застосування цих припоїв і флюсів для паяння-наплавлення чавунів не виключає можливість структурних і об'ємних змін у поверхні, що відновлюється, деталі, а, отже, не виключаються (при відсутності попереднього підігріву) відбиль і тріщиноутворення. Поява вищевказаних явищ у чавунах при пайці-наплавці може бути пояснена на підставі наступних міркувань: відомо, що припій може розтікатися і змочувати основний метал лише при температурах поверхні основного металу вище за точку солідусу припою. Виходячи з цих тверджень, робоча температура паяння-наплавлення латунними припоями повинна бути вищою за 850...900°C, тобто. процес здійснюється при температурах, що на 120...170°C перевищують температуру евтектоїдного перетворення чавуну (вище АС1). Ця обставина і зумовлює можливість відбілювання та тріщиноутворення. При паянні-наплавці чавунів латунними припоями необхідно видаляти графіт з поверхні випалюванням окислювальним киснево-ацетиленовим полум'ям, оскільки вільний графіт перешкоджає нормальному перебігу процесу змочування. Ця обставина ускладнює, подорожчає процес та знижує його якісні показники.

Як припої найбільш доцільно застосовувати крем'янисті латуні ЛК62-65, ЛОК 59-1-03 та ін. Застосування цих матеріалів з низькотемпературним флюсом забезпечують наступні властивості:

- а) Міцність зчеплення на відрив $Q = 240$ МПа;
- б) Зона термічного впливу трохи більше 1 мм;
- в) Відсутні сліди відбілу.

Технологічний процес паяння-наплавлення латунних матеріалів з

використанням поверхнево-активних флюсів ідентичний широко застосовуваним при відновленні деталей способами газового, височастотного та електродугового наплавлення і може бути здійснений на наявному обладнанні. Отримання флюсу не буде важко в умовах заводу за такою технологією:

1. Компоненти розчиняються у гарячій воді, що має температуру 85°C . Флюс перетворюється на сметаноподібну пасту, а потім твердне.

2. Отриманий флюс прожарюють при температурі 500°C . Отриманий таким чином флюс має температуру плавлення $T_{\text{ш}}=650^{\circ}\text{C}$ забезпечує щільний наплавлений метал і хороше змочування.

Вібродугове наплавлення. При відновленні посадкових місць під підшипники в чавунних коробках зміни передач можуть бути отримані задовільні результати, якщо використовувати вібродугове наплавлення. З метою зменшення термічного впливу на деталь наплавлення бажано вести в охолодній рідині (2,5...6,0% CaCO_3 або 20% водний розчин гліцерину). Незначне зношування поверхні посадкових місць вимагає застосування дротів діаметром 1,0...1,2 мм.

В якості матеріалу, що наплавляється бажано використовувати сталі, що виключають утворення твердих структур, тобто. сталі аустенітного класу (X18H9T та ін.), зі стабілізуючими добавками титану, ванадію, ніобію, феритного класу (X17, X25 та ін.), нікелеві сплави (у тому числі ніхром).

Враховуючи перераховані вище рекомендації можна отримати легко оброблювані різанням покриття з мінімальним припуском і деформацією корпусів.

Електроіскрове наплавлення. Спосіб заснований на здатності електрики при електричних розрядах між близько розташованими електродами руйнувати поверхню електродів і переносити матеріал з одного електрода на інший.

Цей спосіб дозволяє наносити покриття розмір без подальшої механічної обробки, але він дуже продуктивний. Процес легко автоматизується і з огляду на незначну вартість обладнання можна характеризувати його як конкурентоспроможний для відновлення посадкових місць під підшипники в КП.

Контактне приварювання сталеві стрічки. Технологічний процес

відновлення отворів шляхом контактного приварювання сталеві стрічки включає три основні етапи:

1. Підготовку отворів та заготовлю стрічки;
2. Приварювання стрічки;
3. Обробку отворів.

На першому етапі зношене отвір розточують до діаметра, що перевищує номінальний на 1,0-1,2 мм. Стрічку вирубують на гільйотинних ножицях зі сталі СТ 20 за ГОСТ 2284-69. Товщина стрічки 1мм. Ширина стрічки відповідає глибині отвору, а довжина - менше довжини кола отвору на 1-2 мм. Стрічки надають круглої форми. Для відновлення роз'ємних отворів стрічку виготовляють із двох половин. З поверхні стрічки видаляють сліди корозії та олій. При установці в отвір кінці стрічки повинні стикуватися, але не перекриватися.

На другому етапі деталь встановлюють на стіл верстата, електроди зварювальної головки пневмоприводом притискають до поверхні із зусиллям 2000-2500 Н. Приварювання здійснюють швами з відстанню до 3 мм один від одного і відступивши від краю стрічки на 5-10 мм.

Висновки до розділу 1

Всі існуючі способи металопокриттів, що застосовуються для відновлення посадкових отворів, у тому числі під підшипники, в автомобільних корпусних деталях, повною мірою не відповідають сучасним вимогам, що висуваються до якості продукції, що випускається, ремонтною галуззю за такими параметрами:

- Гальванічні способи мають низьку продуктивність, але відрізняються відсутністю температурних впливів на деталь та дуже низькою собівартістю технології.

- Способи наплавлення та газополум'яної обробки характеризуються високим термічним впливом, що викликає деформацію виробу. Ця обставина обумовлює необхідність штучного старіння виробів після нанесення металопокриттів.

- Формування епоксидними компаундами характеризується низькою

продуктивністю та високою трудомісткістю технології, яка не виправдовує застосування автоматизації та механізації для прийнятої навіть найвищої програми авторемонтних підприємств. Крім того, відновлені даним способом деталі мають зниження довговічність, внаслідок поганої теплопровідності покриття.

- Напилення може забезпечити високу ефективність відновлення корпусних деталей у разі застосування як напилюваних матеріалів ашомініду нікелю і порошків, що самофлюсуються. Внаслідок високої вартості матеріалів процес може бути економічно доцільним лише відновлення отворів з невеликими зносами. Для відновлення корпусних деталей цей процес мало вивчений.

- Електроіскрове наплавлення, незважаючи на високі показники надійності та низьку трудомісткість остаточної механічної обробки, практично не знайшло застосування через дуже низьку продуктивність нанесення покриття. Однак цей недолік стає несуттєвим при автоматизації процесу та при відновленні отворів з незначними зносами.

- Приварювання сталеві стрічки може забезпечити якісне відновлення отворів тільки за певних режимів, які знаходяться досвідченим шляхом для кожної конкретної поверхні, що відновлюється.

На підставі вищезгаданого можна зробити наступні рекомендації щодо відновлення отворів у чавунних корпусних деталях:

- При значних зносах отворів найкращим способом нанесення покриття слід вважати приварювання сталеві стрічки.

- При невеликих зношуваннях отворів - напилення алюмінію-нікелю, матеріалів, що самофлюсуються, або гальванічне нанесення електролітичних залізних покриттів.

- При малих зносах отворів переважно застосування електроіскрового наплавлення.

Застосування перерахованих вище способів для відновлення отворів в корпусних деталях з гарантованою надійністю доцільно після проведення досліджень з оптимізації режимів технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОЛІТИЧНОГО ПОКРИТТЯ ЗАЛІЗО-МІДЬ

2.1 Визначення впливу деформацій посадкових отворів корпусів коробок передач на довговічність агрегатів та деталей

Одним із напрямів технологічного формування якості ремонту є формування оптимальної геометрії деталей та їх просторового розташування, оскільки довговічність агрегатів та деталей визначається не лише якістю поверхневого шару, а й взаємним розташуванням поверхонь щодо один одного.

Теоретичне обґрунтування впливу деформацій посадкових отворів корпусів на довговічність агрегатів і деталей є можливим зробити на прикладі картера коробки передач автомобіля марки КрАЗ, оскільки він найбільше широко використовується в автотранспортних підприємствах для перевезення вантажів.

Розглянемо роботу коробки передач автомобіля марки КрАЗ при передачі максимального крутного моменту двигуна M_e .

Передатне число першої передачі (рисунок 2.1)

$$i_1 = i'_1 \cdot i''_1 = \left(\frac{d_1}{d'_1}\right) \cdot \left(\frac{d'_2}{d_2}\right),$$

де i'_1, i''_1 - передавальні числа першого та другого ступенів;

d_1, d'_1, d_2, d'_2 - діаметри початкових кіл відповідних.

У зачепленні з похилими зубами на шестірню провідного валу діють сили:

$P'_{\tau 1}$ - тангенціальна, P'_{n1} - радіальна, Q'_1 - осьова, але в зубчасте колесо проміжного валу - $P'_{\tau 1}, P'_{n1}, Q'_1$.

У зачепленні із прямими зубами на шестірню проміжного валу діють сили $P'_{\tau 2}, P'_{n2}$; але в зубчасте колесо веденого валу - $P'_{\tau 2}, P'_{n2}$. Величина цих сил визначається за даними [24,31].

Для визначення навантажень, що діють на вали, останні розглядаємо як статично визначальні балки, що оперті одним кінцем на нерухомий шарнір, а іншим - на рухомий.

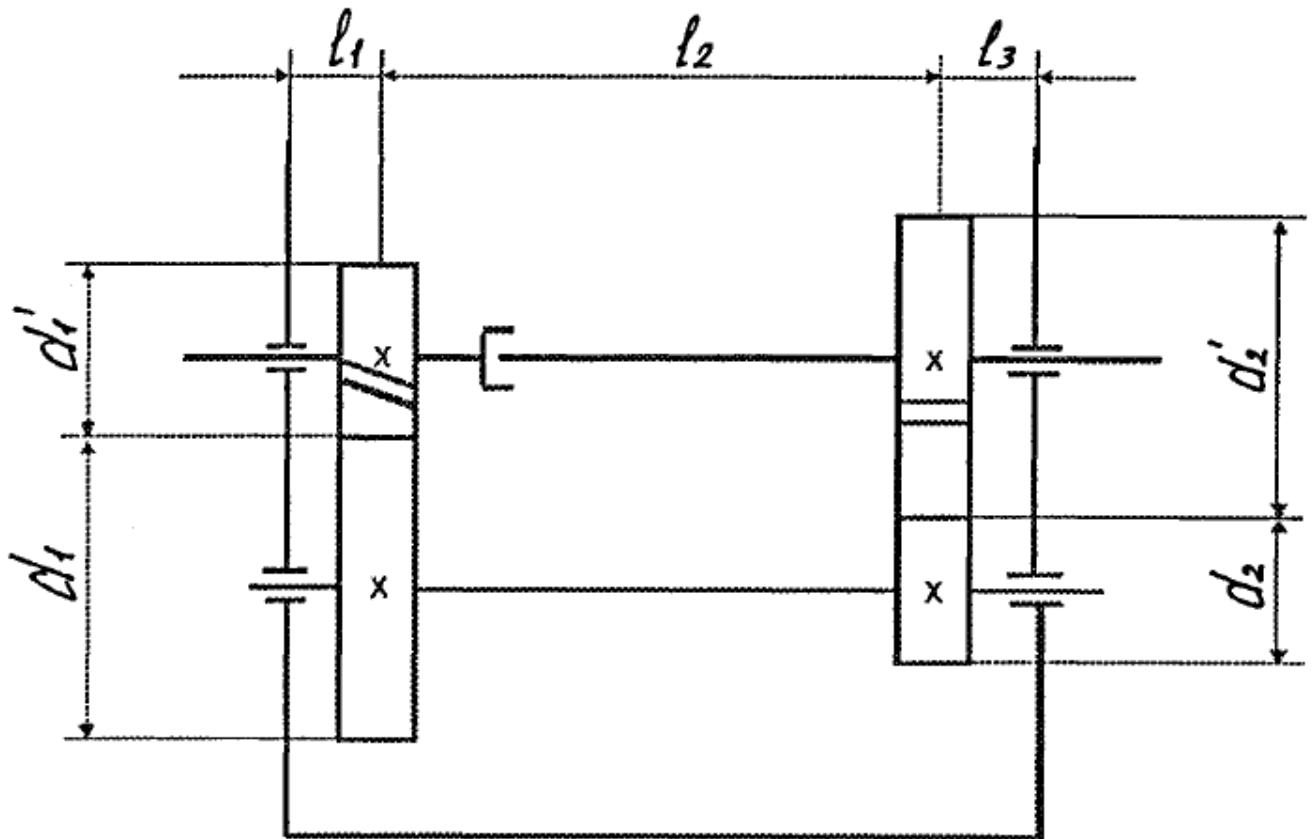


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема коробки

Реакції у підшипниках ведучого та веденого валів (рисунок 2.1) $X_A = Q_1'$

$$Z_A = \frac{Q_1' \cdot \left(\frac{d_1'}{2}\right) + P_{n1}' \cdot (l_2 + l_3) + P_{n2}' \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$$Y_A = \frac{P_{\tau 1}' \cdot (l_2 + l_3) - P_{\tau 2}' \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

