

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ
ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ
ПРИ ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-19
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Калініч Максим Олегович

Керівник: _____ Колбасін Володимир Олександрович

Рецензент: _____

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. профе-

сор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„1” 10 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Калініча Максима Олеговича

1. Тема роботи: Оптимізація параметрів технології відновлення деталей типу вал металополімерними композиціями при технічному сервісі мобільних машин

керівник роботи к.т.н. доцент Колбасін В.О.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “8” жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи відновлення деталей машин різними видами наплавлення. Вали та ступіні їх зносу. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Дослідження режимів наплавлення та їх оптимізація. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

РЕФЕРАТ

В даній дипломній роботі розглянуті питання оптимізації параметрів відновлення деталей металополімерними матеріалами.

В дипломній роботі були проведені аналіз надійності валів та встановлено найбільш ненадійні вузли, розглянуті існуючі методи відновлення деталей та обґрунтовані найбільш ефективні.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують правильність вибору методу відновлення та нанесення покриттів при різних режимах нанесення покриттів.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка проектних рішень.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 95 аркушів, а також 12 слайдів демонстраційного матеріалу у форматі Microsoft PowerPoint.

Ключові слова - ВІДНОВЛЕННЯ, НАПЛАВЛЕННЯ, МЕТАЛОПОЛІМЕР, ЗМІЦНЕННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ДВИГУН, ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ, ПРОГРАМА РЕМОНТУ, ТРУДОМІСТКІСТЬ і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	11
1.1. Аналіз існуючих способів відновлення деталей типу вал.....	11
1.2. Відновлення посадочних поверхонь з використанням анаеробних герметиків.....	23
1.3. Металополімери в ремонті й відновленні промислового встаткування.....	25
1.4. Загальні висновки та задачі роботи.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛ МЕТАЛОПОЛІМЕРАМИ.....	28
2.1. Загальний технологічний процес відновлення посадочних поверхонь металополімерними композиціями.....	28
2.2. Розробка технологічного процесу відновлення валу ведучого в сборі 150.41.055.....	30
2.2.1. Опис конструкції деталі та опис її дефектів.....	30
2.2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі.....	34
2.2.3. Складання технологічного плану операцій.....	36
2.2.4. Вбір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу.....	38
2.3. Висновок	52
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ.....	53
3.1 Загальна методика досліджень.....	53
3.2. Технологія відновлення деталей метало полімером Weicon A.....	54
3.3. Результати стендових випробувань і їх аналіз.....	60
3.4. Висновок.....	65
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	67
4.1. Дослідження стану з охорони праці в господарстві.....	67
4.2. Дослідження виробничого травматизму.....	69

4.3. Вимоги з охорони праці для слюсаря механоскладальних робіт.....	72
4.4. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві.....	78
4.5. Дії працівників при виникненні надзвичайної ситуації.....	80
4.6. Висновок	81
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	89
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	91
ДОДАТКИ.....	95

ВСТУП

Сучасна політична й економічна обстановка у світі пред'являють до сільського господарства України особливі вимоги: імпортозаміщення сільськогосподарської продукції й забезпечення продовольчої безпеки країни. Розв'язок цих завдань вимагає від вітчизняних сільськогосподарських товаровиробників не тільки конкурентоспроможної продукції високої якості, але і її адекватної ціни. У формуванні ціни сільськогосподарської продукції значну роль відіграють витрати на забезпечення працездатного стану мобільних машин і технологічного встаткування.

Одним з основних перспективних напрямків підвищення ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки є відновлення зношених деталей. Ціна деталей після відновлення суттєво менше ціни нових деталей. При цьому заощаджується витрата чорних і кольорових металів, електроенергії, меншою мірою забруднюється навколишнє середовище. Вітчизняними вченими розроблені перспективні технології, які не тільки компенсують зношування, але й збільшують ресурс деталей і, отже, підвищують надійність складальних одиниць, вузлів і машини в цілому [1...5]. Черновол М. І. підкреслює -одним із пріоритетних завдань у розвитку системи технічного сервісу є розвиток відновлення зношених деталей, як альтернативи витраті нових на обслуговування старіючого парку машин, що дозволить знизити витрати на підтримку техніки в працездатному стані [6, 7, 8].

Підпрограма «Технічна й технологічна модернізація, інноваційний розвиток» у рамках Державної програми розвитку сільського господарства й регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини й продовольства на 2015 - 2020 роки ставить завдання підвищення ефективності й конкурентоспроможності продукції сільськогосподарських товаровиробників за рахунок технічної й технологічної модернізації виробництва [9].

Дослідження нових перспективних полімерних матеріалів і розробка технології відновлення з їхнім використанням є важливою складовою модерні-

зації ремонтного виробництва сільськогосподарських підприємств. Це забезпечить підвищення надійності аграрної техніки, скорочення витрати матеріальних ресурсів на забезпечення її працездатності, буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції.

До найважливіших шляхів підвищення ефективності ремонту машин відноситься розробка й впровадження у виробництво сучасних ресурсо- і енергозберігаючих технологічних процесів відновлення зношених деталей. Саме в цьому ховаються основні резерви зниження вартості й збільшення ресурсу відремонтованих машин, скорочення витрати запасних частин, економії суспільної праці й матеріальних витрат. При цьому дані технології повинні бути універсальними, економічно ефективними, тобто їхнє застосування без додаткових значних капітальних вкладень можливо було б поширити на відновлення максимально можливої кількості різнотипних деталей різномарочних машин і механізмів. До того ж бажано максимально використовувати наявне ремонтно-технологічне й металорізальне встаткування.

Сьогодні однією з найгостріших проблем ремонтного виробництва є відсутність високоефективних, але в той же час простих у реалізації технологічних процесів відновлення посадкових поверхонь валів і осей механізмів машин. Існуючі нескладні й недорогі технології, до якихось можна віднести зварювально - наплавочні, відновлення пластичним деформуванням, полімерними матеріалами як правило не дозволяють забезпечити необхідний ресурс відновленої деталі, а складні в реалізації й дорогі технології: плазмове й лазерне наплавлення, приварку сталевій стрічці й інші значно підвищують собівартість продукції й не рентабельні при невеликій програмі ремонту.

Розв'язок даної проблеми бачиться в комбінуванні першої групи технологічних процесів з одержанням багатошарових покриттів із заданими гарантованими фізико-механічними, реологічними й триботехнічними властивостями, а також у забезпеченні заданої розмірної й геометричної точності відновлюваних деталей.

Одним із кращих варіантів є одержання комбінованого відбудовного покриття на основі сучасних полімерних матеріалів.

Однак реалізація даного підходу вимагає додаткових теоретичних і експериментальних досліджень.

Метою дослідження є розробка типового технологічного процесу відновлення посадкових поверхонь валів механізмів машин під підшипники кочення металополімерним покриттям.

Об'єкт дослідження – зношені й відновлені металополімерними покриттями поверхні валів і осей механізмів машин.

Предмет дослідження – закономірності зміни несучої здатності комбінованих відбудовних покриттів зношених посадкових поверхонь валів під підшипники кочення.

Для реалізації поставленої мети в роботі були сформульовані наступні завдання дослідження:

- провести аналіз технічного стану валів механізмів машин та існуючих технологічних процесів їх відновлення;
- розробити методику відновлення валу з використанням металополімерних покриттів замість наплавлення;
- розробити та дослідити технологічний процес нанесення металополімерних покриттів на посадкові місця валів під підшипник;
- досліджувати фізико-механічні й технологічні властивості імпортованих і вітчизняних полімерних матеріалів, а також комбінованих покриттів на їхній основі;
- розробити заходи з охорони праці.
- провести техніко-економічну оцінку роботи.

Практичну значимість представляють:

- удосконалені методики дослідження властивостей полімерних відновлюючих матеріалів;

- отримані значення фізико-механічних властивостей сучасних полімерних матеріалів, використовуваних для відновлення зношених деталей (вайкон А та Ф-40С).

Апробація роботи. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.

1 РОЗДІЛ

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз існуючих способів відновлення деталей типу вал

Дослідженнями багатьох вчених та науково – дослідних інститутів, встановлено, що близько 40...45% деталей можна відновити та використовувати повторно, що в свою чергу значно знижує собівартість ремонту, до 30...35% деталі які не потребують ремонту і можуть повторно використовуватись і лише 25...30% деталей після проведення дефектувальних робіт – вибраковується рис. 1.1 [10, 11, 12].

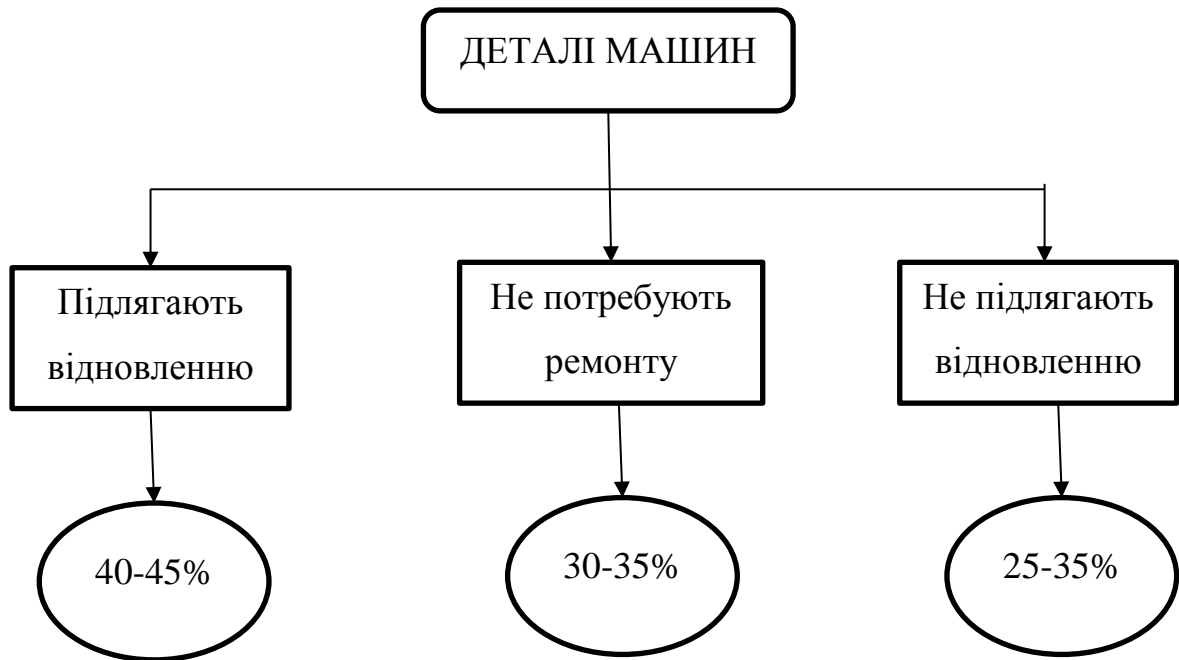


Рис. 1.1. Розподіл деталей машин

Номенклатура відновлювальних деталей досить широка, в основному це складні, коштовні деталі такі як блоки-циліндрів двигунів, головки двигунів, колінчасті та розподільчасті вали, корпуси коробок передач та інші, собівартість їх відновлення складає 10...50% вартості виготовлення нової деталі, тому відновлення має велике значення. В залежності від типу деталі, виду та

величини зносу, матеріалу деталі, її фізико-механічних властивостей використовуються різні способи відновлення [10].

До деталей типу «вал» відносять деталі машин, призначені для передачі крутного моменту й сприйняття діючих сил з боку розташованих на ньому деталей і опор. На валу закріплюються шків, зубчасті колеса, маховики й т.п. Деякі із цих деталей, називаються ведучими, одержують обертовий рух від стороннього джерела енергії (двигуна). До інших деталей обертання передається валом. Вони називаються веденими. Таким чином, вал при своєму русі обов'язково передає зусилля (обертаючий момент), а тому сприймає деформації кручення й згину.

Вали за формою розділяються на прямі або вигнуті (колінчаті), цілі або складові (зібрані з декількох частин), суцільні або порожні (пустотілі). Широке поширення в автомобіле- та тракторобудуванні одержали колінчаті, розподільні й карданні вали [13]. Вони застосовуються у двигунах внутрішнього згорання, у парових машинах, поршневих насосах (компресорах).

Довгі вали, наприклад гребні вали кораблів, через складність їх виготовлення роблять складовими (рознімними).

Порожні, або трубчасті, вали застосовують тоді, коли необхідно зменшити їх чи всі пропустити через внутрішній отвір вала інші деталі. Якщо вал не передає обертового руху, а тільки підтримує обертові частини, його називають віссю. Таким чином, вісь на відміну від вала не випробовує кручення, а зазнає лише вигину.

Осі діляться на нерухомі (наприклад, осі коліс велосипеда, мотоцикла, автомобіля і т.д.) і рухомі, які обертаються разом із закріпленими на них деталями (наприклад, осі залізничних і трамвайних причіпних вагонів).

Вали й осі сприймають під час роботи більші навантаження. Тому їх виготовляють із вуглецевої конструкційної сталі, піддають обробці тиском, поверхневої цементації, загартуванню й перевіряють на міцність.

Форми валів і осей досить різноманітні від найпростіших циліндрів до складних колінчатих конструкцій. Форма вала визначається розподілом зги-

наючих і крутних моментів по його довжині. Правильно спроектований вал являє собою балку рівного опору. Вали й осі обертаються, а, отже, випробовують знакозмінні навантаження, напруження й деформації. Тому поломки валів і осей мають втомний характер.

До основних дефектів валів і осей відносять [13, 14, 15] рис. 1.2 – 1,6:

- Зноси й задири опорних шийок. В основному виникають при недостатньому змащенні між поверхнями тертя при високій частоті обертання.

- Прогини, вигини й скручування. Утворюються при перевищенні граничних навантажень на вал або вісь, або перегріві їх під час роботи.

- Тріщини. Виникають в основному від впливу ударних і вібраційних навантажень, досить складно виявляються й можуть привести до аварійного зношування й виходу з ладу вузла або механізму.

- Руйнування різьбових поверхонь. Найчастіше зустрічається зріз і зминання різьби в результаті впливу різкого осьового навантаження або при виникненні підвищеного крутного моменту на нарізному сполученні.

- Руйнування шпонкових або шлицьових пазів. Відбувається так само при ударних і вібраційних навантаженнях або при перевищенні припустимих значень крутних моментів на шпонковому або шлицьовому з'єднанні.



Рис. 1.2. Абразивний знос на опорі вала

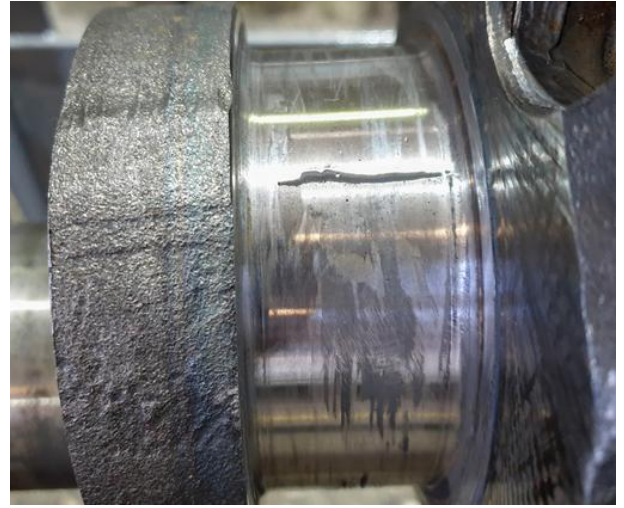


Рис. 1.3. Тріщини на валах



Рис. 1.4. Знос різьби на кінці валу



Рис. 1.5. Знос шліців на первинному валу коробки передач

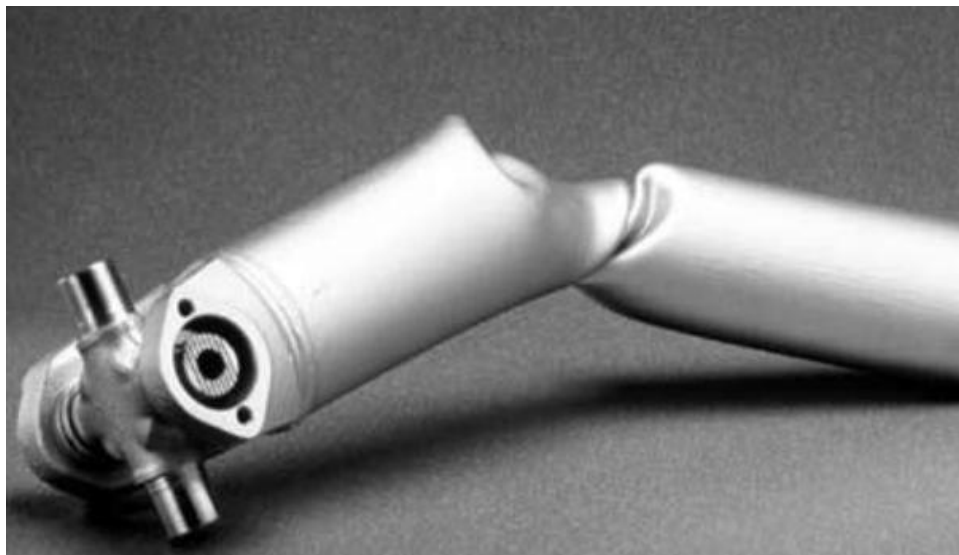


Рис. 1.6. Скручування карданного валу

Дефектація й відновлення валів і осей проводиться при капітальному або поточному ремонті автомобілів чи тракторів. Вибракування валів і осей здійснюється за результатами вимірів, по візуальному огляду й за результатами металографічних досліджень (при необхідності). При наявності можливості відновлення вала або осі ухвалюють рішення щодо вибору способу відновлення й ремонту [13, 14, 15, 16]. Основні способи відновлення валів і осей, застосовувані в ремонтному виробництві можна умовно розділити на способи, що дозволяють відновити номінальний розмір і вихідну геометрію вала або осі й способи, що використовують відновлення під «ремонтний роз-

мір», тобто під розмір, для якого існує можливість застосування «ремонтних» деталей. Класифікація способів відновлення наведено на рис. 1.7.



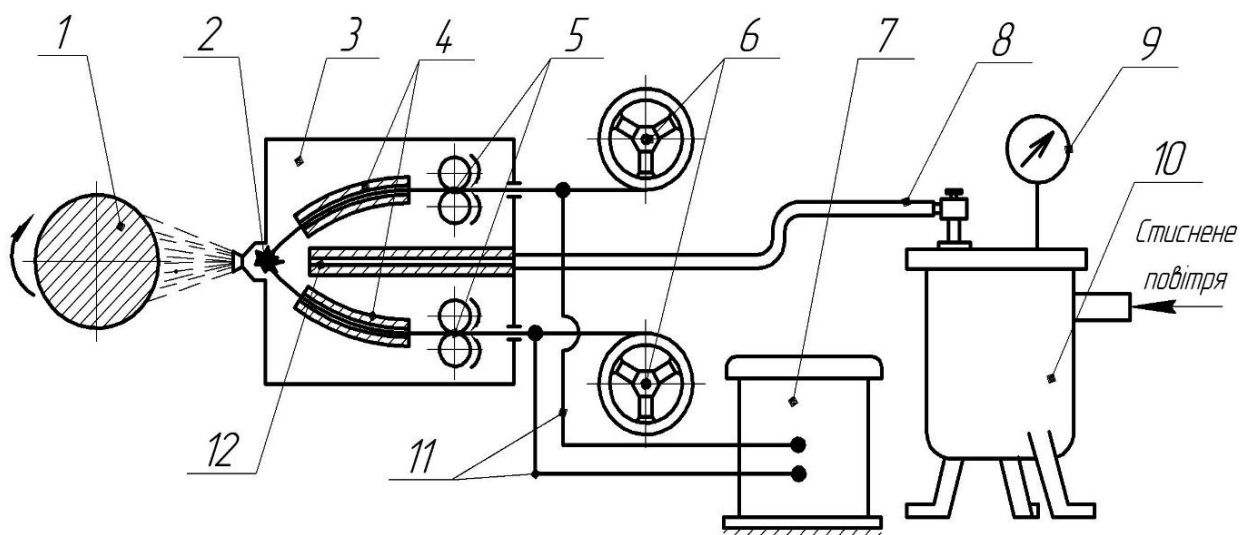
Рис. 1.7. Способи відновлення валів

Відновлення посадкових поверхонь валів і осей під номінальний розмір може здійснюватися такими способами [10, 11, 12].

Електродугове напилення рис. 1.8. При електродуговому напилюванні два дроти з напилюваного металу діаметром 1...3,2 мм з'єднані з електричним джерелом живлення, безперервно подаються за допомогою механізму подачі по напрямних наконечниках, у точках їх зближення виникає електрична дуга, яка розплавляє метал рис 3.30. Останній стиснутим повітрям або інертним газом, який подається по каналах металізатора (газотермічне напилення у літературі часто називають металізацією), переноситься на поверхню зі швидкістю 100...300 м/с у вигляді частинок розміром 3...300 мкм. Частинки металу, взаємодіючи із зовнішнім середовищем під час польоту, покриваються оксидною плівкою.

При зіткненні з поверхнею деталі, ця плівка за рахунок кінетичної енергії частинок руйнується, утворюючи на поверхні суцільне шарувате покриття з великою кількістю пор і оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається за рахунок адгезії і механічного зчеплення з шорсткою поверхнею.

Принцип дії установки (рис. 1.8) полягає в наступному: повітря від компресору або від централізованої системи подачі стисненого повітря нагнітається в масло та вологовідокремлювач 10, де стиснене повітря підсушується та очищується від масла та вологи. Тиск у масло та вологоочиснику контролюється манометром 9. Далі стиснене повітря під тиском 0,4...0,6 МПа по шлангу підходить до сопла 12 металізатора 3. Паралельно подаючими роликами 5 від котушок 6 по направляючим 4 подається металевий дріт, який на виході з направляючих 4 стикається і запалює електричну дугу 2, під дією якої він плавиться. Електрична дуга утворюється завдяки джерела струму 7 та дротам 11, які з'єднують джерело струму з металевими наплавлювальними дротами. Розплавлений метал підхоплюється струменем повітря, що продувається через сопло 12 металізатора і транспортується з високою швидкістю до деталі 1, де стикаючись з поверхнею, прилипає до неї і охолоджується, утворюючи міцний шар металу.



Переваги електродугового напилювання:

- простота обладнання;
- висока продуктивність (3...14 кг/год);
- наявність у поверхневому шарі пористості створює сприятливі умови для роботи рухомих з'єднань (при малих навантаженнях).

