

ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики
(повне найменування факультету)

Кафедра експлуатації та ремонту машин
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА до кваліфікаційної атестаційної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «Розробка технології відновлення та зміцнення бронзових
втулок двигунів внутрішнього згорання в умовах ПП
«Ковальов Авто» с. Соколівське Кропивницького району
Кіровоградської області»

Виконав: здобувач першого (бакалаврського)
освітнього рівня за ОПП 132 – «Матеріалознавство»,
групи МЗ-20СК-3

_____ Дмитро ДАНИЛЬЧЕНКО

Керівник: _____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО

Допустити до захисту: _____ Сергій МАГОПЕЦЬ

Рецензент: _____

Кропивницький – 2023 рік

Центральноукраїнський національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра експлуатації та ремонту машин

Освітній рівень – бакалавр

Галузь знань – 13 – Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність – 132 – Матеріалознавство

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, доц. Сергій МАГОПЕЦЬ

_____ «__» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ АТЕСТАЦІЙНУ РОБОТУ

Данильченку Дмитру Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розробка технології відновлення та зміцнення бронзових втулок двигунів внутрішнього згорання в умовах ПП «Ковальов Авто» с. Соколівське Кропивницького району Кіровоградської області»

керівник роботи Шепеленко Ігор Віталійович, доктор технічних наук, професор

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

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

2. Строк подання здобувачем вищої освіти роботи «08» червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Матеріали переддипломної практики.

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

Загальний розділ. Інформація про виробничу діяльність бази практики. Обґрунтувати тему кваліфікаційної роботи.

Технологічний розділ. Надати основні конструктивно-технологічні технологічні особливості шатунних втулок ДВЗ. Проаналізувати умови роботи та зносний стан втулок верхньої головки шатуна. Визначити основні причини виникнення дефектів. Розглянути існуючі методи відновлення та зміцнення внутрішніх поверхонь втулок. Розробити технологічний процес відновлення деталі. Розрахувати режим роботи і норми часу на кожну операцію.

Організаційний розділ. Розглянути особливості виконання робіт на гальванічній дільниці. Виконати розрахунок трудомісткості та режиму роботи на гальванічній дільниці. Розрахувати штат та обладнання гальванічної дільниці. Визначити площу та енергетичні витрати на гальванічній дільниці.

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

1. Ремонт креслення деталі (А1). 2. Класифікація способів відновлення внутрішніх поверхонь шатунних втулок (А1). 3. Аналіз зносного стану втулок верхньої головки шатуна двигунів ЯМЗ (А1). 4. Технологічні карти на відновлення (А1). 5. Планування гальванічної дільниці (А1).

6. Дата видачі завдання: 03.04.2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальний розділ	05.05	
2	Технологічний розділ	15.05	
3	Організаційний розділ	25.05	
4	Графічний матеріал	05.06	

Здобувач вищої освіти

_____ Дмитро ДАНИЛЬЧЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Ігор ШЕПЕЛЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

Анотація

Розроблена кваліфікаційна атестаційна робота складається з листів пояснювальної записки та 5 листів графічної частини. Пояснювальна записка вміщує три розділи, в яких розкрити наступні питання.

В загальному розділі роботи представлено опис бази практики – ПП «Ковальов Авто». Обґрунтована тема кваліфікаційної атестаційної роботи.

У технологічному розділі проаналізовані конструктивно-технологічні технологічні особливості шатунних втулок ДВЗ, умови їх роботи та зносний стан. Розглянуто існуючі методи відновлення та зміцнення внутрішньої поверхні втулок. Запропонований технологічний процес відновлення деталей нанесенням композиційних електролітичних покриттів. Для зміцнення відновлених деталей запропоновано операцію вібраційного розкочування. Розраховані режими обробки та норми часу на виконання технологічних операцій розробленого технологічного процесу.

В організаційному розділі розглянуто особливості виконання робіт на гальванічній дільниці. Виконані розрахунки трудомісткості робіт на дільниці, режимів роботи на підприємстві, кількості робочої сили, обрано технологічне обладнання. Крім того, визначено площу гальванічної дільниці, а також наведені її енергетичні розрахунки.

Зміст

стр.

Вступ.....	
1. Загальний розділ.....	
1.1. Опис бази практики –ПП «Ковальов Авто»	
1.2. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	
2. Технологічний розділ.....	
2.1. Основні конструктивно-технологічні особливості шатунних втулок ДВЗ	
2.2. Аналіз зношеного стану втулок верхньої головки шатуна двигунів ЯМЗ-238	
2.3. Способи відновлення внутрішніх поверхонь втулок	
2.3.1 Відновлення розмірів втулок пластичною деформацією...	
2.3.2 Відновлення розмірів втулок нанесенням на зношені внутрішні поверхні різноманітних покриттів.....	
2.4. Розробка технологічного процесу відновлення та зміцнення внутрішньої поверхні бронзових втулок шатунів двигуна ЯМЗ	
2.5. Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі	
2.6. Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі.....	
2.7. Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій	
2.8. Нормування часу виконання технологічних операцій	

3. Організаційний розділ.....	
3.1. Особливості виконання робіт на гальванічній дільниці ...	
3.2. Визначення трудомісткості робіт на гальванічній дільниці	
3.3. Розрахунок показників режимів роботи підприємства	
3.4. Визначення робочої сили	
3.5. Вибір технологічного обладнання для виконання робіт на гальванічній дільниці	
3.6. Визначення площі гальванічної дільниці	
3.7. Розрахунок та вибір вентиляції	
3.8. Розрахунок природного та штучного освітлення	
3.9. Розрахунок електроенергії, пари, палива, витрат води.....	
3.10. Техніка безпеки та охорона праці при виконанні робіт на гальванічній дільниці	
Висновки.....	
Література.....	

Вступ

Однією з особливостей конструкції автомобілів, сільськогосподарських машин та іншої мобільної техніки є застосування в їхній конструкції досить великої кількості деталей із кольорових металів і сплавів, які мають високі антифрикційні властивості, корозійну стійкість, витримують значні питомі навантаження. Найчастіше конструкції деталей із цих матеріалів являють собою бронзові підшипники ковзання типу «втулка». У процесі експлуатації ці деталі зношуються і підлягають ремонту.

Відомо [1], «що однією із актуальних проблем машинобудівного і ремонтного виробництва є відновлення і зміцнення деталей машин, що лімітують їх міжремонтний ресурс. До числа швидкозношуваних деталей двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) відносяться підшипники ковзання, які виготовлені з кольорових металів, у тому числі і втулки верхніх головок шатунів».

Сучасному ремонтному виробництву відомо велика кількість способів відновлення тонкостінних деталей, проте внаслідок низьких техніко-економічних показників або інших технологічних особливостей ці способи не знайшли широкого застосування.

«Невеликі габаритні розміри відновлюваної поверхні втулки, незначні допустимі зноси і важкі умови роботи обмежують використання низки відомих для відновлення внутрішніх поверхонь втулок способів» [2].

У зв'язку з цим тема представленої роботи, яка спрямована на розроблення технології відновлення та зміцнення бронзових втулок, безумовно, видається важливою й актуальною.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис бази практики –ПП «Ковальов Авто»

Приватний підприємець Ковальов Олександр Степанович, маючи значний досвід роботи на державній СТО на посаді головного інженера, в кінці 90-х років побудував і запустив в експлуатацію власну СТО, на якій виконують ремонтні роботи для автомобілів різних марок.

В кінці 90-років головний інженер на тої час державної станції технічного обслуговування (СТО) – Ковальов Олександр Степанович, розуміючи важливість сфери ремонту та обслуговування автомобілів створив власну автомобільну ремонту майстерню, яка завдяки досвіду та організаційній спроможності Олександра Степановича переросла в сучасну СТО.

На сьогодні підприємство має назву Приватне підприємство "Ковальов Авто", займається ремонтом автомобілів різних марок та є, безумовно, однією з кращих у своїй сфері підприємством міста. СТО розташована на площі 0,38 гектара і має два виробничі корпуси загальною площею близько 1000 м², адміністративну будівлю, кафе і автостоянку (рис.1.1). Звернутися до підприємства можна за такою адресою: с. Соколівське, провулок Гаражний 17, Кропивницький район, Кіровоградська область.