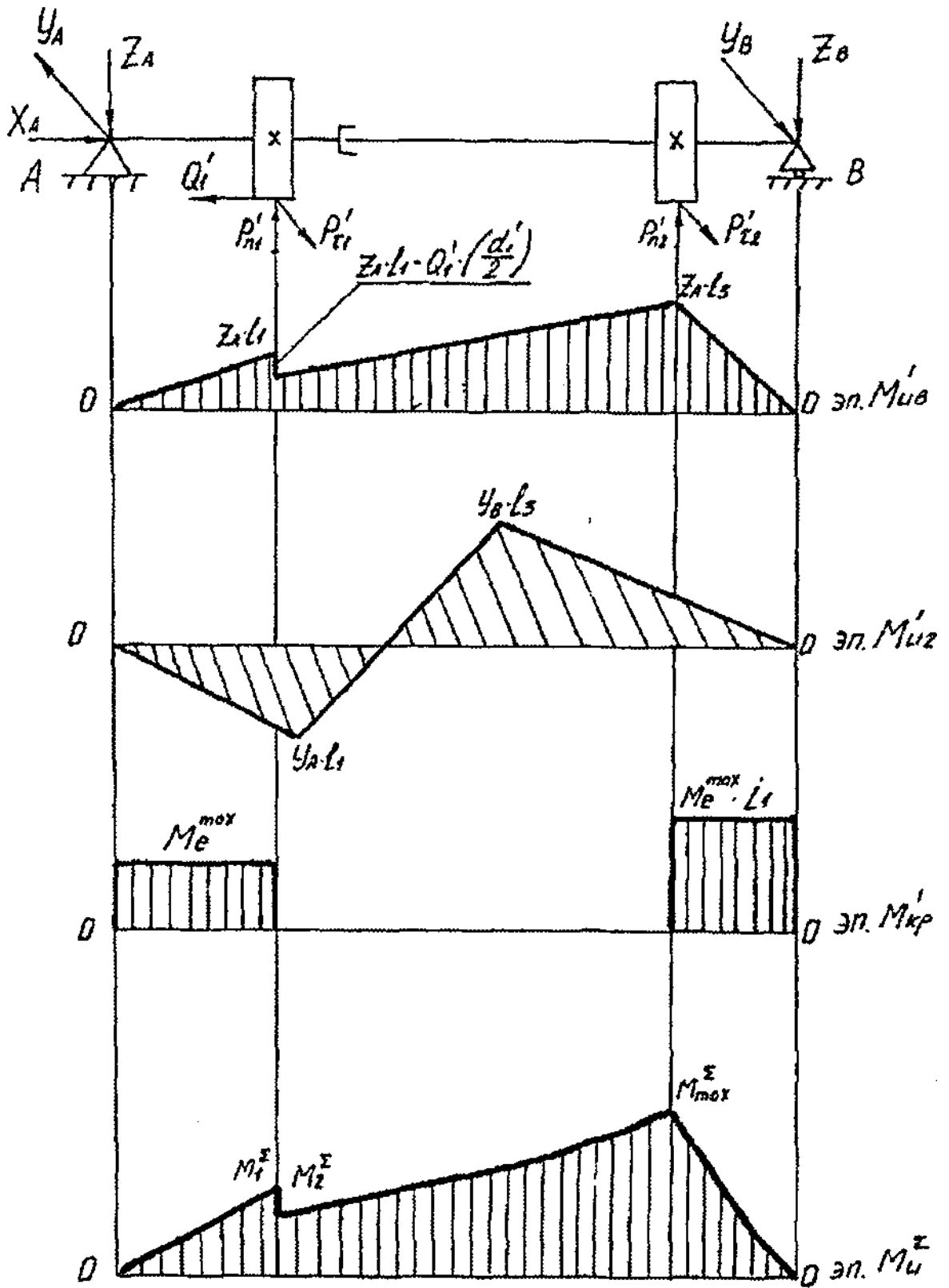


Рисунок 2.1 – Схема навантаження ведучого та веденого валів

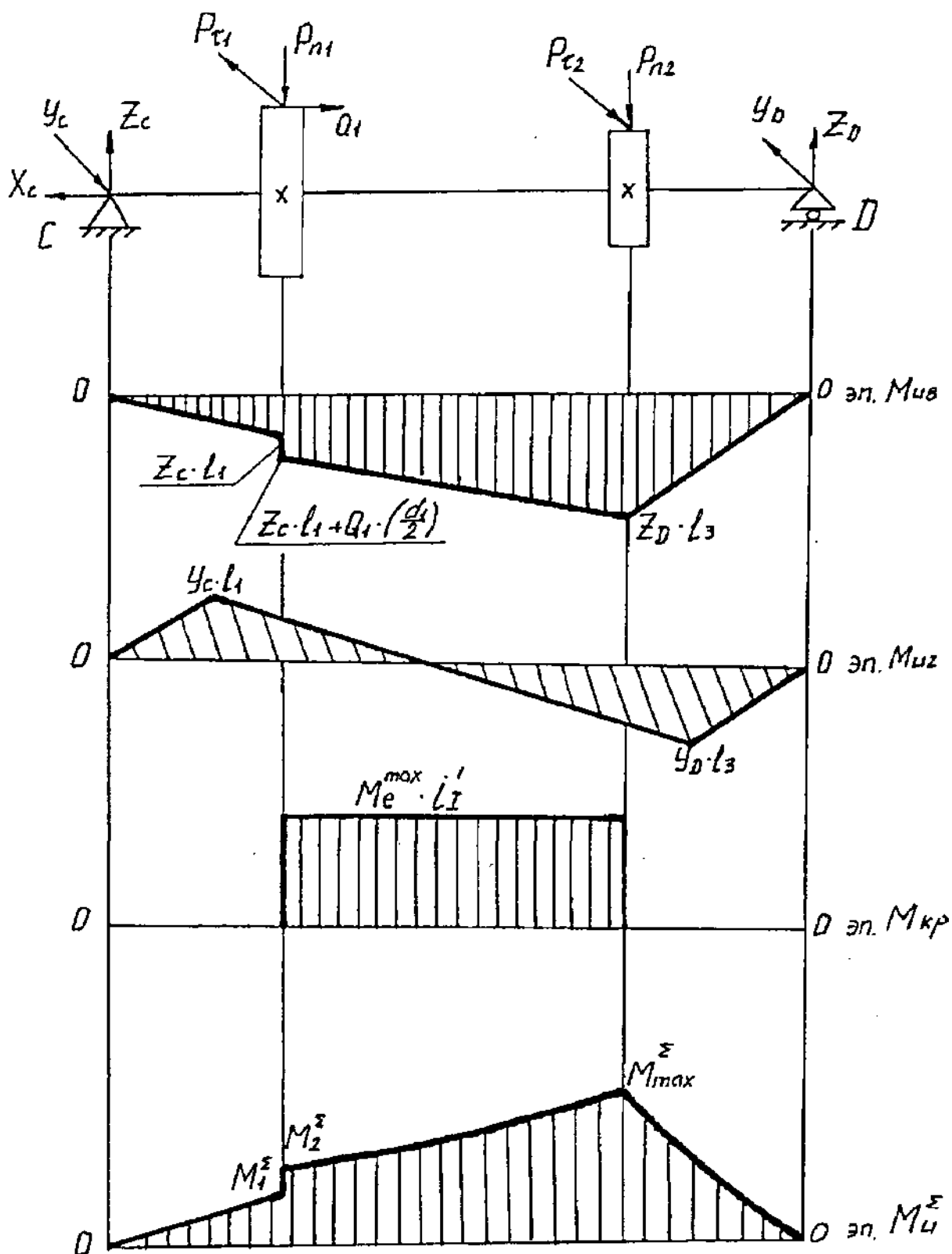


Рисунок 2.2 – Схема навантаження проміжного валу

Будуємо епюри згинальних моментів у вертикальній (еп. $M'_{ив}$) та горизонтальній (еп. $M'_{иг}$) площинах (у бік опуклості деформованої балки). Сумарний згинальний момент знаходимо за формулою

$$M_{\Sigma} = \sqrt{(M'_{\text{ИБ}})^2 + (M'_{\text{ИГ}})^2} \quad (2.1)$$

Епюра M_{Σ} - просторова, умовно маємо її в одній площині. Сумарні реакції опор:

$$R_A = \sqrt{X_A^2 + Y_A^2 + Z_A^2} \quad (2.2)$$

$$R_B = \sqrt{Y_B^2 + Z_B^2} \quad (2.3)$$

Визначаємо реакції у підшипниках проміжного валу (рисунок 2.3) $X_C = Q_1$

$$Z_D = \frac{P_{n2} \cdot (l_1 + l_2) + Q_1 \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right) + P_{n1} \cdot l_1}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$$Y_C = \frac{P_{\tau1} \cdot (l_2 + l_3) - Q_1 \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right) + P_{\tau2} \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$$Z_C = \frac{P_{n1} \cdot (l_2 + l_3) - Q_1 \cdot \left(\frac{d_1}{2}\right) + P_{n2} \cdot l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$$Y_D = \frac{P_{\tau2} \cdot (l_1 + l_2) - P_{\tau1} \cdot l_1}{l_1 + l_2 + l_3}$$

Будуємо епюри згинальних моментів. Сумарний згинальний момент знаходимо за формулою, аналогічною формулою (2.1), а сумарні реакції опор за формулами, аналогічними (2.2), (2.3).

Для визначення впливу неспіввісності отворів на виникнення додаткових навантажень вал розглядаємо як статично невизначену балку, одним кінцем жорстко защемлену, а іншим, що спирається на повзун.

При цьому приймаємо припущення:

1. Балка, що розглядається, не є конкретним відображенням будь-якого валу, а є усередненою пружною системою з постійною жорсткістю по всій довжині. Це припущення призводить до похибки 5 - 7%;

2. Вважаємо, що кутовий люфт кілець радіально-упорних підшипників, рівний $\sim 0,004$ рад [40], повністю компенсується за рахунок деформації навантаженого валу (кут повороту осі валу над опорою в даному випадку $\sim 0,003$ рад; розрахунки авторами не наводяться) та зміни просторового кутового положення осей гнізд під підшипники в картері коробки внаслідок внутрішніх

напруг.

Прийнятим припущенням більшою мірою відповідає проміжний вал, так як він має жорсткість, що мало змінюється по всій довжині. Для системи «ведучий - ведений вали» з відомим ступенем точності можна поширити випадок навантаження проміжного валу навантаженнями, що виникають від неспіввісності отворів.

Розглянемо схему навантаження внаслідок неспіввісності опор (рисунок 2.3).

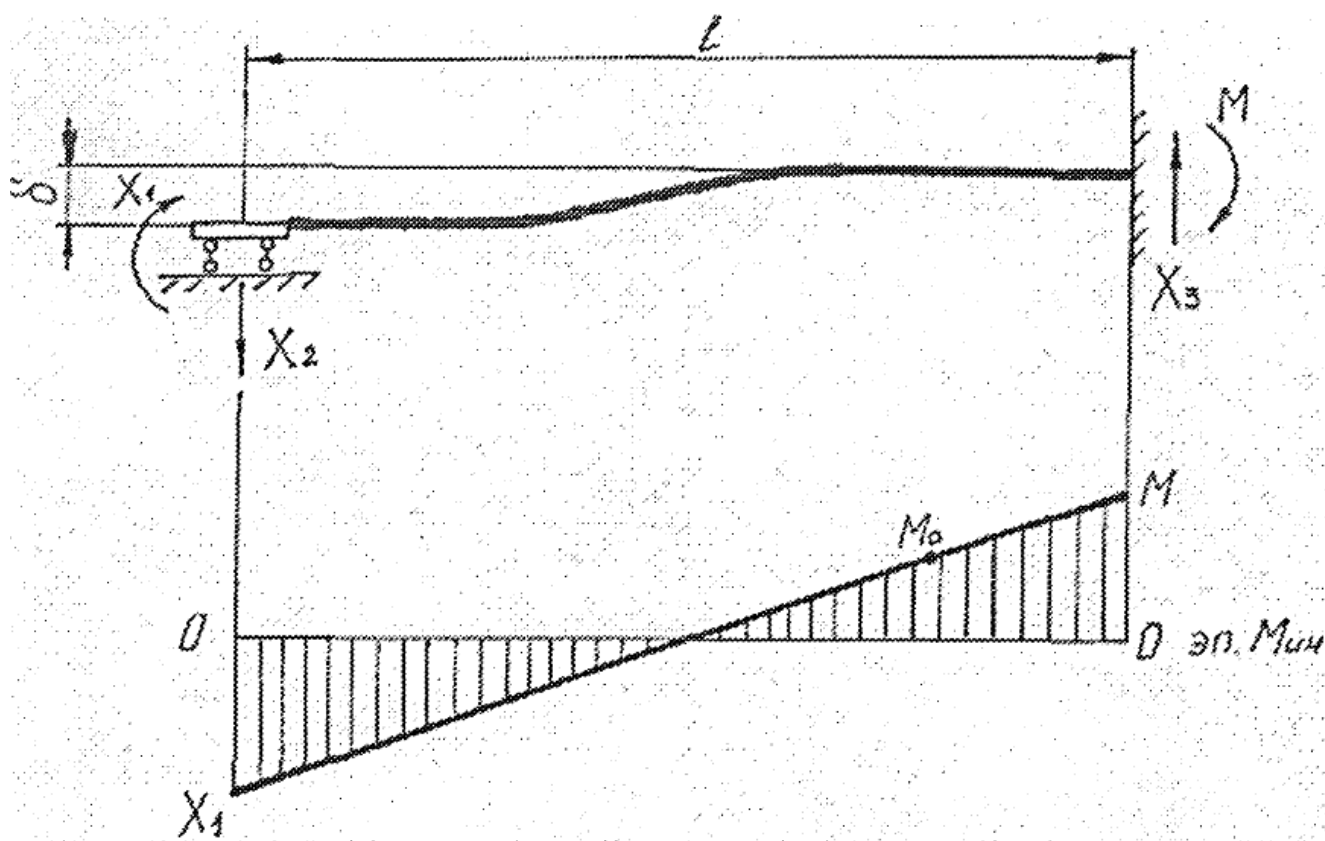


Рисунок 2.3 – Схема навантаження внаслідок неспіввісності опор

Маємо двічі статично невизначену систему. Для розкриття статичної невизначеності застосовуємо спосіб з наступним перемноженням епюр за правилом Верещагіна [24].

$$X_2 = X_3 = \frac{12 \cdot EI \cdot \delta}{l^3}$$

$$X_1 = M = \frac{6 \cdot EI \cdot \delta}{l^2}$$

де δ - величина відхилення від співвісності отвору;

l – загальна довжина валу.

Будуємо епюру згинальних моментів (еп. $M_{\text{ин}}$). Аналіз епюр $M_{\text{и}}^{\Sigma}$ та епюри $M_{\text{ин}}$ (дозволяє зробити висновок, що при величинах неспіввісності $8 < 0,8$ мм небезпечним є переріз у зоні зачеплення проміжного з веденим валом).

Для співвісних опор $M_{\text{и}}^{\text{с}} = M_{\text{max}}^{\Sigma}$; $\sigma_{\text{и}}^{\text{с}} = \frac{M_{\text{и}}^{\text{с}}}{W_{\text{и}}}$

для несоосних опор, $M_{\text{и}}^{\text{с}} = M_{\text{max}}^{\Sigma} + M_0$; $\sigma_{\text{и}}^{\text{н}} = \frac{M_{\text{и}}^{\text{н}}}{W_{\text{и}}}$

$M_{\text{и}}^{\text{с}}$, $M_{\text{и}}^{\text{н}}$ - згинальні моменти в небезпечному перерізі;

M_0 - додатковий згинальний момент у небезпечному перерізі внаслідок неспіввісності опор; $\sigma_{\text{и}}^{\text{с}}$,

$\sigma_{\text{и}}^{\text{с}}$, $\sigma_{\text{и}}^{\text{н}}$ - нормальні напруження в небезпечному перерізі;

$W_{\text{и}}$ - момент опору вигину небезпечного перерізу.

Напруження кручення:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_{\text{кр}}}$$

де $M_{\text{кр}}$ - крутний момент у небезпечному перерізі;

$W_{\text{кр}}$ – момент опору кручення.

Знаходимо еквівалентну напругу по 3-й теорії міцності:

$$\text{Для співвісних опор } \sigma_e^{\text{с}} = \sqrt{(\sigma_{\text{и}}^{\text{с}})^2 + 4 \cdot \tau_{\text{кр}}^2} \quad (2.4)$$

$$\text{Для несоосних опор } \sigma_e^{\text{н}} = \sqrt{(\sigma_{\text{и}}^{\text{н}})^2 + 4 \cdot \tau_{\text{кр}}^2} \quad (2.5)$$

Визначимо коефіцієнт довговічності валу. Розмір допустимого напруги $[\sigma]$ по [24].

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{-1}}{\lambda_{\sigma} \cdot [n]} \cdot m \sqrt{\frac{4 \cdot 10^6}{N_{\text{ц.е}}}} \quad (2.6)$$

де σ_{-1} – межа міцності при симетричному циклі навантаження;

λ_{σ} - коефіцієнт переходу межі витривалості зразка до межі витривалості деталі;

$[\sigma]$ – коефіцієнт запасу міцності;

m - показник ступеня (для покращених валів $m \sim 8$);

$N_{ц,е}$ – еквівалентна кількість циклів роботи.

Прирівнюємо значення σ_e^c та σ_e^H , знайдені за формулами (2.4) і (2.5) до виразу за формулою (2.6). Знаходимо $N_{ц,е}^c$ і $N_{ц,е}^H$, еквівалентні кількості циклів при співвісних та не співвісних опорах.

Коефіцієнт довговічності валу

$$K_d^B = \frac{N_{ц,е}^H}{N_{ц,е}^c} = \left(\frac{\sigma_e^c}{\sigma_e^H} \right)^m$$

Визначимо вплив неспіввісності отворів на ресурс підшипників. Вихідною для розрахунку підшипників кочення на довговічність є експериментальна залежність

$$Q^n \cdot N_{ц} = const \quad (2.7)$$

де Q – навантаження на підшипник;

$N_{ц}$ – Число циклів зміни навантаження;

n – показник ступеня ($n = 3.3$).

Коефіцієнт довговічності підшипника дорівнюватиме

$$K_d^n = \left(\frac{R^c}{R^H} \right)^n \quad (2.8)$$

де R^c , R^H - реакції в підшипнику без урахування та з урахуванням неспіввісності

$$R^c = R \quad (2.9)$$

$$R^H = R + X_3 \quad (2.10)$$

де R - реакція у підшипнику при номінальному режимі роботи;

X_3 – додаткова реакція у підшипнику внаслідок неспіввісності.

Результати розрахунків коефіцієнтів довговічності наведено рисунку 2.4.

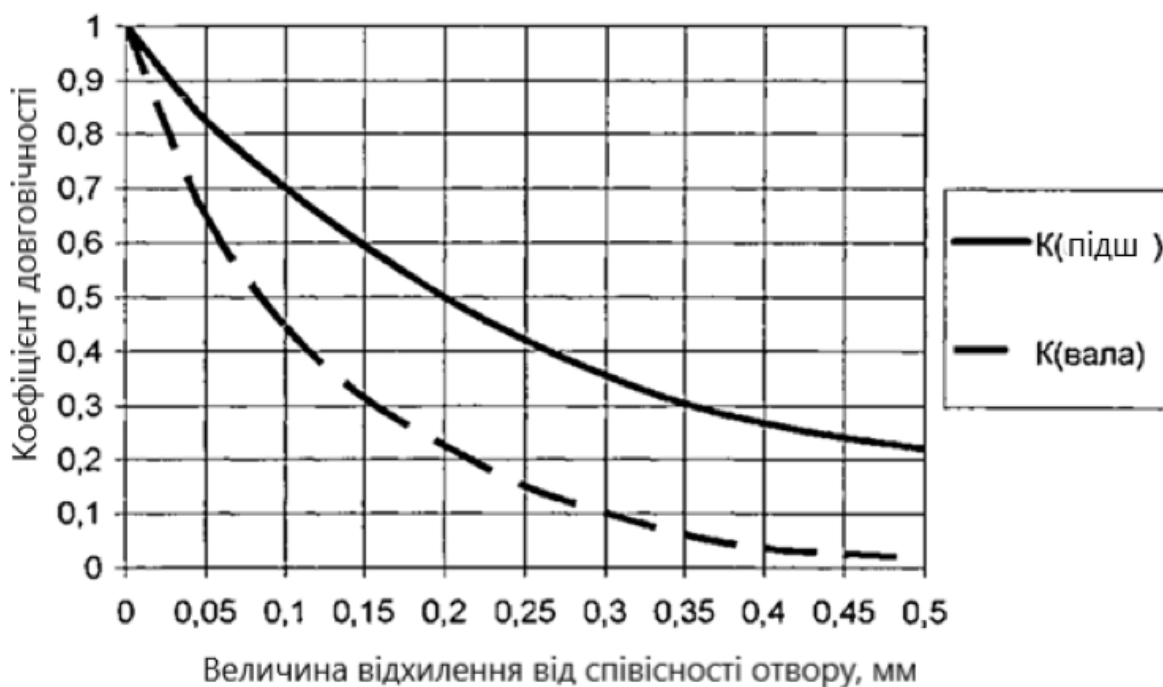


Рисунок 2.4 – Зміна коефіцієнтів довговічності проміжного валу коробки передач автомобіля КраЗ та його заднього підшипника

Для забезпечення необхідної співвісності при обробці отворів коробок необхідно прагнути до підвищення жорсткості системи. Для цього необхідно в стадії проектування технологічних процесів відновлення деталі закладати режими, при яких властивості оброблюваності поверхневого шару по можливості не відрізнятимуться від властивостей матеріалу деталі. Виходячи з цього, у разі оптимізації властивостей електролітичних залізних покриттів за параметром "оброблюваність", як параметр оптимізації повинна виступати дотична сила різання.

2.2 Визначення допустимої концентрації хлорної міді в електроліті як функції від міцності зсуву покриття залізо-мідь

Проведені дослідження дозволили отримати залежність міцності зсуву (σ) концентрації хлорної міді в електроліті залізнення. Однак виникають труднощі у вирішенні задачі визначення припустимого зниження σ .