Недоліком способу є:

- окислення і вигорання легуючих елементів;
- зниження втомлюваної міцності.
- високий ступінь розбризгування металу, який може коливатись в межах 40...60%;

Автоматичне наплавлення і зварювання під шаром флюсу. Сутність даного способу зварювання та наплавлення (рис. 1.9) полягає в тому, що між деталлю 8, що наплавляється та електродним дротом 4, утворюється електрична дуга 5. В зону горіння дуги 5 із бункера за допомогою спеціального пристрою 2 подається сухий зернистий флюс, який покриває товстим шаром місце наплавлення деталі. Тепло, що виділяється під час горіння дуги, плавить електродний дріт, основний метал деталі і частину флюсу. Над ванною розплавленого металу утворюється порожнина, яка заповнена газами і парами, що утворюються при горінні дуги. Розплавлений флюс утворює еластичну оболонку, яка надійно захищає всю зону горіння дуги від впливу атмосферного повітря. Ця оболонка при підвищенні тиску не заважає газам, які утворюються в процесі наплавлення, виходити назовні.

При наплавленні циліндричної поверхні деталь має обертатися. Для того, щоб метал не стікав з поверхні, що наплавляється, електродний дріт зміщують з zenіту (точки, що знаходиться над віссю) деталі в сторону, протилежну обертанню, на величину a , яка в залежності від режиму наплавлення і діаметра деталі приймається в межах 3...15 мм.

По мірі віддалення розплавленого металу від зони горіння дуги, відбувається його кристалізація і затвердіння шлаку. В результаті на поверхні деталі утворюється металевий валик, покритий шлаковою кіркою і нерозплавленим зернистим флюсом, який поступово зсипається вниз. Невикористаний

флюс, який осипається з деталі в піддон установки, просіюється і повертається в бункер.

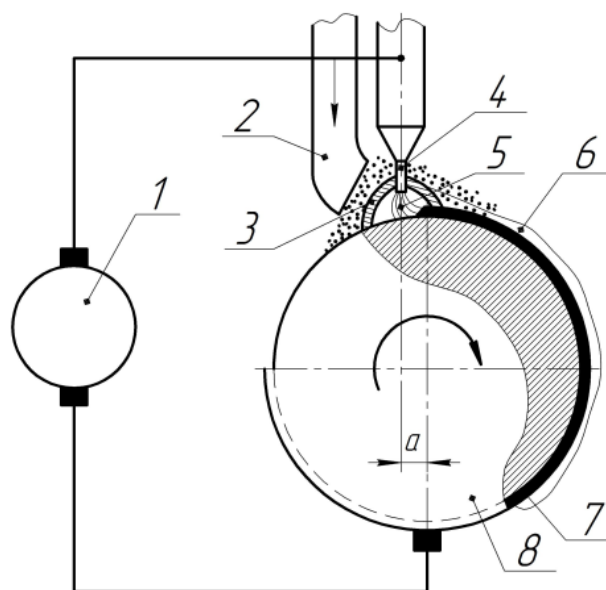


Рис. 1.9. Схема автоматичного наплавлення деталі під шаром флюсу:

1 – джерело струму; 2 – пристрій для подачі флюсу; 3 – захисна оболонка; 4 – електродний дріт; 5 – електрична дуга; 6 – шлакова кірка; 7 – наплавлений метал; 8 – деталь.

Автоматичним наплавленням під шаром флюсу можна відновити циліндричні поверхні і різьбові деталі діаметром понад 40 мм, поверхні плоских деталей та внутрішні поверхні циліндричних деталей.

Наплавлення циліндричних поверхонь деталей найчастіше проводять по гвинтовій лінії. Валики, що наплавляються, накладаються так, щоб кожний наступний приблизно на $1/2 \dots 1/3$ перекривав попередній (рис. 1.10). При цьому валики металу повинні бути добре сплавлені між собою (проварені) і не містити шлакових включень. Для цього шлакову кірку необхідно видаляти з поверхні наплавленого валика до того, як до нього буде приварений наступний валик, тобто за час, менший, ніж потрібно для одного обороту деталі. Шлакову кірку видаляють ударами загостреного молотка.

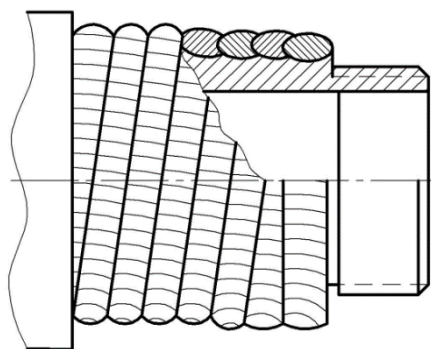


Рис. 1.10. Схема розміщення валиків на деталі при наплавленні під шаром флюсу

Перевагами даного способу є:

- продуктивність в 5...10 разів вища порівняно з ручним зварюванням та наплавленням, завдяки збільшенню щільності струму і коефіцієнта наплавлення;
- можливість отримання наплавленого шару великої товщини (від 1,5 до 5 мм і більше);
- зменшення втрат електродного дроту на розбризкування і вигорання;

Недоліками даного способу є:

- високий нагрів деталі при наплавленні;
- неможливість наплавлення деталей діаметром менше 40 мм через стікання металу, що наплавляється і складності утримання шлаку на поверхні деталі.

Автоматичне наплавлення і напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу. Суть даного способу зварювання та наплавлення полягає в тому, що електрична дуга горить в середовищі вуглекислого газу, який витискає повітря і захищає від його шкідливого впливу розплавлений метал зварювальної ванни. До електродного дроту 3 (рис. 1.11), що подається безперервно в зону плавлення металу та деталі, через наконечник 5 подається електричний струм. Між електродним дротом 3 і деталлю 9 горить електрична дуга 8. Одночасно з балона, по шлангу, через сопло 4 надходить вуглекислий газ, який витісняє повітря з плавильного простору і ізолює рідкий метал 2 від контакту з киснем і азотом повітря.

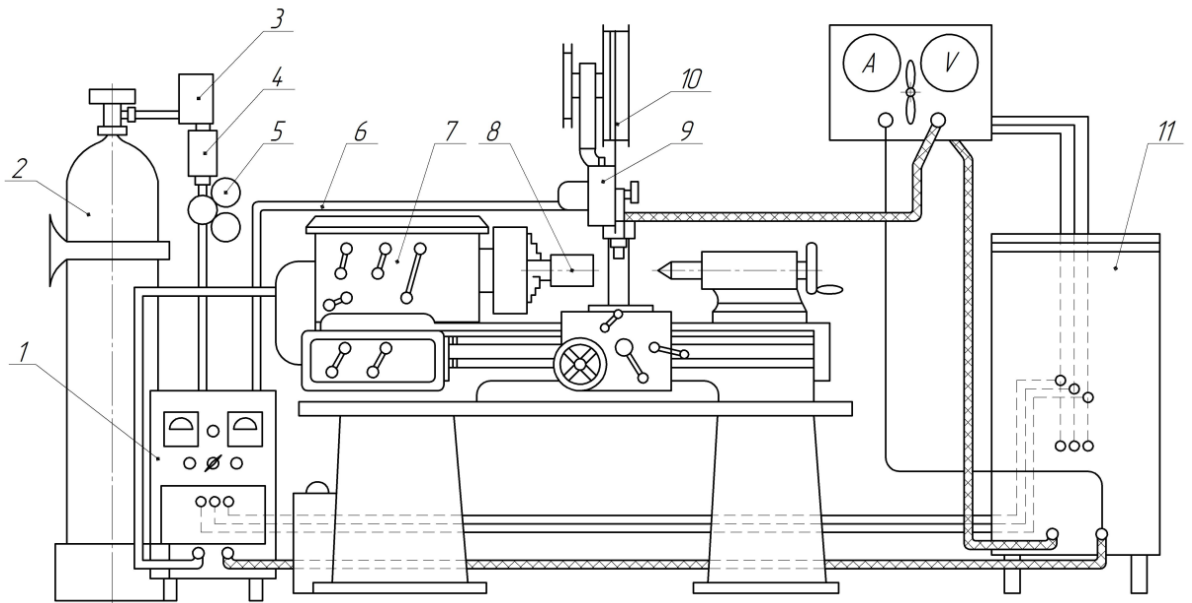


Рис. 1.11. Схема установки для автоматичного наплавлення деталей в захисному середовищі вуглекислого газу:

1 – апаратна шафа; 2 – балон з вуглекислотою; 3 – електричний підігрівач; 4 – осушувач; 5 – редуктор; 6 – шланг підведення газу; 7 – токарний верстат; 8 – деталь; 9 – механізм подачі електродного дроту; 10 – касета з дротом; 11 – селеновий випрямляч.

Автоматичне вібродугове наплавлення. Автоматичне вібродугове наплавлення є різновидом електродугового наплавлення і відрізняється від нього в основному тим, що електрична дуга горить не постійно, а періодично рис. 1.12.

Суть процесу вібродугового наплавлення полягає в періодичному замиканні і розмиканні електродного дроту і деталі, які знаходиться під напругою. Кожний цикл вібрації дроту включає в себе чотири послідовних процеси: коротке замикання, відрив електрода від деталі, електричний розряд, холостий хід. При короткому замиканні струм швидко зростає від нульового значення до максимального, а напруга падає майже до нуля, тому відбувається приварювання кінця електродного дроту до поверхні деталі. При русі електрода від поверхні деталі відбувається зменшення перетину електродного дроту на деякому віддаленні від її кінця. Зменшення перетину електродного дроту підвищує щільність струму і прискорює відрив його від деталі. Після відриву електродного дроту на деталі залишається частинка привареного ме-

талу. У момент відриву електродного дроту від деталі зростає напруга струму до 26...32 В і виникає короткочасний електродугової розряд. Різке зростання напруги пояснюється тим, що при розриві зварювального кола в індуктивно-му опорі виникає електрорушійна сила самоіндукції, яка співпадає за напрямком з напругою джерела струму. У період електродугового розряду в електродному проміжку виділяється до 80% теплової енергії, що призводить до оплавлення наплавленого металу. По міру відходу електрода від деталі електричний розряд припиняється і настає період холостого ходу. Далі електродний дріт знову стикається з поверхнею деталі і процес повторюється.

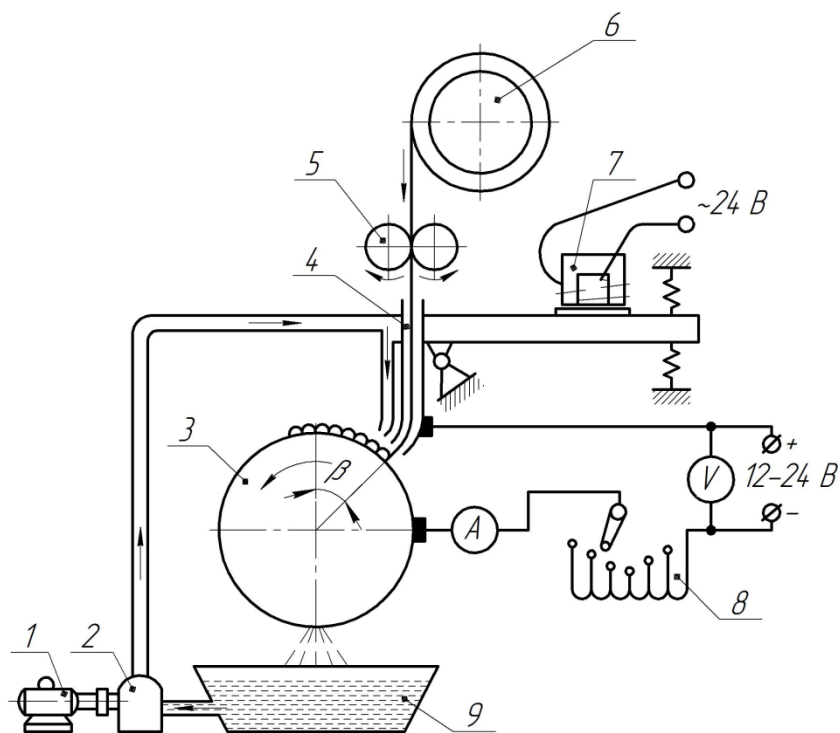


Рис. 1.12. Схема установки для вібродугового наплавлення:
 1 – електродвигун; 2 – насос; 3 – деталь; 4 – мундштук; 5 – механізм подачі електродного дроту; 6 – касета; 7 – електромагнітний вібратор; 8 – індуктивний резистор; 9 – бак.

Перевагами даного способу є:

- дозволяє наплавлення деталей малого діаметру (10...15 мм), що неможливо при наплавленні під шаром флюсу;
- незначний нагрів (приблизно 100°C), що дозволяє наплавляти тонкі деталі;

- можливість гартування наплавленого металу в процесі його нанесення, що виключає необхідність в подальшій термічній обробці деталей;
 - невелика зона термічного впливу, в результаті чого хімічний склад і фізико-хімічні властивості матеріалу деталі майже не змінюються;
 - висока продуктивність процесу;
- Недоліками даного способу є:
- зниження втомної міцності деталей після наплавлення на 30...40% , що пояснюється виникненням в поверхневому шарі залишкових напружень внаслідок різкого охолодження водою нагрітого металу.
 - крім того, має місце нерівномірність твердості наплавленого шару, а висока швидкість затвердіння розплавленого металу створює умови для утворення пор.

1.2. Відновлення посадочних поверхонь з використанням анаеробних герметиків

При ремонті техніки усе більш широке застосування знаходять анаеробні герметики, які являють собою багатокомпонентні рідкі розчини, здатні тривалий час зберігатися без зміни властивостей і швидко затверджуватись у вузьких зазорах між металевими поверхнями при порушенні контакту з киснем повітря [17].

Основу анаеробних герметиків становлять полімеризаційно здатні з'єднання акрилового ряду, як правило, диметилакрилові ефіри поліалкіленліколей, що володіють високою швидкістю перетворення в просторово зшиті полімери. Анаеробні герметики містять інгібіруючі й ініціюючі системи, які забезпечують тривале зберігання матеріалу і його швидку полімеризацію в зазорах з'єднань. До складу також входять загущувачі, модифікатори, барвники й інші добавки.

Анаеробні герметики мають гарну адгезію до металів, стійкістю до дії води, масел, палива, органічних розчинників, кислот, лугів і інших хімічних

речовин. Інтервал робочих температур більшості анаеробних герметиків від -60 до +150°C [17, 18].

Основними виробниками анаеробних герметиків є такі фірми, як «ЛОСТАІТ» (Англія) [19], «THREE BOND» (Японія) [20] і НДІ полімерів ім. Каргіна (Російська Федерація) [18]. Останній випускає велику кількість герметиків марок «Анатерм» і «Унтерм».

Для відновлення отворів у корпусних деталях найбільше застосування одержали такі анаеробні герметики, як АН-6, АН-6В, АН-6 ДО, АН-ЮЗ, УГ-7, УГ-8, УГ-11 [8].

Одним з перспективних анаеробних герметиків є АН-111 [22]. Для підвищення еластичності полімерних сіток даного анаеробного герметика були синтезовані олігомірні каучуки з кінцевими уретан акрилатними групами, які являють собою продукти взаємодії гідроксилвмістких полієфірів і олігомерних каучуків з диізоціанатами й акрилатами. Уведення реакціоноздатних олігомерних каучуків до складу герметика АН-111 дозволило суттєво підвищити його удароміцність і зберегти термічну й хімічну стійкість.

Технологічний процес фіксації підшипника кочення анаеробними герметиками полягає в зачищенні посадкової поверхні від корозії, її знежиренні шляхом протирання тампоном, змоченим в ацетоні, нанесенні на поверхні, що сполучаються, герметика й розрівнюванні його за допомогою кисті, складанню й центруванню деталей, що з'єднуються, витримці нерухливого з'єднання до схоплювання, розбиранню центрального пристрою, затвердіння герметика.

При відновленні клеями нерухливих з'єднань підшипників кочення зі зношуванням більш 0,05 мм використовують спеціальні центрвальні пристрої [23].

ВАТ "НДІ пластичних мас ім. Г. С. Петрова" розроблений аналог герметика 6Ф - лак Ф-40 (ТУ 6-06-246-92). На відміну від герметика 6Ф, який поставлявся в сухому виді у вигляді рулонів, лак Ф-40 являє собою розчин композиції каучуку й модифікованої фенольної смоли в органічному розчин-

нику [24]. Лак Ф-40 надходить у продаж у вигляді розчину в пластикових ємностях різного обсягу.

Сьогодні випускається модифікація Ф-40С, яка відрізняється фізико-механічними властивостями. Представляє науковий і практичний інтерес дослідження споживчих властивостей нового перспективного еластомера Ф-40С для розробки технологічних рекомендацій з його застосування при відновленні посадкових отворів у корпусних деталях сільськогосподарської техніки.

1.3. Металополімери в ремонті й відновленні промислового встаткування

Металополімери - це різні матеріали, від паст і гелів до легкотекучих композицій, двокомпонентні («базис» і «активатор») ремонтні состави на основі спеціальних, модифікованих фізико-хімічним способом епоксидних смол і наповнених багатоконпонентним наповнювачем з металевих, керамічних і мінеральних часток, що надають необхідні фізикотехнологічні властивості металополімерам: високу механічну міцність і адгезію до різних металів (у тому числі чавуну, нержавіючої сталі, кольоровим металам і т.д.), дереву, склу, бетону, кераміці, пластмасам (текстоліт, склопластик і т.п.), що зберігаються при тривалій експлуатації у воді, масляному, хімічно активному середовищу при високих (до 200 °С) температурах і тиску (до 250 кг/см²).

Металополімери мають підвищену стійкість до механічного, корозійного, ерозійного й кавітаційного зношування, впливу різних кислот і лугів.

Металополімери прості в застосуванні. Це состави «холодного» затвердіння, після якого можуть бути піддані будь-якій механічній обробці поряд з металами: точинню, фрезеруванню, струганню й т.д.

Область застосування. При використанні металополімерів не слід повністю замінити інші методи ремонтно-відбудовчих робіт: зварювання, наплавлення й т.п., а постаратися визначити ті області, де застосування метало-

полімерів буде найбільш ефективним, простим і надійним, а застосування інших методів найчастіше неможливо. При цьому слід створювати сприятливі умови роботи металополімерів у відновленій деталі: вибирати найбільш оптимальну схему ремонту, ретельно дотримувати технологічних рекомендацій при підготовці ремонтної поверхні і т.д.

Найпоширенішими й ефективними видами відновлювальних робіт з використанням металополімерів при ремонтах машин і механізмів загально-технічного призначення (електродвигунів, двигунів внутрішнього згорання, водяних і масляних насосів, компресорів, редукторів і т.д.) є:

- відновлення зношених посадкових місць під підшипники на валах, у корпусах, стаканах і картерах підшипників;

- відновлення посадкових поверхонь ущільнювальних кілець, кришок;

- ремонт робочих коліс і напрямних апаратів насосів: відновлення форми й геометричних розмірів лопаток (у тому числі аварійних руйнувань), закладення наскрізних отворів, кавітаційних, корозійних, ерозійних раковин, свищів, розмивів;

- відновлення ділянок різьби на валах і корпусах;

- відновлення й герметизація різьбових і фланцевих з'єднань;

- відновлення зношених постілей блоків циліндрів;

- закладення тріщин і протічок у корпусних деталях, що виникли в результаті «разморозки», ударів, неякісного лиття;

- відновлення шпонкових пазів і посадкових місць під напівмуфти на валах і т.д.

У випадках, коли характер і розміри дефектів вимагають вживання додаткових заходів для підвищення надійності ремонту виробу (відновлення форми й розмірів деталі, з'єднання важконавантажених елементів конструкції й т.п.), рекомендується застосовувати разом з металополімерами такі матеріали як склотканина, металеві сітки, армуючі штифти.

Змішування компонентів металополімерів проводиться шпателем на твердій знежиреній пластині з металу, фторопласта, картону й т.п. інтенсивно протягом трьох, п'яти хвилин до одержання однорідної маси.

Підготовлений металополімер наноситься шпателем (вузьким, широким, профільним, металевим, поліетиленовим, твердим, м'яким і т.д. - залежно від технології ремонту, профілю й площі відновлюваної поверхні), тонким шаром, ретельно втираючи (особливо перший шар), намагаючись змочувати всю ремонтвану поверхню, не залишаючи порожнеч.

1.4. Загальні висновки та задачі роботи

Виконаний огляд технологій та способів відновлення валів дозволяє зробити наступні висновки:

При відновленні валів використовують різноманітні способи відновлення, а саме напилення, приварка сталевих стрічки, наплавлення. Напилення деталей досить непогано себе зарекомендувало але має ряд суттєвих недоліків, а саме погане зчеплення напиленого покриття з основою і головне тонкий шар напилення, що обмежує використання даного способу при відновленні валів які вийшли за межі граничного зносу.

Найбільш ефективним способом відновлення є наплавлення але на сьогодні при використанні в якості джерел струму інверторних установок не достатньо досліджені режими наплавлення також альтернативою наплавленню може бути нанесення металополімерних покриттів.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛ МЕТАЛОПОЛІМЕРАМИ

2.1. Загальний технологічний процес відновлення посадочних поверхонь металополімерними композиціями

Відновлення деталей металополімерними композиціями виконується в певній послідовності, це підготовка деталі, підготовка композиції, нанесення та наступна механічна обробка. Від якості та ретельності виконання всіх операцій залежить якість кінцевого продукту. Загальна схема технологічного процесу нанесення металополімерних композицій наведена на рисунку. 2.1.

Підготовка поверхні. Зачистити ремонтвану поверхню до металевого блиску, вилучивши залишки бруду, масла, іржі, фарби, гальванічних покриттів. Площа чистого металу повинна становити не менш 95 % від загальної площі ремонтваної поверхні й не менш 90 % на будь-якій площі 25 x 25 мм. Надати поверхні шорсткість (наждаковим папером, піскоструминною обробкою, шліфмашинкою і т.п.).

Наявні тріщини засвердлити й обробити; мінімальна припустима товщина шару металополімера повинна бути не менш 0,5...1,0 мм, тому, коли розмір зношування деталей менше цієї величини, необхідно зробити попередню вибірку ремонтваних поверхонь на глибину, що забезпечує мінімальну товщину шару металополімера після нанесення й механічної обробки. При цьому необхідно намагатися уникати плавного переходу металополімера до поверхні металу; знежирити підготовлену поверхню (ацетоном, спирто-ацетоновою сумішшю); просушити підготовлену поверхню; підготовлена поверхня повинна бути більше дефектної ділянки на 30...40 мм по периметру.