Рис.1.1. Територія ПП «Ковальов Авто»

Діяльність ПП «Ковальов Авто» охоплює виробничу, комерційну, посередницьку діяльність, а також розвиток інфраструктури автосервісу. Підприємство надає послуги з технічного обслуговування транспортних засобів, забезпечує науково-технічне та матеріально-технічне забезпечення виробництва, займається торгівлею та іншими видами діяльності.

Існуюча СТО дозволяє одночасно обслуговувати до п'яти автомобілів на постах, призначених для комплексного технічного обслуговування та ремонту, виконуючи весь спектр робіт (рис.1.2).



Рис.1.2. Пост діагностування автомобілів

Слід відзначити, що на сьогодні ПП «Ковальов Авто» користується великою популярністю серед власників автомобілів міста та області, що свідчить про професіоналізм та сучасні підходи на підприємстві.

1.2. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Актуальною та важливою проблемою машинобудування є відновлення та зміцнення зношених деталей двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), що лімітують ресурс їх роботи. До таких деталей слід віднести: гільзи циліндрів, колінчасті вали, шатуни та інш. Однією з відносно дорогих, разом з тим такою, що часто зношується є бронзова втулка, яка запресована у верхню головку шатуна та використовується в якості підшипника ковзання.

Шатуні втулки двигунів внутрішнього згорання виготовляються з дорогих, дефіцитних бронз (Бр ОЦС 5-5-5, Бр ОЦС 4-4-2,5 та інш.) та належать швидкозношуваним деталям. При роботі двигуна, підшипники ковзання, в тому числі бронзові шатунні втулки, відчувають складні види навантажень, причому їх довговічність визначається наступними властивостями [3]:

- антифрикційними характеристиками (припрацьованість, здатністю до поглинання абразивних частинок, стійкістю до захоплювання, зносостійкість і здатністю працювати в парі тертя, не викликаючи значного зносу сполученої деталі);
- опором втомлюваному викрошуванню (контактної витривалістю), що оцінюється максимальним тиском, яке підшипники можуть сприймати протягом певного числа годин роботи;
- корозійною стійкістю в окислювальному середовищі мастил.

Антифрикційні властивості підшипників залежать від матеріалу антифрикційного сплаву, якостей мастила і сил тертя, виникаючих при роботі двигуна між поверхнями поршневих пальців і підшипників ковзання.

Втомлювальне викрошування залежить від наступних факторів: витривалості підшипника, питомих навантажень, які можуть різко збільшуватися при відхиленні симетрії поршневих пальців і підшипників від правильної форми, величини зазорів, збільшення яких призводить до зняття несучої здатності мастильного шару і створенню передумов ударної дії на підшипник.

Корозійне руйнування антифрикційного матеріалу може бути визвано дією на нього органічних кислот.

Враховуючи складні умови роботи бронзових втулок, їх велику кількість (число втулок на один двигун складає 4...8), вага (ремонтна втулка шатуна двигуна ЯМЗ- 238 важить 0,214 кг) і те, що при ремонті двигунів на багатьох ремонтних заводах усі втулки замінюються на нові, роблять проблему відновлення шатунових втулок актуальною.

Отже тема представленої роботи, яка направлена на розробку технології відновлення та зміцнення бронзових втулок, виглядає цілком важливою та обґрунтованою.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Основні конструктивно-технологічні особливості шатунних втулок ДВЗ

У верхню головку шатуна запресована бронзова втулка, яка є однією з складових частин шатуна і шатунно-поршневої групи двигуна і служить в якості підшипника ковзання під поршневий палець.



Рис.2.1. Втулка верхньої головки шатуна двигуна ЯМЗ [4]

Втулка верхньої головки шатуна двигуна ЯМЗ-236,238 виготовлена з бронзової труби марки Бр ОЦС-5-5-5 ГОСТ 613-79, яка має наступний хімічний склад: олово – (4-6)%, свинець – (4-6)%, цинк – (4-6)%. Домішок всього 1,3%: алюміній – (0,05)%, залізо – (0,4)%, кремній – (0,05)%, сурьма – (0,5)%, інше - мідь.

У табл. 2.1. представлені фізико-механічні властивості матеріалу втулки

Таблиця 2.1 – Фізико-механічні властивості Бр ОЦС –5-5-5 ГОСТ 613-79 [5]

Твердість по Брінеллю, кг/мм ²	Ударна в'язкість, кг/см ²	Коефіцієнт прийнятого розширення, (10 ^{×6})	Теплопровідність, кал/смС ⁰	Коефіцієнт тертя з мастилом	Знос сплаву при дослідженні з мастилом, мг/см ³ .КН
60	2÷3	7,1	0,224	0,009	0,041÷0,056

Втулка верхньої головки шатуна уявляє собою конструкцію циліндричної форми з зовнішнім $\varnothing 56^{+0,12}_{+0,09}$ мм і внутрішнім $\varnothing 50^{+0,04}_{+0,031}$ мм. Деталь виготовлена по п'ятому класу точності. На внутрішній поверхні втулки для кращого змочування деталей спряження мастилом є три повздовжніх і одна поперечна канавка, що розташовуються по колу, по діаметру якої у втулці просвердлені три отвору діаметром 5 мм.

Знос втулки верхньої головки шатуна призводить до збільшення зазору в спряженні «втулка – поршневий палець», підвищенню ударних динамічних навантажень і вібрацій при роботі шатунно-поршньової групи і прискоренню процесу зношення її деталей.

2.2. Аналіз зносного стану втулок верхньої головки шатуна двигунів ЯМЗ-238

Аналіз зносного стану бронзових втулок виконувався на підставі даних отриманих в роботі [6].

Мікрометраж втулок верхніх головок шатунів двигунів ЯМЗ-236, 238 здійснювалися в двох взаємно перпендикулярних площинах А-А і В-В (рис.2.2). При цьому площині А-А і В-В вибирали таким чином, що перша була перпендикулярна площині гойдання шатуна, а друга відповідала їй. У кожній площині знос визначався в чотирьох перетинах І, ІІ, ІІІ, ІV.

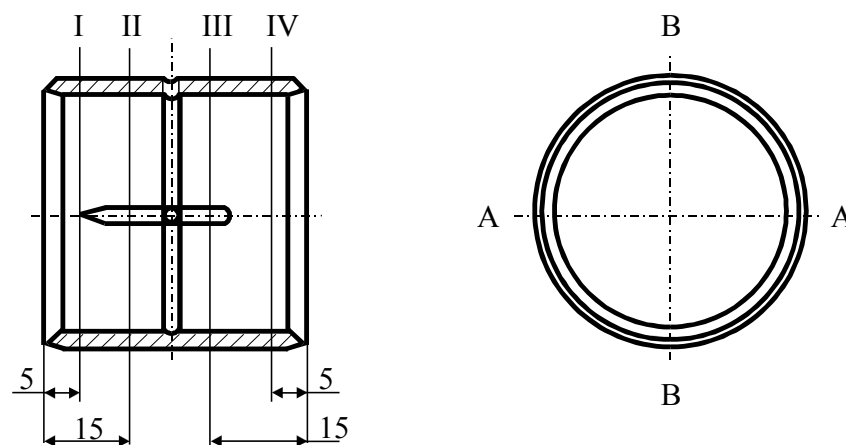


Рис.2.2. Місця вимірювання шатунних втулок []

У відповідності до розглянутої методики інструмент (індикаторний нутромер НІ-18-50) налаштовувався на гранично допустимий розмір для придатної деталі, а саме $42^{+0.038}$ мм.

Аналіз експериментальних даних дозволив отримати диференціальні та інтегральні функції зносу втулок і будуємо їх криві (рис.2.3 - 2.6).