З цією метою необхідно розробити модель для розрахунку мінімальної достатньої міцності зсуву покриття при відновленні отворів посадкових корпусних деталей [36-39]. Як показано на малюнку 2.5 оброблена в номінальний

розмір вторинна заготовка містить циліндр правильної геометричної форми з товщиною стінки

$$T = (D - D_1)/2 \quad (2.11)$$

$$D = D_1 + a + 2(m + T_1)$$

де a - середньостатистична величина зносу посадкового отвору ($a = 0,2$ мм за даними [36-39] та аналізу технічного стану, що надходять у ремонт корпусів КПП автомобілів);

m - допуск на співвісність отворів корпусної деталі (0,05мм);

$T_1 = 0,2$ мм - припуск на попередню обробку чистовим точенням (зазначена величина достатня для підготовки робочої поверхні корпусної деталі перед залізненням, так як у роботі [22] показано, що відмінностей між величинами зносу по горизонталі та по вертикалі з ймовірністю 98% не спостерігається)

Тоді $T=0.35$ мм.

З представленої моделі видно, що на поверхню з'єднання отвору корпусної деталі та покриття електролітичного заліза впливатимуть:

- радіальне напруження σ_r , внаслідок питомого тиску P , що створюється пресою посадкою зовнішньої обойми підшипника;

- тангенціальна напруга σ_t внаслідок впливу крутного моменту $M_{кр}$.

Для більш наочного опису напруг, що впливають на циліндр 1 (рис 2.6), сформований електролітичним залізним покриттям, необхідно розглянути вигляд плоского поперечного перерізу.

По граням елемента АБ, що збігаються з площиною перерізу, діятиме головна напруга σ_z , викликане тиском на днище циліндра. Цю напругу можна вважати постійною по поперечному перерізу циліндра. Вплив σ_z можна знехтувати, так як воно за абсолютною величиною зазвичай значно менше σ_r і σ_t [22].

В даному випадку тиск на циліндр 1 з боку корпусної деталі $P_1 = 0$. Застосовуючи третю теорію міцності (найбільшої дотичної напруги), отримуємо, що найбільша різниця головної напруги дорівнює

$$(\sigma_T - \sigma_R)_{max} = 2P \cdot R^2 / (R^2 - R_1^2) \quad (2.12)$$

На рисунку 2.5 показано, що на поверхні з'єднання величина радіального напруження $\sigma_R = 0$. Тоді максимальна тангенціальна напруга від тиску P дорівнює

$$\sigma_T(P) = 2P \cdot R^2 / (R^2 - R_1^2) \quad (2.13)$$

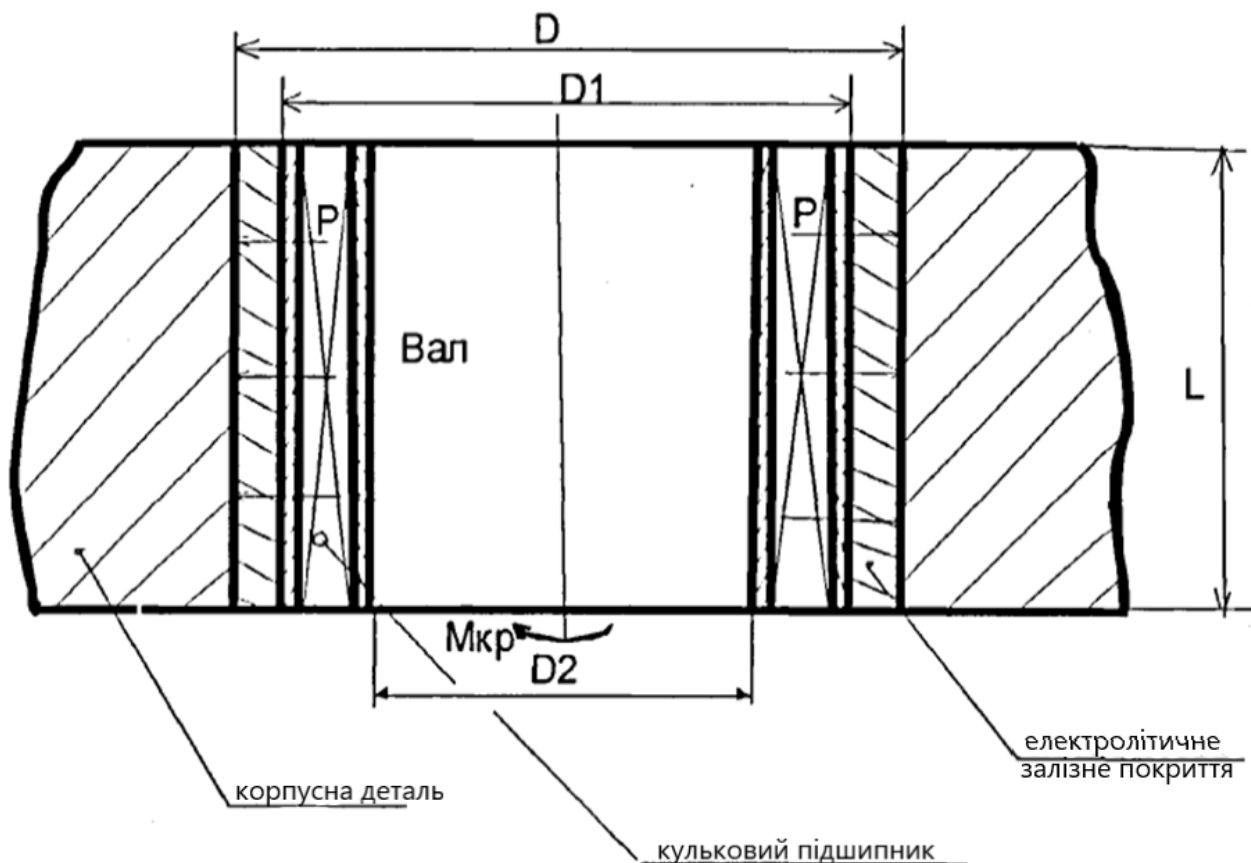


Рисунок 2.5 – Модель для розрахунку мінімальної достатньої міцності зсуву покриття при відновленні посадкових отворів корпусних деталей: D_1 - номінальний діаметр сполучення; D - середньостатистична величина діаметра отвору корпусної деталі, з урахуванням припусків на попередню обробку, нанесення покриття та зміщення співвісності; L - номінальна довжина сполучення; D_2 - внутрішній діаметр підшипника; $M_{кр}$ - величина крутного моменту, що впливає на поверхню з'єднання електролітичного залізного покриття та отвори корпусної деталі, що відновлюється агрегату; P - тиск поверхні з'єднання від найбільшого натягу, створюваного при перехідній посадці підшипника

Далі визначимо тангенціальну напругу від дії $M_{кр}$

$$\sigma_t(M_{кр}) = M_{кр} / (S_{зсуву} \cdot R) \quad (2.14)$$

$$\text{де } S_{зсуву} = \pi DL$$

Визначимо довжину з'єднання в осьовому напрямку $L = (0,2-0,25)D_1$, з урахуванням того, що у виразі (2.14) L знаходиться в знаменнику, приймаємо $L = 0,20$.

Тоді

$$\sigma_t(M_{кр}) = M_{кр} / (0,4\pi R^2 D_1) \quad (2.15)$$

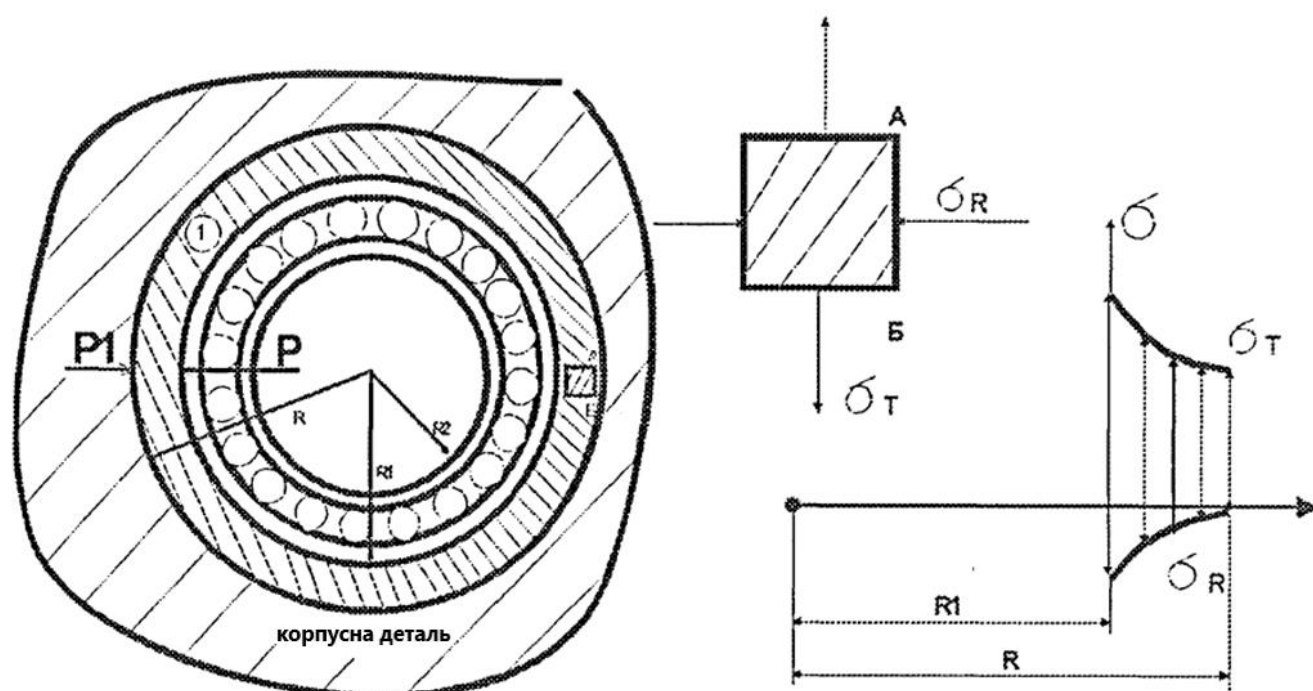


Рисунок 2.6 – Вид плоского поперечного перерізу моделі отвору корпусної деталі, що відновлюється.

З вище викладеного випливає, що міцність покриття електролітичного заліза має бути більшою або дорівнює сумі тангенційних напружень, що виникають внаслідок P_2 і $M_{кр}$

$$\sigma_{зсуву} \geq (\sigma_t(P) + \sigma_t(M_{кр}))K_T \quad (2.16)$$

де $K_T = 1,4-1,6 = 1,6$, так як електролітичне залізо є більш крихким матеріалом по відношенню до середньовуглецевих сталей. Підставимо в (2.16) вирази (2.14) та (2.15)

$$\sigma_{зсуву} \geq (2P \cdot R^2 / (R^2 - R_1^2) + M_{кр} / (2\pi LR^2)) K_T \quad (2.17)$$

Знаючи величину найбільшого натягу у кожному конкретному поєднанні можна визначити величину найбільшого питомого тиску, якщо скористатися методикою вибору та розрахунку пресових посадок із гарантованим натягом.

$$P = (N_{нб} - 1.2(R_{za} + R_{zb})) / (D_1 \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_B}{E_B} \right)) \quad (2.18)$$

де $N_{нб}$ - найбільша величина натягу при перехідній посадці зовнішньої обойми підшипника в отвір відновленої корпусної деталі (враховуючи, що $D_1=110$ - 150мм для більшості агрегатів автомобілів приймаємо $N_{нб} = 18$ мкм;

$-R_{za} = 10$ мкм - величина шорсткості поверхні відновленого отвору корпусної деталі, оскільки заключною операцією обробки є чистове точіння (у цьому випадку досягається 6-й клас шорсткості);

$-R_{zb} = 3,2$ мкм - величина шорсткості поверхні зовнішньої обойми підшипника класу 2 (8-й клас шорсткості);

- Коефіцієнт жорсткості

$$C_a = (1 + \left(\frac{D_1}{D_{корп}} \right)^2) / (1 - \left(\left(\frac{D_1}{D_{корп}} \right)^2 \right)) + \mu = 1 + \mu \cong 1,3 (D_1 / D_{корп} \rightarrow 0)$$

- коефіцієнт жорсткості $C_B = (1 + \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2) / (1 - \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2) - \mu \cong 10.335$ (для всіх серій однорядних радіальних та радіально-упорних підшипників $D_2/D_1 \geq 0.91$

- модуль пружності матеріалу підшипника $E_e = 20,6 \cdot 10^{10}$ Н / м²;

- модуль пружності електролітичного заліза за даними Ташкіна $E_a = 15,0 \cdot 10^{10}$ Н / м² ($t_{ел} = 75^\circ\text{C}$, $D_k = 30 - 40\text{А} / \text{дм}^2$)

$$E_a \cong 15.0 \cdot 10^{10} \text{Н/м}^2 ((t_{ел} = 75^\circ\text{C}, D_k = 30 - 40\text{А} / \text{дм}^2))$$

Приймаючи вказані вище припущення, перетворюємо вираз (2.18)

$$P = 0,0367 / D_1 (\text{МПа}) \quad (2.19)$$

З урахуванням вище викладеного отримаємо:

1) для режиму холостого ходу ($M_{кр} \rightarrow 0$) в інтервалі зміни номінального діаметра сполучення від 110 до 150 мм

$$[\sigma] \cong 52.3 (\text{МПа}) \quad (2.20)$$

2) для режиму максимальної потужності за умови заклинювання підшипникового вузла

$$\sigma \geq 52.3 + 5.1 \cdot 10^{-6} \cdot M_{\text{кр}} \cdot D_1^{-3} \text{ (МПа)} \quad (2.21)$$

Висновки до розділу 2

1. Коефіцієнти довговічності агрегатів та деталей мають показову залежність.

2. Для забезпечення надійної роботи агрегатів необхідне не тільки відновлення розмірів посадкових отворів корпусних деталей, а й відновлення їхнього взаємного розташування.

3. У разі оптимізації властивостей електролітичних залізних покриттів за параметром «оброблюваність», як параметр оптимізації повинна виступати дотична сила різання.

4. Для силових агрегатів найбільш поширених автомобілів сімейства КрАЗ отримаємо з виразу (2.21) ($D_1 = 0.15\text{м}$, $M_{\text{кр}} = 4067 \text{ Н*м}$) $[\sigma] = 52,3 + 6,1 = 58,4$ (МПа).

5. Максимальна концентрація хлорної міді в електроліті залізнення з урахуванням можливих похибок експериментальних даних приймається 3,0 г/л.

6. При реалізації повного багатофакторного експерименту з отриманого інтервалу 0 - 3,0 г/л CuCl вибираємо: нижнє значення $K_{\text{CuCl}} = 1,5$ г/л, основне - 2,25 г/л, верхнє - 3,0 г/л, інтервал - 1,5, оскільки попередні досліді показали низьку чутливість досліджуваного параметра концентрації до 1,0 г/л.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика визначення міцності зчеплення електролітичного покриття залізо-мідь із матеріалом основи

Мідь, перебуваючи як солі в хлористому електроліті залізнення, може контактно виділятися лежить на поверхні деталі. Це надалі призводить до відшаровування покриття. Однак цей ефект може суттєво впливати на міцність зчеплення гальванопокриття лише при досягненні критичної концентрації солі міді в електроліті.

При проведенні даного експерименту використовується типовий процес залізнення, що характеризується наступними режимами електролізу: кислотність електроліту $\text{pH} = 1,0 \pm 0,1$, вміст $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ - 320 ± 40 г/л, катодна щільність струму 40 А/дм^2 , температура електроліту $75 - 80$ °С (рисунок 3.1) [3-5,30]. Як альтернативний типовому розглядається техпроцес залізнення, який відрізняється тим, що на стадії початку електролізу витримка без струму відсутня. Умовно ці типові процеси позначимо I та II [30].

Зі сказаного вище, що вхідними параметрами будуть:

- 1) структура технологічного процесу залізнення;
- 2) концентрація солі міді в електроліті, прийнята від 0 до 10 г/л, виходячи з даних роботи [30].

Кількісна оцінка міцності зчеплення здійснюється шляхом зсуву покриття (найоптимальніший метод за даними аналітичного огляду професора Митрякова А.В. [22]).

Метод висуває такі вимоги:

- 1) посадка у поєднанні «напрямна частина циліндричного зразка пуансона - отвір у матриці» повинні мати тип руху з мінімальним гарантованим зазором (рисунок 3.2);
- 2) робоча частина зразка-пуансона має по можливості мінімальну шорсткість, тому що вона є фактором, що визначає величину похибки результату;
- 3) ширина робочої частини пояска покриття на зразку-пуансоні знаходиться

в межах, що забезпечують чистий зсув (кільцем) покриття і становить $H=1...2$

<p>Очищення і обезжирювання деталі</p> <p>Монтаж спеціальних приспособлень, ізоляція місць, які не підлягають покриттю</p> <p>Анодне травлення в 15% розчині HCl ($D_a=40\text{A}/\text{дм}^2$, $\tau=1...2$ хв)</p> <p>Промивання і охолодження холодною водою</p> <p>Анодне очищення поверхні від травних відходів в 30% розчині сірчаної кислоти або 48% розчині фосфорної кислоти ($D_a=40...60\text{A}/\text{дм}^2$, $\tau=0,25$ хв)</p> <p>Промивання холодною водою</p> <p>Промивання гарячою водою</p> <p>Завішування деталі у ванну</p>	
Тип I	Тип II
<p>Витримка без струму в робочому електроліті;</p> <p>Вмикання струму ($3...5\text{A}/\text{дм}^2$) і плавний вихід на заданий режим</p>	<p>Витримка без струму відсутня ($D_k=3..5\text{A}/\text{дм}^2$);</p> <p>Плавний вихід на заданий режим</p>

Рисунок 3.1 – Схема технологічного процесу залізнення з подвійною анодною обробкою

4) діаметр зразка пуансона вибирають у діапазоні 9...15мм, в якому одержувані результати не критичні за значенням діаметра. Поверхня зразка виконує дві функції:

1) менша частина його завширшки 6..10мм виконує функцію основи для нанесення покриття;

2) велика початкова частина його, у тому числі і частина поверхні покриття, що залишилася після підрізання до необхідної ширини, виконує функції напрямної частини зразка-пуансона, що міститься в отвір матриці.