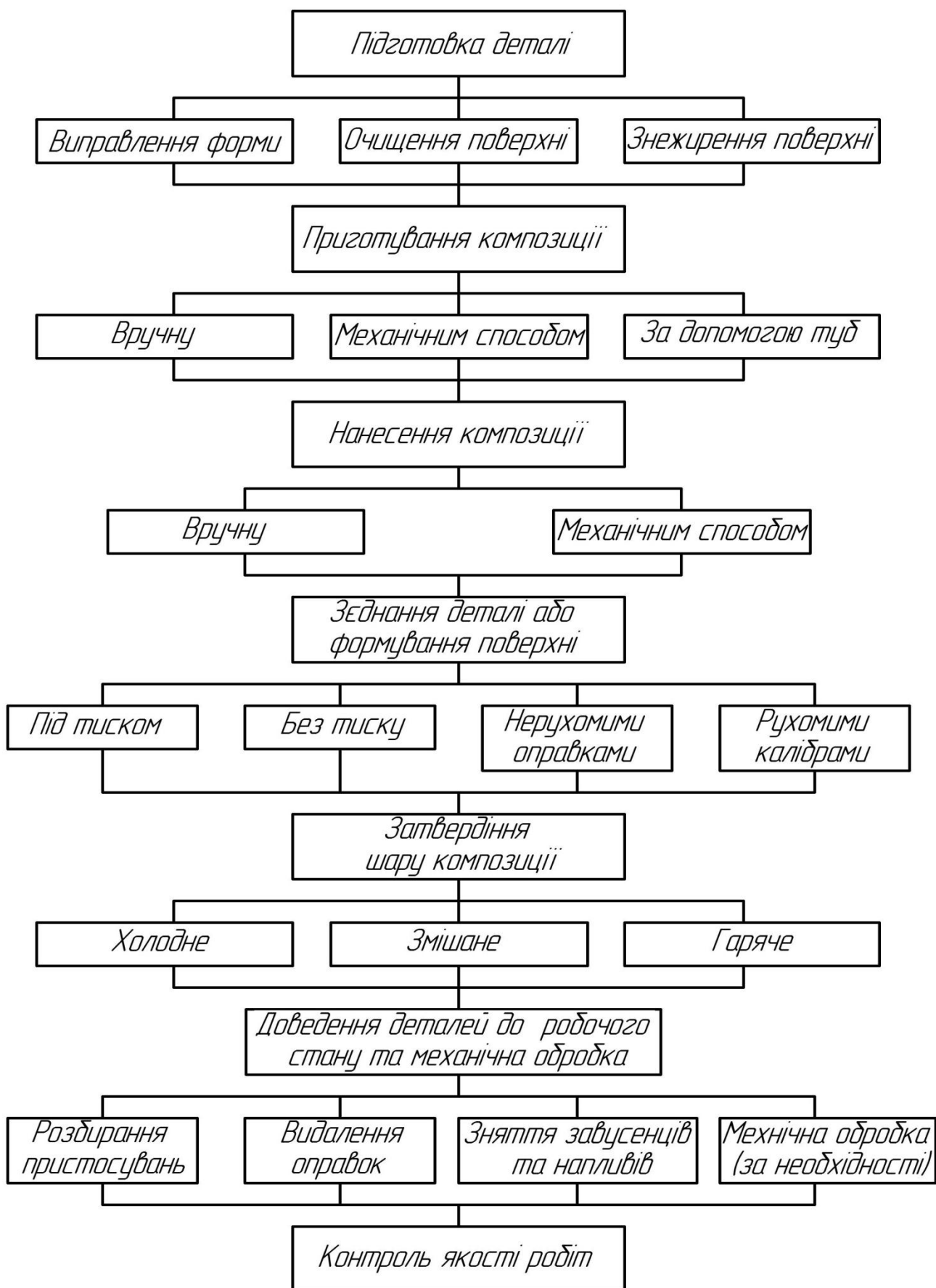


Рис. 2.1. Схема технологічного процесу нанесення металополімерних композицій

2. Нанесення металополімера.

Дозування й змішання. При дозуванні компонентів металополімера необхідно суворо дотримувати об'ємних співвідношень базису й активатора, згідно рекомендацій виробника.

Нанесення. Металополімер наноситься шпателем тонким шаром, ретельно втираючи, намагаючись змочувати всю ремонтовану поверхню, не залишаючи порожнеч. Відразу, після нанесення першого шару, наноситься шар або шари металополімера необхідної товщини. При нанесенні декількох шарів не слід чекати затвердіння попереднього шару. Якщо по різних причинах це неможливо, то необхідно підготувати поверхню як вказувалося вище.

3. Затвердіння.

Затвердіння металополімерів відбувається при температурах вище 5 °С (оптимальна температура 20 °С). Для прискорення процесу затвердіння можна прогрівати нанесений шар металополімера (наприклад, промисловим феном) після придбання їм деякої твердості, щоб виключити можливе розтікання при нагріванні. При полімеризації металополімери «холодного затвердіння» не піддаються усадці й зберігають постійний об'єм.

4. Механічна обробка.

Для якісної обробки затверділих металополімерів з усіма видами активаторів рекомендується застосовувати твердосплавний інструмент, а в окремих випадках інструмент із алмазними насадками. Рекомендується використовувати плоский, без канавки різець. Установка різця вище центру на 0,5 ÷ 1,0 мм.

2.2. Розробка технологічного процесу відновлення валу ведучого в сборі 150.41.055

2.2.1. Опис конструкції деталі та опис її дефектів

Вал ведучий позиції 4 входить до складу вузла первинного вала коробки передач трактора МТЗ-82 (рис. 2.2). Призначений для передачі крутного моменту від первинного вала до шестірні проміжного вала КПП.

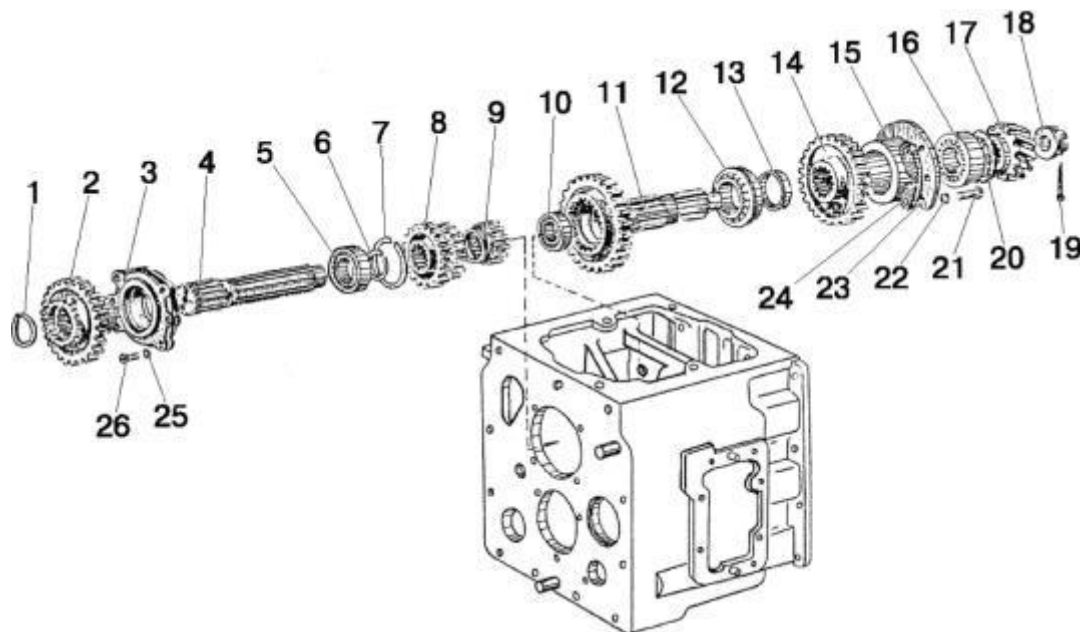


Рис. 2.2 – Вал первинний КПП

Вал ведучий призначений для установки шестірень, які передають крутний момент на проміжний вал коробки передач. Вал опирається на два шари́копідшипники. Для фіксації шестірні вал має різьбову шийку із просвердленим отвором, призначеним для установки фіксуючого штифта.

У процесі роботи на деталь діють змінні циклічні навантаження, тому шліци зазнають загартуванням з нагріванням СВЧ.

Основною конструкторською базою є вісь деталей. До допоміжних конструкторських баз ставляться торці.

Вал ведучий виготовлено зі сталі 40Х ГОСТ 4543-71, яка задовільно обробляється різанням.

Хімічний склад і механічні властивості використовуваної сталі наведено в таблицях 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71, %

C	Cr	Cu	P	Mo	S
		не більше			
0,35- 0,39	1,00- 1,30	0,30	0,035	0,30	0,035

Таблиця 2.2 - Механічні властивості сталі 40X ГОСТ 4543-71

$\sigma_{\text{в}}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Твердість, НВ
890	650	8	255...302

де $\sigma_{\text{т}}$ - границя текучості;

σ_{R} – межа міцності;

δ – відносне подовження при розтяганні;

ψ – відносне звуження;

Mo – молібден;

S – сірка;

P – фосфор;

Cr – хром.

Деталь – Вал ведучий – виготовляється зі сталі 40X ГОСТ 4543-71. Заготовка виходить із круглого гарячокатаного прокату.

Параметри шорсткості, способи обробки відповідають застосовності для обробки на верстатах. Контрольовані розміри деталі доступні для безпосереднього виміру.

Деталь не містить глибоких отворів, різьбових отворів діаметром менше 5 мм.

Усі поверхні легкодоступні для механічної обробки. При обробці відсутня необхідність застосування спеціального різального інструменту, усі поверхні мають просту форму й можуть оброблятися універсальним різальним інструментом. Не технологічним у конструкції деталі є наявність шліців, обробка яких вимагає застосування спеціальних різальних інструментів.

Аналізуючи проставляння розмірів на кресленні, необхідно відмітити, що граничні відхилення розмірів, що визначають неробочі поверхні, мають більш широкі поля допусків і більшу шорсткість, чому розміри робочих поверхонь, що не вимагає збільшення трудомісткості при виготовленні даної деталі.

З обліком усього перерахованого вище технологічність даної деталі можна оцінити на «добре».

Для оцінки схем базування деталі в ході технологічного процесу зобразимо ескіз деталі на рис. 2.3.

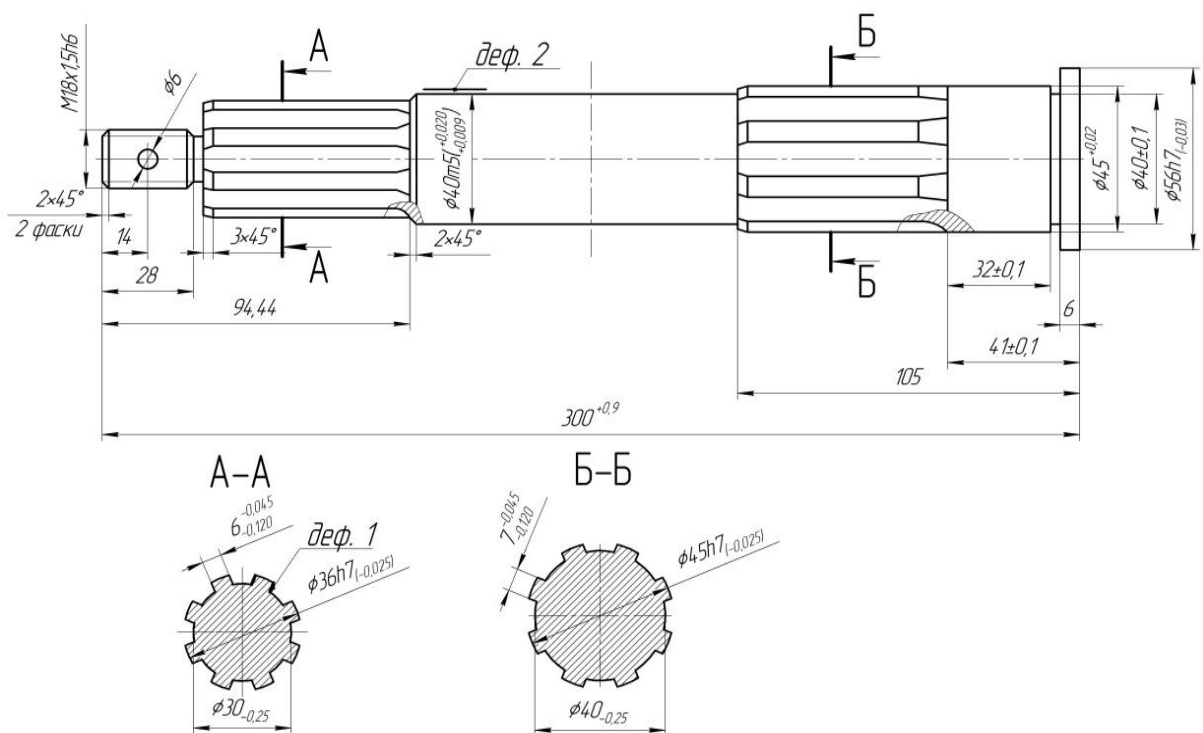


Рис. 2.3 – Бази механічної обробки деталі «Вал ведучий»

Дефекти валу наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Дефекти валу ведучого

№	Назва дефекту	Розмір, мм		Вимірювальний інструмент
		за кресленням	граничний	
1	Знос шліців	$6_{-0,120}^{-0,045}$	Менше	Мікрометр зубомірного типу

	по товщині		5,88	МЗ 25 ГОСТ 6507-60
2	Знос поверхні під підшипник 308	$40^{+0,020}_{-0,003}$	Менше 40,003	Скоба калібр 8115-00332Н ГОСТ 18367-73 або Мікрометр важільний МР 50 ГОСТ 4381-68
3	Знос шліців по товщині	$7^{-0,045}_{-0,120}$	Менше 6,88	Мікрометр зубомірного типу МЗ 25 ГОСТ 6507-60
4	Знос поверхні під підшипник 409	$45^{+0,020}$	Менше 45	Скоба калібр 8115-00332Н ГОСТ 18367-73 або Мікрометр важільний МР 50 ГОСТ 4381-68

За завданням необхідно відновити дефекти 1, 2.

2.2.2. Вибір раціонального способу відновлення деталі

При аналізі необхідно вибрати та обґрунтувати раціональний спосіб відновлення деталі (групи деталей). Його визначають користуючись критеріями: технологічним (або критерієм застосування), технічним (довговічності) і техніко-економічним (узагальнюючим).

Технологічний критерій визначає принципову можливість застосування того чи іншого способу відновлення, виходячи із конструктивно-технічних особливостей деталі або визначених груп деталей.

Вибір способу відновлення за технологічним критерієм.

Знос шліців по товщині можливо відновити:

- Пластичним деформуванням.
- Заваркою з наступним фрезеруванням.

Інші способи трудомікі та ненадійні (роздача, ремонтний розмір та інші)

Знос поверхні під підшипник:

- Вібродугове наплавлення.
- Наплавлення в середовищі CO₂.
- Залізнення.
- Хромування.

Вибрані способи відновлення дефекту деталі за технологічним критеріями підлягають оцінці за *технічним критерієм*, який для кожного вибраного способу дає комплексну, якісну оцінку довговічності, що характеризується коефіцієнтом довговічності (K_d), який визначається за наступним виразом:

$$K_d = K_{zn} \cdot K_v \cdot K_z \cdot K_p, \quad (2.1)$$

де K_{zn} , K_v і K_z - відповідно коефіцієнти зносостійкості, витривалості та зчіплення покриттів [25, 26];

K_p – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичну роботу то здатність відновлення деталей в умовах експлуатації ($K_p = 0,8 \dots 0,9$).

Для прикладу розглянемо перший дефект. Для даного дефекту вибрано чотири способи відновлення:

- вібродугове наплавлення;
- наплавлення в середовищі CO₂;
- залізнення;
- хромування.

Тоді.

$$K_d^{ВДН} = 0,85 \cdot 0,62 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,47$$

$$K_d^{HCO_2} = 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 0,77$$

$$K_d^{зал} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,9 = 0,5$$

$$K_{\delta}^{xром} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,9 = 0,54$$

Таким чином найбільш довговічним способом буде наплавлення в середовищі CO₂.

Техніко-економічний критерій пов'язує вартість відновлення деталі з її довговічністю після усунення дефектів. Умова техніко-економічної ефективності способу відновлення деталі запропонована проф. В.І. Казарцевим

$$C_{\delta} \leq K_{\delta} \cdot C_{н} \quad \text{або} \quad \frac{C_{\delta}}{K_{\delta}} \leq C_{н}, \quad (2.2)$$

де C_{δ} – вартість відновлення деталі, грн.;

$C_{н}$ – вартість нової деталі, грн.;

K_{δ} – коефіцієнт довговічності деталі,

В розрахунково-графічній роботі не розглядаємо.

Способи відновлення наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Способи відновлення валу

№ деф	Дефект	Спосіб усунення	
		Основний	Допустимий
1	Знос шліців по товщині до розміру менше 5,88 мм.	Заварювання з наступним фрезеруванням	Пластичне деформування
2	Знос поверхні під підшипник менше 40,003 мм	Нанесення металополімеру	Наплавлення в середовищі вуглекислого газу

2.2.3. Складання технологічного плану операцій

005 Нанесення металополімеру

Нанести шар металополімеру на поверхню 2 під підшипник з \varnothing 40 мм до \varnothing 42 мм на довжині 23 мм. Нанести шар товщиною 1 мм.

Верстат токарно-гвинторізний 1К62, шпатель, метало полімер, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1.

010 Зварювальна

Заварити 8 шліцьових канавок 1 шліцьового кінця з перекриттям на зовнішню поверхню до \varnothing 38 мм на довжині 63 мм.

Зварювальний трансформатор ВДУ 506, стіл для електрозварник робіт ОРС-1549А.

Електрод Э42А, лещата, маска зварювальника № 1, молоток, щітка металева, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1.

015 Токарна

Точити поверхню 1 з \varnothing 38 мм до \varnothing 36,01 мм на довжині 63 мм, поверхню 2 з \varnothing 42 мм до \varnothing 40,12 мм на довжині 23 мм.

Верстат токарно-гвинторізний 16К20Г, патрон повідковий, центр упорний, різець прохідний Р 9 - 2101-0038, гак металевий, мікрометр МК 50 ГОСТ 6507-90.

020 Шліфувальна

Шліфувати поверхню 1 з \varnothing 36,01 мм до \varnothing 36_{-0,025} мм на довжині 63 мм, поверхню 2 з \varnothing 40,12 мм до \varnothing 40^{+0,020}_{+0,003} мм на довжині 23 мм.

Круглошліфувальний верстат ЗУ12УА.

Шліфувальне коло ПП 100 Г - 20 Г - 32 ЕК36-60 СМ1, мікрометр важільний МР 50 ГОСТ 4381-68, центри, хомутик.

025 Фрезерна

Фрезерувати 8 шліців розміром 6 _{-0,120}^{-0,045} мм на довжині 63 мм.

Верстат універсально-фрезерний 6М82.

Ділильна головка УДГ – 160, фреза черв'ячна Р6М5 2520-0691, штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1, мікромет зубомірного типу МЗ 25 ГОСТ 6507-60.

030 Контрольна

Контролювати розміри та якість відновлених поверхонь.

Комплект обладнання "Ремдеталь", Твердомір ТК 600, штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1, мікрометр МК 50-0,01 ГОСТ 6507-90, мікрометр важільний МР 50 ГОСТ 4381-68, мікромет зубомірного типу МЗ 25 ГОСТ 6507-60.

2.2.4. Вбір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу

005 Нанесення металополімеру

Нанести шар полімеру на поверхню 2 під підшипник з Ø 40 мм до Ø 42 мм на довжині 23 мм. Шар товщиною 1 мм.

Основний час для нанесення полімеру визначаємо з виразу:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.2)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

i – кількість проходів;

n – кількість обертів деталі, хв^{-1} ;

S – подача, мм/об.

Кількість проходів визначають за формулою:

$$i = \frac{D - d}{2t}, \quad (2.3)$$

де D, d – діаметр деталі до і після нанесення полімеру, відповідно;

t – нанесений шар металополімеру за 1 прохід, мм ($t = 1$ мм);

$$i = \frac{42 - 40}{2 \cdot 1} = 1$$

Кількість обертів деталі визначаємо за формулою:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \cdot \frac{1,5}{40} = 3,75 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.4)$$

де V – колова швидкість деталі, м/хв;

Розраховуємо основний час:

$$T_o = \frac{23 \cdot 1}{3,75 \cdot 1,8} = 3,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Для деталі, що встановлена в центрах, час на встановлення та зняття складає $T_{д1}=0,5$ хв., допоміжний час, який пов'язаний з нанесенням металополімеру складає $T_{д2}=0,9$ хв на один прохід [25, 26].

Тоді загальний допоміжний час складає

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ хв.} \quad (2.5)$$

Оперативний час на операцію

$$T_{оп} = T_o + T_d = 3,4 + 1,4 = 4,8 \text{ хв.} \quad (2.6)$$

Додатковий час на операцію розраховуємо як

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100} = \frac{4,8 \cdot 15}{100} = 0,72 \text{ хв.} \quad (2.7)$$

де K - відсоткове відношення підготовчо-заключного часу до оперативного, при простій роботі – $K = 15 \%$

Підготовчо-заключний час складає $T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$

Тоді норма часу на проведення операції:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{o}} + T_{\text{д}} + T_{\text{дод}} + T_{\text{пз}}/n = 3,4 + 1,4 + 0,72 + 16/1 = 22,52 \text{ хв.} \quad (2.8)$$

де n – кількість деталей в партії

010 Зварювальна

Заварити 8 шліцьових канавок 1 шліцьового кінця з перекриттям на зовнішню поверхню до $\varnothing 38 \text{ мм}$ на довжині 63 мм.

Основний час ручного дугового зварювання визначається за формулою:

$$T_{\text{o}} = G/V_{\text{н}}, \quad (2.9)$$

де G – вага наплавленого металу, г;

$V_{\text{н}}$ – швидкість наплавлення, г/год;

Вагу наплавленого металу визначаємо з виразу:

$$G = L \cdot F \cdot \gamma, \quad (2.10)$$

де L – довжина шва, см;

F – площа повздовжнього перерізу шва, см^2 ;

γ - густина металу, г/см^3 .

Тоді:

$$G = 6,3 \cdot 0,19 \cdot 7,8 = 10 \text{ г.}$$

Так як шліців 8 то загальна вага складе 80 г.

Швидкість наплавлення визначаємо з виразу:

$$V_n = \alpha \cdot I, \quad (2.11)$$

де α - коефіцієнт наплавки, ($\alpha=10$) г/а·год;

I – сила струму, А ($I=160$ А).

$$V_n = 10 \cdot 160 = 1600 \text{ г/год.}$$

Основний час для зварної операції буде залежати від розміщення шва і ряду інших факторів. Тому для визначення основного часу використовуємо наступний вираз:

$$T_o = \frac{G \cdot 60 \cdot A \cdot m}{\alpha \cdot I}, \quad (2.12)$$

де A – коефіцієнт, що враховує довжину шва, ($A=1,4$);

m – коефіцієнт, що враховує положення шва в просторі, ($m=1$).

$$T_o = \frac{80 \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot 1}{10 \cdot 160} = 4,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, що пов'язаний зі зварюванням складає $T_{д1}=1,5$ хв. Допоміжний час, що пов'язаний з встановленням та знаттям деталі вагою до 15 кг дорівнює $T_{д2}=0,6$ хв.