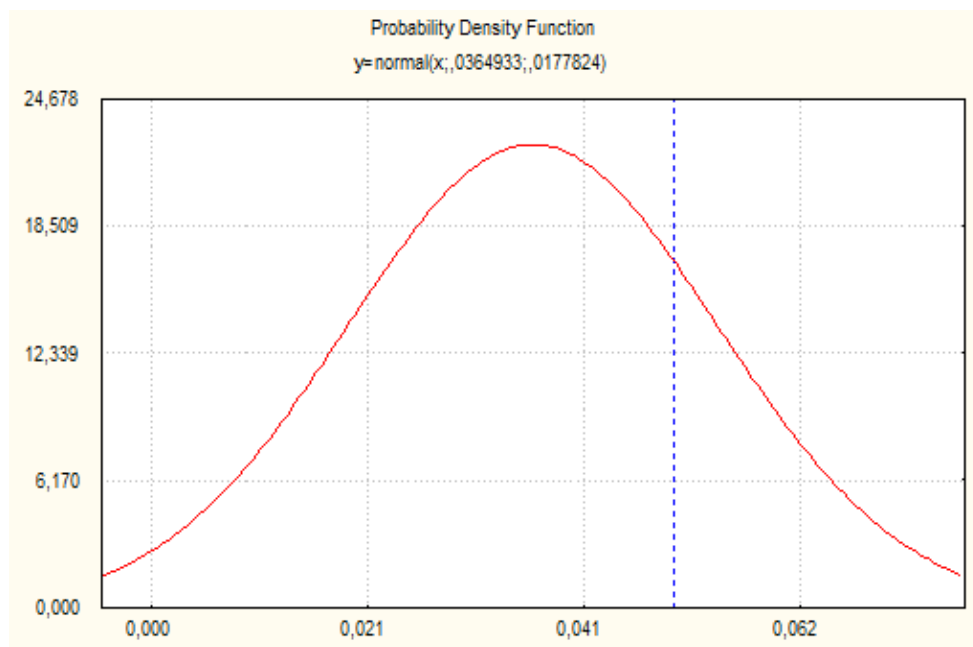


Рис.2.3. Крива щільності розподілу дослідних вірогідностей для площини А-А

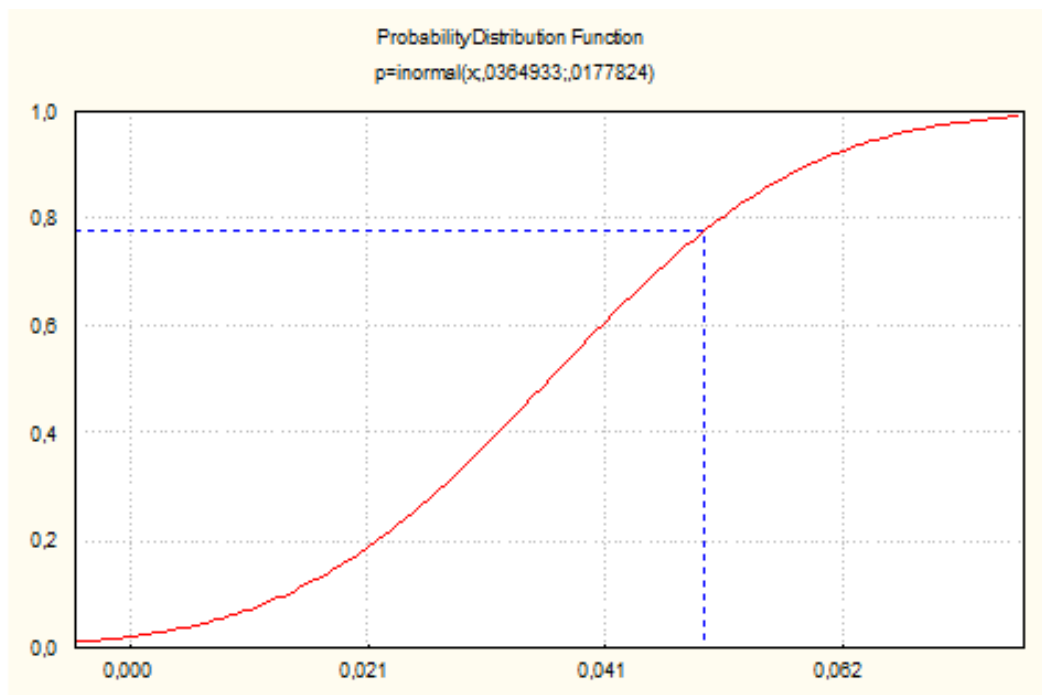


Рис.2.4. Крива накопичення дослідних верогідностей для площини А-А

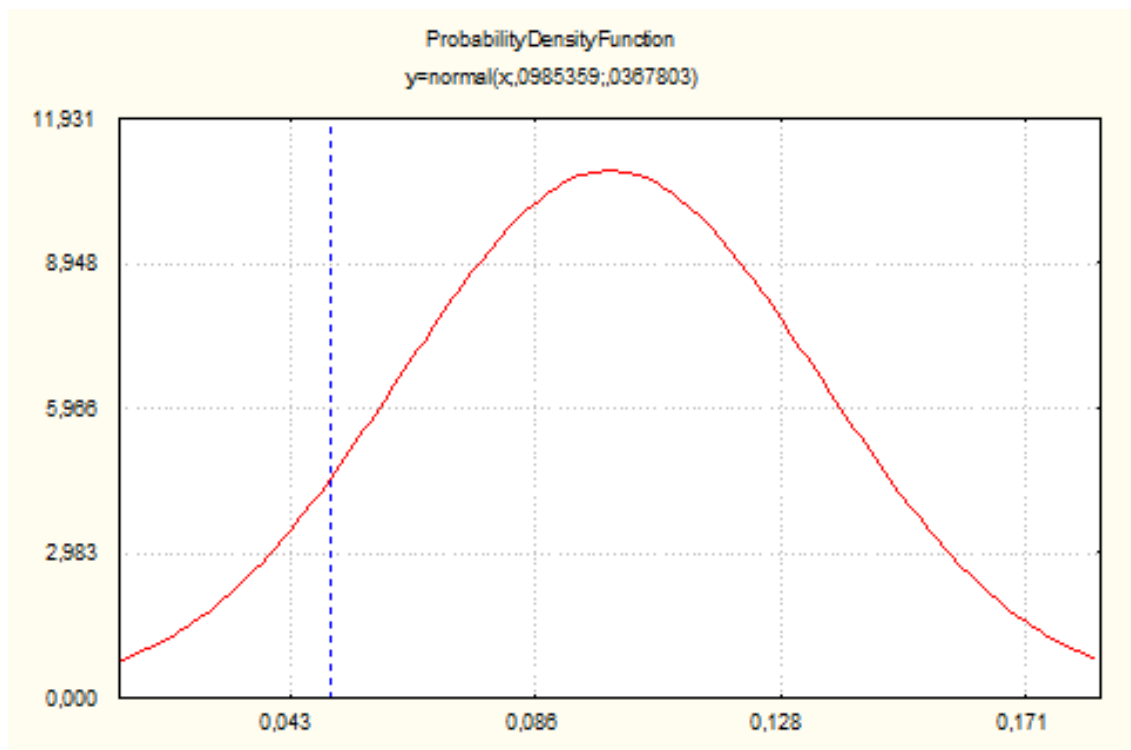


Рис.2.5. Крива щільності розподілу дослідних вірогідностей
для площини В-В

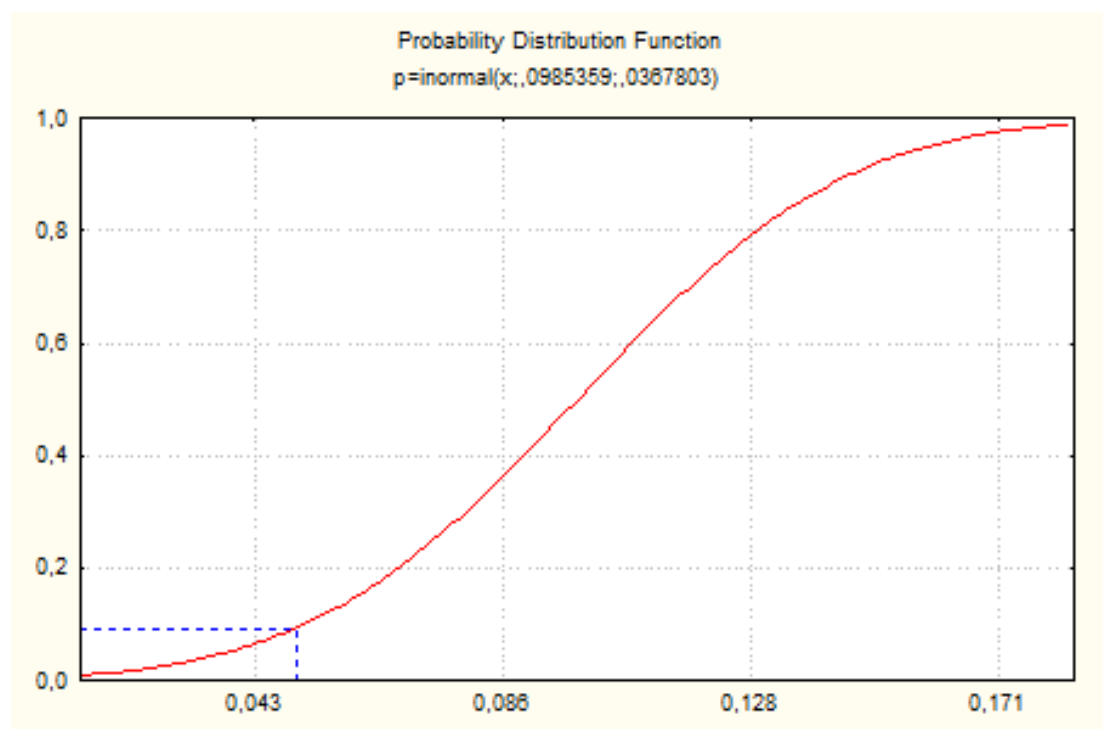


Рис.2.6. Крива накопичення дослідних верогідностей для площини В-В

Разом з тим, дані мікрометражу внутрішньої поверхні втулок показав, що тільки близько 4,5% (для ЯМЗ-236, 238) втулок є придатними без ремонту, інші вимагають відновлення.

Статистичний аналіз зносів шатунних втулок (рис.2.3-2.6) дозволив визначити, що кількість втулок із зносом до 0,05 мм становить 9,3%. Абсолютна більшість втулок має знос більше 0,05 мм. Ці закономірності потрібно врахувати при виборі методу відновлення таких деталей.

2.3. Способи відновлення внутрішніх поверхонь втулок

Сучасна технологія має в розпорядженні достатньо велику кількість різноманітних методів відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь тонкостінних деталей.

На рис.2.7 приведена класифікація існуючих способів відновлення внутрішніх поверхонь втулок, відповідно до якої усі методи можна поділити на дві основні групи:

- реставрація розмірів з використанням пластичної деформації (тиску);
- відновлення втулок нанесенням на зношені внутрішні поверхні різноманітних покриттів.

2.3.1 Відновлення розмірів втулок пластичною деформацією

Зноси внутрішніх поверхонь втулок двигунів, трансмісії, механізмів керування, передніх та задніх мостів автомобілів і тракторів не перевищують 0,10...0,30 мм, а вибраковка деяких з них (шатунові втулки) здійснюється при значно менших зносах. Тому для їх усунення можливо використання способів поверхневого пластичного деформування (ППД).