Переважаючою посадкою утвореного сполучення вважають посадку H7/g6(руху), що забезпечує гарантований зазор від 6 до 25мкм при номінальному діаметрі зразка-пуансона та отвори в матриці, що дорівнює 9...15мкм. Шорсткість

робочих поверхонь матриці приймають рівною $Ra = 0,32...1,25$ мкм.

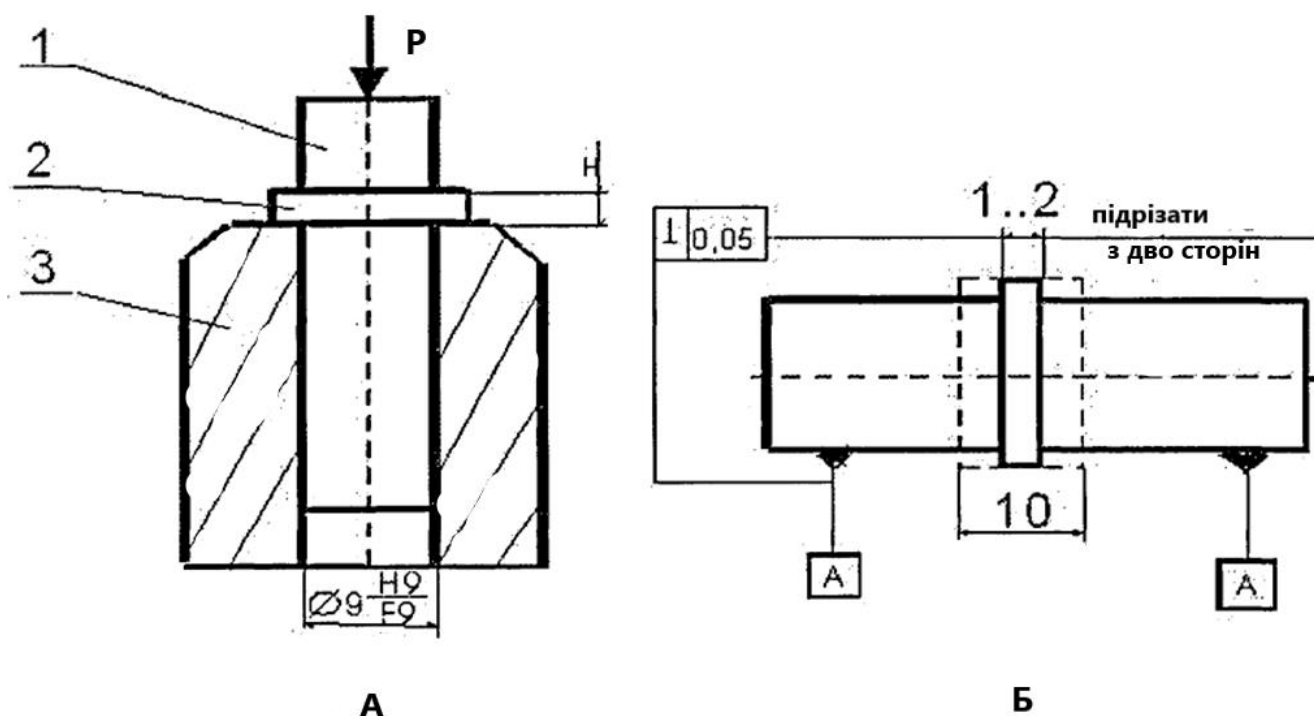


Рисунок 3.2 - Схема (А) випробування міцності зчеплення електролітичного залізного покриття (2) з основою (1) методом кільцевого зрізу (зсуву) його при продавлюванні зразка (1) через матрицю (3); (Б) підготовки зразка

Зразками для досліджень служать плунжерні пари тракторного дизеля Д-65, оскільки за технології їх виготовлення виконуються всі викладені вище вимоги. При цьому діаметр зразка-плунжера дорівнює $9,0_{-0,001}$ мм. Нарощування покриття проводиться на експериментальній установці.

Залізнення проводиться з розчинів, приготованих з наступних реактивів: хлористе залізо $FeCl_2 \cdot 4H_2O$ "хч", хлорна мідь $CuCl_2$ "чда", соляна кислота "хч".

Після приготування електроліту проводиться фільтрація, коригування кислотності та опрацювання електроліту. Періодичний контроль кислотності здійснюється за допомогою лабораторного рН-метра-мілівольтметра ЛПМ-60М. Задана кислотність підтримується додаванням соляної кислоти. Температура електроліту 80 ± 2 °С. Час електролізу $t = 180 \pm 1$ хв. При нанесенні на зразок пуансон покриття його напрямні ретельно ізолюють. Кільця покриття необхідної ширини (робочі пояски покриття) виготовляють шліфуванням. При виконанні цієї

операції необхідно користуватися вулканітовим колом діаметром 150...200мм з частотою обертання 2700 об/хв при мінімальній радіальній подачі кола в рясні струмені, щоб виключити деформації між покриттям і матеріалом деталі. Ширину кільця покриття визначають після випробування слідом на деталі за допомогою мікроскопа МБС-9 з точністю до 0,05 мм. Кратність експериментів дорівнювала трьом. При зафіксованому зусиллі визначалася величина міцності зсуву.

3.2 Методика проведення багатофакторного експерименту щодо визначення основних експлуатаційних властивостей електролітичного покриття залізо-мідь

Завдання полягає у встановленні зв'язку між експлуатаційними властивостями електролітичного покриття залізо-мідь та елементами режиму залізнення з метою їхньої подальшої оптимізації.

Межі вирішення поставленого завдання обмежені встановленням зв'язку між елементами режиму (концентрація хлорної міді в електроліті залізнення, катодна щільність струму, температура електроліту) та наступними показниками: - кількісний вміст міді у покритті; мікротвердість; дотична сила різання.

У результаті маємо багатофакторний процес, що визначило застосування статистичних методів планування експериментів та обробки експериментальних даних. Матриця планування повного факторного експерименту показано у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Повний план матриці планування 2^3

Номер точки плану	Значення факторів в кодових позначеннях				Комбінації произведених факторів в кодових позначеннях			
	X0	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1

Необхідну кількість дослідів у кожній точці плану визначено за методикою [8,15,23]. Три повторних дослідів достатньо для забезпечення 95% надійності результатів.

Послідовність виконання дослідів обрана із застосуванням таблиці рівномірно розподілених випадкових чисел [29].

Позначення факторів, їх рівні та інтервали варіювання показані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Досліджувані фактори у дійсних значеннях

Рівні	Фактори процесу в одиницях вимірювання		
	Температура електроліту т,с	Катодна щільність струму Дк, А/дм ²	Концентрація CuCl ₂ в електроліте К, г/л
Верхній	80	40	3
Нижній	60	20	1,5
Основний	70	30	2,25
Інтервал варіювання	10	10	1,5
Кодове позначення	X1	X2	X3

Для опису функції відгуку використовувалася неповна квадратична модель (лінійна модель рівняння регресії)

$$Y = B_0X_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_4X_1X_2 + B_5X_1X_3 + B_6X_2X_3 + B_7X_1X_2X_3, \quad (3.1)$$

Де Y – параметр оптимізації;

B_i – параметри моделі (коефіцієнти регресії);

X_i – фактори процесу в кодованому вигляді.

Обробка результатів експериментів та адекватності моделей проведена за методикою [8,15,23]. Визначалися залежності мікротвердості $H\mu$, відсоткового вмісту міді в покритті K , дотичної сили різання P від температури електроліту T , катодної щільності струму D_k , концентрації хлорної міді в електроліті залізнення K_{CuCl} . Зазначені залежності можна навести у вигляді статечних функцій:

$$\begin{aligned} 1) H\mu &= C_{H\mu} \cdot T^{BH\mu 1} \cdot D_k^{BH\mu 2} \cdot K_{CuCl}^{BH\mu 3} \\ 2) K &= C_K \cdot T^{BK1} \cdot D_k^{BK2} \cdot K_{CuCl}^{BK3} \\ 3) P &= C_P \cdot T^{BP1} \cdot D_k^{BP2} \cdot K_{CuCl}^{BP3} \end{aligned} \quad (3.2)$$

При проведенні багатofакторних експериментів використовуємо лінійну модель рівняння регресії, для цього логарифмуємо праву та ліву частини

$$\begin{aligned} 1) \ln H\mu &= \ln C_{H\mu} + BH\mu 1 \cdot \ln T + BH\mu 2 \cdot \ln D_k + BH\mu 3 \cdot \ln K_{CuCl} \\ 2) \ln K &= \ln C_K + BK1 \cdot \ln T + BK2 \cdot \ln D_k + BK3 \cdot \ln K_{CuCl} \\ 3) \ln P &= \ln C_P + BP1 \cdot \ln T + BP2 \cdot \ln D_k + BP3 \cdot \ln K_{CuCl} \end{aligned} \quad (3.3)$$

де $C_{H\mu}$, C_K , C_P - коефіцієнти пропорційності;

$B_{H\mu i}$, B_{ki} , B_{pi} – показники ступеня.

Таким чином, під функціями відгуку Y_1, Y_2, Y_3 розуміємо, відповідно, логарифми величин мікротвердості, відсоткового вмісту міді в покритті, щодо сили різання, а під факторами X_1, X_2, X_3 величини, які розраховуються за формулами

$$\begin{aligned} X_1 &= 2(\ln T - \ln T_{max}) / (\ln T_{max} - \ln T_{min}) + 1 \\ X_2 &= 2(\ln D_k - \ln D_{k_{max}}) / (\ln D_{k_{max}} - \ln D_{k_{min}}) + 1 \\ X_3 &= 2(\ln K_{CuCl} - \ln K_{CuCl_{max}}) / (\ln K_{CuCl_{max}} - \ln K_{CuCl_{min}}) + 1 \end{aligned} \quad (3.4)$$

Коефіцієнти $C_{\Delta i}$ та $B_{\Delta i}$ визначалися за формулами

$$C_{\Delta i} = EXP \left(a_{oi} - \sum_{j=1}^N a_{ji} \left(\frac{\ln X_{max} \cdot j + \ln X_{min} \cdot j}{\ln X_{max} \cdot j - \ln X_{min} \cdot j} \right) \right) \quad (3.5)$$

$$B_{\Delta i} = \frac{2a_{ji}}{\ln X_{max} \cdot j - \ln X_{min} \cdot j} \quad (3.6)$$

де $a_{oi} - a_{ji}$ - коефіцієнти 1-ї моделі;

$X_{max} \cdot j, X_{min} \cdot j$ - значення того фактора на верхньому і нижньому рівнях в натуральних величинах;

N – число значних коефіцієнтів моделі.

Формули придатні за відсутності взаємовпливів у моделі. Для визначення коефіцієнтів C_i та B_{ji} використовуються аналогічні формули.

Статистична обробка результатів експериментів проводилася на персональному комп'ютері. Розрахунки дозволяють отримати параметри оптимізації процесу і в результаті переходу від безрозмірних моделей до логарифмічних формул (3.4) отримати інтерполяційні моделі, підставивши в які значення T, D_k і C_{CuCl} побудувати графіки залежностей мікротвердості H_μ , відсоткового вмісту міді в покритті K дотичної сили різання P від температури електроліту T , катодної щільності струму D_k , концентрації хлорної міді в електроліті залізнення K_{CuCl}

Як об'єкт досліджень був обраний зразок із сталі 45 з нанесеним на його циліндричну поверхню шаром електролітичного покриття залізо-мідь завтовшки після обробки шліфуванням 0,25 - 0,30 мм (рисунок 3.3). Кожному номеру точки плану експерименту відповідає три зразки, отримані одночасно і за однакових умов. Методики визначення дійсних значень параметрів оптимізації наведено нижче. Послідовність експериментальних робіт полягала в наступному:

- виготовлення партії зразків із сталі 45;
- маркування зразків;
- нанесення електролітичного покриття;
- зняття дендритів та підготовка поверхні під обробку шліфуванням;
- визначення дійсних значень параметрів оптимізації.

Для вивчення мікроструктури опадів електролітичного покриття залізо-мідь виготовлялися поперечні шліфи. Для отримання плоскої поверхні шліфу зразок поміщався в затискач, що складається з двох текстолітових пластин і гвинтів з гайками. Підготовка шліфу проводилася з подальшим поліруванням фетром з

пастою ГОІ. Перед безпосереднім фотографуванням структури, шліфи протравлювалися в 5% розчині азотної кислоти в спирті, з подальшим промиванням спиртом і протиранням фетром. Вивчення мікроструктури проводилося з допомогою мікроскопа - МІМ-6 зі збільшенням $\times 500$.

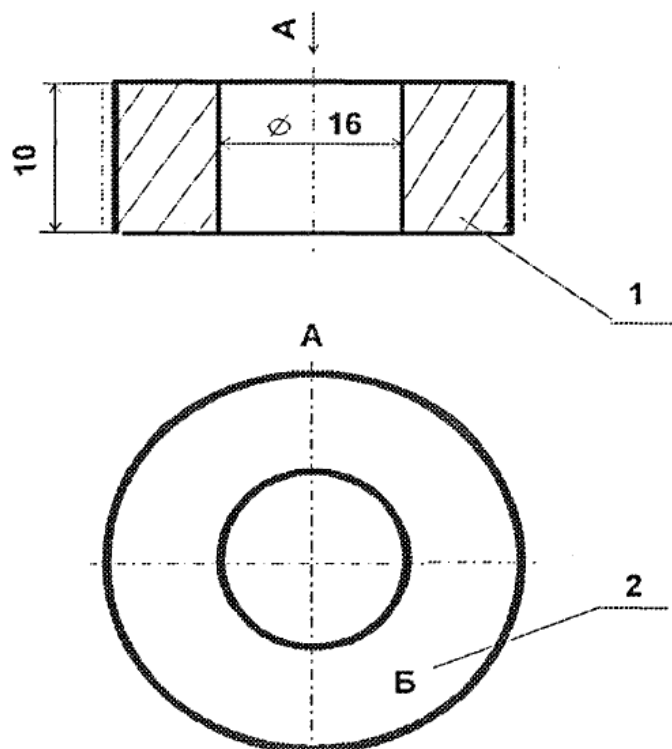


Рисунок 3.3 – Ескіз зразка: 1 – зразок; 2 - літерне позначення (Вибивається на одному з торців ролика)

Методика визначення мікротвердості Мікротвердість визначена згідно з ДСТУ ISO 6507-1:2007. Через малу товщину покриття використовувалося навантаження 50Н. По діагоналі відбитка, що залишилася після зняття навантаження, і номограмі для визначення мікротвердості визначалися дійсні значення твердості за Віккерс [8, 23]. Кратність вимірів дорівнювала трьом. Результати наведено у додатку В.

Методика визначення дотичної сили різання Експеримент проводився на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62 за допомогою спеціального пристрою (рисунок 3.4, 3.5).

Перед початком експерименту верстат, інструмент, динамометр та індикатор годинного типу були протаровані та відрегульовані. За умовами

планування матриці експерименту реалізація дослідів проводилася у випадковому порядку. Що необхідно для зменшення впливу процесів, що повільно змінюються (знос різця, нагрівання установки) на результати вимірів.

Результати експерименту, тобто величини P_{Zi} наведені в додатку А, причому

$$P_{Zi} = H_i \cdot K \quad (3.7)$$

де H_i ; - величина відхилення стрілки індикатора вартового типу,

$K = 1429$ - коефіцієнт, визначений під час тарування пристосування динамометром.

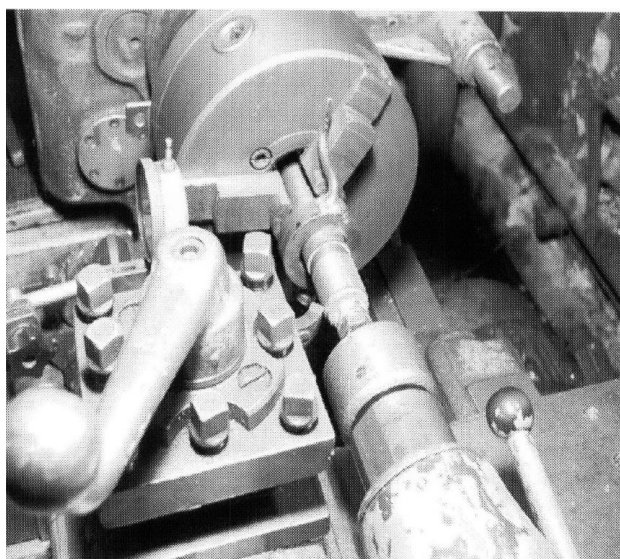


Рисунок 3.4 – Вид спеціального пристосування визначення тангенціального зусилля різання (вид зверху)

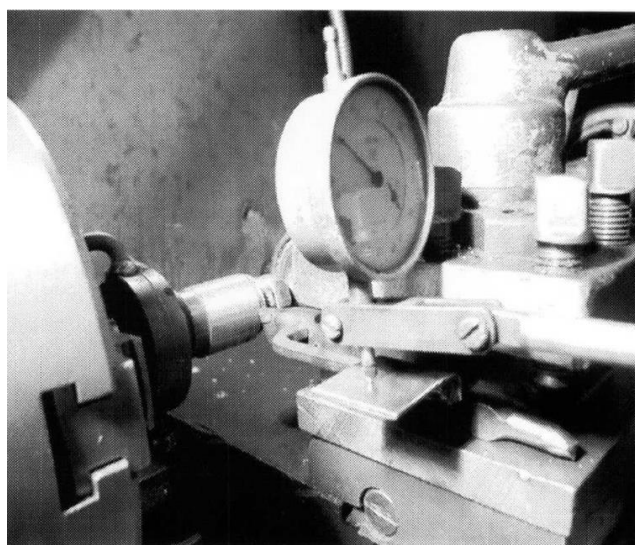


Рисунок 3.5 – Вид спеціального пристрою для визначення тангенціального зусилля різання

РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Вплив концентрації хлорної міді в електроліті залізнення на міцність зчеплення покриття з матеріалом основи

Постановочні досліди показують, що з використання технологічного процесу типу 1 гранична концентрація $CuCl_2$ в електроліті залізнення досягає 0,5 г/л. При збільшенні зазначеного значення спостерігається відшарування покриття за його механічної обробки. Тому можна розглядати вплив концентрації $CuCl_2$ на міцність зчеплення (зсуву) з використанням запропонованого технологічного процесу типу 2. На рисунках 4.2, 4.3 показані приклади неприйнятних випробувань на зсув. Для подальшої обробки відбиралися випадки найбільш наближені до чистого зсуву покриття (рисунок 4.1).