Повний допоміжний час

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ хв.}$$

Знаходимо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 4,2 + 2,1 = 6,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{дод} = \frac{6,3 \cdot 13}{100} = 0,82 \text{ хв.}$$

Підготовчо - заключний час складає 2 % від оперативного:

$$T_{нз} = \frac{T_{оп} \cdot K_{нз}}{100} = \frac{6,3 \cdot 2}{100} = 0,12 \text{ хв.} \quad (2.13)$$

Норма часу на операцію:

$$T_n = 4,2 + 2,1 + 0,83 + 0,12/1 = 7,25 \text{ хв.}$$

015 Токарна

Перехід 1. Точити поверхню 1.

Перехід 2. Точити поверхню 2.

Перехід 1. Точити поверхню 1 з $\varnothing 38$ мм до $\varnothing 36,01$ мм на довжині 63 мм,

Визначаємо припуск на токарну обробку

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{38-36,01}{2} = 1 \text{ мм.}$$

Призначаємо глибину різання 1 мм, тобто знімаємо весь припуск за один прохід, тоді $i = 1$.

По прийнятій глибині різання та діаметру заготовки, вибираємо повздо-
вжню подачу $S = 0,3$ мм/об [2].

Швидкість різання вибираємо по прийнятій повздо-вжній подачі та гли-
бині різання, вона становитиме $V = 75$ м/хв [25].

Збільшуємо швидкість різання, враховуючи поправочний коефіцієнт, що
залежить від марки сталі $K_M = 1,7$ [25].

$$V = V \cdot K_M = 75 \cdot 1,7 = 127,5 \text{ м/хв.} \quad (2.14)$$

Розраховуємо кількість обертів деталі за формулою

$$n = 318 \frac{127,5}{38} = 1067 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення частоти обертання верстата
 $n = 1000$ об/хв.

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину поверхні, що обробляється з врахуванням врізання
та перебігу різця:

$$L = l + y, \quad (2.15)$$

де l – довжина поверхні деталі, що обробляється;

y – величина врізання та перебігу, мм ($y = 3,5$).

$$L = 63 + 3,5 = 66,5 \text{ мм.}$$

Основний час розраховуємо по формулі;

$$T_o = \frac{66,5 \cdot 1}{1000 \cdot 0,3} = 0,22 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Допоміжний час на встановлення зняття деталі становить 0,33. Згідно [26] при роботі на верстаті з висотою центрів 200 мм, допоміжний час, пов'язаний з проходом, складає $T_d = 0,5$ хв.

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,33 + 0,5 = 0,83 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Точити поверхню 2 з $\varnothing 42$ мм до $\varnothing 40,12$ мм на довжині 23 мм.

Визначаємо припуск на токарну обробку

$$h = \frac{42 - 40,12}{2} = 0,94 \text{ мм.}$$

Призначаємо глибину різання 0,94 мм, тобто знімаємо весь припуск за один прохід, тоді $i = 1$.

По прийнятій глибині різання та діаметру заготовки, вибираємо повздовжню подачу $S = 0,3$ мм/об [26].

Швидкість різання вибираємо по прийнятій повздовжній подачі та глибині різання, вона становитиме $V = 75$ м/хв [26].

Збільшуємо швидкість різання, враховуючи поправочний коефіцієнт, що залежить від марки сталі $K_m = 1,7$ [26].

$$V = 75 \cdot 1,7 = 127,5 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо кількість обертів деталі за формулою

$$n = 318 \frac{127,5}{42} = 965 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення частоти обертання верстата $n = 800$ об/хв.

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину поверхні, що обробляється з врахуванням врізання та перебігу різця:

$$L = 23 + 3,5 = 26,5 \text{ мм.}$$

Основний час розраховуємо по формулі;

$$T_o = \frac{26,5 \cdot 1}{800 \cdot 0,3} = 0,11 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Допоміжний час на встановлення зняття деталі становить 0,33. Згідно [26] при роботі на верстаті з висотою центрів 200 мм, допоміжний час, пов'язаний з проходом, складає $T_d = 0,5$ хв.

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,33 + 0,5 = 0,83 \text{ хв.}$$

Таким чином загальний основний час складе:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 0,22 + 0,11 = 0,33 \text{ хв.} \quad (2.16)$$

Загальний допоміжний час:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,83 + 0,83 = 1,66 \text{ хв.} \quad (2.17)$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,33 + 1,66 = 1,99 \text{ хв.}$$

Додатковий час на операцію

$$T_{дод} = \frac{1,99 \cdot 8}{100} = 0,16 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз} = 9$ хв.

Норма часу на операцію складає:

$$T_n = 0,33 + 1,66 + 0,16 + 9/1 = 11,15 \text{ хв.}$$

020 Шліфувальна

Перехід 1. Шліфувати поверхню 1.

Перехід 2. Шліфувати поверхню 2.

Перехід 1. Шліфувати поверхню 1 з $\varnothing 36,01$ мм до $\varnothing 36_{-0,025}$ мм на довжині 63 мм.

Для шліфування даної поверхні приймаємо поперечну подачу $s_{поп} = 0,01$ мм/об, повздовжня подача в долях ширини круга $\beta = 0,2$ та швидкість різання $V = 20$ м/хв.

Приймаємо ширину шліфувального круга $b = 20$ мм.

Визначаємо повздовжню подачу за виразом:

$$S_{п} = \beta \cdot b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм/об.} \quad (2.18)$$

Визначаємо припуск на обробку

$$h = \frac{36,01 - 36}{2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кількість проходів в залежності від прийнятої глибини шліфування:

$$i = \frac{0,05}{0,05} = 1$$

Приймаємо 1 прохід.

Визначаємо частоту обертання за формулою

$$n = 318 \frac{20}{36,01} = 176,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення обертів з паспортних даних верстата $n = 176 \text{ хв}^{-1}$ так як у верстата безступінчасте регулювання обертів.

Розраховуємо основний час без виходу кола за формулою

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s} \cdot k_3, \quad (2.19)$$

де k_3 – коефіцієнт зачисних ходів ($k_3 = 1,2..1,7$).

$$T_o = \frac{(63 + 3) \cdot 1}{176 \cdot 4} \cdot 1,2 = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі складає $T_{д1} = 0,5 \text{ хв}$, а допоміжний час пов'язаний з проходом $T_{д2} = 1 \text{ хв}$. (на першій поверхні однієї деталі). Таким чином допоміжний час складе:

$$T_d = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Шліфувати поверхню 2 з $\varnothing 40,12$ мм до $\varnothing 40_{+0,003}^{+0,020}$ мм на довжині 23 мм.

Для шліфування даної поверхні приймаємо поперечну подачу $s_{\text{поп}} = 0,06$ мм/об, повздовжня подача в долях ширини круга $\beta = 0,2$ та швидкість різання $V = 20$ м/хв.

Приймаємо ширину шліфувального круга $b = 20$ мм.

Визначаємо повздовжню подачу за виразом:

$$S_n = \beta \cdot b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо припуск на обробку

$$h = \frac{40,12 - 40,002}{2} = 0,06 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кількість проходів в залежності від прийнятої глибини шліфування:

$$i = \frac{0,06}{0,06} = 1$$

Приймаємо 1 прохід.

Визначаємо частоту обертання за формулою

$$n = 318 \frac{20}{40,12} = 159 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення обертів з паспортних даних верстата $n = 159 \text{ хв}^{-1}$ так як у верстата безступінчасте регулювання обертів.

Розраховуємо основний час без виходу кола за формулою

$$T_o = \frac{(23+3) \cdot 1}{159 \cdot 4} \cdot 1,2 = 0,05 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі складає $T_{д1} = 0,5 \text{ хв}$, а допоміжний час пов'язаний з проходом $T_{д2} = 0,55 \text{ хв}$. (на наступних поверхнях однієї деталі). Таким чином допоміжний час складе:

$$T_d = 0,5 + 0,55 = 1,05 \text{ хв.}$$

Основний час на операцію складе

$$T_o = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію складе

$$T_d = 1,5 + 1,05 = 2,55 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,16 + 2,55 = 2,71 \text{ хв.}$$

Доля додаткового часу від оперативного при шліфуванні складає 9%.

$$T_{дод} = \frac{2,71 \cdot 9}{100} = 0,24 \text{ хв.}$$

При обробці деталі в центрах підготовчо-заключний час буде дорівнювати $T_{пз} = 7$ хв.

Норма часу на операцію складає:

$$T_H = 0,16 + 2,55 + 0,24 + 7/1 = 9,95 \text{ хв.}$$

025 Фрезерна

Фрезерувати 8 шліців розміром $6_{-0,120}^{-0,045}$ мм на довжині 63 мм.

Глибину різання встановлюємо $t = 6$ мм. Таким чином число проходів буде рівним $i = 1$. Вибираємо черв'ячну фрезу діаметром 112 мм з 9 зубцями.

Подача при обробці паза з кінцевою фрезою буде становити $s = 1$ мм/об. Швидкість різання складає $V_p = 39$ м/хв і число обертів фрези $n = 114$ хв⁻¹.

Введемо поправні коефіцієнти на зміну умов різання:

$K_M = 1,2$ при обробці сталі з межею міцності $\sigma_B = 57$ кг/мм²;

$K_X = 0,7$ так як поверхня, що наплавляється має шлакові включення.

Тоді частота обертання становитиме

$$n = 114 \cdot 1,2 \cdot 0,7 = 95,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо найближче за паспортними даними верстата число обертів фрези, воно становитиме $n = 100$ об/хв.

Швидкість різання не корегується, так як в формулу розрахунку основного часу входить тільки кількість обертів.

Розраховуємо основний час:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot s_{об}} = \frac{(63 + 3) \cdot 1}{100 \cdot 1} = 0,66 \text{ хв.}$$

Вибираємо величину допоміжного часу на встановлення та зняття деталі в тиски з вивіренням середньої важкості $T_{д1}=0,6$ хв. Допоміжний час, що пов'язаний з проходом складає $T_{д2}=1$ хв.

Повний допоміжний час складає

$$T_{д} = T_{д1} + T_{д2} = 0,6 + 1 = 1,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час

$$T_{оп} = 0,66 + 1,6 = 2,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{доо} = \frac{2,26 \cdot 7}{100} = 0,16 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз}=28$ хв,

Визначаємо норму часу враховуючи те, що кількість деталей в партії одна

$$T_{н} = 0,66 + 1,6 + 0,16 + 28 = 30,42 \text{ хв.}$$

030 Контрольна

Контроль розмірів поверхонь (деф.1, 2) деталі.

Таким чином загальна норма часу на відновлення деталі складе

$$\begin{aligned} T_{нз} &= T_{н1} + T_{н2} + T_{н3} + T_{н4} = \\ &= 22,52 + 7,25 + 11,15 + 9,95 + 30,42 = 81,29 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (2.20)$$

По проведеним розрахункам складаємо маршрутну технологічну карту та операційну карту наплавлення.

Порівняльна оцінка ефективності наведена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняльна оцінка ефективності технологічного процесу

№	Операція	Позначення	Норма часу, хв	
			Базова	Впроваджена
1	Нанесення металополімеру	005	-	22,25
2	Наплавлення	005	32,2	-
3	Зварювальна	010	7,25	7,25
4	Токарна	015	11,15	11,15
5	Шліфувальна	020	9,95	9,95
6	Фрезерна	025	30,42	30,42
Всього			90,97	81,29

Аналізуючи таблицю можна сказати, що впроваджена технологія на 11 % менш витратна.

2.3. Висновок

В розділі було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також розроблено технологічний процес відновлення валу первинного КПП. Норма часу на відновлення деталі склала 81,29 хв при використанні нанесення металополімерного покриття на посадочні поверхні. В розробленому технологічному процесі запропоновано заміну наплавки на нанесення металополімерного покриття, таким чином суттєво скоротився час відновлення деталі так як операція нанесення металополімеру займає 22,25 хв. Таким чином норма часу відновлення валу становить 81,29 хв., що на 11 % менше базової технології.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1 Загальна методика досліджень

Для розв'язку завдань, сформульованих у роботі, складена загальна схема теоретичних і експериментальних досліджень. Об'єктами досліджень служили :

- плівки й покриття з металополімера Ф-40С аналог епоксидного композиту Weicon A;
- втулки з покриттям з металополімера Ф-40С;
- підшипники з покриттям з металополімера Ф-40С;
- підшипникові вузли, з посадковими місцями відновленими металополімером Ф-40С.

Металополімер Ф-40С являє собою розчин композиції каучуку й модифікованої фенольної смоли в органічному розчиннику. Розроблювач матеріалу ВАТ "НДІ пластичних мас ім. Г. С. Петрова". Лак Ф-40 поставляється у вигляді розчину в пластикових ємностях різного об'єму.

Склад лаку Ф-40С:

- смола ФКУ (феноло-формальдегідна смола на основі заміщеного фенолу вінілоцетиленовою структури) - 8 мас.%;
- каучук синтетичний бутадієн-нитрильний марки СКН-40С - 12 мас.%;
- ацетон технічний, ГОСТ 2768-84 - 80 мас.% [24].

Лак Ф-40С - прозора рідина коричневого кольору без механічних включень, що характеризується за наступними показниками:

- масова частка сухого залишку - 20%;
- міцність зв'язку зі сталлю при зрушенні при 20°C не менш - 5,0 МПа.

Зазор у нерухомих з'єднаннях підшипників до відновлення забезпечували механічною обробкою отвору під підшипник. Циліндричність посадкових поверхонь не перевищувала 0,008 мм.

Вимір внутрішніх діаметрів зразків і розміру кілець підшипників проводили індикаторними нутромірами (ДСТУ 868-92) з індикаторною голівкою ИЧЦ 0-10-0,001 і ціною поділки 0,001 мм.

В експериментальних дослідженнях застосовували сучасне вимірювальне й іспитове встаткування, прилади промислового виробництва й стенди, установки й пристосування оригінальної конструкції. Дослідження проводились в лабораторії кафедри "Надійності і ремонту машин" та лабораторії відділу механіки еластомірних конструкцій інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

3.2. Технологія відновлення деталей метало полімером Weicon A

Відновленню підлягає вал зі зношеними поверхнями під підшипник
рис. 3.1.

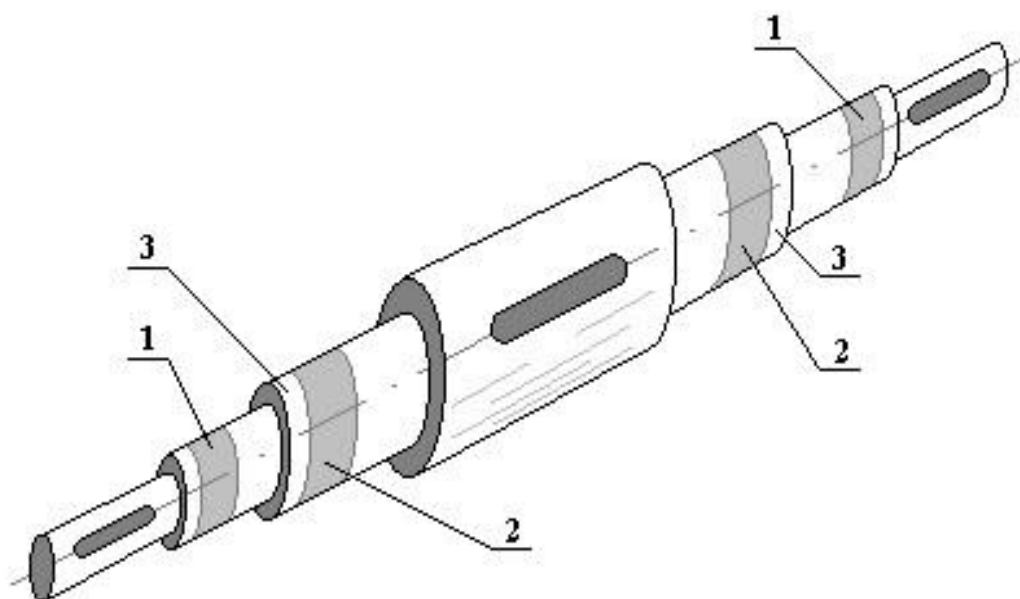


Рис. 3.1. Вал, що відновлюється

1 – зношені посадкові місця, 2 – ділянка з пошкодженою різьбою, 3 – незахищені місця

Технологічний процес відновлення деталі метало полімером Weicon A

1. Підготовка поверхні:

очищення від пилу, бруду, масла. Якщо поверхня гладка, то для кращої адгезії необхідно додати їй шорсткість за допомогою наждакових матеріалів.

2. Проточка поверхні до певного діаметру рис. 3.2.

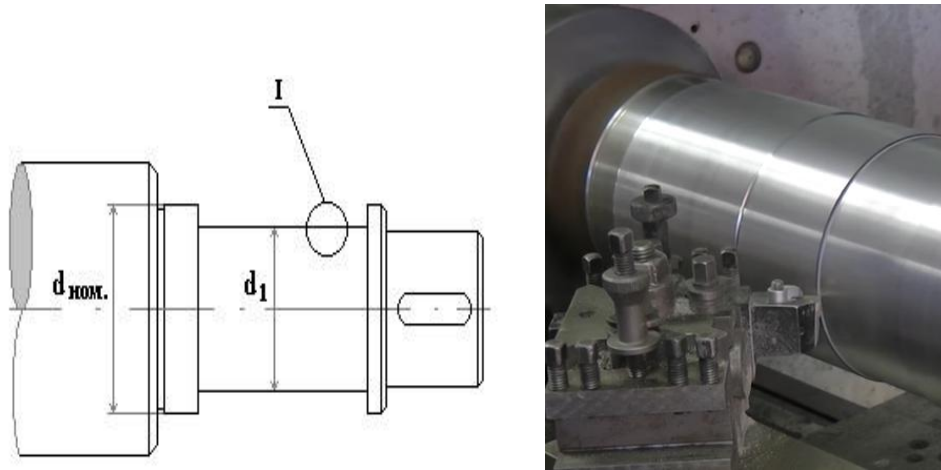


Рис. 3.2. Проточка вала

Проточування зношеної поверхні до діаметра:

$$d_1 = d_{ном} + (1,5...2,0) \text{ мм}, \quad (3.1)$$

На ширину:

$$l_1 = l + (10...15) \text{ , мм} \quad (3.2)$$

Проточка канавок рис. 3.3:

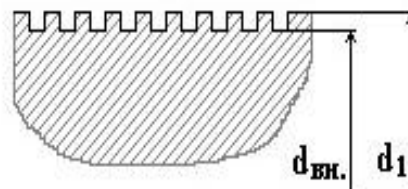


Рис. 3.3. Проточка канавок (рвана різьба)

$$d_2 = d_1 + (1.0...1.5) \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Нанесення металополімеру рис. 3.4.

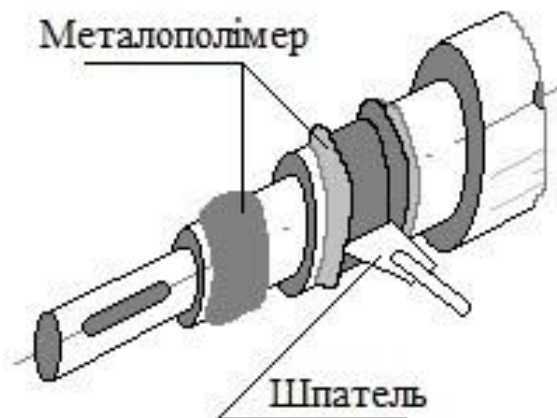


Рис. 3.4. Схема нанесення металополімеру шпателем

Після нанесення полімеру та його висихання проводиться проточка.

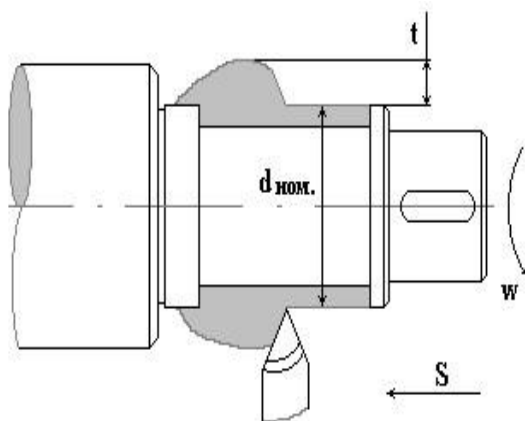


Рис. 3.5. Проточка полімеру

Рекомендовані режими при механічній обробці:

- швидкість різання $V_p = 60 \dots 120$ м/хв;
- глибина різання t , не більше $0,5 \dots 1,0$ мм;
- подача S , не більше $0,1 \dots 0,2$ мм/об.

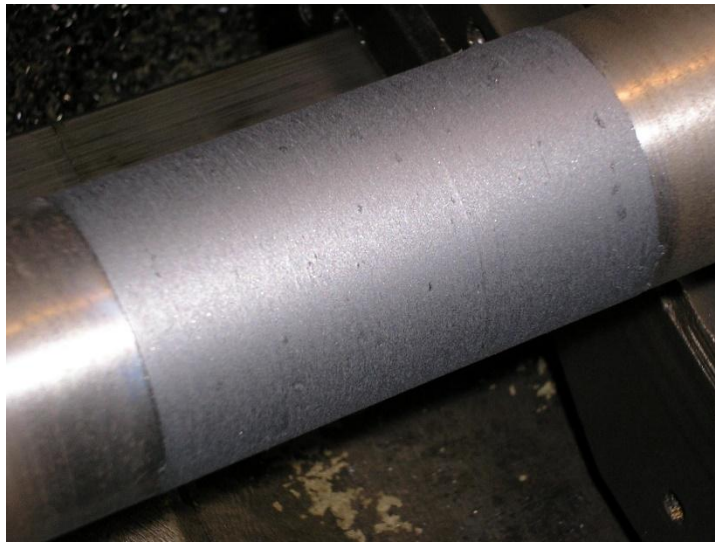


Рис. 3.6. Вал з нанесеним та проточеним покриттям

Після проточування на вал наноситься фіксатор для підшипника і встановлюється підшипник рис. 3.7.

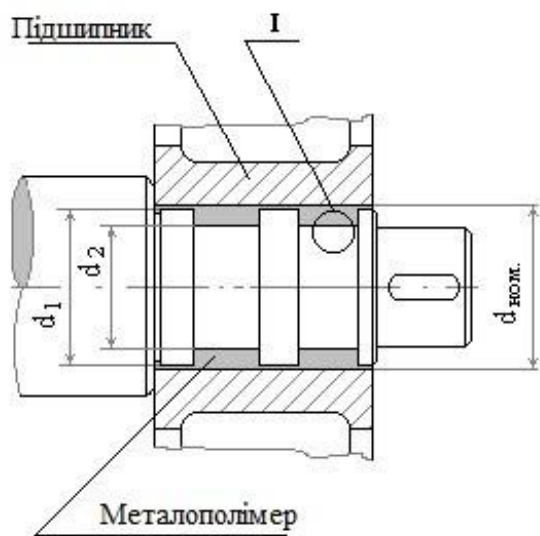


Рис. 3.7. Встановлення підшипника

Після фіксації підшипника проводились випробування на навантаження зриву підшипника рис. 3.8.