Розкочування використовують для зменшення внутрішніх розмірів деталей за рахунок перерозподілу металу на її поверхні. Розкочування здійснюють спеціальним інструментом (кульками, фасонними роликами та інш.) з прикладанням радіального зусилля, яке забезпечує витискування металу

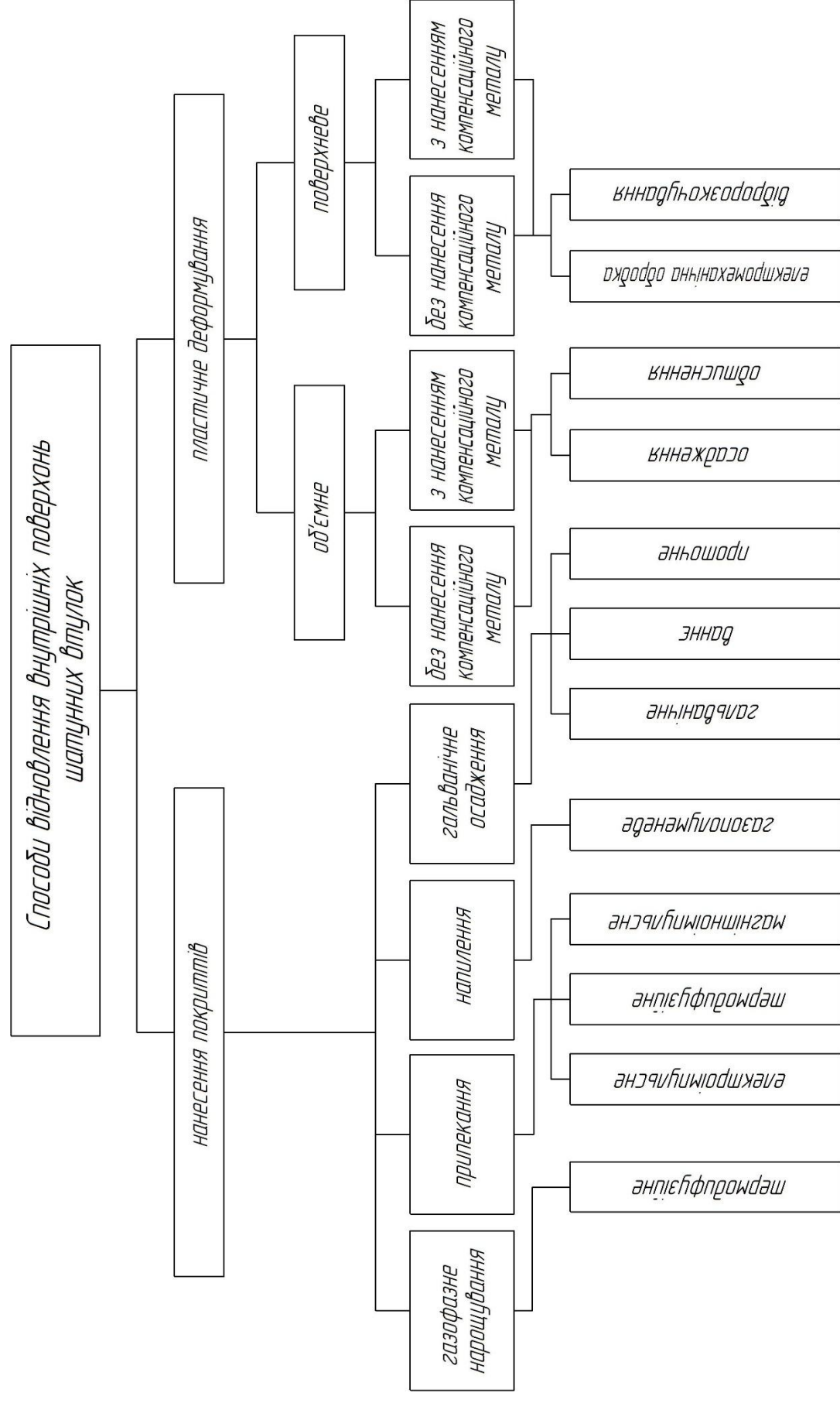


Рис.2.7. Класифікація способів відновлення внутрішніх поверхонь шатунних втулок

поверхневого шару. При цьому на поверхні, до відновлена, утворюється повністю регулярний мікрорельєф (ПРМР), який складається з перемінних западин і виступів, при цьому висота останніх компенсує незначні зноси деталей. Розкочування потребує прикладення до інструменту великих зусиль, що негативно впливає на токарно-гвинторізні верстати, на яких звичайно проводиться обробка втулок згаданим способом [7].

Вібророзкочування дозволяє інтенсифікувати процес перерозподілу металу за рахунок ускладнення відносного переміщення деталі і деформуючого елемента (кульки, алмазного наконечника). При цьому, робочому інструменту, крім руху подачі сповіщається осцилюючий рух, який забезпечує отримання повністю регулярного мікрорельєфу поверхні деталі, що обертається, і зменшення її внутрішнього діаметру при незначних деформаційних зусиллях за рахунок збільшення висоти елемента ПРМР [8].

Електромеханічний спосіб є різновидом відновлення деталей ПДД. При цьому методі поверхневому перерозподілу металу сприяє електричний струм (400...800 А) низької напруги (2...6 В), який проходить через зону контакту інструмента (пластини) для висаджування та згладжування деталі і забезпечує за рахунок локального нагріву до 1073...1173°К підвищення її пластичних властивостей. Під впливом твердосплавної висаджувальної пластини, яка позовжньо переміщується з радіальним тиском, на поверхні втулки, що обертається відбувається видавлювання металу у вигляді гвинтової лінії. Потім здійснюється обробка деталі згладжувальною твердосплавною пластиною, призначеною для отримання необхідного розміру і збільшення площини опорної поверхні.