Отримані експериментальні дані залежності міцності зсуву покриття концентрації хлорної міді в електроліті залізнення (додаток А) представлені малюнку 4.4.

Зазначені значення апроксимовані поліноміальною кривою 3-го ступеня з достовірністю 0,989 (рівняння показано на полі графіка).

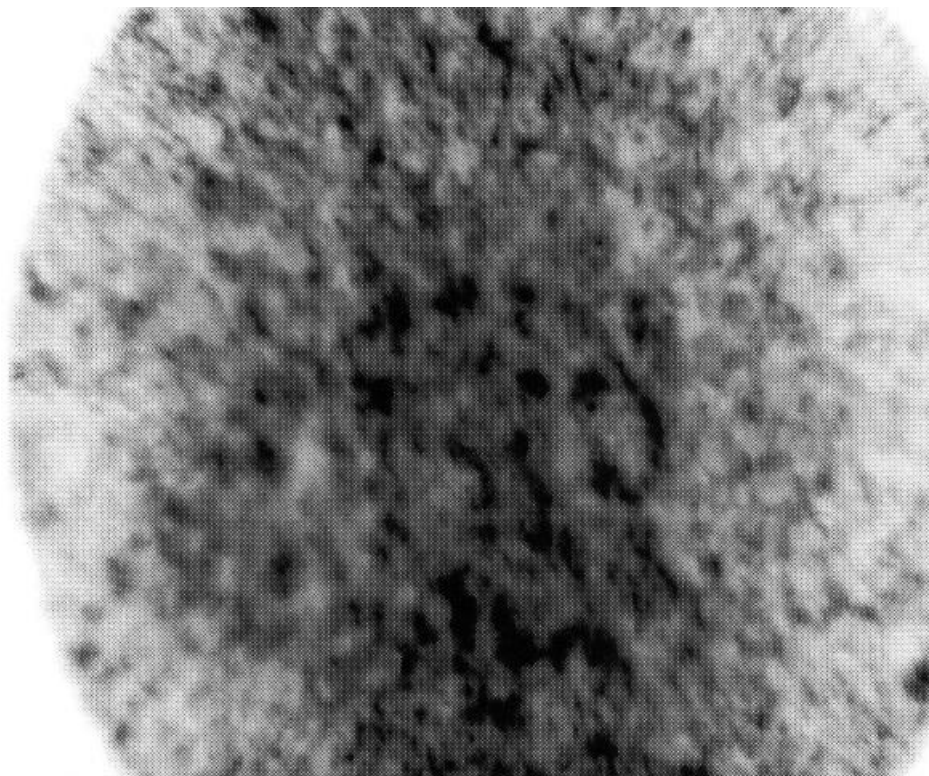


Рисунок 4.1 – Поверхня з'єднання пояска електролітичного залізного

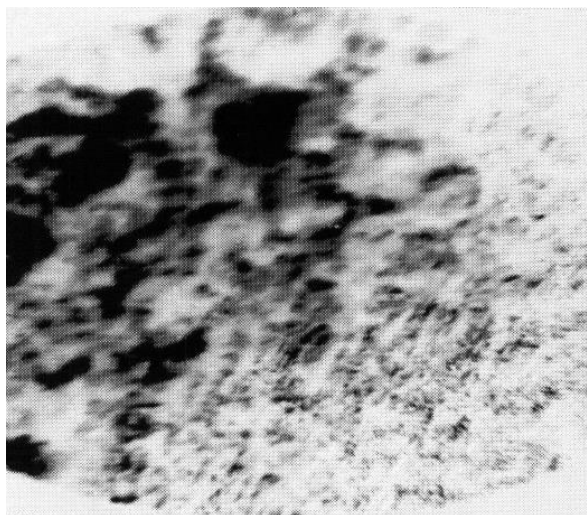


Рисунок 4.2 – Вишив металу покриття при зсуві (дані не враховувались) x125



Рисунок 4.3 – Наволочування металу у бік зсуву на плунжері (Результат незадовільної підготовки зразка-плунжера перед випробуванням)x 125 (дані не враховувались)

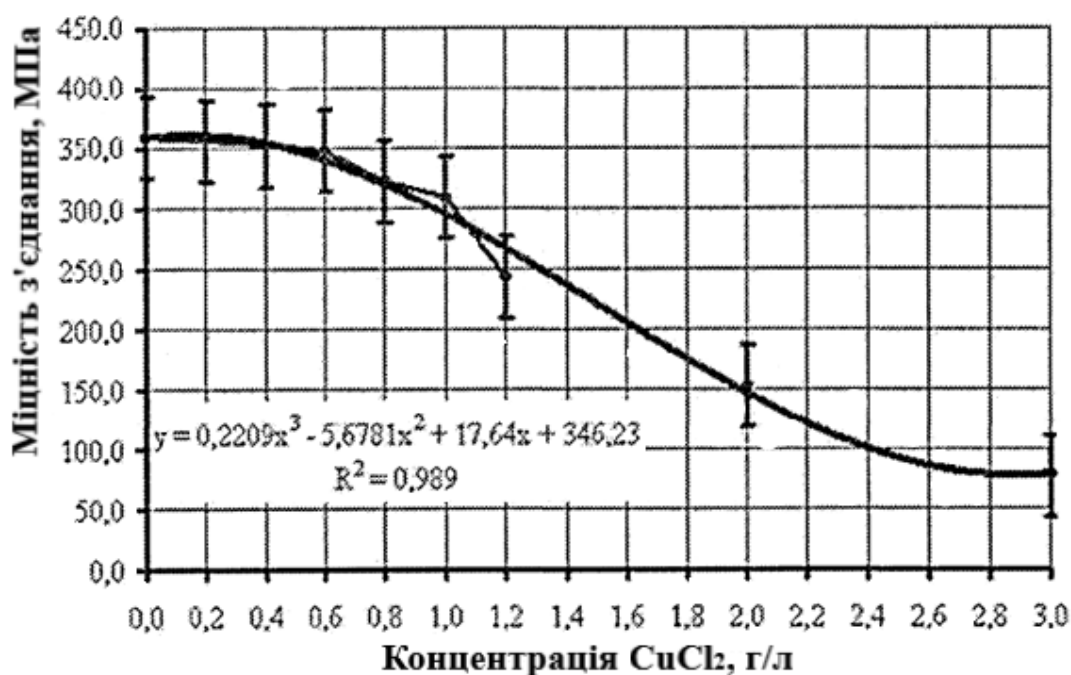


Рисунок 4.4 – Залежність міцності зсуву покриття концентрації хлорної міді в електроліті залізнення

4.2 Результати багатфакторного експерименту щодо визначення основних експлуатаційних властивостей електролітичного покриття залізо-мідь

З графіка 4.5 видно, що мікротвердість покриття значною мірою залежить

від температури електроліту залізнення. Причому помітно значне зниження мікротвердості зі збільшенням температури до 80°. Практично у всіх чотирьох кривих є точки в межах 185-335 кг/мм² при зазначеній температурі.

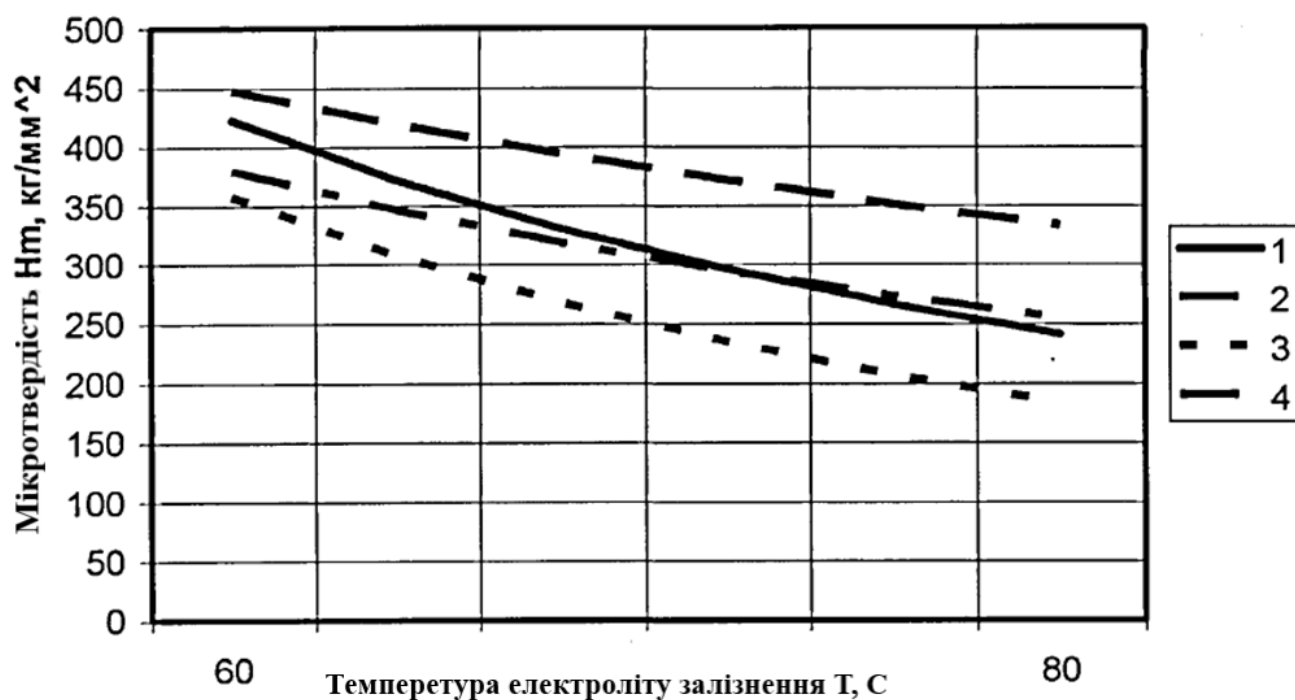


Рисунок 4.5 – Залежність мікротвердості електролітичного покриття Fe-Cu від температури електроліту:

1 - Дк = 20 А/дм², К_{CuCl} = 1.5 г/л

2 - Дк = 40 А/дм², К_{CuCl} = 1.5 г/л

3 - Дк = 20 А/дм², К_{CuCl} = 3,0 г/л

4 - Дк = 40 А/дм², К_{CuCl} = 3,0 г/л

З графіка 4.6 видно, що мікротвердість покриття тим вище, що більша катодна щільність струму. Мінімальне значення мікротвердості електролітичного покриття Fe-Cu забезпечується за Дк = 20 А/дм² і при температурі електроліту 80 °С при максимально допустимій концентрації хлорної міді 3,0 г/л.

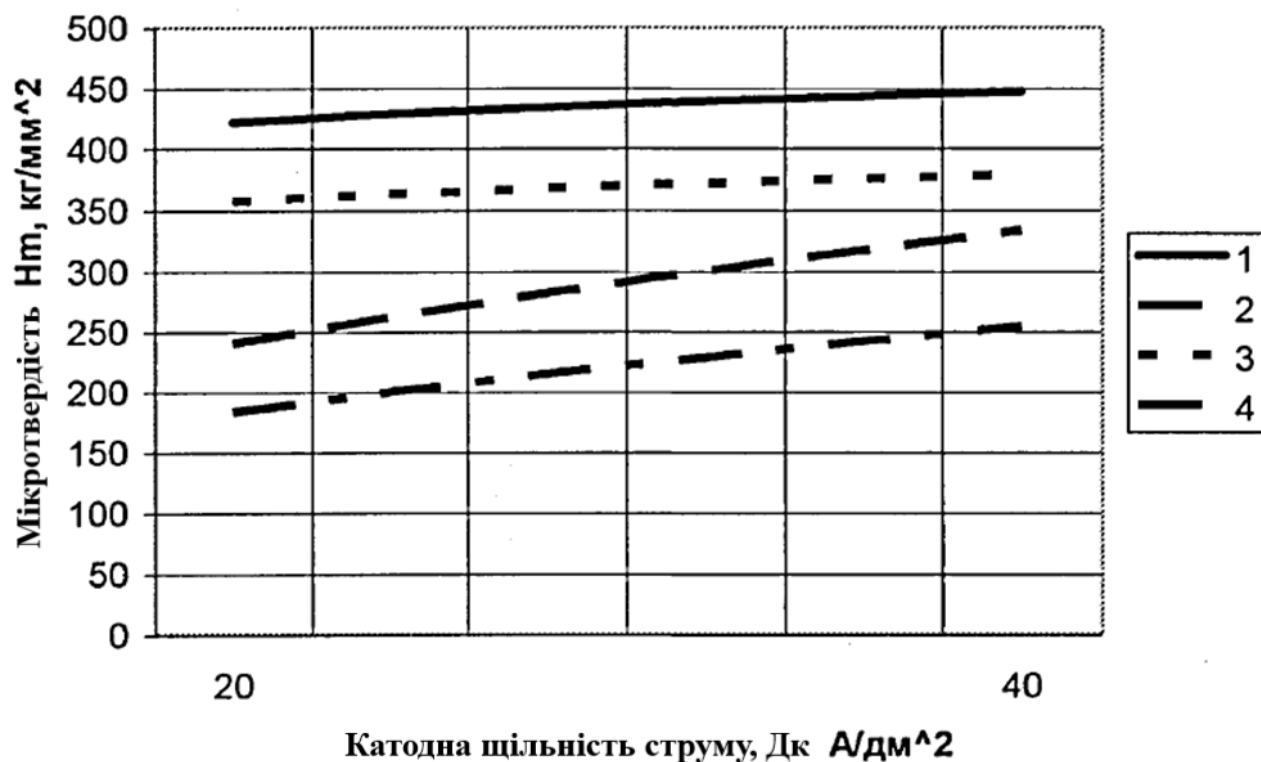


Рисунок 4.6 – Залежність мікротвердості електролітичного покриття Fe-Cu від катодної щільності струму:

1 - $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{CuCl}} = 1,5\text{ г / л}$

2 - $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{CuCl}} = 1,5\text{ г / л}$

3 - $T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{CuCl}} = 3,0\text{ г / л}$

4 - $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $K_{\text{CuCl}} = 3,0\text{ г / л}$

Залежності мікротвердості покриття від концентрації CuCl_2 в електроліті залізнення показані рисунку 4.7. Графіки зображені на / цьому малюнку дозволяють зробити висновок у тому, що зі збільшенням концентрації CuCl_2 мікротвердість знижується. Причому всім чотирьох кривих мінімальне значення Нш перебуває у діапазоні 185 - 380 кг/мм .

Найменшу мікротвердість 185 кг/мм можна отримати при концентрації CuCl_2 , що дорівнює 3.0 г/л і при $D_k = 80\text{ А/дм}^2$ і $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$.

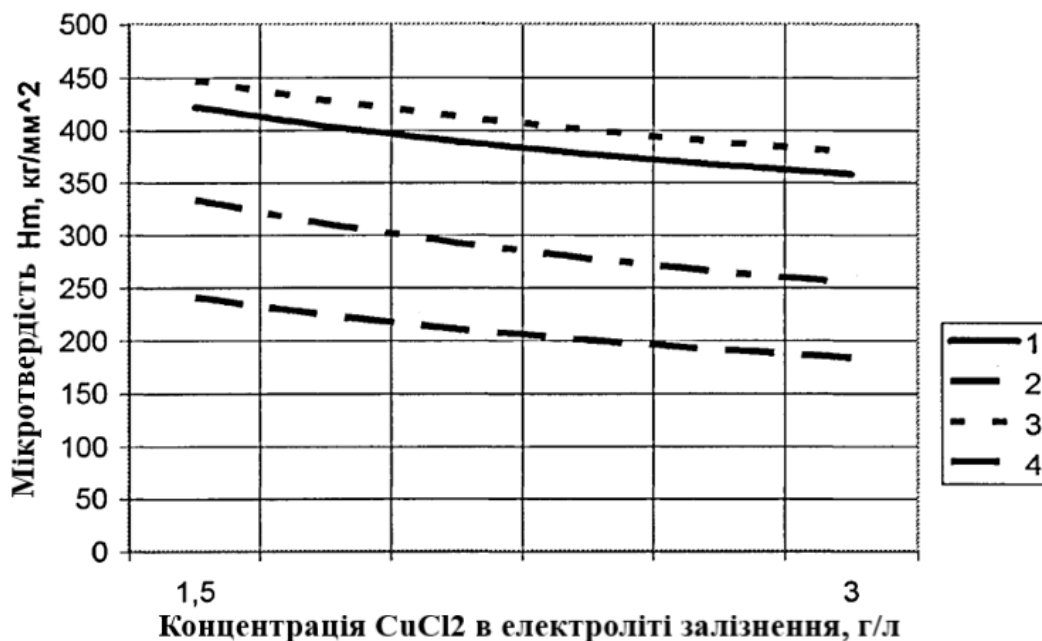


Рисунок 4.7 – Залежність мікротвердості електролітичного покриття Fe-Cu від концентрації CuCl_2 в електроліті залізнення:

1 - $T = 60^\circ\text{C}$, $D_k = 20 \text{ A/дм}^2$

2 - $T = 80^\circ\text{C}$, $D_k = 20 \text{ A/дм}^2$

3 - $T = 60^\circ\text{C}$, $D_k = 40 \text{ A/дм}^2$

4 - $T = 80^\circ\text{C}$, $D_k = 40 \text{ A/дм}^2$

З рисунка 4.8 видно, що при збільшенні температури електроліту до 80° тангенціальне зусилля різання значно знижується і для всіх чотирьох кривих знаходиться в діапазоні 371 - 463 Н.