Рис. 3.8. Випробування підшипника на зрив з місця

Результати випробування на зрив підшипника наведено в таблиці 3.1. та на рис. 3.9, 3.10.

Таблиця 3.1 - Результати випробування на зрив підшипника

Матеріал	В'язкість МПа	Міцність на зрив різьби M10 (Н.м.)	Зазор/ діам.(мм)	Момент зриву (тонн)	Момент зриву (кг/см ²)	Рекомен- довані зазори (мм)
Weicon A	2500	>31	0,07/35	8,1	369	0,04-0,07

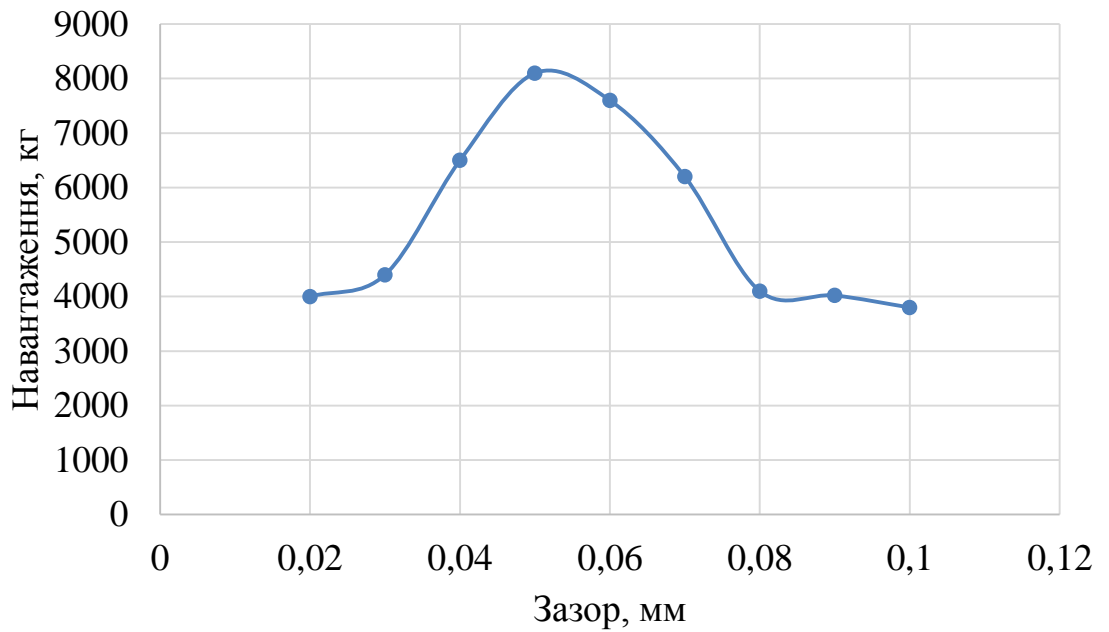


Рис. 3.9. Результати випробувань на зрив підшипника 308

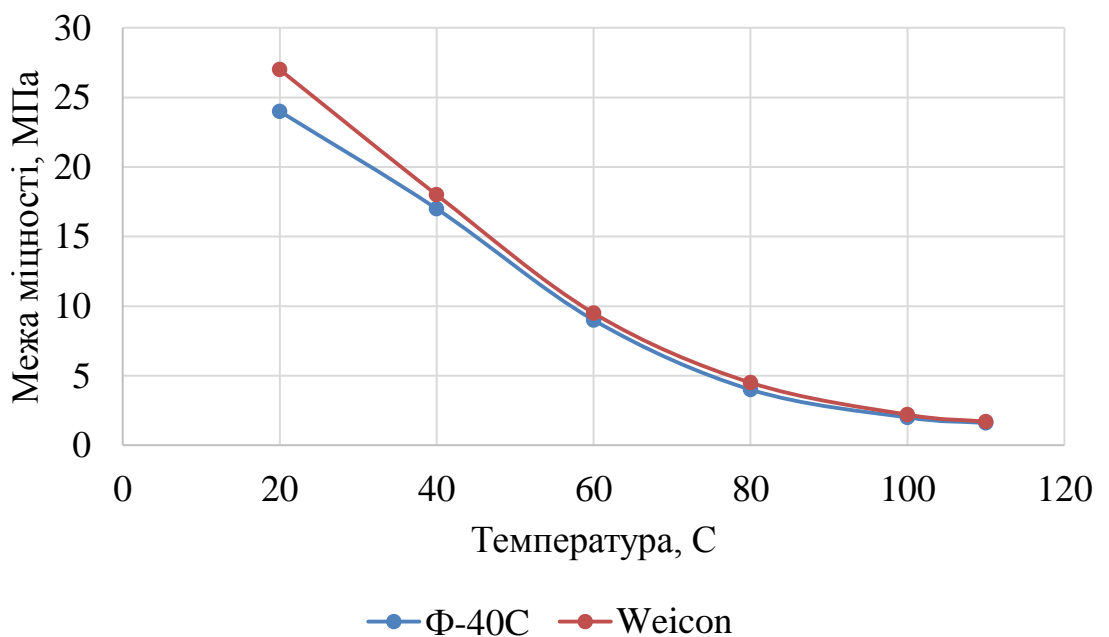


Рис. 3.10. Зміна межі міцності на зсув металополімерної композиції Ф-40С та Weicon А

Як видно з рисунків оптимальним зазором у з'єднанні вал – підшипник є межа 0,04...0,07 мм, саме при такому зазорі відбувається найбільш повний контакт. Також дослідженнями встановлено, що відновлення посадок може відбуватись для деталей які працюють в умовах не високих температур.

3.3. Результати стендових випробувань і їх аналіз

З метою підтвердження теоретичних розрахунків необхідно провести практичні дослідження й виявити залежності між частотою обертання вала n (хв'1), натягом у з'єднанні N (мкм) і шорсткістю поверхні вала Ra (мкм) для радіальних шарикопідшипників і частотою обертання вала n (хв'1), натягом у з'єднанні N (мкм) і кутом додатка комбінованого навантаження a ($^\circ$) для радіально-упорних роликотпідшипників за критерієм початку повертання.

Випробування радіальних шарикопідшипників

Поставлене завдання вирішувалося при радіальному навантаженні в інтервалі $Fr = 20 \dots 22100$ Н, шорсткості поверхні вала $Ra = X1 = 0,2 \dots 3,2$ мкм, натягу в з'єднанні $N = X2 = 0 \dots 20$ мкм і частоті обертання вала $n = X3 = 10 \dots 1000$ хв $^{-1}$.

Як показали проведені дослідження, момент початку повертання внутрішнього кільця на валу залежить від ряду факторів. У зв'язку із цим для одержання математичної моделі методу й визначення уточнених режимів роботи з'єднання «внутрішнє кільце - вал» з посадкам, визначеним по розробленій методиці розрахунків і вибору посадок кілець підшипників кочення, реалізували повний факторний експеримент 3^3 .

Матриця планування й результати експерименту 3-х кратної повторності наведені в табл. 3.1.

Обробку результатів проводили за допомогою ПЕВМ.

Таблиця 3.1-Матриця планування й результати експерименту ПФЕ 3^3

Номер досліджу	Рівень факторів			Вихідні параметри-Радіальне зусилля Fr, Н			Середнє значення	Дисперсія середнього значення S2Fr, Н	Розрахункове значення вихідних параметрів Fr, Н
	X1	X2	X3	Fr1	Fr2	Fr3			
1	-1	-1	-1	100	80	50	76,6	173,5	74,31
2	-1	-1	0	70	60	90	73,3	62,5	75,49

3	<u>-1</u>	<u>-1</u>	<u>+1</u>	90	50	80	73,3	110,9	71,1
4	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	9300	9600	9400	9433,3	6250	9527,6
5	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	9000	8800	8600	8766,6	11106,65	8854,3
<u>6</u>	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>+1</u>	7800	7700	7900	7800	2778,89	7878
7	<u>-1</u>	<u>+1</u>	<u>-1</u>	<u>22100</u>	22300	21900	<u>22100</u>	11115,56	22210,5
<u>8</u>	<u>-1</u>	<u>+1</u>	<u>0</u>	<u>21200</u>	20800	20500	20966,6	34028,55	21071,4
9	<u>-1</u>	<u>+1</u>	<u>+1</u>	19300	19700	19400	19466,6	12851,56	19563,9
<u>10</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	<u>-1</u>	50	90	40	60	173,9	63
<u>11</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	<u>0</u>	30	60	80	56,6	173,5	54,9
<u>12</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	<u>+1</u>	70	50	60	60	27,9	57
13	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	8100	8400	8200	8233,3	6250	8316,6
14	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	7800	7700	7900	7866,6	2777,88	7945,3
15	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>+1</u>	6600	7100	6900	7066,6	17360,55	6995,9
16	<u>0</u>	<u>+1</u>	<u>-1</u>	19400	19100	19200	19233,3	6250	19329,5
17	<u>0</u>	<u>+1</u>	<u>0</u>	18100	18500	18400	18366,6	11108,89	18458,4
18	<u>0</u>	<u>+1</u>	<u>+1</u>	17600	17200	17100	17366,6	17361,38	17453,4
19	<u>+1</u>	<u>-1</u>	<u>-1</u>	30	60	40	43,3	62,5	44,6
<u>20</u>	<u>+1</u>	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>20</u>	50	30	33,3	62,5	32,3
<u>21</u>	<u>+1</u>	<u>-1</u>	<u>+1</u>	40	40	70	50	62,5	51,5
<u>22</u>	<u>+1</u>	<u>0</u>	<u>-1</u>	7100	7700	7900	7566,6	44443,55	7642,3
23	<u>+1</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	6900	7100	7200	7066,6	6250	7137,3
24	<u>+1</u>	<u>0</u>	<u>+1</u>	6400	6100	6500	6333,3	<u>11110,88</u>	6396,6
25	<u>+1</u>	<u>+1</u>	<u>-1</u>	16900	16700	17000	16866,6	6250	16951
26	<u>+1</u>	<u>+1</u>	<u>0</u>	16200	16000	16400	16233,3	11111,55	16314,5
27	<u>+1</u>	<u>+1</u>	<u>+1</u>	15300	15600	15100	15266,6	17361,38	15343

Для побудови лінійної моделі розрахували коефіцієнти регресії при кожному з досліджуваних факторів:

$$b_0 = 8760,2037; b_1 = - 1072,0389; b_2 = 9185,5444; b_3 = - 562,7778;$$

$$b_{12} = - 1172,5083; b_{13} = 120,2833; b_{23} = - 508,625; b_{11} = - 2365,2569; \quad (3.4)$$

$$b_{22} = - 1026,6383; b_{33} = - 2548,6003.$$

Порядок розрахунків і чисельні значення коефіцієнтів регресії представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2-Чисельні значення коефіцієнтів регресії

Коефіцієнти, що визначаються	$\sum X_{iu}^2$	$\sum X_{iu} \cdot \bar{Y}_u$	$b_i = \frac{\sum X_{iu} \cdot \bar{Y}_u}{\sum X_{iu}^2}$
b ₀	27	236525,5	8760,2037
b ₁	18	- 19296,7	-1072,0389
b ₂	18	165339,8	9185,5444
b ₃	18	-10130	- 562,7778
b ₁₁	6,1083	- 14447,715	-2365,2596
b ₂₂	6,1083	-6271,015	-1026,6383
b ₃₃	6,1083	-15567,615	-2548,6003
b ₁₂	12	- 14070,1	- 1172,5083
b ₁₃	12	1443,4	120,2833
b ₂₃	12	-6103,5	- 508,625

Рівняння регресії:

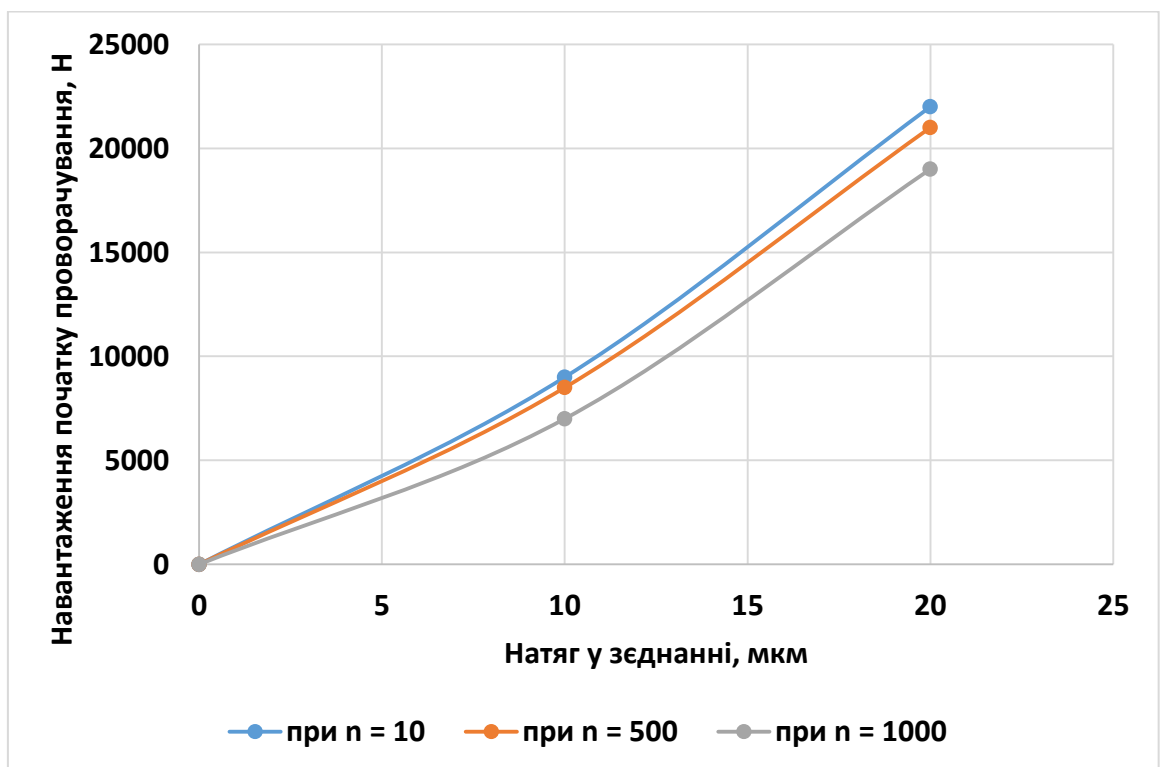
$$\begin{aligned}
 Y = & 8760,2037 - 1072,0389 + 9185,5444X_2 - 562,7778X_3 - \\
 & - 1172,5083 \cdot X_2 + 120,2833X_1 \cdot X_3 - 508,625X_2 \cdot X_3 - \\
 & - 2365,2596X_1^2 - 1026,6383X_2^2 - 2548,6003X_3^2
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

На рис.3.5. наочно відображені залежності навантаження початку про-
вертання від натягу N , шорсткості поверхні R_a й частоти обертання n .

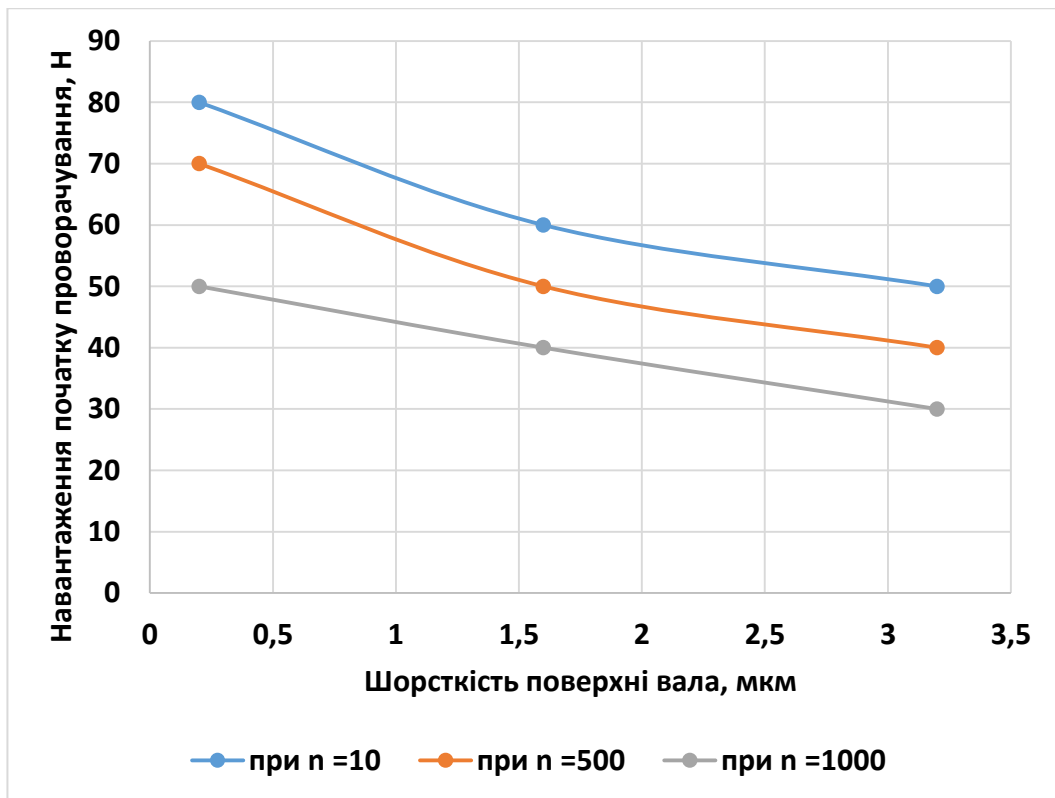
За критерієм Кохрена (G_p) визначалася однорідність дисперсій

$$G_p = \frac{44443,55}{171050,42} = 0.2598 \quad (3.6)$$

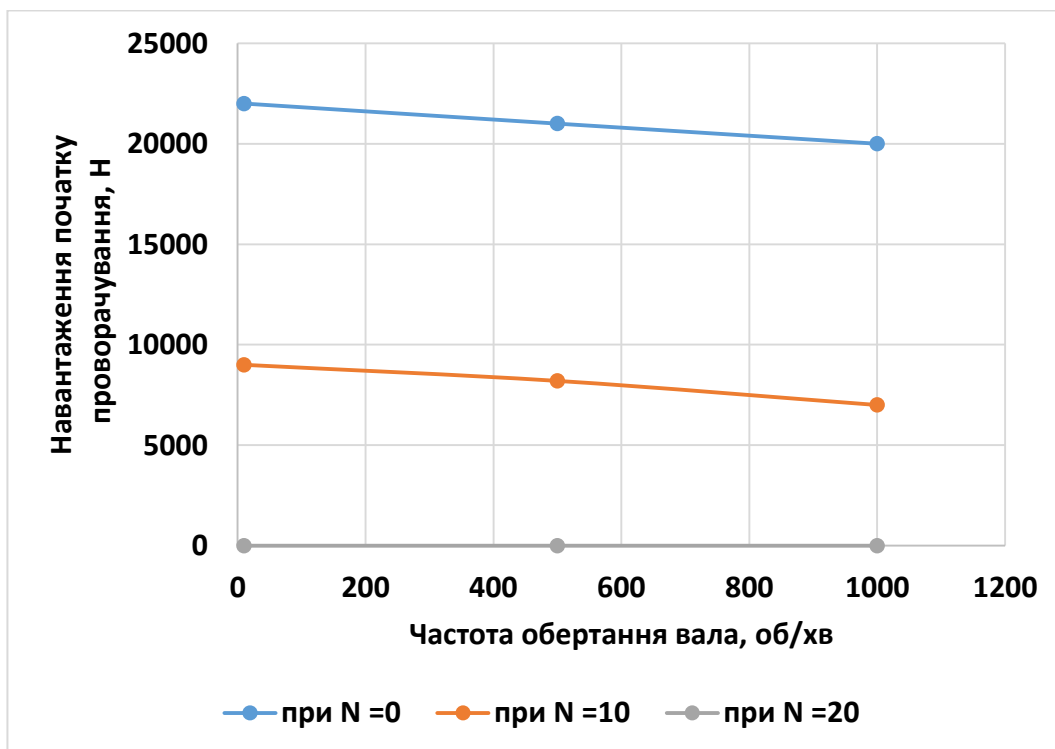
Табличне значення критерію Кохрена (C_T) при числі дослідів $N = 27$, повторності кожного дослідів $m = 3$ (число ступенів свободи $m - 1 = 2$) і рівні значимості $\alpha = 0,05$ дорівнює 0,516, що перевищує експериментальне значення. Отже, гіпотеза однорідності дисперсій приймається.



а



б



в

Рис. 3.5. Залежність навантаження початку проворачування від а) – на- тягу у з'єднанні, б) – шорсткості, в) – частоти обертання. Адекватність моделі перевіряємо за коефіцієнтом детермінації. Для

цього визначаємо середнє значення функції відгуку

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N y_g = \frac{234643.7}{27} = 8690.5074 \quad (3.4)$$

Знаходимо коефіцієнт детермінації

$$R^2 = 1 - \frac{69394,284 + 171050,42}{3591154,445 + 171050,42} = 1 - \frac{240444,704}{3762204,865} = 1 - 0.064 = 0.936 \quad (3.5)$$

Табличне значення коефіцієнта детермінації $R^2_{\text{табл.}} = 0,75$, а $R^2_{\text{раб.}} = 0,936 > R^2_{\text{табл.}} = 0,75$. Отже, модель працездатна.

3.4. Висновок

З аналізу моделі видно, що самий вагомий фактор, що вимагає значного збільшення навантаження початку *провертання* F_2 - натяг у з'єднанні $N = X_2$. Частота обертання $n = X_3$ виявляє невеликий зворотний вплив, тобто з її збільшенням *провертання* кільця підшипника кочення починається при меншому навантаженні F_2 . Шорсткість поверхні вала $R_a = X_1$ - практично не впливає на початок *провертання*, хоча при її збільшенні *провертання* починається при меншому навантаженні, що свідчить про ефект «внутрішнього зачеплення» шорсткостей вала й кільця й про збільшення нерівномірності розподілу тисків при підвищенні шорсткості.

Взагалі, вплив коефіцієнта при X_3 практично в 100 раз менше, чим при X_2 , тому шорсткість поверхні можна не враховувати в подальших дослідженнях (це справедливо тільки для дослідженого діапазону).

Статистичну обробку результатів експерименту проводили за допомогою РС з використанням комп'ютерного математичного пакета MathCAD. З

його допомогою можна вирішувати різні математичні завдання й оформляти результати розрахунків на високому професійному рівні.

На основі теорії планування й проведення багатофакторного експерименту отримані емпіричні вираження, що встановлюють взаємозв'язок, натягу, частоти обертання й шорсткості поверхні з моментом початку повертання кілець радіальних шарикопідшипників, а так само й натягу, частоти обертання й кута додатка навантаження з моментом початку повертання кілець радіально-упорних роликотпідшипників на валу й у корпусі. Підвищення довговічності підшипника кочення в цілому залежить і від величини початкового радіального зазору, що в існуючих відомих методиках розрахунків посадок не враховується.