Перевагою способів ППД є простота, можливість їх використання на будь-яких ремонтних підприємствах, поліпшення якості поверхневого шару за рахунок збільшення маслоємності і деформаційного зміцнення. Недоліки: відновлення тільки незначних зносів до 0,05 мм (розкочування і вібророзкочування), до 0,15 мм (електромеханічний спосіб).

Об'ємне пластичне деформування забезпечує відновлення розміру деталей за рахунок об'ємного перерозподілу металу під впливом зовнішніх сил, при цьому втулка з кольорових металів у процесі відновлення не нагрівається.

Осаджування використовується для усунення зносів як по внутрішньому так і зовнішньому діаметрам, внаслідок осаджування площа поперечного перерізу деталі відновлюється за рахунок зменшення висоти. Осаджування дозволяє змінювати розміри втулок без їх випресовування із спряжених деталей (наприклад, відпадає необхідність у демонтажі втулки із верхньої голівки шатуна), що безумовно зменшує час їх реставрації і спрощує конструкцію пресформи.

Обтиснення використовується для зменшення внутрішнього розміру порожнистих деталей за рахунок зменшення зовнішнього діаметра. Переваги об'ємного деформування: висока продуктивність і простота технології зміцнення металу конструкції. Недоліки: скорочення висоти втулки при осаджуванні, яка приводить до збільшення питомих навантажень на її поверхні, а отже до збільшення інтенсивності зношування, потреба в потужних пресах (при осаджуванні), необхідність в нанесенні компенсаційного металу на зовнішню поверхню деталі (при обтисненні).

Нанесення компенсаційного металу контактним наварюванням. Розроблено спосіб [9] відновлення втулок обтисненням з наступним нарощуванням зовнішньої поверхні контактним наварюванням стрічки, яка виготовляється із маловуглецевих сталей типу 0,8КП або білої гарячекатаної жести. Товщина шару, що наварюється, складає 0,4...0,6 мм.

Дослідженнями встановлено, що оптимальне сполучення процесів обтиснення і нарощування зовнішньої поверхні втулок шатунів досягається при величині обтиснення до 0,6...0,9 мм по внутрішньому діаметру.

З'єднання бронзової втулки і сталюї стрічки, яке утворюється внаслідок наварювання носить адгезійно-механічний характер. Температура плавлення бронзи значно нижче ніж сталі. Бронза під сталюю стрічкою інтенсивно обплавлюється, створює високий тиск і викликає утворення в стрічці гарячих

тріщин. Розплавлена бронза час виплескується на поверхню стрічки через тріщини і частково заливається в них. На поверхні втулки утворюються виступи, які розміщені в тріщинах і в з'єднанні з основою. Ці виступи і утворюють механічні з'єднання зі стрічкою. На решті площини контакту поверхні втулки і стрічки утворюється адгезійне з'єднання.

Нанесення компенсаційного металу електролітичним способом [10].

Розроблена технологія відновлення втулок верхньої голівки шатуна дизеля СМД-60, яка забезпечує отримання необхідного припуску для розточування після запресовування втулки в шатун. Вона складається з нарощування зовнішньої поверхні втулки шаром електролітичної міді і наступного обтиснення її до номінального розміру по зовнішньому діаметру. При цьому внутрішній діаметр втулки відповідно зменшується і утворює потрібний припуск для механічної обробки. Зовнішній діаметр втулки після обтиснення залишається таким, що її можна запресовувати в шатун без будь-якої додаткової обробки.

Нанесення компенсаційного металу припіканням [11]. Розроблена технологія відновлення тонкостінних бронзових втулок з використанням енергії імпульсного магнітного поля, яка складається з магнітно-імпульсного обтиснення втулки на оправці, діаметр якої дорівнює номінальному внутрішньому діаметру нової деталі, за наступним нанесенням на її зовнішню поверхню порошкового шару визначеної товщини. Процес відновлення втулок складається із слідуючих операцій: підготовка поверхні втулки, її термообробка (випал), нанесення порошкового шару на зовнішню поверхню деталі, магнітно-імпульсне обтиснення втулки на оправку, механічна обробка порошкового покриття. Порошковий шар на зовнішню поверхню може наноситися як до операції магнітно-імпульсного обтиснення, так і після неї.

Перевагами вищевказаних способів є багаторазовість реставрації втулок аж до повного зносу основного металу, можливість компенсації зносів різної величини. Недоліки: висока трудомісткість відновлення, потреба у складному обладнанні, яке мав високу вартість (контактне наварювання і магнітно-імпульсне припікання), тривалість нанесення покриття (до 24 годин при електролітичному

нарощуванні міді), необхідність випресовування (запресовування) втулок із спряжених деталей, висока трудомісткість.

2.3.2 Відновлення розмірів втулок нанесенням на зношені внутрішні поверхні різноманітних покриттів

Газофазне нарощування. Для відновлення бронзових втулок розроблено термодифузійний спосіб [12] насичення зношеної поверхні цинком з метою компенсації її зносу. Дифузійна суміш складається з технічного цинкового пилю сорту "А" (ТУ-Н-ГАП-У-420-54), хлористого амонію і порошку з вогнетривкої глини, останній вводять до дифузійної суміші, щоб запобігти спіканню цинкового пилю за високих температур та можливому прилипанню його до поверхні відновлюваних втулок і стінок контейнера. Хлористий амоній сприяє стабільності процесу дифузії цинку в бронзу. Відновлювані деталі укладаються в контейнер і засипаються свіжоприготовленою дифузійною сумішшю. Контейнер поміщають у термopіч, нагріту до температури 473...523 К, і витримують у ній після досягнення температури 873...973 К упродовж 1...4 годин залежно від необхідної товщини шару, що нарощується. Після цього контейнер охолоджується спочатку разом з піччю до 473...523 К з подальшим охолодженням на спокійному повітрі до кімнатної температури. Нарощення розмірів залежить від концентрації цинкового порошку в дифузійній суміші, температури, часу витримки і досягає 1,0 мм. Цей спосіб не потребує спеціалізованого обладнання, достатньо наявності термopечі та нескладного оснащення. Недоліками цієї технології є складнощі, пов'язані з ізоляцією зовнішніх поверхонь втулок (під час їхнього випресування) або тіла шатуна (без їхнього випресування) під час нарощування їхнього внутрішнього діаметра, необхідність регулярної регенерації дифузійної суміші та велика витрата електроенергії.

Нанесення гальванічних покриттів із чистого металу. Осадження електролітичних покриттів на зношені поверхні втулок здійснюється ванним і позаванними (електронатирання, проточне осадження металу) способами.

Ванний спосіб. За цим методом деталі розташовуються у ванні між анодом і катодом без підключення до шин ванни. Під час увімкнення струму поверхня втулки, звернена до анода, заряджається негативно і, виконуючи функції анода, залишається непокритою. Описаний спосіб дає змогу виключити з технологічного процесу електроосадження нанесення ізоляційних покриттів на поверхні деталі, що не підлягають мідненню.

Недоліком ванного способу є необхідність випресовування (запресовування) втулок із сполучуваної деталі, що здорожує процес відновлення.

Електронатирання [13] полягає в переміщенні анода (тампона або щітки) по поверхні катода (втулки). При цьому втулку встановлюють у шпинделі токарного верстата, а анод кріплять на супорті. Тампон, просочений електролітом, під час зіткнення з поверхнею втулки утворює місцеву ванночку, в якій протікають усі електрохімічні процеси, властиві гальванічному виділенню металу. Відносне переміщення анода-катода перешкоджає зростанню кристалів покриттів, що зародилися, знижує їхню внутрішню напругу, а тому дає змогу підвищити щільність струму, а отже, швидкість осадження. Натиранням можна отримувати на поверхні бронзових втулок високоякісні опади цинку і міді.

Недоліками електронатирання є підвищена витрата електроенергії, що витрачається на привід обертового механізму (токарного верстата); наявні установки дають змогу наносити покриття тільки на одну деталь.