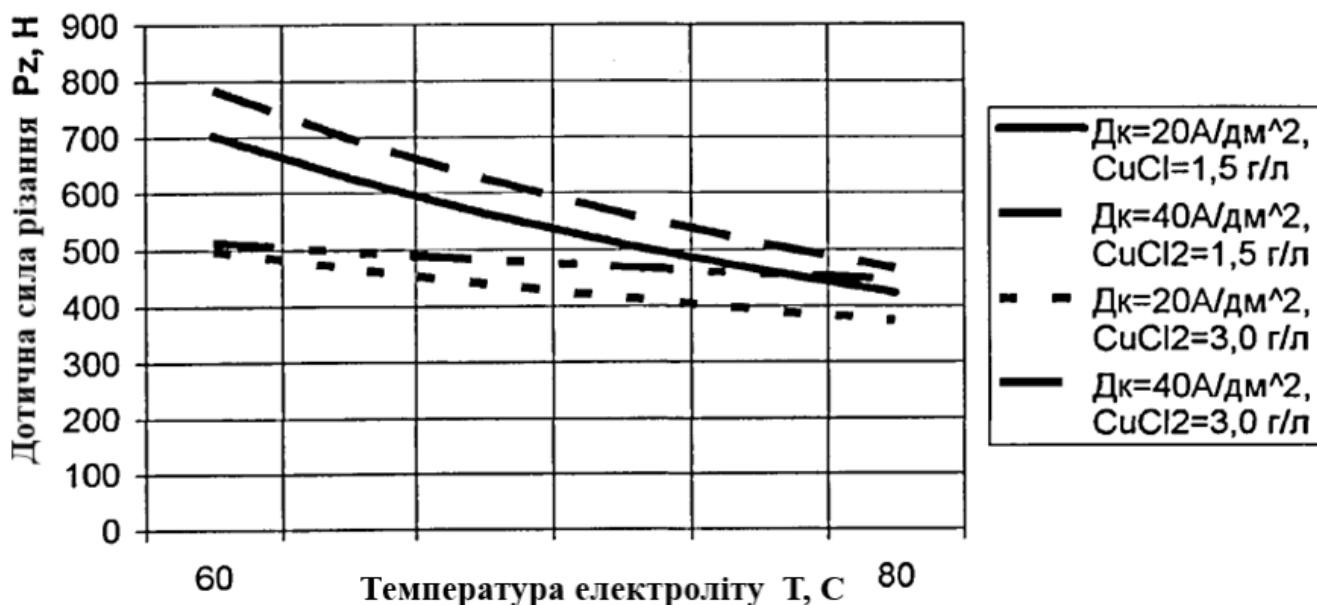


Рисунок 4.8 – Залежність дотичної сили різання температури електроліту залізнення

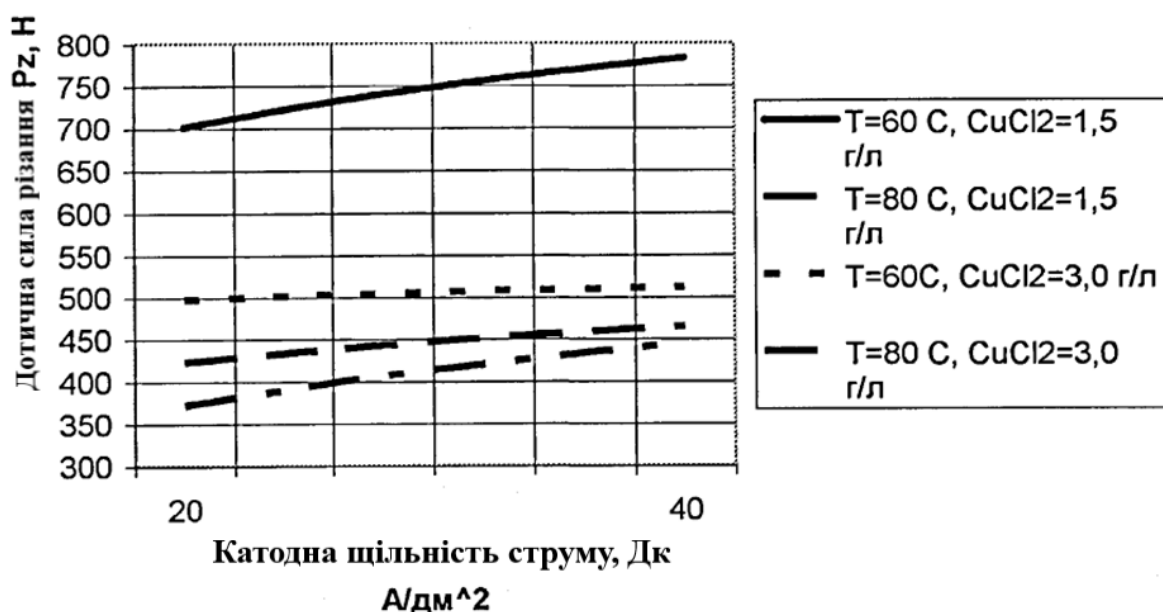


Рисунок 4.9 - Залежність дотичної сили різання від катодної щільності струму

З графіків (рисунок 4.9 видно, що з підвищенні катодної щільності струму величина P_z зростає. З умови досягнення мінімальної сили різання неприйнятними можна вважати умови $T = 60^\circ\text{C}$, $\text{CuCl}_2 = 1.5 \text{ г/л}$. Однак, при підвищенні значення хоча б одного з параметрів електролізу (T , CuCl_2) величина P різко падає і знаходиться в межах 371 - 515 Н.

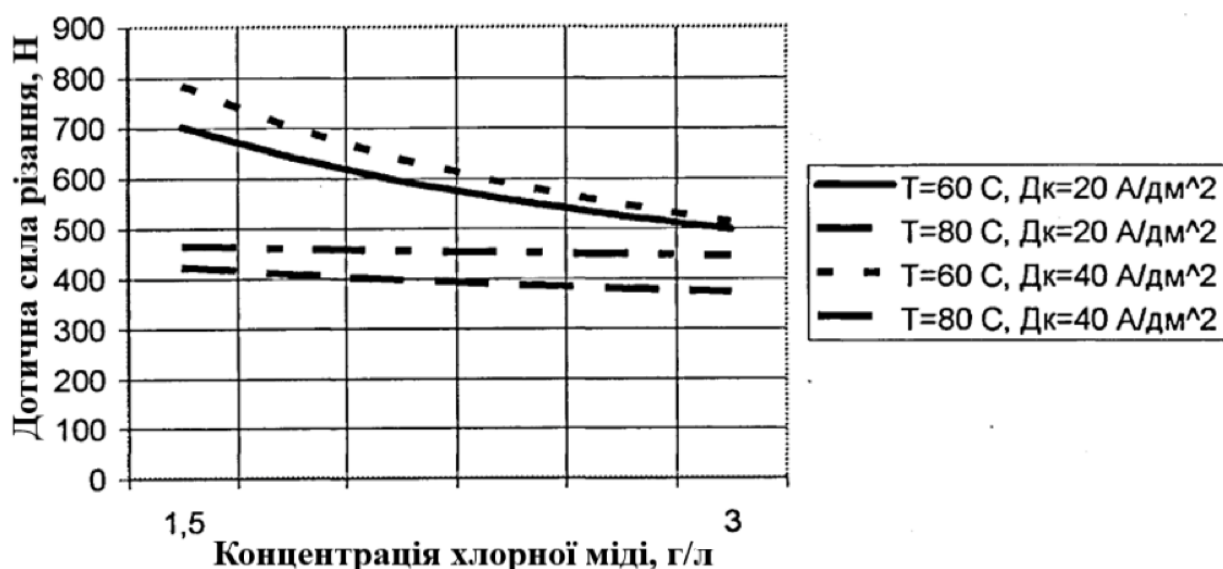


Рисунок 4.10 - Залежність дотичної сили різання концентрації хлорної міді в електроліті залізнення

За даними представленим малюнку 4.10 можна дійти невтішного висновку у тому, що з підвищенні концентрації хлорної міді в електроліті залізнення до

величини 3,0 г/л величина дотичної сили різання поступово знижується і всіх чотирьох кривих перебуває у діапазоні 371 - 515 Н.

З малюнка 4.11 випливає, що при підвищенні температури електроліту відсотковий вміст міді в покритті зменшується і при $T = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ знаходиться в діапазоні 1,1 - 4,8%.

З малюнка 4.12 випливає, що при підвищенні катодної густини струму відсотковий вміст міді в покритті зменшується і за $D_k = 40 \text{ А/дм}^2$ знаходиться в діапазоні 1,1 - 4,8 %.

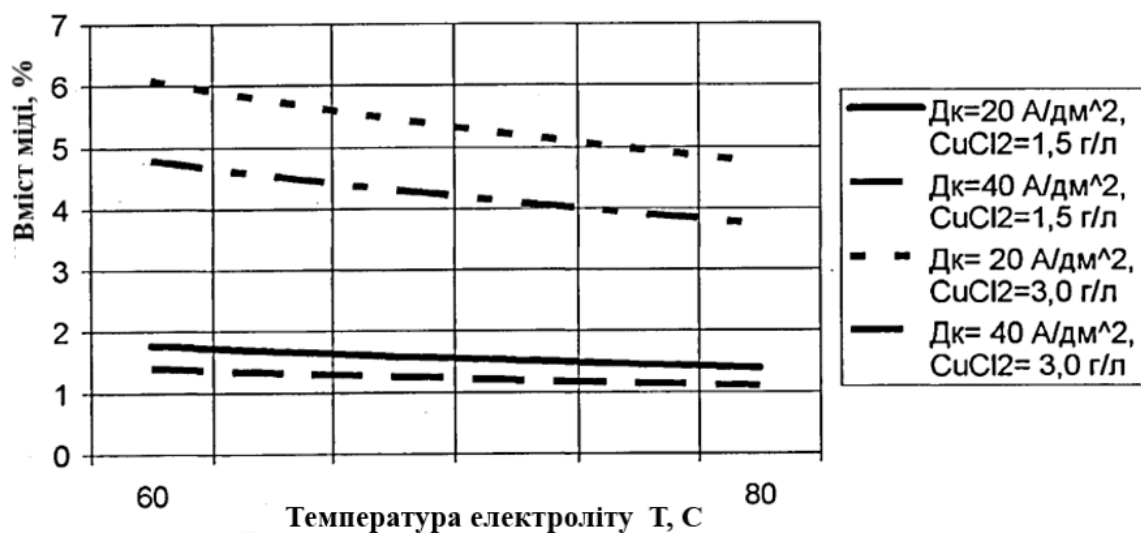


Рисунок 4.11 – Залежність відсоткового вмісту міді у покритті від температури електроліту залізнення

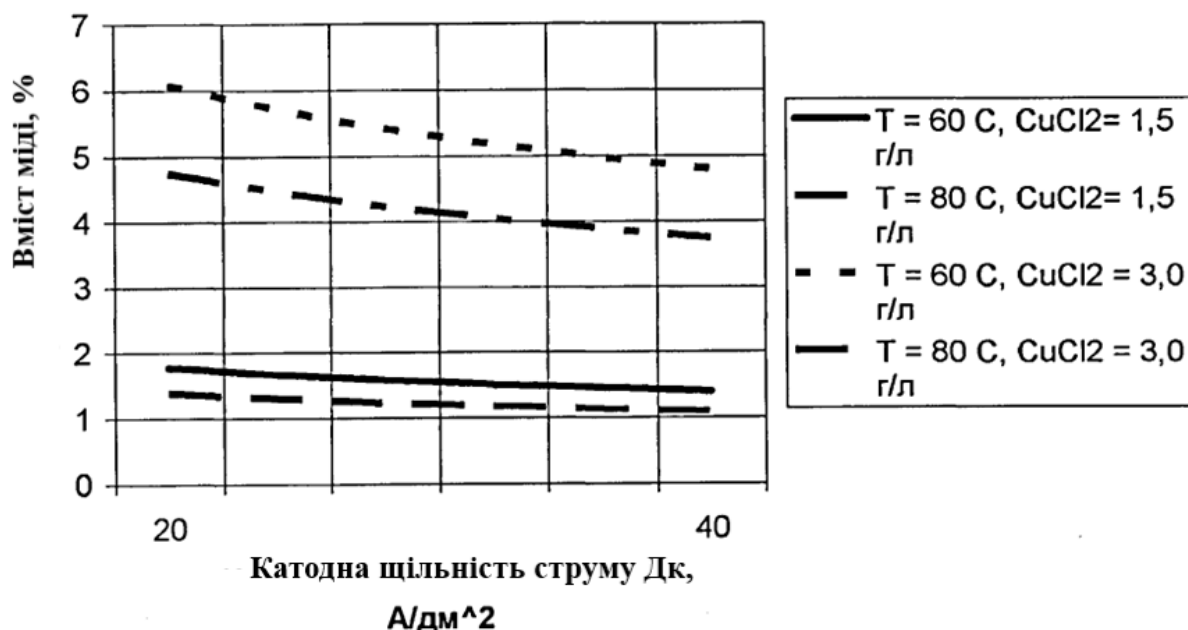


Рисунок 4.12 - Залежність відсоткового вмісту міді у покритті від катодної щільності струму

З малюнка 4.13 випливає, що при підвищенні концентрації хлорної міді в електроліті залізнення відсотковий вміст міді в покритті збільшується.

Максимальне значення K досягається при концентрації CuCl_2 рівній 3,0 г/л і при $T = 60^\circ\text{C}$ і $D_k = 20 \text{ A/дм}^2$.

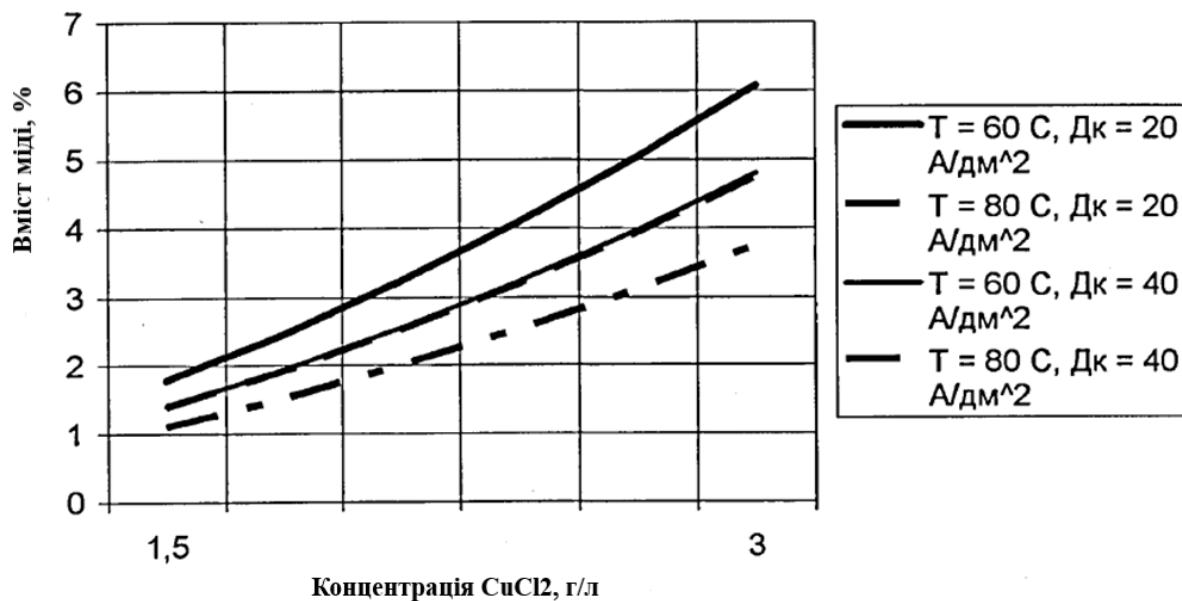


Рисунок 4.13 - Залежність відсоткового вмісту міді в покритті концентрації хлорної міді в електроліті залізнення

Представлені вище результати багатofакторного експерименту не дозволяють вирішити задачу вибору діапазонів зміни дійсних значень параметрів процесу електролізу з метою досягнення оптимальної обробки покриття Fe-Cu. Для вирішення цього завдання необхідно визначити максимально допустиме значення сили різання. Відомо, що матеріалом корпусів коробок перемикачів є сірий чавун СЧ 21 з твердістю HB 170 - 221 [7]. Тоді для тих же режимів визначення дотичної сили різання покриття Fe-Cu можна розрахувати $P_{\text{здоп}}$ за формулою

$$P_{\text{здоп}} = 100 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (4.1)$$

де C_p - коефіцієнт, що виражає потрібну силу різання при значеннях всіх врахованих факторів, рівних 1;

x, y, n - показники ступеня впливу відповідно глибини різання t , подачі S та швидкості різання V ;

$K_p = K_{\text{MP}} \cdot K_{\text{фр}} \cdot K_\gamma \cdot K_{\lambda\rho} \cdot K_{\text{ГР}}$ - поправочний коефіцієнт, що є добутком

ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання [6].