По даним тривалих стендових випробувань установлено, що інтенсивність зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менше інтенсивності зношування серійних.

Дослідженнями встановлене, що найбільш раціональним способом відновлення досліджуваних з'єднань є нанесення металополімеру, що в комбінації із застосуванням вищевказаних посадок дозволяє підвищити ресурс з'єднань майже в 4 рази.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Дослідження стану з охорони праці в господарстві

Розбудова ремонтної бази для сільського господарства передбачає впровадження прогресивних технологій та сучасних засобів техніки безпеки. При цьому значно зростає роль керівників і головних спеціалістів, їх відповідальність за проведення заходів профілактики виробничого травматизму, покращенню умов праці і дотримання правил безпеки праці при проведенні ремонтних робіт.

Виконання правил безпеки праці і виробничої санітарії являється обов'язковим як для виконавців, так і для адміністрації.

На підприємстві за охорону праці відповідає керівник ТОВ "Славутич". Він керується законодавчими і нормативними актами, наказами і розпорядженнями вищестоящих органів, типовими правилами пожежної безпеки та іншими документами.

Безпосередня відповідальність за впровадження заходів з безпеки праці покладається на головного інженера. Під його керівництвом в підрозділі розроблюються сумісно з профсоюзними і економічними підрозділами поточні і перспективні плани по покращенню умов праці, усуненню причин травматизму і професійних захворювань та здійснюється контроль за їх своєчасним впровадженням.

Головний інженер проводить роботу з охорони праці по планам, затвердженим керівником підприємства, відповідно з законодавчими актами. На нього покладається координація діяльності всіх структурних підрозділів підприємства та організації контролю роботи по створенню здорових та безпечних умов праці.

Спеціаліст по охороні праці має обов'язки, аналогічні обов'язкам керівника підприємства, але вони більш конкретизовані. Він, керуючись вказівками адміністрації, здійснює заходи по охороні праці і веде документацію по

охороні праці, а також здійснює координацію дій головних спеціалістів в питаннях охорони праці. Головні спеціалісти в свою чергу керуючись наказами, розпорядженнями вищестоящих органів і керівника підприємства несуть відповідальність за стан охорони праці по галузям підприємства.

Згідно положення про організацію охорони праці на підприємстві відповідальність за стан охорони праці, виробничий травматизм несе керівник підприємства, в галузі – головні спеціалісти, на дільницях (відділеннях) – керівники виробничих підрозділів.

Стан охорони праці в господарстві знаходиться у задовільному стані.

Поставлено на належний рівень ведення облікової документації з проведення інструктажів по охороні праці. Інколи для керівників виробничих підрозділів проводяться заняття з охорони праці які в свою чергу доносять інформацію отриману на заняттях до робітників.

Для робітників організовано раз на рік проходження медичної комісії.

Але на ряду з усіма позитивними якостями організації охорони праці в господарстві є і недоліки, такі як: робітники майже не забезпечуються спец одягом, а той одяг, що видають швидко псується бо є дешевим та виготовленим із неякісних тканин; при роботі з гербіцидами та отрутними речовинами інколи видаються захисні засоби які не відповідають вимогам до роботи яку в них виконують; обладнання на якому працюють робітники застаріле та потребує капітального ремонту; робітники погано забезпечені сучасним інструментом.

Трапляються випадки коли робітники на робочому місці вживають алкогольні напої але таке порушення суворо карається (попередження і як наслідок звільнення).

Вище перераховані недоліки поступово усуваються за планом розробленому керівниками господарства. Виділяються значні кошти на удосконалення охорони праці в господарстві але нажалі ці капіталовкладення носять як правило сезонний характер.

4.2. Дослідження виробничого травматизму

В першу чергу проведемо аналіз виробничого травматизму, що дозволить виявити причини виникнення нещасних випадків, намітити і здійснити профілактичні заходи по зниженню травматизму. Для визначення травматизму необхідно розглянути динаміку працюючих господарства, яка наведена на рис. 4.1.

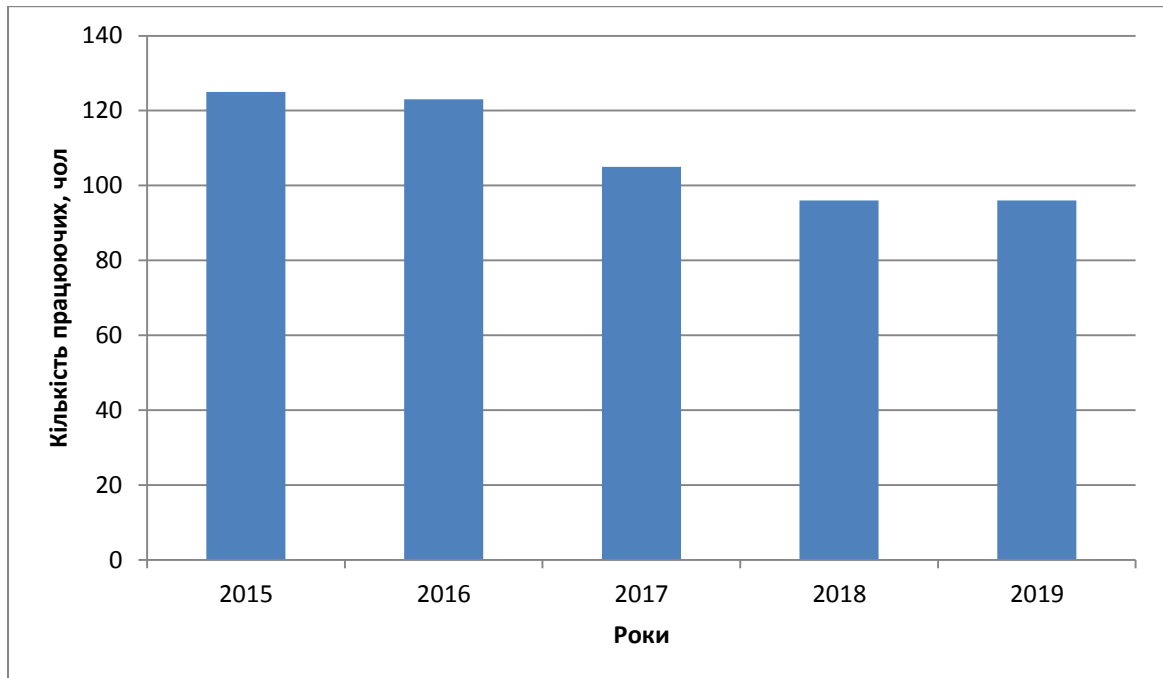


Рис. 4.1. Динаміка робітників господарства

Аналізуючи діаграму видно, що відбувся різкий стрибок в 2017 році, що до зменшення робітників. Це пов'язано зі спадом виробництва, а також з мобілізацією до війська.

Точніше оцінити стан охорони праці на підприємстві допоможуть наступні коефіцієнти:

коефіцієнт частоти травм ($K_{\text{ч}}$) характеризує кількість травм, що припадає на 1000 працюючих за певний період [27, 28]

$$K_{\text{ч}} = \frac{1000 \cdot T}{\Pi}, \quad (4.1)$$

де T – загальна кількість травм, що виникла на підприємстві за звітний період;

Π – середня кількість працюючих на підприємстві за той же період;

Коефіцієнт тяжкості травматизму (K_T) характеризує загальну тяжкість травм, що виникла протягом звітного періоду. Він показує скільки днів втрати працездатності в середньому припадає на одну травму [27, 28]:

$$K_T = \frac{D}{T}, \quad (4.2)$$

де D - сумарна кількість днів тимчасової непрацездатності по всіх нещасних випадках, що враховані за звітний період.

Коефіцієнт втрат робочого часу (K_H) характеризується кількістю днів непрацездатності, що припадає на 1000 працюючих за звітний період [27, 28]:

$$K_H = K_q \cdot K_T = \frac{1000 \cdot D}{\Pi}, \quad (4.3)$$

Ці показники розраховуються за даними річних звітів підприємства форми №7 ТВН.

За останні п'ять років в господарстві нещасних випадків не зафіксовано. Звісно робітники хворіють і інколи перебувають на лікарняному але ця відсутність пов'язана з сезонними захворюваннями ОРВ та грипу. В 2018 році робітник пробув на лікарняному майже місяць (лікування виразки шлунку) діаграма розподілу захворюваності наведена на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Кількісний аналіз захворюваності

Знову ж аналізуючи діаграму стрибок захворюваності в 2016 році можна пояснити призовом до війська і робітники військкоматом направлялись на медичні комісії та обстеження дехто свідомо лягав у лікарню на лікування.

Щоб виявити найбільш “вузькі” з точки зору безпеки місця роботи та захворюваності розглянемо таблицю 4.1. та на рис. 4.3.

Таблиця 4.1-Розподілення захворюваності по основних виробничих ділянках

Назва ділянки	2017	2018	2019	Всього
Тваринництво	2	2	4	8
Автопарк	1	5	2	8
Будівельна бригада	-	8	1	9
МТП	4	11	3	18
Рослинництво	1	3	-	4
Управління	-	2	-	2
Інші ділянки	3	1	2	6
Всього	11	32	12	55

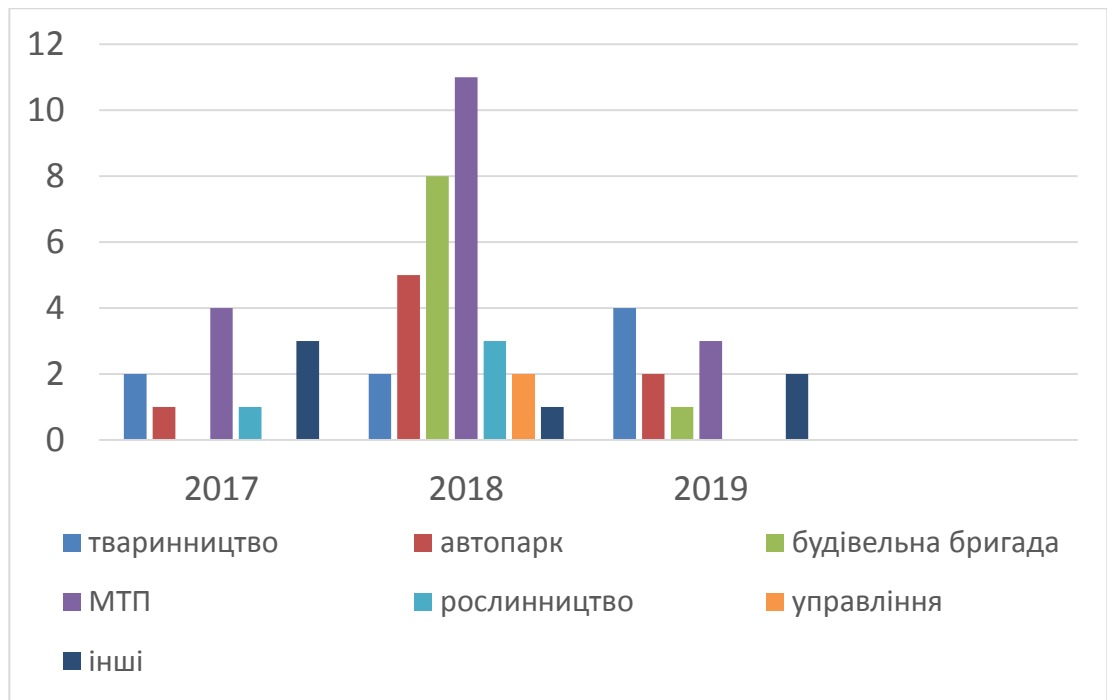


Рис. 4.3. Розподіл захворюваності по галузям

Як видно з таблиці 4.1 найбільш високий показник захворюваності приходить на МТП. Це обумовлюється тим, що при збиранні врожаю у спеку в 40...42 °С робітники вмикають кондиціонери в тракторах та комбайнах або вживають заморожену воду, що призводить до захворювань горла та інше.

Графічна частина виконана у вигляді слайду презентації і представлена на аркуші 10 додатку А

4.3. Вимоги з охорони праці для слюсаря механоскладальних робіт

Загальні положення

За даною інструкцією слюсар механоскладальних робіт (далі - слюсар) інструктується перед початком роботи (первинний інструктаж), а потім через кожні 6 місяців (повторний інструктаж).

Результати інструктажу заносяться до «Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці», в журналі після проходження інструктажу повинні бути підписи особи, яка інструктує, та слюсаря.

Власник повинен застрахувати слюсаря від нещасних випадків та професійних захворювань.

В разі пошкодження здоров'я слюсаря з вини власника, він (слюсар) має право на відшкодування заподіяної йому шкоди.

За невиконання даної інструкції слюсар несе дисциплінарну, матеріальну, адміністративну та кримінальну відповідальність.

До роботи слюсарем допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право робіт, пройшли медичне обстеження, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж по пожежній безпеці.

Слюсар повинен:

- Виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку.
- Бути уважним до сигналів транспорту, що рухається.
- Ходити по тротуарах, доріжках, переходах, спеціально призначених для цього, тримаючись правого боку.
- Не торкатись електрообладнання, клем та електродроту, арматури загального освітлення, не відкривати дверці електрошаф.
- Не включати і не зупиняти (крім аварійних випадків) машини, верстати та механізми, робота на яких не доручена йому адміністрацією.
- Не проходити і не стояти під піднятим вантажем
- Виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником та по якій він проінструктований.
- Не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце.
- Не захаращувати робоче місце.
- Не виконувати вказівки, які суперечать правилам охорони праці.
- Вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків.

Робочий пусковий механізм на ручних пневматичних машинах (інструментах) повинен бути:

Вимоги безпеки перед початком роботи

Отримати завдання від керівника робіт.

Привести до ладу спецодяг, застібнути або обв'язати рукава, заправити одяг таким чином, щоб кінці його не розвіювались.

Уважно оглянути робоче місце, прибрати все, що заважає роботі.

Впевнитись у тому, що робоче місце достатньо освітлене, а світло не буде засліплювати очі.

Робочий інструмент та деталі розташувати в зручному та безпечному для користування порядку.

Впевнитись у тому, що робочий інструмент, пристосування, обладнання та засоби індивідуального захисту справні і відповідають вимогам охорони праці.

Під час роботи електро- пневмоінструментом та на верстатах необхідно пройти інструктаж по безпечній роботі з ними.

При роботі з пневмоінструментом перевірити, щоб ключі-насадки були надійно закріплені штифтами і кільцями. Не допускається їх кріплення шпінтами та дротом.

Балансир противаги повинен бути закріплений страхувальним тросом до візка монорельса і утримувати підвішений на нього електро- і пневмогайковерт в крайньому верхньому положенні та опускатись при невеликому натискуванні руками.

Перевірити справність вимикачів гідравлічних скоб, справність проводів і шлангів, справність ручок-скоб, кріплення скоб на підвісних пристосуваннях, надійність шплінтування пальців шарнірів.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

Виконувати роботи необхідно згідно з технологічною картою на виконання тієї чи іншої роботи.

Під час роботи з переносним електродрилем, гайковертом, шліфувальною машиною додержуватись інструкції по експлуатації електроінструмента.

Під час роботи пневматичним інструментом необхідно:

— Працювати тільки справним інструментом. Клапани відрегулювати так, щоб вони легко відкривались, при припиненні натиску на правлячий держак швидко закривались і не пропускали повітря в закритому положенні.

— Приєднувати шланги до інструмента і роз'єднувати їх з інструментом після виключення подачі повітря. Перед приєднанням до інструмента шланг старанно продути.

— Працювати тільки в захисних окулярах.

— Користуватись тільки абразивними кругами, одержаними в інструментальній коморі та спеціально призначеними для пневмомашинки.

Забороняється:

— Спрямовувати струмінь повітря на себе або на людей, які працюють поруч.

— Працювати пневмомашинкою при відсутності захисного кожуха над абразивним кругом та наявності уступів, вибоїн, тріщин та стукотіння абразивного круга.

— Працювати бічною поверхнею абразивного круга.

— Працювати пневматичним інструментом з приставних драбин.

При роботі на заточувальному верстаті необхідно надіти захисні окуляри, стояти слід збоку абразивного круга, пуск верстата має бути заблокований із захисним екраном. Зазор між кругом та підручником повинен бути не більше 3 мм. Стежити за тим, щоб підручник був міцно закріплений, абразивний круг - обгороджений захисним кожухом. Правити круг зубилом забороняється.

При роботі з електроінструментом необхідно:

Працюючи на верстаку, необхідно стежити за тим, щоб поверхня його, оббита листовою сталлю, була гладкою і не мала задирок.

Виконуючи роботу сумісно з декількома особами, узгоджувати свої дії з діями товаришів по роботі.

Деталі необхідно складати в спеціальну тару чи на стелажі.

Якщо укладання здійснюється на підлогу, то укласти деталі необхідно стійко. Висота штабеля повинна бути не більше 1 м.

Для запобігання вильоту під час роботи на гідравлічних пресах встановлювати деталі, які запресовуються, слід вертикально, без перекосів.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Прибрати робоче місце. Інструмент і пристрої протерти і скласти їх у відведене для них місце.

Якщо агрегат залишається на спеціальних підставках, перевірити надійність їх встановлення. Не залишати його висіти на тросі вантажопідйомного механізму.

Зняти спецодяг, повісити його у спеціально призначене для нього місце.

Вимити руки і обличчя теплою водою з милом. При можливості прийняти душ.

Забороняється мити руки в мастилі, бензині, гасі і витирати їх ганчір'ям, забрудненим ошурками, тирсою, стружкою.

Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

Вимоги безпеки в аварійній ситуації

Причини, які можуть викликати аварійну ситуацію: ураження електричним струмом, падіння з висоти вивішених агрегатів, вихід з ладу інструмента, устаткування пристроїв, відліт осколків металу, наявність шкідливих речовин в робочій зоні та інше.

Якщо склалась ситуація, що може призвести до аварії або нещасного випадку, слід негайно припинити роботу, відключити електроенергію, джерело живлення пневмоінструменту. Огородити небезпечну зону. Не допускати в неї сторонніх осіб. Повідомити про те, що сталося, керівника робіт.

Якщо є потерпілі, надавати їм першу медичну допомогу. При необхідності викликати «швидку медичну допомогу».

Надання першої медичної допомоги.

- Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення, а при неможливості відключення - відтягнути його від струмоведучих частин за одяг або застосувавши підручний ізоляційний матеріал.

При відсутності у потерпілого дихання і пульсу необхідно робити йому штучне дихання і непрямий (зовнішній) масаж серця, звернувши увагу на зіниці. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку. При такому стані необхідно негайно приступити до оживлення потерпілого і викликати швидку медичку допомогу.

- Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно розкрити індивідуальний пакет, накласти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься у ньому, на рану і зав'язати її бинтом.

Якщо індивідуального пакету якимсь чином не буде, то для перев'язки необхідно використати чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку тощо. На те місце ганчірки, що приходить безпосередньо на рану, бажано накапати декілька капель настойки йоду, щоб одержати пляму розміром більше рани, а після цього накласти ганчірку на рану. Особливо важливо застосовувати настойку йоду зазначеним чином при забруднених ранах.

- Перша допомога при кровотечі.

Для того, щоб зупинити кровотечу, необхідно:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- кровоточиву рану закрити перев'язочним матеріалом (із пакета), складеним у клубочок, придавити її зверху, не торкаючись самої рани, потримати на протязі 4-5 хвилин; якщо кровотеча зупинилася, то не знімаючи накладе-

ного матеріалу, поверх нього покласти ще одну подушечку з іншого пакета чи кусок вати і забинтувати поранене місце (з деяким натиском);

- при сильній кровотечі, яку не можна зупинити пов'язкою, застосовується здавлювання кровеносних судин, які живлять поранену область, при допомозі згинання кінцівок в суглобах, а також пальцями, джгутом або закруткою; при великій кровотечі необхідно терміново викликати лікаря.

Якщо сталася пожежа, приступити до її гасіння наявними засобами пожежегасіння. При необхідності викликати пожежну частину.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації аварійної ситуації.

4.4. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві

Для реконструйованої ремонтної майстерні господарства, для попередження нещасних випадків, а також пожеж необхідно здійснити наступні заходи :

- ознайомити робочих з правилами техніки безпеки;
- проводити наступні види інструктажу:
 - а) ввідний;
 - б) первинний (на робочому місці);
 - в) щоденний ;
 - г) періодичний;

Інструктаж проводить завідувач майстернею чи керівник ділянки.

Проведені заходи по охороні праці повинні реєструватися. Проводити 1 чи 2 рази в рік навчання робочих незалежно від проведення інструктажів по наступним темам :

- поводження з нафтопродуктами і кислотами;
- робота з вантажопідіймними пристроями і механізмами(домкрати, талі, кран – балки);

– газо – і електрозварювальні роботи; користування електроінструментом.

Результати занять перевіряють кваліфікованою комісією.

Завідуючому майстернею організувати куток по техніці безпеки, забезпечити літературою, маючи правила по техніці безпеки.

В напружені періоди роботи майстерні необхідно приділити особливу увагу обов'язкову увагу проведенню всіх видів інструктажу і створенню безпечних умов роботи робочих.

Основними процесами, що приводять до підвищеного забруднення навколишнього середовища, є ті, які зв'язані з одержанням енергії в різних формах. На автомобілях, тракторах, сільськогосподарських машинах джерелами механічної енергії є двигуни внутрішнього згорання.

Всі перераховані вище забруднювачі навколишнього середовища ремонтуються в ремонтній майстерні господарства.

РМ ділиться на ділянки в яких виконується ремонт машин, кожна ділянка має свою степінь забруднення навколишнього середовища.

На ділянці зовнішнього миття і очищення, головним забруднювачем є стічні води, які мають в собі велику кількість смол, нафти й масел. В майстерні передбачена механічна очистка стічних вод, проціджування її через маслоуловлювачі з попереднім відстоюванням в відстійниках.

Ділянка ремонту електрообладнання представляє собою небезпеку для повітряного простору, за рахунок випаровування соляної чи сірчаної кислоти при зарядці акумуляторів. Для захисту обслуговуючого персоналу в майстерні встановлені витяжні вентилятори. Очищення повітря відбувається за рахунок насаджень.

Такі ділянки майстерні, як ковальська, зварювальна, обкатки і регулювання двигунів забруднення повітря відбувається за рахунок викиду продуктів згорання одним із ефективних засобів захисту є озеленення території майстерні.

Найбільшу шкоду здоровлю людини і навколишнього середовища завдають ділянки фарбування і заправлення двигунів. Токсичні речовини виділяються в процесі обезжирення, при підготовці фарбувальних розчинів, при їх нанесенні на поверхні.

Головним методом очищення забрудненого повітря є використання гідро фільтрів в повітряних вентиляторах. Вони повністю очищують повітря від аерозолів і 35% парів розчину.