Проточне осадження металу [12]. Принцип електролітичного осадження металу в проточному електроліті полягає в тому, що в зоні поверхні, що покривається, створюється місцева ванна, через яку циркулює електроліт, анод і деталь нерухомі. Проточні способи відновлення деталі характеризуються примусовою циркуляцією електроліту, що забезпечує підвищення продуктивності процесу в 3,5...4,0 раза порівняно з ванними способами, високу рівномірність покриття на всій поверхні; дає змогу нарощувати деталі в "розмір" без подальшого механічного оброблення, знижувати насиченість осаду та основного металу воднем, істотно поліпшувати якість електролітичних осадів; забезпечує відновлення втулок без їхнього випресовування з шатуна. Недоліками проточного

осадження є необхідність у виготовленні спеціальних установок із кислотостійкими насосами та електролітичними комірками; додаткові витрати електроенергії на електроприводи насосів.

Основним недоліком перелічених вище способів нанесення покриттів є те, що антифрикційні властивості відновлених поверхонь втулок або погіршуються, або залишаються на колишньому рівні.

Напилення. Для відновлення внутрішніх поверхонь бронзових втулок використовується газополум'яне напилення [14]. Для цієї мети розроблено спеціальну насадку. Для напилення застосовується бронзовий порошок ПГ-19М-01. Покриття наносять розпилювачем у пропан-бутан-кисневому полум'ї. Міцність зчеплення покриттів з основою – понад 30 МПа. Робочий тиск газів, МПа: кисень – 0,2-0,4; пропан-бутан – 0,1; повітря – 0,4-0,5. Витрата газів, м³/год: кисень – 4,0; пропан-бутан – 1,0; повітря – до 50. Недолік способу: висока вартість порошків, а також технологічні складнощі під час напилення втулок малого діаметра.

Припикання порошкових металевих покриттів. Нанесення порошкових покриттів здійснюється різними способами припикання.

Електроімпульсне припикання [14] передбачає електронагрів металевого порошку, розміщеного між внутрішньою поверхнею втулки та циліндричним електродом, за рахунок теплової енергії, що виділяється електричним струмом при активному опорі. Метод електроімпульсного припикання поєднує в одній операції спікання і пресування. У процесі припикання між частинками порошку і підкладкою, а також між частинками порошку в об'ємі шару встановлюються міжатомні зв'язки, що забезпечують певну міцність зчеплення.

Термодифузійне припикання [14] залежно від виду активування поділяють на індукційне припикання способом обмазки, індукційне припикання з попереднім пресуванням або статичним навантаженням і відцентрове індукційне припикання.

Перший спосіб полягає в нанесенні металевих порошків на внутрішню поверхню втулки у вигляді обмазки. Як активатор спікання застосовують бор і кремній. Отримані після індукційного нагріву і спікання шари мають високу

пористість (30...40%). Для підвищення щільності покриттів, крім хімічного і температурного, необхідно використовувати силовий фактор незалежно від того, чи проводиться попереднє напресування шару шихти, чи шар ущільнюється в процесі припикання.

Суть відцентрового припикання полягає в тому, що деталь із порошком, вміщеним на її внутрішню порожнину, розташовується в індукторі високочастотної установки і обертається навколо осі з одночасним нагріванням до температури спікання і припикання. Перевага відцентрового термодифузійного припикання полягає в простоті отримання якісного покриття на внутрішніх поверхнях втулок. Частота обертання втулки для створення відповідної відцентрової сили становить $10...18 \text{ с}^{-1}$ і залежить від діаметра відновлюваної поверхні, відповідно 200...40 мм. Недолік способу: попередній демонтаж втулки з тіла шатуна з подальшим запресовуванням.

Магнітно-імпульсне припикання [14]. Фізичною основою методу слугує взаємодія змінного струму магнітного поля індуктора з вихровими струмами електропровідної оболонки (остання перебуває між індуктором і поверхнею, що відновлюється), що спричиняє відштовхування оболонки від індуктора та пресування порошку, розміщеного між оболонкою і деталлю. Перевагами процесу магнітно-імпульсного нанесення покриттів є гнучкість процесу: одним і тим самим індуктором можна напресовувати покриття на деталі різних розмірів і конфігурації; можливість концентрації енергії на окремих ділянках заготовки завдяки використанню концентраторів; радіальна схема прикладання навантаження, що забезпечує створення високих (до 1000 МПа) динамічних зусиль на порошковий шар.

Недоліки методу: необхідність виготовлення для кожної деталі технологічної оболонки, питання її видалення після напресування, а також відносно невисока точність розмірів сформованих покриттів. Крім того, виникає низка труднощів, пов'язаних зі створенням та експлуатацією високовольтного електрообладнання для здійснення технологічного процесу.

Спільними недоліками для вищеописаних способів припікання металевих порошків є: дороговартісне устаткування, висока енергоємність процесів нанесення покриттів та їхня більша товщина порівняно з необхідною для компенсації малого зношування отвору шатунної втулки, що змушує значну частину припеченого шару металу видаляти в стружку.

Використання композиційних електролітичних покриттів [12].

Композиційні електролітичні покриття (КЕП) являють собою композицію на основі металу, в об'ємі якого може міститися 1...50% і більше часток наповнювача різного розміру та видів, які мають властивості, що відрізняються від властивостей металевої основи. Різними комбінаціями матеріалів і дисперсних частинок наповнювачів можливо отримувати велику кількість різних КЕП, а також змінювати їхні властивості залежно від умов експлуатації.

Композиційні електролітичні покриття отримують із суспензій, що являють собою електроліти (водні розчини металів) із додаванням певної кількості дисперсного порошку, під дією електричного струму.

Осадження КЕП має низку особливостей порівняно з традиційними (чистими) гальванічними покриттями. Ці особливості зумовлені присутністю у звичайних (чистих) електролітах чужорідних дисперсних частинок, властивості яких визначають характеристиками одержуваних осадів. На процеси осадження КЕП впливають велика кількість різних чинників: природа електроліту, тобто його іонний склад, кислотність, наявність різноманітних стимуляторів осадження; умови електролізу (густина струму, температура, градієнт потенціалу, спосіб та інтенсивність перемішування суспензії); природа металу матриці, що осаджується, та часток дисперсної фази.

Найприйнятнішими для відновлення зношених бронзових втулок є КЕП на основі міді, оскільки вони найбільш близькі за теплофізичними властивостями, що унеможливорює відшаровування покриттів. З великої різноманітності КЕП на основі міді для відновлення бронзових втулок найбільший інтерес представляють антифрикційні. Такі покриття містять як другу фазу дисульфід молібдену, графіт, тальк, слюду, фталоціанін міді, полімери тощо. КЕП на основі міді має високу

зносостійкість і антифрикційні властивості, завдяки здатності генерувати на робочій поверхні твердозмастильну плівку, що забезпечує мінімальне зношування поверхонь, які труться.

Для відновлення шатунних втулок двигунів автором [12] розроблено технологію та оснащення, а також всебічно досліджено властивості нанесених КЕП на основі міді. При осадженні покриттів застосовувався дешевий сульфатний електроліт. Як дисперсну фазу (ДФ) використовували полімерні матеріали: фенілон П і полікапронід (капрон). Для отримання однорідної суспензії використовувалося повітряне барботування. Об'ємний вміст полімеру в покритті не перевищував 13% (для фенілону) і 16,5% (для висадженого капрону). Наявність полімерних включень підвищила мікротвердість покриттів у 1,27...1,33 рази, міцність – у 1,30...1,40 рази, зносостійкість – у 1,9...2,4 рази; скоротило тривалість припрацювання в 1,4...1,5 рази.

Електронатирання [13]. Розроблені КЕП на основі міді, що наносяться електронатиранням, дали змогу забезпечити зменшення в 1,5...5,0 разів початкового зносу поверхонь тертя двигунів у процесі припрацювання після ремонту, а також використовувати їх у період експлуатації. На підставі отриманих результатів зроблено висновок про перспективність застосування КЕП на основі міді для полегшення процесу припрацювання машин і підвищення зносостійкості деталей у процесі їх експлуатації.

Можна стверджувати що КЕП на основі міді володіють високими антифрикційними властивостями, проте вміст ДФ у покритті під час осадження є незначним і становить лише 0,3...5,6 мас. % для неорганічних добавок (дисульфід молібдену, графіт і т.п.) і 13...16,5 мас. % для полімеру (фенілон, капрон і т.п.).