$$K_{MP} = (221/190)^{0.4} = 1.06$$

Вирішуючи рівняння (4.1) за даними [6], отримаємо

$$P_{Z_{\text{доп}}} = 100 \cdot 92 \cdot 0.2^{1.0} \cdot 0.13^{0.75} \cdot 40^0 \cdot (1.06 \cdot 0.94 \cdot 1.1 \cdot 1.0 \cdot 0.93) = 406 \text{ (H)} \quad (4.2)$$

З графічних залежностей (рисунки 4.8, 4.9, 4.10) за умови (4.2) отримаємо, що оптимальними діапазонами дійсних значень параметрів процесу нанесення електролітичного покриття залізо-мідь є:

$$T_{\text{ел}} = 74-80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$D_{\text{к}} = 20 - 28 \text{ А/дм}^2$$

$$K_{\text{CuCl}_2} = 1.8 - 3.0 \text{ г/л}$$

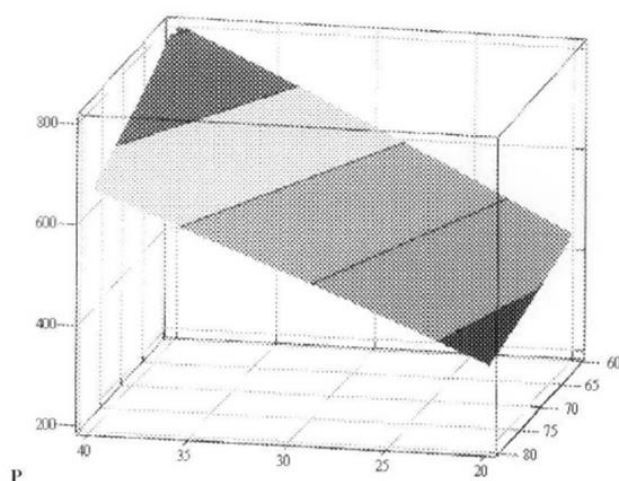
При цьому параметри оптимізації, згідно з отриманими графічними залежностями (рисунки 4.5, 4.6, 4.7, 4.11, 4.12, 4.13) змінюються наступним чином:

$$P_z = 370 - 406 \text{ Н}$$

$$H_{\mu} = 184-445 \text{ кг/мм}^2$$

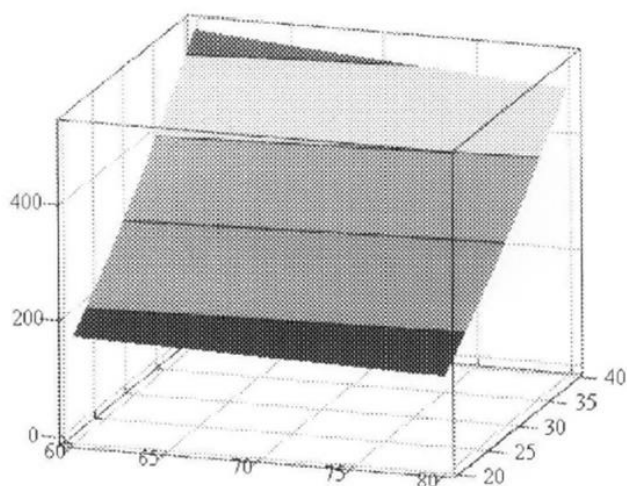
$$K_{\text{Cu}} = 1.1-6.1\%$$

Характер зміни параметрів оптимізації від факторів процесу та відповідні їм математичні залежності подано на малюнку 4.14.



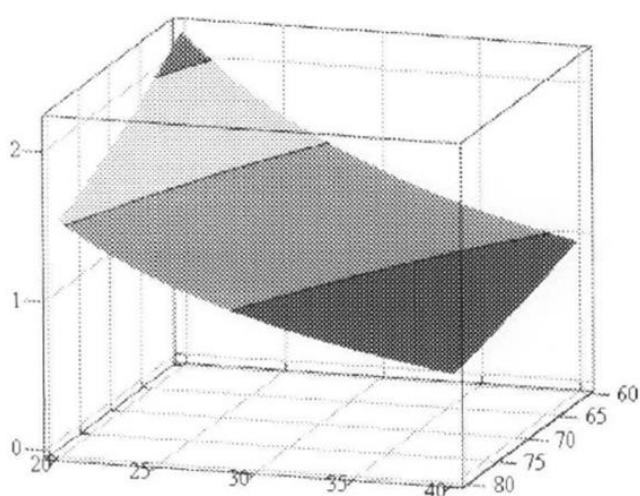
Дотична сила різання

$$P_{D, T, K} := \frac{623 \cdot D^{0.89}}{T^{0.69} \cdot K^{0.21}}$$



Мікротвердість покриття

$$H_{T,D,K} := \frac{D^{1.63} \cdot 5.752}{T^{0.333} \cdot K^{0.135}}$$



Процентний склад
міді в покритті

$$Cu_{T,D,K} := \frac{945 \cdot K^{6.16}}{T^{1.23} \cdot D^{1.18}}$$

$$K = 1,5$$

Рисунок 4.14 - Залежність параметрів оптимізації від факторів процесу

Висновки до розділу 4

1. У разі підвищення концентрації хлорної міді в електроліті залізнення міцність зчеплення знижується.
2. Експериментально визначено залежність між концентрацією хлорної міді в електроліті залізнення та міцністю зсуву покриття залізо-мідь.
3. Максимально-допустима величина дотичної сили різання дорівнює 406 Н;
- 2) виходячи з умови досягнення задовільної оброблюваності електролітичного залізного покриття оптимальними діапазонами дійсних значень параметрів процесу нанесення електролітичного покриття залізо-мідь є:

$$T_{ел} = 74-80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$D_k = 20 - 28 \text{ A/дм}^2$$

$$K_{\text{CuCl}_2} = 1.8 - 3.0 \text{ г/л}$$

3) за тієї ж умови параметри оптимізації змінюються в наступних діапазонах:

$$P_z = 370 - 406 \text{ Н}$$

$$H_\mu = 184 - 445 \text{ кг/мм}^2$$

$$K_{\text{Cu}} = 1.1 - 6.1\%$$

4) мідь у покритті Fe-Cu знаходиться у вигляді окремих металевих включень.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Вимоги безпеки до території приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних майстерень

Територія ремонтних майстерень повинна відповідати технологічному процесу ремонтного виробництва та вимогам санітарних норм проектування. Поверхня має бути вирівняна і спланована так, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків від будівель, майданчиків, проїздів та пішохідних доріжок. Ширина дороги для руху техніки і пішохідні доріжки до майстерні, допоміжних та інших приміщень при односторонньому русі повинна бути на 1,8 м., а при двобічному – на 2,7 м. більша за ширину сільськогосподарської машини. Ширина пішохідної доріжки має бути не менше 1,5 м..

Майданчики для зберігання автомобілів, тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки повинні бути рівними, з твердим покриттям (асфальт, бетон та ін.).

Виробничі процеси, які супроводжуються забрудненням робочої зони шкідливими речовинами (отруйні гази, пари, пил), треба проводити в окремих приміщеннях, обладнаних вентиляцією.

Підлога в приміщеннях цехів повинна бути щільною, з твердим покриттям, зручним для очищення та ремонту. В приміщеннях, де користуються водою, підлогу влаштовують із похилом до стоку. На оглядових ямах та естакадах треба встановлювати напрямні для колес автомобілів і тракторів, а також обладнувати з двох боків сходи для спуску в ями. На естакадах по всій довжині мають бути поручні висотою не менш як 1 м.

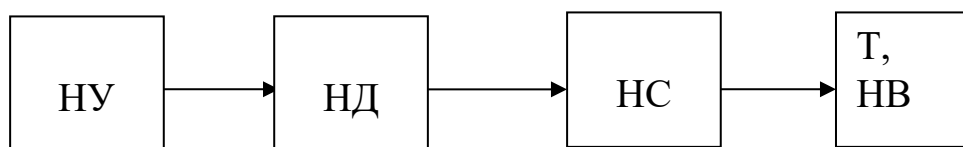
Усі зовнішні входи та виходи, в'їзди у виробничі приміщення обладнують тамбурами для запобігання протягам і тепловими завісами.

Дахи та карнизи будівель у зимовий час треба регулярно очищати від снігу та льоду. Проходи між стелажми, полицями, шафами у складських приміщеннях повинні бути завширшки не менше 1 м.

5.2. Аналіз робочих місць за критеріями безпеки праці

В теперішній час сільськогосподарське виробництво розпоряджається добре обладнаними стаціонарними і пересувними агрегатами технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку. І тому від обслуговуючого персоналу вимагається чітке знання упорядкування обладнання, пристосовувань і суворого виконання техніки безпеки на довіреній йому ділянці роботи.

При дослідженні робочих місць по критеріях безпеки можна провести загальну схему послідовності можливих ситуацій з моменту виникнення небезпечної умови до появи травми чи захворювання [17,19].



НУ – небезпечна умова;

НД – небезпечна дія;

НС – небезпечна ситуація;

Т,НВ – травма, небезпечний випадок.

З приведеної вище схеми ми бачимо, що небезпечна умова і небезпечна дія можуть викликати незалежно одна від другої небезпечну ситуацію, що може привести до небезпечного випадку чи травми. Виникнення тих чи інших небезпечних випадків залежить від характеру технологічних процесів, конструкції, пристосовувань, інструменту.

5.3. Дослідження небезпечних виробничих факторів

Нанесення травм людині в умовах виробництва зумовлено наявністю фізичних і хімічних виробничих факторів. Для дії небезпечного виробничого фактору на працюючого в певних умовах призводить до травми, для забезпечення безпечних умов праці в ремонтній майстерні планується ряд заходів. Насамперед досліджуються небезпечні виробничі фактори, які можуть виникнути на кожному

робочому місці, прикладом можуть бути незахищені рухомі частини машин, відкриті струмопровідні елементи обладнання, рухома техніка. На основі цих досліджень проводиться ряд заходів для безпечних умов праці працюючих [17,19].

Робочі місця обладнуються плакатами і стендами по техніці безпеки, у відповідні строки проводиться інструктаж.

Складовою частиною безпечних умов на робочих місцях є правильна освітленість, вентиляція, оснащеність робочого місця засобами пожежогасіння, пониженість шуму. Заходи, на покращення умов праці в ремонтній майстерні розподіляються за видами небезпек.

Недоступність струмопровідних частин обладнання досягається спеціальними огороженнями, встановлення їх на недоступній для людей висоті і застосуванням блокувальних пристроїв. Небезпека дотикання до струмопровідних частин досягається надійною ізоляцією. Для індивідуального захисту працюючих від ураження електричним струмом, дії електричної дуги і електромагнітного поля використовують електрозахисні засоби (ізолюючі шланги, кліщі, ізолюючі рукавиці, гумові калоші, гумові килимки, покажчики напруги).

Робочі місця ремонтної майстерні оснащуються первинними засобами пожежогасіння, біля зварювальних установок, на складах встановлюють іскрозахисні пристрої. Пожежонебезпечні речовини зберігають на спеціальних складах в спеціальній тарі.

5.4 Правила безпеки при виконанні технологічних операцій.

Технологічні процеси у відділенні повинні відповідати таким нормативним актам з охорони праці:

- загальні вимоги безпеки НАОП - 2.2.00-1.01-86;
- вимоги пожежної безпеки ДНАОП - 0.01-1.33-75;
- вимоги безпеки при користуванні транспортними засобами НАОП - 2.0.00-2.02-84;
- вимоги до освітлення НАОП – 2.0.00-2.03-84;
- вимоги до конструкції обладнання НАОП – 2.0.00-7.01-84;

- вимоги до роботи кранів ДНАОП – 0.00-5.18-61;
- вимоги безпеки до спецодягу ДНАОП – 0.05-5.01-83.

5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Об'єкти господарської діяльності (народного господарства) – це виробничі підприємства (державні і приватні), організації, установи, навчальні заклади та ін., де найбільш повно вирішується весь обсяг завдань ЦО з питань проведення заходів щодо зменшення ризику виникнення НС і захисту працівників та інших невідкладних робіт в разі їх виникнення.

Цивільна оборона на об'єктах організовується з метою попередньої підготовки до захисту працівників і членів їх сімей в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, здійснення заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта та своєчасне створення умов для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Метою цивільної оборони є [17,19]:

- створення надійних гарантій безпечної життєдіяльності населення, техногенної та технологічної безпеки, забезпечення безаварійної роботи на об'єктах підвищеної небезпеки, досягнення високих норм стандартів захисту населення і територій від НС природного, техногенного та воєнного характеру;
- підтримка та сприяння реалізації спільних міжнародних проектів з питань цивільного захисту населення і територій, постійний розвиток і вдосконалення відповідної нормативно-правової бази.

Спеціалізовані формування цивільної оборони – це складова частина сил цивільної оборони, що призначена для виконання специфічних робіт, пов'язаних з радіаційною та хімічною небезпекою, значними руйнуваннями внаслідок землетрусу, аварійними ситуаціями на нафтогазодобувних промислах, проведення попереджувальних та профілактичних заходів, у тому числі і поза межами України.

Спеціалізовані формування утворюються в залежності від рівня підпорядкування: центрального підпорядкування – центральним органом виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення

від наслідків Чорнобильської катастрофи (далі орган з питань НС та ЦНЗ); територіального – місцевою державною адміністрацією, об'єктового – адміністрацією підприємства, установи, організації.

Спеціалізовані формування виконують [17,19]:

- рятувальні, аварійні та евакуаційні роботи в осередку ураження і надання медичної допомоги потерпілим безпосередньо на робочому місці або під час евакуації;

- роботи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям;

- виробництво, ремонт і технічне обслуговування дихальних апаратів, контрольних приладів, засобів аварійного зв'язку, іншого обладнання для боротьби з наслідками надзвичайних ситуацій.

За окремими договорами спеціалізовані формування:

- виконують роботи неаварійного характеру, спрямовані на посилення протиаварійного захисту потенційно небезпечних об'єктів;

- здійснюють підготовку персоналу потенційно небезпечних об'єктів до дій у надзвичайних ситуаціях;

- виконують завдання гуманітарної та інших видів допомоги, визначених Женевськими конвенціями про захист жертв війни та цивільного населення.

Для реалізації покладених завдань спеціалізовані формування мають у своєму складі оперативні та допоміжні підрозділи, науково-дослідні організації, підприємства.

Структуру оперативних підрозділів, їхній штат і чисельність затверджує, виходячи з рівня управління, відповідний орган державної виконавчої влади, адміністрація підприємства, установи, організації.

Комплектування спеціалізованих формувань ЦО здійснюється за контрактом з числа фахівців, які мають досвід роботи з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Невоєнізовані формування цивільної оборони – це складова частина сил цивільної оборони, які утворюються на воєнний час в областях, містах, районах, а також на підприємствах, що будуть продовжувати свою виробничу діяльність під

час війни, а на мирний час – для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках ураження.

За підпорядкованістю всі невоєнізовані формування ЦО поділяються на територіальні та об'єктові, а за призначенням – на формування загального призначення і формування спеціалізованих служб ЦО.

Територіальні формування утворюються в областях, містах, міських і сільських районах та підпорядковуються відповідному начальнику ЦО (області, міста, району). Вони залучаються до виконання завдань ЦО при виникненні надзвичайних ситуацій на найбільш важливих об'єктах.

Об'єктові формування утворюються на об'єктах народного господарства, які продовжують свою діяльність в умовах НС, і виконують рятувальні і інші невідкладні роботи на своїх об'єктах.

Формування загального призначення залучаються до проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках ураження. До них відносяться:

- збірні загони (команди, групи);
- збірні загони (команди, групи) механізації робіт;
- рятувальні загони (команди, групи).

Формування спеціалізованих служб ЦО створюються для виконання спеціальних заходів під час проведення рятувальних і інших невідкладних робіт (розвідка, надання медичної допомоги, локалізація і гасіння пожеж, проведення заходів радіаційного і хімічного захисту, ведення аварійно-технічних робіт, забезпечення охорони громадського порядку тощо).

До невоєнізованих формувань цивільної оборони зараховуються працездатні громадяни України (за винятком жінок, які мають дітей віком до 8 років, жінок із середньою та вищою медичною освітою, які мають дітей віком до 3 років, та осіб, які мають мобілізаційні приписи). Зарахування до невоєнізованих формувань не звільняє від основної діяльності.

На цивільну оборону об'єкта покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі виникнення стихійного лиха, катастроф чи воєнних дій;
- забезпечення захисними спорудами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;
- проведення заходів, щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта.

Начальником ЦО об'єкта є його керівник. Він несе повну відповідальність за забезпечення захисту виробничого персоналу, а на небезпечних об'єктах і населення, яке проживає в небезпечній зоні об'єкта; постійну готовність органів управління, сил і засобів проведення рятувальних та інших невідкладних робіт. Начальник ЦО об'єкта підпорядковується відповідним посадовим особам відомства, у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт, а в оперативному відношенні начальнику ЦО державного органу.

Обов'язками начальника цивільної оборони об'єкта є [17,19]:

- організація ЦО та повсякденне керівництво нею;
- організація роботи комісій, що забезпечують цивільний захист особового складу об'єкта;
- організація забезпечення евакуації і розосередження робітників і службовців та членів їх сімей у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкта в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта;
- організація стійкого управління, зв'язку та оповіщення, керівництво розробкою плану ЦО об'єкта;
- організація навчання особового складу об'єкта та населення, яке проживає в межах зони небезпечного об'єкта;

- керівництво аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами на об'єкті;

На великих об'єктах призначаються:

- заступник начальника ЦО об'єкта по евакуації і розосередженню робітників та службовців;

- заступник по інженерно-технічній частині.

На всіх об'єктах створюється штаб ЦО, який комплектується з штатних працівників та посадових осіб об'єкта.