Слюсарно – механічна ділянка є одночасно забруднювачем повітря і ґрунту. Механічний обробіток деталей на станках супроводжуються відходами стружки, туманів масел. Відходи стружки, обпилувань повинні збиратися в спеціальні металічні контейнери і відправлятися на переробку. Забороняється механічні відходи зберігати на ґрунті.

При використанні мастильно – охолоджуючих речовин для механічної обробки, потрібно забезпечити непопадання цих речовин в стічні води і водоймища. Для цього їх необхідно зливати у невеликі місткості і відправляти їх на переробку.

Загальними методами підвищення екологічної надійності ремонтної майстерні є використання нових прогресивних технологій ремонту машин.

Корпус РМ повинен бути обнесений захисною стічною канавою і обсаджений лісопосадкою в основному деревами листяних порід.

При проведенні робіт по удосконаленню технології та організації ремонтних робіт нами було придбане нове обладнання та розроблене власне. Таким приладом – є пристосування до токарно – гвинторізного верстату за допомогою якого можливе фрезерування поверхонь.

Для покращення якості ремонтних робіт та уникнення травматизму проведемо розрахунок системи освітлення.

Приймаємо електродвигун потужністю 0,25 кВт.

4.5. Дії працівників при виникненні надзвичайної ситуації

При виникненні надзвичайної ситуації на підприємстві вмикається сирена і подаються переривчасті гудки - це сигнал "Увага всім". Треба негайно ввімкнути приймач радіотрансляційної мережі або телевізор. Слухати інформацію про надзвичайну ситуацію та порядок дій.

При оголошенні небезпечного стану уникати паніки.

Виконати заходи щодо зменшення проникнення отруйних речовин в приміщення (цех, дільницю): щільно закрити вікна та двері, щілини заклеїти.

Підготувати запас питної води: наберати воду у герметичні ємності, підготувати найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин для обробки рук).

У разі виникнення НС треба використовувати укриття для захисту від ураження речовинами. Отримати засоби індивідуального захисту, одягнути та перевірити їх справність.

Слухати розпорядження керівників підрозділу або співробітників МНС.

4.6. Висновок

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на дільницях майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Проведемо техніко-економічний розрахунок показників роботи майстерні після реконструкції (організація ділянки з відновлення корпусних деталей металополімерами) ТОВ "Славутич" організованої на площі 512 м², за рахунок добудови частини майстерні. Трудомісткість проведення робіт у відділенні складає 12873 люд.-год., що відповідає 43 умовним ремонтам.

Для реконструкції майстерні господарства необхідне сучасне ремонтно-технологічне обладнання, а також планується розширення номенклатури виконуваних робіт на, що необхідні додаткові площі. Додаткові площі отримуюмо за рахунок використання складу запасних частин та проведення його реконструкції. Вартість всіх цих заходів становить 273100,00 грн.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 5.1.

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники [29]:

- Вартість проведених ремонтів становить:

$$B_{np} = Q \cdot C_{1ум.рем.}, \quad (5.1)$$

$$B_{np}^{\sigma} = 39 \cdot 14360,00 = 560040,00 \text{ грн.}$$

$$B_{np}^{np} = 42,9 \cdot 16400,00 = 703560,00 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.1 – Вихідні данні для розрахунку техніко-економічних показників проекту

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий	Проектний
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	39	42,9
Вартість 1 ум. рем, грн.	Ц1ум рем	14360,00	16400,00
Кількість основних робітників, осіб	Кпр	5	6
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	ЗПср	3520,00	4500,00
Вартість діючого обладнання (балансова), грн.	Бд	123000,00	
Вартість придбаного обладнання, грн.	Бпр	–	167500,00
Вартість будівлі за балансом, грн.	Ббуд	58750,00	–
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію дільниці, грн.	Брек	–	105600,00
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	Qел	28650	36200
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	Цел	1,98	1,98

– Експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB = ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

де $ЗП$ – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ел}$ – вартість електроенергії, грн.;

$B_{рем}$ – витрати на поточний ремонт (ПР) та технічне обслуговування (ТО), грн.

Заробітна плата з нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{ср} \cdot K_{пр} \cdot 12, \quad (5.3)$$

де 1,22 – коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну платню;

$ЗП_{ср}$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

K_{np} – кількість основних робітників, осіб;

12 – кількість місяців.

$$ЗП^{\sigma} = 1,22 \cdot 3520,00 \cdot 5 \cdot 12 = 257664,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 4500,00 \cdot 6 \cdot 12 = 395280,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання визначаються:

$$A = A_{обл} + A_{\sigma}, \quad (5.4)$$

де $A_{обл}$ – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

A_{σ} – витрати на амортизацію будівлі, грн.

Витрати на амортизацію обладнання визначаються:

$$A_{обл}^{\sigma} = \frac{B_{обл} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{123000,00 \cdot 21,93}{100} = 26973,90 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$A_{одл}^{np} = \frac{B_{обл} + B_{np} \cdot \lambda_{обл}}{100} = \frac{(123000,00 + 167500,00) \cdot 21,93}{100} = 63706,65 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де $B_{обл}$ – балансова вартість обладнання, грн.

B_{np} – вартість придбаного обладнання, грн.

$\lambda_{обл}$ – норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл} = 21,93\%$.

Витрати на амортизацію будівлі визначаються:

$$A_{\sigma}^{\sigma} = \frac{B_{\sigma} \cdot \lambda_{\sigma}}{100} = \frac{58750,00 \cdot 7,76}{100} = 4559,00 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$A_{\bar{\sigma}_{\gamma d}}^{np} = \frac{B_{\bar{\sigma}_{\gamma d}} + B_{opz} \cdot \lambda_{\bar{\sigma}_{\gamma d}}}{100} = \frac{(58750,00 + 105600,00) \cdot 7,76}{100} = 12753,56 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де $B_{\bar{\sigma}_{\gamma d}}$ – балансова вартість будівлі, грн.;

B_{opz} – витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію ділянки, грн.

$\lambda_{\bar{\sigma}_{\gamma d}}$ – норма амортизації будівель, $\lambda_{\bar{\sigma}_{\gamma d}} = 7,76\%$.

Тоді загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A^{\bar{\sigma}} = 26973,90 + 4559,00 = 31532,90 \text{ грн.}$$

$$A^{np} = 63706,65 + 12753,56 = 76460,21 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються:

$$B_{el} = Q_{el} \cdot C_{el}, \quad (5.9)$$

$$B_{el}^{\bar{\sigma}} = 28650 \cdot 1,98 = 56727,00 \text{ грн.}$$

$$B_{el}^{np} = 36200 \cdot 1,98 = 71676,00 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування визначаються:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.10)$$

$$B_{рем}^{\bar{\sigma}} = \frac{31532,90 \cdot 30}{100} = 9459,87 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^{np} = \frac{76460,21 \cdot 30}{100} = 22938,06 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{3П + A + B_{ел} + B_{рем} \cdot 3}{100}, \quad (5.11)$$

$$IB^{\delta} = \frac{257664,00 + 31532,90 + 56727,00 + 9459,87 \cdot 3}{100} = 10661,51 \text{ грн.}$$

$$IB^{np} = \frac{395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 \cdot 3}{100} = 16990,63 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB^{\delta} = 257664,00 + 31532,90 + 48132,00 + 9459,87 + 10661,51 = 366045,28 \text{ грн.}$$

$$EB^{np} = 395280,00 + 76460,21 + 71676,00 + 22938,06 + 16990,63 = 583344,90 \text{ грн.}$$

– Повна собівартість проведених ремонтів становить:

$$PC^{\delta} = (EB + B_K) \cdot 1,02, \quad (5.12)$$

$$PC^{np} = EB \cdot 1,02, \quad (5.13)$$

де B_K – витрати на роботи виконані за кооперацією, за даними господарства, грн.

$$PC^{\delta} = EB^{\delta} + B_K \cdot 1,02 = 366045,28 + 160200,00 \cdot 1,02 = 536770,18 \text{ грн.}$$

$$PC^{np} = EB^{np} \cdot 1,02 = 583344,90 \cdot 1,02 = 595011,80 \text{ грн.}$$

– Загальний прибуток становить:

$$П = B_{np} - ПС, \quad (5.14)$$

$$П^{\bar{o}} = 560040,00 - 536770,18 = 23269,82 \text{ грн.}$$

$$П^{np} = 703560,00 - 595011,80 = 108548,20 \text{ грн.}$$

– Приріст прибутку становить:

$$\square П = П^{np} - П^{\bar{o}} = 108548,20 - 23269,82 = 85278,38 \text{ грн.} \quad (5.15)$$

– Рівень рентабельності становить:

$$P = \frac{П \cdot 100}{ПС}, \quad (5.16)$$

$$P^{\bar{o}} = \frac{23269,82 \cdot 100}{536770,18} = 4,3\%$$

$$P^{np} = \frac{108548,20 \cdot 100}{595011,80} = 18,2\%$$

– Обсяг додаткових капітальних вкладення становить:

$$B = B_{np} + B_{орг} = 167500,00 + 105600,00 = 273100,00 \text{ грн.} \quad (5.17)$$

– Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить:

$$T_o = \frac{B}{\square\Pi} = \frac{273100,00}{85278,38} = 3,2 \text{ років} \quad (5.18)$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	56727,00	71676,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн..	10661,51	16990,63
Повна собівартість продукції, грн	536770,18	595011,80
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20
Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	–	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	3,2

Висновок. Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також розроблено технологічний процес відновлення валу первинного КПП. Норма часу на відновлення деталі склала 81,29 хв при використанні нанесення металополімерного покриття на посадочні поверхні. В розробленому технологічному процесі запропоновано заміну наплавки на нанесення металополімерного покриття, таким чином суттєво скоротився час відновлення деталі так як операція нанесення металополімеру займає 22,25 хв. Таким чином норма часу відновлення валу становить 81,29 хв., що на 11 % менше базової технології.

З аналізу моделі видно, що самий вагомий фактор, що вимагає значного збільшення навантаження початку *провертання* F_2 - натяг у з'єднанні $N = X_2$. Частота обертання $n = X_3$ виявляє невеликий зворотний вплив, тобто з її збільшенням *провертання* кільця підшипника кочення починається при меншому навантаженні F_2 . Шорсткість поверхні вала $R_a = X_1$ - практично не впливає на початок *провертання*, хоча при її збільшенні *провертання* починається при меншому навантаженні, що свідчить про ефект «внутрішнього зачеплення» шорсткостей вала й кільця й про збільшення нерівномірності розподілу тисків при підвищенні шорсткості.

Взагалі, вплив коефіцієнта при X_3 практично в 100 раз менше, чим при X_2 , тому шорсткість поверхні можна не враховувати в подальших дослідженнях (це справедливо тільки для дослідженого діапазону).

Статистичну обробку результатів експерименту проводили за допомогою РС з використанням комп'ютерного математичного пакета MathCAD. З його допомогою можна вирішувати різні математичні завдання й оформляти результати розрахунків на високому професійному рівні.

На основі теорії планування й проведення багатофакторного експерименту отримані емпіричні вираження, що встановлюють взаємозв'язок, натягу, частоти обертання й шорсткості поверхні з моментом початку *провертан-*

ня кілець радіальних шарикопідшипників, а так само й натягу, частоти обертання й кута додатка навантаження з моментом початку повертання кілець радіально-упорних роликотпідшипників на валу й у корпусі. Підвищення довговічності підшипника кочення в цілому залежить і від величини початкового радіального зазору, що в існуючих відомих методиках розрахунків посадок не враховується.

По даним тривалих стендових випробувань установлено, що інтенсивність зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менше інтенсивності зношування серійних.

Дослідженнями встановлено, що найбільш раціональним способом відновлення досліджуваних з'єднань є нанесення металополімеру, що в комбінації із застосуванням вищевказаних посадок дозволяє підвищити ресурс з'єднань майже в 4 рази.

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на ділянцях майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Батищев, А. И. Пособие гальваника - ремонтника [Текст] / Батищев А.И.; -М.: Колос, 1980.-240 с.
2. Голубев, И. Г. Исследование долговечности неподвижных соединений, восстановленных железнением при ремонте сельскохозяйственной техники [Текст]: дис ... канд. техн. наук / Голубев И.Г. - М., 1981, - 135 с.
3. Поляченко, А. В. Увеличение долговечности восстанавливаемых деталей контактной приваркой износостойких покрытий в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий [Текст]: автореф. дис.докт. техн. наук / Поляченко А.В. - М., 1984. - 44 с.
4. Черноиванов, В. И. Совершенствование технологии и повышение качества восстанавливаемых деталей сельскохозяйственной техники [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук / Черноиванов В.И. - М., 1984. - 53 с.
5. Бурумкулов, Ф. Х. Совершенствование методов и средств оценки работоспособности и долговечности восстанавливаемых соединений и деталей машин (на примере автотракторных двигателей) [Текст]: автореф. дис.докт. техн. наук. / Бурумкулов Ф.Х. - М., 1986. - 38 с.
6. Черновол, М.И. Технологические основы восстановления деталей сельскохозяйственной техники композиционными покрытиями [Текст]: автореф. дис... докт. техн. наук. / Черновол М.И. - М., 1992. - 35 с.
7. Черноиванов, В. И. Состояние и основные направления развития технического сервиса на селе [Текст] / Черноиванов В. И. // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2000. - № 6, - С. 2-5.
8. Черноиванов, В. И. Техническое обслуживание, ремонт и обновление сельскохозяйственной техники в современных условиях [Текст] / Черноиванов В. И. и др.; -М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 148 с.
9. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В., Зайцев М.Г. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 75 с.

10. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.

11. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.

12. Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.

13. Захаров, Ю. А. Совершенствование технологии восстановления посадочных отверстий корпусных деталей проточным электролитическим цинкованием: дис. ... канд. техн. наук [Текст] / Ю. А. Захаров. — Одеса, 2001. — 170 с.

14. Захаров, Ю. А. Анализ способов восстановления посадочных отверстий корпусных деталей машин [Текст] / Ю. А. Захаров, Е. Г. Рылякин, А. В. Лахно // Молодой ученый. — 2014. — № 16. — С. 68–71.

15. Захаров Ю. А. Восстановление посадочных поверхностей корпусных деталей машин проточным гальваническим цинкованием [Текст] / Ю. А. Захаров, Е. Г. Рылякин, И. Н. Семов // Молодой ученый. — 2014. — № 17. — С. 58–62.

16. Рылякин, Е. Г. Повышение работоспособности гидропривода транспортно-технологических машин в условиях низких температур [Текст] / Е. Г. Рылякин, Ю. А. Захаров // Мир транспорта и технологических машин. — № 1 (44). — Январь-Март 2014. – С. 69–72.

17. Горбунов, Б. И. Обработка металлов резанием, металлорежущий инструмент и станки [Текст]: Учебное пособие / Горбунов Б. И.; - М.: Машиностроение, 1981.-287 с.

18. Родин, П.Р. Металлорежущие инструменты [Текст] / Родин, П.Р.; - Киев: Выща школа, 1979. -432 с.

19. Аристов, А. И. Метрология, стандартизация и сертификация [Текст] / Аристов А. И., Карпов Л. И., Приходько В. М., Раковщик Т. М.; - М.: Академия, 2006. - 384 с.
20. Победин, А. В. Технология автомобиле - и тракторостроения [Текст] / Победин А. В., Полянчиков Ю. Н., Косов О. Д., Тескер Е. И. ; - М.: Академия, 2009. - 352 с.
21. Якушев, А. И. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения [Текст] / Якушев А. И., Воронцов Л. Н., Федотов Н. М.; - М.: Машиностроение, 1986. - 352 с.
22. Мягков, В. Д. Допуски и посадки [Текст]: Справочник. В 2 - х ч. / Мягков В. Д., Палей М. А., Романов А.Б., Багринский В. А.; - Л.: Машиностроение, 1983. - 448 с.
23. Машин, Д. В. Повышение эффективности восстановления посадочных отверстий в корпусных деталях сельскохозяйственной техники композицией на основе эластомера Ф - 40С [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Машин Д. В. - Мичуринск, 2013. - 149 с.
24. ГОСТ 12423-66. Пластмассы. Условия кондиционирования и испытания образцов (проб) [Текст]. -М.: Изд-во стандартов, 1989. - 6 с.
25. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В., Зайцев М.Г. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 75 с.
26. Матвеев В.А. Техническое нормирование ремонтных работ в сельском хозяйстве / В.А. Матвеев, И.И. Пустовалов, - М.: Колос, 1979. – 288 с.
27. Беликов А.С. Основы охраны труда: [Учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации] / Под ред., д.т.н., профессора А.С. Беликова. - Днепрпетровск: «Журфонд», 2007. – 494 с.
28. Годяев С. Г. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентів інженерно-технологічного факультету, ОКР бакалавр за напрям підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та об-

ладнання агропромислового виробництва». / С.Г. Годяєв, Л.Д. Устимович. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 21 с.

29. Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проектів і робіт для студентів факультету механізації сільського господарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 16 с.

30. Сокол С.П. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОКР "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва і дипломних робіт ОКР "Магістр" за спеціальністю 8.1001023 "Механізація сільського господарства" / С.П. Сокол, Б.Г. Харченко – Д.: ДДАУ, 2013. – 44 с.

31. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Общие Требования к текстовым документам ГОСТ 2.105-95. [Введ. 1996-07-01 –; введ. в Украине 1997-07-01.]. – Минск: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 37 с.

32. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура і правила оформлення ДСТУ3008 – 95. - [Чинний від 1996-01-01]. — К. : Держстандарт України 1995. – 37 с. – (Національний стандарт України).

33. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1–2003, ІДТ) ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 48 с. - (Національний стандарт України).

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ
ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ
ПРИ ТЕХНІЧНОМУ СЕРВІСІ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

Доповідач: Калініч М.О.

Керівник к.т.н. доц. Колбасін В.О.

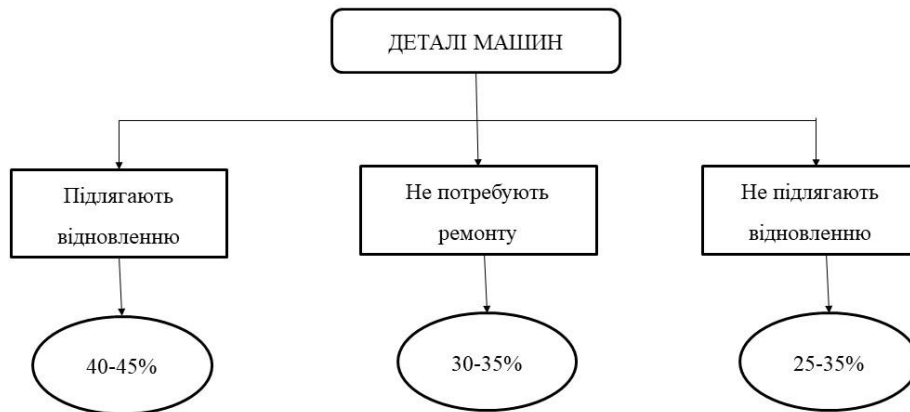
Мета роботи

Розробка типового технологічного процесу відновлення посадкових поверхонь валів механізмів машин під підшипники кочення металополімерним покриттям

Задачі роботи

- провести аналіз технічного стану валів механізмів машин та існуючих технологічних процесів їх відновлення;
- розробити методику відновлення валу з використанням металополімерних покриттів замість наплавлення;
- розробити та дослідити технологічний процес нанесення металополімерних покриттів на посадкові місця валів під підшипник;
- досліджувати фізико-механічні й технологічні властивості імпортних і вітчизняних полімерних матеріалів, а також комбінованих покриттів на їхній основі;
- розробити заходи з охорони праці.
- провести техніко-економічну оцінку роботи.

Дослідженнями багатьох вчених та науково – дослідних інститутів, встановлено, що близько 40...45% деталей можна відновити та використовувати повторно, що в свою чергу значно знижує собівартість ремонту, до 30...35% деталі які не потребують ремонту і можуть повторно використовуватись і лише 25...30% деталей після проведення дефектувальних робіт – вибраковується



4

Дефекти та зноси деталі типу вал



Абразивний знос на опорі вала



Знос різьби на кінці валу



Тріщини на валах



Знос шліців на первинному валу
коробки передач

5

Аналіз способів відновлення деталей

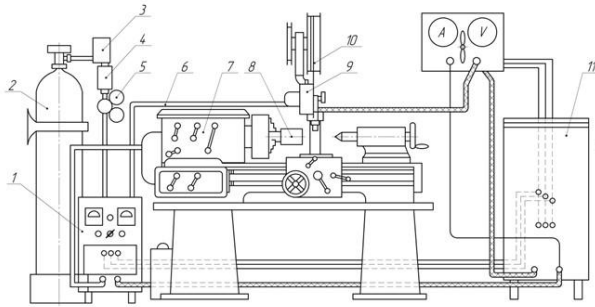


Схема установки для автоматичного наплавлення деталей в захисному середовищі вуглекислого газу:
 1 – апаратна шафа; 2 – балон з вуглекислою; 3 – електричний підігрівач; 4 – осушувач; 5 – редуктор; 6 – шланг підведення газу; 7 – токарний верстат; 8 – деталь; 9 – механізм подачі електродного дроту; 10 – касета з дротом; 11 – селеновий випрямляч.

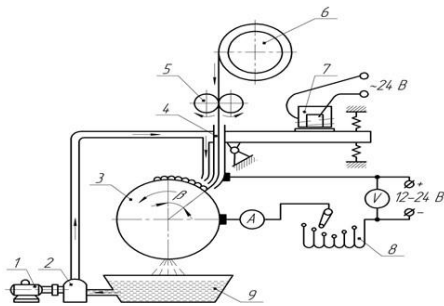


Схема установки для вібродугового наплавлення:
 1 – електродвигун; 2 – насос; 3 – деталь; 4 – мундштук; 5 – механізм подачі електродного дроту; 6 – касета; 7 – електромагнітний вібратор; 8 – індуктивний резистор; 9 – бак.