Проточне осадження КЕП на основі міді. Для підвищення кількості ДФ у композиційному покритті в роботі [14] досліджено осадження КЕП на основі міді проточним способом з тангенціальною подачею електроліту-суспензії (ЕС) в електролітичну комірку. Зміна напрямку подачі ЕС з осьового на тангенціальний збільшила кількість ДФ у покритті: максимальний вміст фенілону становив 24,5 об'єм. %, а дисульфиду молібдену – 17,5 об'єм. %; підвищила продуктивність

нанесення КЕП у 1,15...1,20 рази. Встановлено, що зносостійкість КЕП з фенілоном у 2,0...2,2 рази, а з дисульфідом молібдену в 2,9...3,5 рази вища, ніж електролітичної міді, тривалість припрацювання при цьому скорочується в 1,9...2,1 рази.

2.4. Розробка технологічного процесу відновлення та зміцнення внутрішньої поверхні бронзових втулок шатунів двигуна ЯМЗ

При виборі способу відновлення стосовно ремонтних підприємств застосовується методика, суть якої полягає в наступному. Розглядають різноманітні потенційно-можливі способи, що відповідають критерію застосовності ($K_T=1$), і вибирають ті, які забезпечують необхідний ресурс відновлення деталей, тобто відповідає необхідному значенню коефіцієнта довговічності ($K_d \geq 0,85$).

При відновленні втулок вібророзкочуванням накатуванням коефіцієнт довговічності $K_d=0,90$. Однак слід врахувати, що при відновленні втулки верхньої головки шатуна зміцненням на виробництві використовується роликовий розкатник, при обробці яким мають місце ряд суттєвих недоліків: потрібні великі зусилля деформування, що пред'являє підвищені вимоги до жорсткості обладнання і зчеплення покриття з основним матеріалом; примітивність кінематики; недостатня інтенсивність процесу, яка обумовлена простою по кінематиці схемою обробки. Крім цього, мікрорельєфи, що створюються на поверхні відновлювальної деталі базовим способом обробки, в наслідок неоднорідної пластичної деформації нерегулярні, хаотичні, що затрудняє, а під час робить неможливими рішення задачі оптимізації мікрорельєфу поверхні. Тому в даному пропонується до використання найбільш сучасний і універсальний метод зміцнення поверхні з одночасним утворенням регулярного рельєфу. Метод вібраційного накатування оснований на пластичному деформуванні поверхневих шарів металу і складному відносному переміщенні оброблювальної поверхні і деформуючого елемента. Використання багатокулькового розкатника при

вібраційному накатуванні дає можливість одержати поверхню чотирьохкутового сітчастого тиску, при цьому буде досягатись найбільший зміцнюючий ефект, збільшення мастильного шару.

Режими вібронакатування:

Число обертів розкатника	150 - 250 об/хв;
Число проходів	1;
Подача	0,3 - 1,2 мм/об;
Натяг	10 мкм;
Діаметр кулі	6 мм

Для виконання операції вібронакатування використовується токарно-гвинторізний станок 16K20, розкатник, пристосування для закріплення шатуна.

Використання полімерно-металевих покриттів дає змогу одержати при накатуванні твердомастильну плівку товщиною від 0,05 до 0,1 мм.

Враховуючи великий розкид у величині зносу втулок верхніх голівок шатуна (див. розділ 2.2) їх відновлення в залежності від значень зносу пропонується виконувати за двома варіантами:

- без нанесення додаткового металу на зношену поверхню (збільшення діаметра отвору втулки $\leq 0,060$ мм);
- з електролітичним нарощуванням антифрикційних електролітичних антифрикційних покриттів на основі міді (зношення внутрішньої поверхні понад 0,060 мм).

Крім того, враховуючи те, що шатунна втулка відновлюється без випресовування з шатуна, нами розглянуто, крім пропонується відновлення дефектів деталі шатун ЯМЗ-238.

При відновленні шатунів доцільно застосовувати маршрутну технологію, яка дозволяє вибрати найбільш раціональний шлях відновлення кожної деталі.

Маршрут №1

1 Знос внутрішньої поверхні нижньої головки шатуна.

2 Знос внутрішньої поверхні втулки верхньої головки шатуна.

Маршрут №2

1 Знос внутрішньої поверхні головки шатуна.

Маршрут №3

1 Згин або зкручення шатуна.

2 Знос торців нижньої головки шатуна.

3 Вгин і виробітки на площадках під головки болтів.

По даним переддипломної практики 50-70% шатунів вибраковуюються з зносом отвору нижньої головки шатуна і 95-98% з зносом втулки верхньої головки шатуна. Тому для розробки технологічного процесу відновлення шатуна вибираємо маршрут №1.

2.5. Розробка структурної послідовності технологічного процесу відновлення деталі

Розробка структурної послідовності є важливим етапом проектування технологічного процесу. Від правильності вибору послідовності технологічних операцій залежить не тільки економічність і скорочення часу циклу, але і можливість дотримання технологічних умов на відновлення деталі.

Технологічний процес відновлення деталі повинен забезпечити правильне і повне використання технологічних можливостей деталей, що ремонтується, прийнятого технологічного обладнання і робочого часу.

Таблиця 2.1 - Структурна послідовність операцій по відновленню шатуна двигуна ЯМЗ-238

№ операції	№ переходу	Найменування операції	Зміст операції
005	1	Слюсарна	Відкрутити дві гайки кріплення і роз'єднати кришку нижньої головки шатуна.
	2		Зібрати шатун з кришкою на технологічні болти.
010	1	Розточна	Розточити отвір нижньої головки шатуна до $\varnothing 93,3$ мм на довжині $L=44$ мм.
	2		Розточити отвір верхньої втулки головки шатуна до рекомендованого розміру $\varnothing 50,173$ мм на довжині $L=44$ мм.
015		Гальванічна (осталювання)	Провести остальювання отвору нижньої головки шатуна до $\varnothing 93,95$ мм на довжині $L=44$ мм.
020		Гальванічна (міднення)	Провести міднення отвору втулки верхньої головки шатуна до $\varnothing 50,023$ мм
025	1	Свердлильна	Зенкерувати фаску $3 \times 45^\circ$ в нижній головці шатуна.
	2		Зенкерувати фаску $3 \times 45^\circ$ в нижній головці шатуна.
030		Шліфувальна	Шліфувати отвір нижньої головки шатуна до $\varnothing 93$ мм на довжину $L=44$ мм.
035		Хонінгувальна	Хонінгувати отвір нижньої головки шатуна до $\varnothing 93^{+0,021}$ на довжині $L=44$ мм.
040	1	Вібророзкочув.	Нанести на поверхню отвору втулки верхньої головки шатуна повністю регулярний мікрорельєф до $\varnothing 50,1$ мм
	2		Протягувати поверхню до $\varnothing 50^{+0,041}_{+0,03}$ мм
045	1	Слюсарна	Відвернути дві гайки кріплення і від'єднати нижню кришку шатуна.
	2		Зібрати шатун з кришкою на шатунні болти.

2.6. Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального і контрольного інструментів

Обґрунтування вибору обладнання і інструмента – основа раціональності і економічності процесу відновлення деталей. В умовах ремонтних підприємств потрібно цілеспрямовано використовувати універсальне широко розповсюджене обладнання, яке дозволяє використовувати достатньо великий перелік операцій. Виходячи з цих міркувань вибирається наступне обладнання: ріжучий, вимірювальний і контрольний інструмент.

Технологічне обладнання та інструменти для технологічного процесу відновлення шатунів приведені в таблиці 3.4.

Таблиця 2.2 - Перелік технологічного обладнання та інструментів для відновлення шатунів двигуна ЯМЗ – 236 по маршруту №1

№ опер.	Назва обладнання (тип) модель і технічна характеристика	Назва, марка і ГОСТ різального інструменту, тип ремонтних матеріалів	Назва і ГОСТ контрольно-вимірювального обладнання
005	Верстак слюсарний ОРГ-1019-555	Ключ 1811-0124 НС 1×9 ГОСТ 2841-80	
010	Верстат розточний вертикальний 2Е18ПН	Різець розточний державочний 130КН ГОСТ 9195-84	Нутромір індикаторний НН 100-1 ГОСТ 868-80
015	Банна для осталювання	Електроліт осталювання холодний хлористий оксид: 440-600г/л хлористого заліза, 0,5-2,0 аскорбінової кислоти, кислотність рН 0,5...1,3	Нутромір індикаторний НН 100-1 ГОСТ 868-80
	Банна знежирювання	Розчин: вуглекислий натрій (80-100г/л) та тринатрій фосфат (10-15г/л) t=60-80°C	
	Банна гарячої промивки	Гаряча вода.	