Завдання штабів цивільної оборони:

- розробка і своєчасне коригування плану дій органів управління, сил щодо попередження і ліквідації НС;

- підтримання в постійній готовності формувань ЦО до виконання завдань в осередках масового ураження людей, зонах стихійного лиха, аварій і катастроф;

- організація розвідки;

- забезпечення надійного зв'язку з галузевими та територіальними органами управління в системі ЦО;

- розгортання пунктів управління, їх переміщення і охорона;

- забезпечення діяльності сил ЦО, які знаходяться у зонах виникнення надзвичайних ситуацій.

Для підготовки та проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт на об'єктах, що мають відповідну базу, створюються базові служби цивільної оборони: оповіщення та зв'язку, матеріально-технічного забезпечення, охорони громадського порядку, сховищ та укриттів, аварійно-технічна, транспортна, медична, протирадіаційного та протихімічного захисту. В залежності від специфіки об'єкта і наявності бази можуть створюватись і інші служби ЦО (захисту продовольства, води і т. ін.).

Служба оповіщення та зв'язку створюється на базі вузлів (об'єктів) зв'язку. В обов'язки служби входить: оповіщення керівного, командно-начальницького складу, працівників об'єкта і населення, що проживає поблизу об'єкта про загрозу та виникнення аварій, катастроф та стихійного лиха чи надзвичайних ситуацій

воєнного характеру; організація зв'язку і підтримання його у постійній готовності; ліквідація наслідків аварійних ситуацій на об'єктах зв'язку та в осередках ураження.

Служба матеріально-технічного забезпечення створюється на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкта. На неї покладається розробка плану матеріального і технічного забезпечення, повне та своєчасне забезпечення формувань всіма засобами оснащення, організація ремонту техніки і різного майна, підвіз його дільниць робіт, зберігання і облік, забезпечення продовольством, предметами першої необхідності робітників та службовців на об'єктах та в місцях розосередження.

Служба охорони громадського порядку створюється на базі підрозділів відомчої охорони. На неї покладається забезпечення надійної охорони об'єкта, громадського порядку при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, при загрозі воєнних дій та під час проведення рятувальних робіт, допомога по своєчасному укриттю працюючих за сигналами ЦО, контролювання режиму світломаскування.

Служба сховищ та укриттів організовується на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельного цеху. На неї покладається проведення розрахунків сховищ для робітників, службовців і членів їх сімей, забезпечення готовності сховищ та контролювання відповідної їх експлуатації, організація будівництва сховищ найпростішого типу, забезпечення своєчасного заповнення сховищ за сигналами ЦО, участь у рятувальних роботах при завалах сховищ [17,19].

Аварійно-технічна служба створюється на базі виробничо-технічного відділу або відділу головного механіка. Ця служба розробляє і здійснює попереджувальні заходи, що підвищують стійкість основних споруд, спеціальних інженерних мереж та комунікацій в надзвичайних ситуаціях, здійснює роботи з локалізації та ліквідації аварій на мережах та комунікаціях об'єкта, спорудах, розбирає завали і рятує людей.

Транспортна служба організовується на базі транспортних відділів, цехів, гаражів об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи по забезпеченню перевезень,

пов'язаних з евакуацією, розосередженням робітників і службовців та доставкою їх до місця роботи, організовує підвезення сил і засобів до осередків ураження, пристосовує транспорт для перевезення робітників і службовців, евакуації уражених, проводить роботи по знезараженню транспорту.

Медична служба організовується на базі медичних пунктів, санітарних частин, поліклінік. На неї покладається забезпечення постійної готовності медичних формувань, організація і проведення санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, надання медичної допомоги потерпілим та евакуація їх у лікувальні установи, здійснення заходів санітарної обробки уражених, медичне забезпечення робітників та службовців і членів їх сімей в місцях розосередження.

Служба протирадіаційного і протихімічного захисту організовується на базі хімічних лабораторій та цехів. На неї покладається розробка і здійснення заходів щодо захисту робітників і службовців, джерел водозабезпечення, харчувальних блоків, складів продовольства від радіоактивних та хімічних речовин, організація та підготовка протирадіаційних, протихімічних формувань, контролювання стану індивідуальних та колективних засобів захисту і спеціальної техніки; організація радіаційного і хімічного спостереження та здійснення дозиметричного контролю за опроміненням особового складу, проведення заходів з ліквідації наслідків радіоактивного і хімічного зараження.

Начальниками служб призначаються керівники підрозділів, відділів, лабораторій, на базі яких розгортається служба.

Для досягнення злагодженості в роботі керівного та командно-начальницького складу, формувань, робітників та службовців об'єкта в цілому при виконанні заходів щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, відновлення життєдіяльності об'єкта та ведення заходів з ЦО, проводяться об'єктові тренування.

Організовується структура цивільної оборони для запобігання випадків виникнення надзвичайних ситуацій, запобігання матеріальних збитків, для уникнення ураження людей, а якщо ураження було – запобігання його розповсюдження на найближчі райони.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволили вирішити поставлені в роботі завдання оптимізації експлуатаційних властивостей електролітичного залізного покриття стосовно відновлення зношених корпусних деталей машин.

1. Проведено аналіз способів відновлення отворів під підшипники у чавунних корпусних деталях та обґрунтовано вибір технологічного процесу відновлення залежно від величин зносу отворів.

2. Встановлено математичні залежності щодо визначення впливу деформацій посадкових отворів корпусів коробок передач на довговічність агрегатів та деталей, зокрема між коефіцієнтами довговічності деталей коробки передач та відхиленням від співвісності отворів.

3. Встановлено математичні залежності для визначення необхідної та достатньої міцності зчеплення покриття з матеріалом деталі відповідно до її умов роботи, що дозволяє проводити розрахунок достатньої міцності зчеплення покриття при розробці технологічного процесу нанесення електролітичного покриття залізомідь.

4. Проведено дослідження впливу режимів електролізу на експлуатаційні властивості електролітичного покриття залізо-мідь. Встановлені математичні залежності показників властивостей факторів процесу дозволяють отримувати покриття із заданими значеннями дотичної сили різання, міцності зчеплення з матеріалом основи, мікротвердості, процентного вмісту міді в покритті, зносостійкості.

5. Розроблено практичні рекомендації щодо відновлення посадкових отворів корпусних деталей машин електролітичним покриттям залізо-мідь. При встановлених доцільних діапазонах зміни режимів електролізу покриття залізо-мідь порівняно з «чистим» електролітичним залізом дотична сила різання знижується на 46,6%. Потрібна потужність верстата при обробці вторинної заготівлі знижується на 45,2%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Bertsche B., Lechner G. Zuverlässigkeit im Maschinenbau. – Berlin: Springer, 1990. – 187 s.
2. Klaassen K.B., Peppen J.C. System reliability: concepts and applications. – London: Arnold, 1989. – 256 p.
3. Kunzmann E. Einzelteilinstandsetzung. Berlin: Technik, 1989. 525 s.
4. Puttscher R., Stibbe J. Kleb-, Gieß- und Laminiertechnik im Landwirtschaftsbetrieb // Agrartechnik, Berlin. – 1989. – № 12. – S. 557-558.
5. Zscherper J., Puttscher R. Wiederholbare Instandsetzung nabenartiger Maschinenteile durch klebgepreßte Verschleißbuchsen // Agrartechnik, Berlin. – 1989. – № 12. – S. 559-560.
6. Анілович В.Я. Теорія надійності при проєктуванні машин // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків: ХДТУСГ, 2000. Вип. 4, С. 13-20.
7. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. – Київ: Урожай, 2002. – 324с.
8. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень: Підручник. Київ: АБУ, 2002. 480 с.
9. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина). Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Бивалькевич Л.М. – Чернігів: ЧНПУ, 2015. – 108 с.
10. Вантажівки MAN. <https://man-ag.com.ua/uk/main/truck/> (дата звернення: 8.10.2023).
11. Вантажні автомобілі, нові моделі – Київ. <https://vidi.ua/ua/new-truck/all/?page=2> (дата звернення: 18.10.2023).
12. Грошев Л.М., Дмитріченко Н.Ф. Рибак Т.І. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ: Урожай, 1990. 192 с.
13. Діагностика і технологія ремонту автомобілів: підруч. / В. М.

Коваленко, В. К. Щуріхін. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.

14. Дослідити закономірності формування внутрішніх циліндричних поверхонь деталей силових передач з заданими показниками якості при ремонті: Звіт про НДР / ІТС. № ДР 0192U017665; Інв. № 0299U00072. Глеваха, 1995. 97 с.

15. ДСТУ 3004-95. Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними. Київ: Держстандарт України, 1995. 119 с.

16. ДСТУ ISO 6507-1:2007 Матеріали металеві. Визначення твердості за Вікерсом. Частина 1. Метод випробування (ISO 6507-1:2005, IDT) https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=50443 (Дата звернення 20.09.2023р)

17. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: центр учбової літератури. 2009. 264 с.

18. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Олег Вікторович Захарчук. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2017. – 140 с.

19. Катренко Л.А. Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій, практикум: науч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 240 с.

20. Кононенко М.О., Гуменюк Я.П. Техніка і національна економічна незалежність // Техніка АПК. 1999. № 3. С. 28-29.

21. Костащук М.І. Підвищення якості та ефективності при відновленні внутрішніх циліндричних поверхонь деталей силових передач // Міжнарод. конф. „Розвиток механізації, електрифікації та автоматизації сільськогосподарського виробництва в умовах ринкових відносин”. Глеваха: ІМЕСГ. 1994. С. 247-248.

22. Костащук Н.І. Відновлення розмірів та розташування посадкових отворів корпусних деталей тракторів розкочуванням згортних кілець: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 – Експлуатація та ремонт сільськогосподарських машин та знарядь / Українська сільськогосподарська академія. Київ, 1988. 118с.

23. Кузьмінський Р.Д., Барабаш Р.І., Кудриньцька Н.В. Фізичні основи надійності. Методичні рекомендації до циклу лабораторних робіт з дисципліни

«Ремонт машин. Частина перша» для студентів спеціальності 6.091902 “Механізація сільського господарства” – Дубляни: Львів. нац. агр. ун-т, 2005. – 73с.

24. Кутовий Л. В., Зінченко Т. П., Овчаренко В. А. Конспект лекцій з дисципліни «Опір матеріалів» (для студентів всіх механічних спеціальностей денної і заочної форм навчання). Краматорськ: ДДМА, 2007. Ч. 1. 196 с.

25. Молодик М.В., Кононогов Ю.А., Хітров І.О. Формуємо кільце в матриці // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства: Зб. наук. пр. Вип. 17. Харків: Вид-во ЧП Червяк. 2003. С. 85-89.

26. Молодик М.В., Лангерт Б.А., Бредун А.К. Відновлення деталей машин. Київ: Урожай, 1985. 160 с.

27. Опальчук А.С., Роговський І.Л. Доцільність і сучасні технології відновлення корпусних чавунних деталей сільськогосподарських машин // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків: ХДТУСГ, 2001. Т. 2, Вип. 8. С. 312-315.

28. Опальчук А.С., Роговський І.Л. Особливості конструкції, експлуатації і дефектів корпусних деталей бурякозбиральних машин // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Миколаїв: МДАУ, 2002. Т. 1, Вип. 4. С. 214-219.

29. Основні напрямки відпрацювання надійності сільськогосподарської техніки / Івасюк В., Коваль С., Горбатів В., Афанасьєва С. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Дослідницьке: УкрНДІПВТ, 2000. Вип. 3. С. 21-25.

30. Пат. 60194 А Україна, МКВ В23Р6/00. Спосіб відновлення спрацьованих внутрішніх циліндричних поверхонь деталей / І.О. Хітров, М.В. Молодик, П.В. Гринько, Ю.А. Кононогов. – № 2003021754; Заявл. 27.02.2003; Опубл. 15.09.2003, Бюл. № 9. 2 с.

31. Проблеми надійності та концепції створення системи відпрацювання сільськогосподарської техніки / Погорілий Л.В., Коваль С.М., Івасюк В.В., Горбатів В.В., Афанасьєва С.Є. // Тракторна енергетика у рослинництві. Харків: ХГТУСХ, 2002. Вип. 5 С. 48-62.

32. Ремонт автомобілів: Навчальний посібник / Упор. В.Я. Чабанний. - Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. – 720 с.

33. Сідашенко О.І., Науменко О.А., Поліський А.Я. Ремонт машин. Київ: Урожай, 1996. 218 с.

34. Смолінський В.П., Кононогов Ю.А. Щодо відновлення корпусних деталей машин // Праці конференції “Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві”. Глеваха: ІМЕСГ УААН, 1997. С. 35-37.

35. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси: навч. посіб. / Ю. М. Слюсарчук, Й. Я. Хром'як, Л. Л. Джавала, В. М. Цимбал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. 364 с.

36. Тхорук Є.І., Хітров І.О. Відновлення деталей машин з використанням анаеробних матеріалів // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. Луцького державного технічного університету. Вип. 8. Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ. 2001. С. 308-313.

37. Тхорук Є.І., Хітров І.О. Теоретичні передумови підвищення довговічності нерухомих з'єднань анаеробними герметиками // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. пр. Част. 6, Вип. 5. Рівне: Вид. відділ УДУВГП. 2002. С. 70-75.

38. Тхорук Є.І., Хітров І.О. Технологія відновлення посадочних місць під підшипники корпусних деталей анаеробними матеріалами // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. пр. Вип. 4. Рівне: Вид. відділ УДУВГП. 2002. С. 348-355.

39. Федірко П.П., Борковський С.М. Спосіб відновлення посадочних поверхонь під підшипники в корпусних деталях // Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. Харків: ХДТУСГ, 2001. Т.1, Вип. 8 С. 329-332.

40. Хітров І.О. Визначення ресурсу вузлів „підшипник-посадочне місце” сільськогосподарських машин // Вісник Українського державного університету

водного господарства та природокористування: Зб. наук. пр. Вип. 2. Рівне: Вид. відділ УДУВГП. 2004. С. 336-341.

41. Хітров І.О. Дослідження статичної міцності клеєвого з'єднання “кільце-внутрішня поверхня отвору” // Зб. наук. пр. Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. № 31. Луганськ: Вид-во ЛНАУ. 2003. С. 209-213.

42. Хітров І.О. Підвищення довговічності посадочних отворів корпусних деталей // Матер. 5-ї Міжнар. наук.-техн. конф. „Инженерия поверхности и реновация изделий” 24-26 травня 2005 р., м. Ялта. Київ: Вид. відділ АТМ України. 2005. С. 254-255.

43. Хітров І.О. Технологія відновлення робочих поверхонь посадочних отворів корпусних деталей // Матер. 3-ї Міжнар. наук.-техн. конф. „Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку” / Під загальн. ред. Ковальова В.Д. Краматорськ: Вид. відділ ДДМА. 2005. С. 106-107.

Додатки

Таблиця 1 - Результати експерименту щодо визначення міцності зсуву електролітичного покриття залізо-мідь

№ взірця	K_{CuCl_2} , Г/Л	h_i , мм	S_i , мм ²	$P_{зсуву}$, Н	$C_{зсуву}$, МПа	$C_{сц}$, МПа	$C_{зсуву}$, сер. ариф.	$C_{сц}$, сер. ариф.	$dC_{зсуву}/dCuCl_2$
1	0,0	2,35	66,444	23469	353,2	588,7	359,0	598,3	17,64
2		1,95	55,134	20107	364,7	607,8			
3		1,95	55,134	19798	359,1	598,5			
4	0,2	2,20	62,203	21298	342,4	570,7	356,0	593,2	15,395268
5		1,90	53,721	19130	356,1	593,5			
6		1,95	55,134	20361	369,3	660,5			
7	0,4	1,95	55,134	19380	351,5	585,8	352,3	587,1	13,203552
8		2,05	57,962	19591	338,0	563,3			
9		2,05	57,962	21289	367,3	612,2			
10	0,6	2,10	59,375	20188	340,0	566,7	348,0	580,0	11,064852
11		2,15	60,789	21440	352,7	587,8			
12		2,00	56,548	19871	351,4	585,7			
13	0,8	1,95	55,134	17836	323,5	539,2	323,1	538,6	8,979168
14		2,00	56,548	18700	330,7	551,2			
15		1,95	55,134	17378	315,2	525,3			
16	1,0	2,25	63,617	19728	310,1	516,8	308,9	514,9	6,9465
17		2,10	59,375	18608	313,4	522,3			
18		2,10	59,375	18008	303,3	505,5			
19	1,2	2,05	57,962	14537	250,8	418,0	243,0	405,0	4,966848
20		2,20	62,203	14394	231,4	385,7			
21		2,05	57,962	14317	247,0	411,7			
	1,4								3,040212
	1,6								1,166592
	1,8								-0,654012
22	2,0	2,00	56,548	7917	140,0	233,3	153,7	256,1	-2,4216
23		2,15	60,789	9890	162,7	271,2			
24		2,15	60,789	9623	158,3	263,8			
	2,2								-4,136172
	2,4								-5,797728
	2,6								-7,406268
	2,8								-8,961792
25	3,0	2,15	60,789	5137	84,5	140,8	78,6	131,1	-10,4643
26		2,10	59,375	4530	76,3	127,2			
27		2,05	57,962	4353	75,1	125,2			

Таблиця 2 – Результати вимірювань параметрів оптимізації

Номер точки плану	Дійсні значення параметрів оптимізації за результатами експериментів								
	Мікротвердість Н, кг/мм ²			Процентний склад міді в покритті К, %			Дотична сила різання Р ₂ , Н		
1	432	421	409	1,8	1,73	1,77	697	714	705
2	247	230	244	1,41	1,35	1,4	415	441	420
3	454	443	450	1,34	1,45	1,41	760	794	783
4	321	345	338	1,1	1,14	1,03	473	461	454
5	353	364	359	5,5	6,59	6,12	492	504	489
6	184	179	190	4,8	4,63	4,84	365	378	369
7	382	375	377	4,97	4,84	4,61	526	500	518
8	252	264	246	3,91	3,77	3,53	449	461	434