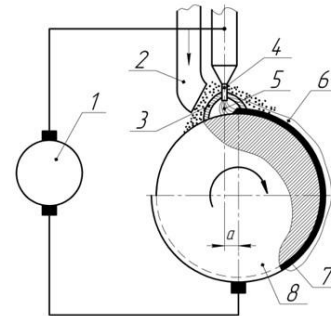
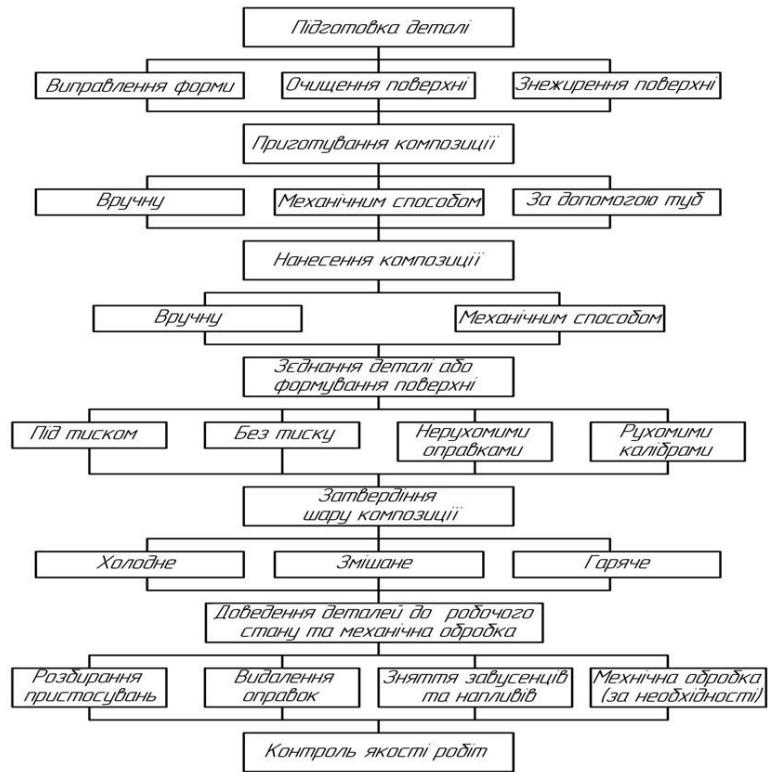
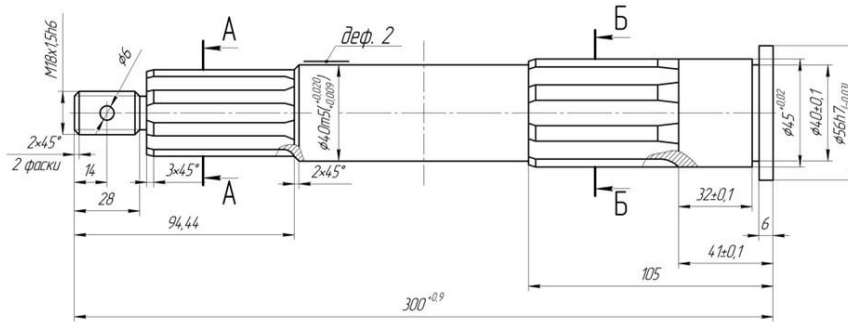


Схема автоматичного наплавлення деталі під шаром флюсу:
 1 – джерело струму; 2 – пристрій для подачі флюсу; 3 – захисна оболонка; 4 – електродний дріт; 5 – електрична дуга; 6 – шлакова кірка; 7 – наплавлений метал; 8 – деталь.



7

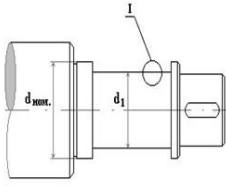
Технологічний процес відновлення валу металополімером



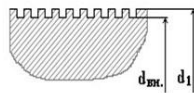
Порівняльна оцінка ефективності технологічного процесу

№	Операція	Позначення	Норма часу, хв	
			Базова	Впроваджена
1	Нанесення металополімеру	005	-	22,25
2	Наплавлення	005	32,2	-
3	Зварювальна	010	7,25	7,25
4	Токарна	015	11,15	11,15
5	Шліфувальна	020	9,95	9,95
6	Фрезерна	025	30,42	30,42
Всього			90,97	81,29

Технологія відновлення валу металополімером



Проточка вала



Нарізання рваної різьби

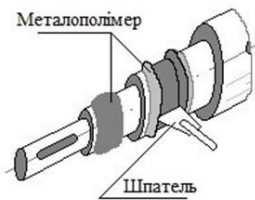
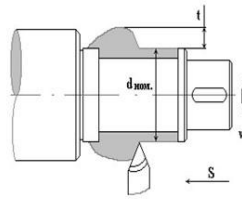


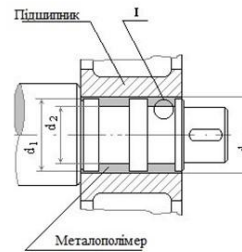
Схема нанесення металополімеру шпателем



Проточка полімеру

Рекомендовані режими при механічній обробці:

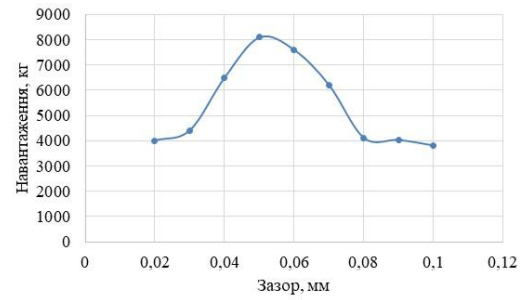
- швидкість різання $V_p = 60 \dots 120$ м/хв;
- глибина різання t , не більше $0,5 \dots 1,0$ мм;
- подача S , не більше $0,1 \dots 0,2$ мм/об.



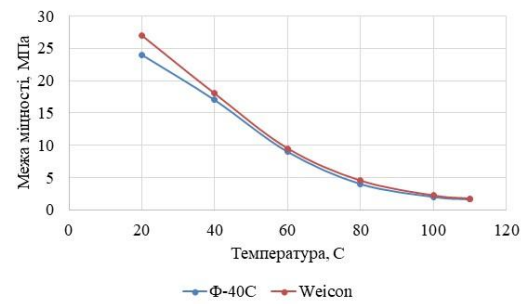
Встановлення підшипника



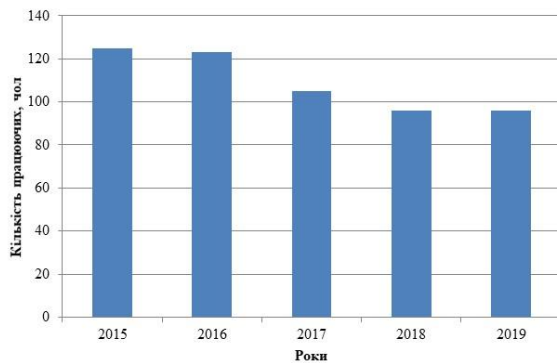
Випробування підшипника на зрив з місця



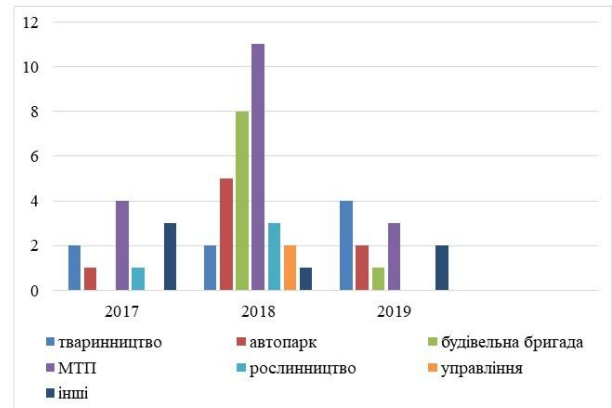
Результати випробувань на зрив підшипника 308



Зміна межі міцності на зсув металополімерної композиції Ф-40С та Weicon А



Динаміка робітників господарства



Розподіл захворюваності по галузям

Як видно найбільш високий показник захворюваності приходить на МТП. Це обумовлюється тим, що при збиранні врожаю у спеку в 40...42 °С робітники вмикають кондиціонери в тракторах та комбайнах або вживають заморожену воду, що призводить до захворювань горла та інше.

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн..	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	56727,00	71676,00
- витрати на ІР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн..	10661,51	16990,63
Повна собівартість продукції, грн	536770,18	595011,80
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20
Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	–	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, років	–	3,2

Було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також розроблено технологічний процес відновлення валу первинного КПП. Норма часу на відновлення деталі склала 81,29 хв при використанні нанесення металополімерного покриття на посадочні поверхні. В розробленому технологічному процесі запропоновано заміну наплавки на нанесення металополімерного покриття, таким чином суттєво скоротився час відновлення деталі так як операція нанесення металополімеру займає 22,25 хв. Таким чином норма часу відновлення валу становить 81,29 хв., що на 11 % менше базової технології.

З аналізу моделі видно, що самий вагомий фактор, що вимагає значного збільшення навантаження початку *провертання* F_c - натяг у з'єднанні $N = X2$. Частота обертання $n = X3$ виявляє невеликий зворотний вплив, тобто з її збільшенням повертання кільця підшипника кочення починається при меншому навантаженні F_c . Шорсткість поверхні валу $R_a = X1$ - практично не впливає на початок повертання, хоча при її збільшенні повертання починається при меншому навантаженні, що свідчить про ефект «внутрішнього зачеплення» шорсткостей валу й кільця й про збільшення нерівномірності розподілу тисків при підвищенні шорсткості.

Взагалі, вплив коефіцієнта при $X3$ практично в 100 раз менше, чим при $X2$, тому шорсткість поверхні можна не враховувати в подальших дослідженнях (це справедливо тільки для дослідженого діапазону).

Статистичну обробку результатів експерименту проводили за допомогою РС з використанням комп'ютерного математичного пакета MathCAD. З його допомогою можна вирішувати різні математичні завдання й оформляти результати розрахунків на високому професійному рівні.

На основі теорії планування й проведення багатофакторного експерименту отримані емпіричні вираження, що встановлюють взаємозв'язок, натягу, частоти обертання й шорсткості поверхні з моментом початку повертання кільця радіальних шарикопідшипників, а так само й натягу, частоти обертання й кута додатка навантаження з моментом початку повертання кільця радіально-упорних роликопідшипників на валу й у корпусі. Підвищення довговічності підшипника кочення в цілому залежить і від величини початкового радіального зазору, що в існуючих відомих методиках розрахунків посадок не враховується.

По даним тривалих стендових випробувань встановлено, що інтенсивність зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менше інтенсивності зношування серійних.

Дослідженнями встановлено, що найбільш раціональним способом відновлення досліджуваних з'єднань є нанесення металополімеру, що в комбінації із застосуванням вищевказаних посадок дозволяє підвищити ресурс з'єднань майже в 4 рази.

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить унизити травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на ділянках майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

Результати техніко - економічної оцінки проектних рішень показують, що заходи реконструкції ремонтної майстерні товариства дозволяють отримати річний прибуток господарства 85278,38 грн., при цьому термін окупності капітальних витрат складає 3,2 років.

MONOGRAFIA
POKONFERENCYJNA

SCIENCE,
RESEARCH, DEVELOPMENT #34

TECHNICS AND TECHNOLOGY.

Paris

30.10.2020- 31.10.2020

U.D.C. 004+62+54+66+082
B.B.C. 94
Z 40

Zbiór artykułów naukowych recenzowanych.

(1) Z 40 Zbiór artykułów naukowych z Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej (on-line) zorganizowanej dla pracowników naukowych uczelni, jednostek naukowo-badawczych oraz badawczych z państw obszaru byłego Związku Radzieckiego oraz byłej Jugosławii.

(30.10.2020) - Warszawa, 2020.

ISBN: 978-83-66401-72-3

Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour»

Adres wydawcy i redakcji: 00-728 Warszawa, ul. S. Kierbedzia, 4 lok.103

e-mail: info@conferenc.pl

Wszelkie prawa autorskie zastrzeżone. Powielanie i kopiowanie materiałów bez zgody autora jest zakazane. Wszelkie prawa do artykułów z konferencji należą do ich autorów.

W artykułach naukowych zachowano oryginalną pisownię.

Wszystkie artykuły naukowe są recenzowane przez dwóch członków Komitetu Naukowego.

Wszelkie prawa, w tym do rozpowszechniania i powielania materiałów opublikowanych w formie elektronicznej w monografii należą Sp. z o.o. «Diamond trading tour».

W przypadku cytowań obowiązkowe jest odniesienie się do monografii.

Publikacja elektroniczna.

«Diamond trading tour» © Warszawa 2020

ISBN: 978-83-66401-72-3

СУТНІСТЬ І ОСОБЛИВОСТІ СТРУКТУРНИХ СКЛАДОВИХ РЕГІОНАЛЬНОГО МЕДІАКОМПЛЕКСУ	
Шеломовська О. М.	5
PARALLEL PROGRAMMING IN GOLANG	
Hulliev N. B., Teslenko D. M.	8
ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ	
Дворецький В.А., Толстенко О.В.,	11
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	
Ляшенко Д.О., Сергієнко А.В.,	18
СТАТИСТИЧНА ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ГІДРОРОЗПОЛЬНИКІВ КЕРУВАННЯ РОБОЧИМ ОБ'ЄМОМ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО ГІДРОНАСОСА	
Острогляд В.В., Нікітчук В. О.,	25
ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ГІДРАВЛІЧНИХ РУКАВІВ ВИСОКОГО СТИСКУ ПРИ СКЛАДАННІ КІНЦЕВОЇ АРМАТУРИ	
Богомаз В. С., Мельянцов П.Т.,	31
ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ	
Калінін М.О., Калганков Є.В.	36
ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЕНТУ ТЕРТЯ В РІЗЬБОВИХ З'ЄДНАННЯХ	
Фелонюк В.В., Калганков Є.В.	40
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЙМАЛЬНО-ПЕРЕДАВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ОПТИЧНОГО ЗВ'ЯЗКУ В КВЕСТ-КІМНАТАХ	
Адаменко Є.І., Стрілкова Т.О.	45
ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ КАК ЕДИНОГО ПОНЯТИЯ	
Иванников А.А.	48
METHOD OF ENSURING SAFE PLANNING AND CONTROL WHEN MANEUVERING DUE TO ENTER AND LEAVE THE PORT	
Surinov I.L.	51

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ
ТИПУ ВАЛ МЕТОДОМ НАПЛАВЛЕННЯ**

Калініч М.О.

здобувач вищої освіти освітнього ступеня «магістр»

Калганков Є.В.

старший викладач

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

***Анотація.** Відновлення деталей значно знижує собівартість ремонту машини в цілому, дозволяє повторно використовувати кошові деталі, такі як колінчасті вали. Одним із перспективних способів відновлення є наплавлення під шаром флюсу. І як показали дослідження твердість наплавленої поверхні після загартування СВЧ становить 65-68 HRC.*

Ключові слова; колінчастий вал, наплавлення, відновлення, наплавлення під шаром флюсу, твердість.

Keywords; crankshaft, surfacing, recovery, surfacing under a layer of flux, hardness.

Зварювання та наплавлення деталей вручну не завжди забезпечує необхідну якість наплавленого металу, яке багато в чому залежить від кваліфікації зварювальника. Продуктивність в цьому випадку досить низька. Крім того, через такі особливості ручного зварювання, як великий нагрів, неможливість наплавлення внутрішніх поверхонь та інші, вона не може бути використана для відновлення ряду деталей. Тому в даний час знаходять все більше застосування механізовані способи наплавлення і зварювання, що забезпечують високу продуктивність і якість робіт [1, 2].

Для відновлення деталей застосовують наступні способи механізованого зварювання та наплавлення: автоматичне наплавлення і зварювання під шаром флюсу; автоматичне наплавлення і напівавтоматичне зварювання в захисному середовищі вуглекислого газу; автоматичне вібродугове наплав-

лення; контактне зварювання. При наплавлення на відміну від інших способів нанесення покриття, коефіцієнт зчеплення покриттів майже дорівнює одиниці [3].

При відновленні деталей типу вал доцільно використовувати наплавлення під шаром флюсу, саме даному способу відновлення і присвячені подальші дослідження.

Питанням відновлення валів займалися багато авторів, як вітчизняних так і закордонних, таких як М.Г. Славянов, В.В. Ефремов, В. І. Черноіванов, В. А. Горохов, І. І. Фрумін, В.В. Погораздов, М. William, R. Gleason, С.Е. David, B.S. Robinoff, Smete, Hardy та інші. Найбільш масштабні дослідження проводились в науково-дослідному інституті автомобільного транспорту (НИИАТ). Так в даному інституті досліджувалось одношарове та двошарове наплавлення під флюсом.

Таблиця 1
Хімічний склад дроту

Марка	Хімічний склад, %							
	C	Mn	Si	Cr	Ni	Ti	S	P
Св-08Х20Н9Г7Т	0.1	6-8	0.5-1	18-22	8-10	0.8-0.9	>0.018	>0.035

Таблиця 2
Хімічний склад флюсу

Марка	Хімічний склад, %									
	SiO ₂	MnO	CaF ₂	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	FeO	S	P
АН-20	19-24	0.5	25-33	27-32	2.4-3	3-9	9-13	>1	>0.08	>0.05

Одношарове наплавлення під флюсом шийок колінчатих валів було розроблено і досліджувалося в НИИАТі й КАЗНИПИАТі [3]. Для наплавлення застосовували пружинний дріт 2 класу, Н_п-30ХГСА, Св-08, Св-10Х13, Св-12ГС та ін. Наплавлення робили під флюсами АН-348А, ОСЦ-45, АН-15, АН-20. Досліджували флюси з додаванням і без додавання графіту, ферохрому, феромарганцю, феромолібдену, алюмінієвого порошку й інших компонентів для одержання наплавленого металу мартенситної структури із твердістю HCR 56-62 без пор і тріщин. Але усі різновиди одношарового наплавлення під флюсом не дали позитивних результатів. Наплавлений метал мав неоднорідну структуру й твердість, мав пори, тріщини та шлакові включення.

Паралельно в НИИАТі досліджували двошарове наплавлення дротом Св-08 під легуючим шаром флюсу. Отримані результати показали не погані фізико-механічні властивості наплавленого шару при використанні маловуглецевого дроту Св-08 діаметром 1,6 мм і легуючого флюсу АН-348А. Метал першого шару має аустенітну будова й твердість

HRC 35-38. Другий шар має мартенситну будову й твердість HRC 56-62 і містить невелику кількість пор.

Недоліком цього способу наплавлення є утворення великої кількості тріщин у наплавленому шарі, що викликають підвищене зношування вкладишів.

У Казахському науково-дослідному інституті автомобільного транспорту було розроблено двошарове наплавлення під шаром флюсу з використанням порошкового дроту. Наплавлений метал другого шару має структуру мартенситу й твердість HRC 56-60. Істотним недоліком цього способу наплавлення є утворення пор, раковин і тріщин у наплавленому шарі. Зносостійкість наплавлених шийок перебуває на рівні не наплавлених.

Високих якісних показників відновлення валів наплавленням під флюсом досягли в інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона в Україні, де використовували порошковий дріт ПП-АН165. Використання порошкового дроту дало змогу отримати вже в першому шарі метал мартенситно-феритного класу, що має високу стійкість від зносу [4].

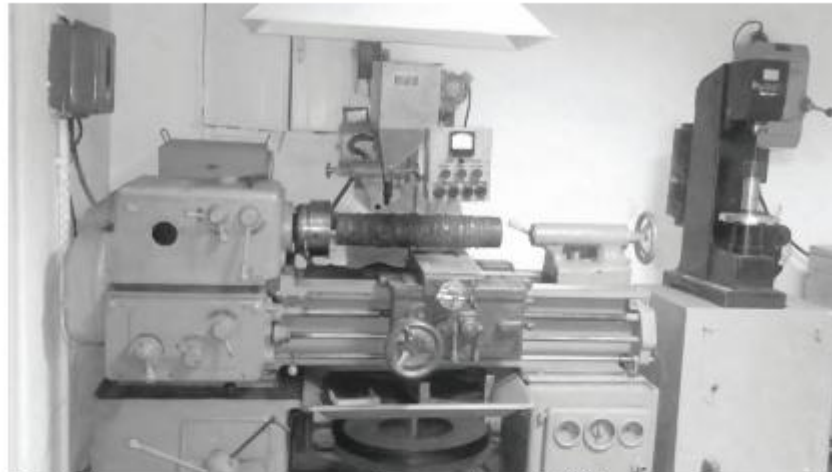


Рис. 1. Установка для наплавлення під шаром флюсу А-580М



Рис. 2. Забір твердості

Мета роботи: дослідження технологічних режимів відновлення деталей типу вал, наплавленням під шаром флюсу.

Дослідження проводилось при відновленні колінчатих валів двигуна ЯМЗ – 238 та ЯМЗ – 240. Наплавлення проводилось дротом 1,6 мм Св-08Х20Н9Г7Т з використанням флюсу

АН-20. Хімічний склад дроту та флюсу наведені в таблиці 1 та 2.

Технологічний процес відновлення колінчатого валу відбувається в наступній послідовності:

- знежирення;
- промивка масляних каналів;
- магнітна дефектоскопія;
- наплавлення під флюсом;

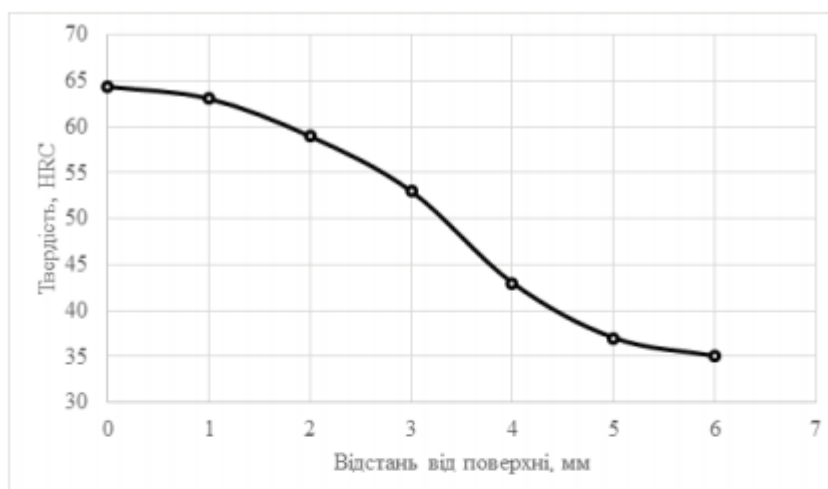


Рис. 3. Зміна твердості HRC по висоті наплавленого шару

- нормалізація;
- проточування;
- загартування СВЧ;
- шліфування під номінальний розмір;
- балансування.

Наплавлення відбувалось на установці А-580 рис. 1.

Після наплавлення проводилось дослідження твердості наплавленого шару по глибині рис. 2, 3. Твердість відновленої деталі замірялась після загартування СВЧ.

Твердості отримані після наплавлення та загартування мають максимальне значення 65-68 одиниць HRC. Зміна твердості по глибині пояснюється відпуском внутрішньої частини наплавленого шва за рахунок тепла прогрітої деталі.

Висновки. Відновлення деталей є перспективним напрямком економії матеріалів та ресурсів. Завдяки наплавленню можливо не тільки відновити

деталь з базовими властивостями, а ще й підвищити їх. Максимальна твердість наплавленого шару становить 65-68 одиниць HRC, поверхня після шліфування не має тріщин та пор.

Література

1. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцева П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.
2. Афанасьев І. А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьев, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. – Warszawa – 2016. – С. 6-11.
3. Восстановление деталей машин: справочник / Ф. И. Пантелеенко [и др.]. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
4. Автоматическая электродуговая наплавка под флюсом вала гидротурбины [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://stc-paton.com/rus/equipment/recovery10>.