	Ванна холодної промивки	Холодна вода.	
	Ванна травлення	Розчин: кислота сірчана 80-100г/л, натрій хлористий 150-200г/л, t=60-70°C	
	Ванна нейтралізації.	Їдкий натрій 10%	
	Стаціонарний випрямляч ВАКГ–1216–630		
020	Установка для проточного міднення	Власного виготовлення	Нутромір індикаторний НИ 100-1 ГОСТ 868-80
025	Верстат вертикально-свердильний 2А131	Зенківка Р6М5 ГОСТ 17116–71	
030	Верстат внутрішньо-шліфувальний 3А228Б	Головка абразивна АЦГ 12×40×80 ЭБ 32 СМ 1К ГОСТ 17116–71	Нутромір індикаторний НИ 100-1 ГОСТ 868-80
035	Верстат вертикально-хонінгувальний 3К833	Брусok хонінгувальний 63 СМ40–4 СМ–1–С1 ГОСТ2493–83	Нутромір індикаторний НИ 100-1 ГОСТ 868-80
040	Верстат токарно-гвинторізний 16К20	Прийстосування для вібронакатування	
045	Верстат слюсарний ОРГ–1019–555	Ключ 1811–0124 НС 1×9 ГОСТ 2841–80	

2.7. Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій

Операція 005. Слюсарна.

Відкручування і закручування гайок кріплення шатунів проводиться вручну за допомогою гайкового ключа.

Операція 010. Розточна.

Перехід 1

Припуск на обробку при розточуванні розраховується

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – кінцевий діаметр розточувального отвору, $D=94,15$ мм;

d – початковий діаметр розточувального отвору $d=94,05$ мм.

$$h = \frac{94,15 - 94,05}{2} = 0,05 \text{ мм}$$

Глибина різання при тонкому розточуванні приймається $t=0,05$ мм. Згідно з цим, весь припуск знімається за один прохід. Величина подачі при розточуванні вибирається з таблиці 17 [17] по прийнятій глибині різання, вильоту різця і оброблюваному матеріалу.

$$S_{пр}=0,08 \text{ мм/об.}$$

Вибираємо швидкість різання: $V=200$ м/хв

Приймається найближче значення по паспортним даним станка, кількість обертів $n=150$ об/хв.

Швидкість різання перераховується згідно з прийнятими обертами:

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{150 \cdot 94,05}{318} = 191,4$$

Перехід 2

Розточування отвору втулки верхньої головки шатуна.

Припуск на обробку при розточуванні визначається по формулі [17]:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – кінцевий діаметр отвору, що розточується, $D=50,113$ мм.

d – початковий діаметр отвору, що розточується, $d=50,023$ мм.

Глибина різання при такому розточуванні приймається $t=0,05$ мм. Згідно з цим весь припуск знімається за один прохід.

Величина подачі при розточуванні визначається з таблиці 11 [] по прийнятій глибині різання, вильоту різця і матеріалу, що обробляється.

$$S_{пр}=0,08 \text{ мм/об}$$

Вибираємо швидкість різання при розточуванні $V=101$ об/хв

Кількість обертів визначаємо

$$n = \frac{318V}{d} = \frac{318 \cdot 101}{50,2} = 806 \text{ об/хв}$$

Приймається найбільше по паспортними даними верстата кількість обертів $n=150$ об/хв.

Згідно з прийнятою кількістю обертів приймають швидкість різання

$$V = \frac{n \cdot d}{318} = \frac{150 \cdot 50,2}{318} = 99,5 \text{ м/хв}$$

Операція 015. Гальванічна (осталювання).

Для осталювання приймають хлористий електроліт, що складається з 400-600 г/л хлористого заліза і 0,5...20 г/л аскорбінової кислоти. Кислотність рН 0,5...1,3. Температура електроліту 20-30⁰С. Катодна густина струму 30 л/дм². Вихід по струму 85%.

Операція 020. Гальванічна (міднення).

Для одержання електролітних покриттів на основі міді використовують кислий сульфатний електроліт міднення наступного складу: CuSO_4 , $5\text{H}_2\text{O}$ —200...250 г/л; H_2SO_4 —50...70 г/л. При виборі полімерних добавок виходять із наступних міркувань:

1. Дисперсні частинки повинні мати високі антифрикційні якості;
2. Полімери повинні мати високу хімічну стійкість у розчині електроліту та добре ним змочуватись;
3. Речовини повинні випускатися промисловістю у порошкоподібному вигляді.

Згідно з цими вимогами на основі рекомендацій приведених в роботі [12] були вибрані слідуючи полімери: фенілон та полікампролід (капрон).

Порошкові матеріали завжди полідисперсні, згідно з цим, слід знижувати гранулометричний склад, який визначається по методиці оснований на пропусканні водної суспензії порошка через набір сит з роздрібним розміром отворів на приборі “Retsch” (Німеччина). Комплект сит встановлюється у ванні, що підключена до ультразвукового вібратора.

Таблиця 2.3 - Гранулометричний склад, % полімерних порошків [1]

Полімер	Фракція, мкм.						
	<5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50	>50
Фенілон	1,5	13,3	21,7	25	15	12,5	5
Капрон висаджений	4,2	20,8	40,2	23,4	5,9	4,2	1,1

Порядок приготування електроліту – суспензії наступний.

Спочатку готується розчин “чистого електроліту”, а потім в нього додають полімерний порошок. Введення полімерної добавки в електроліт слід робити невеликими порціями, перед цим змішавши в окремому емальованому або скляному посуді. При цьому досягається найкраще змочування частинок розчином і здійснюється коректування суспензії по кислотності. Отримана суспензія змивається в приготований електроліт при постійному перемішуванні. Електроліт повинен бути профільтрований, кислотність не повинна перевищувати норм.

Режими міднення:

Катодна густина струму від 10 до 12 А/дм²;

Товщина міднення – 0,05 мм;

Умови міднення – позовання;

Вихід металу по струму – 98%.

Операція 025. Свердлильна.

Перехід 1

При зенкеруванні глибина різання визначається наступним чином:

$$t = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр інструменту;

d – діаметр отвору

$$t = \frac{100 - 94}{2} = 3 \text{ мм}$$

Визначаємо величину подачі: $S=0,1$ мм/об.

Вибираємо швидкість різання при зенкеруванні $V=21$ м/хв;

$n=175$ об/хв. – число обертів.

Перехід 2

Розрахунок і вибір режимів різання проводиться аналогічно першому переходу:

Глибина різання $t=3$ мм;

Величина подачі $S=0,1$ мм/об;

Швидкість різання $V=21$ м/хв;

Число обертів $n=175$ об/хв.

Операція 030. Шліфування.

Припуск на внутрішнє шліфування визначається за формулою 18 [17]

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – кінцевий діаметр отвору, що розточується, $D=94$ мм;

d – початковий діаметр отвору, що розточується, $d=93,95$ мм

$$h = \frac{94 - 93,95}{2} = 0,025 \text{ мм}$$

Глибина шліфування при внутрішньому шліфуванні береться в межах 0,005 до 0,08.

Величина поперечної подачі визначається по таблиці 19 [17]

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,025}{0,005} = 5$$

Подовжня подача визначається по формул 31 [17]

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального круга, $B_{\text{к}}=32$ мм;

β – подовжня подача в частинах ширини круга, $\beta=0,2$

$$S_{\text{пр}}=32 \cdot 0,2=6,4 \text{ мм.}$$

Колова швидкість різання вибирається по таблиці 81 [17]

$$V=83 \text{ м/хв.}$$

Число обертів деталі визначаємо за формулою 22 [17]

$$n = \frac{318 \cdot V}{d},$$

де V – швидкість різання, $V=83$ об/хв;

d – діаметр поверхні, що обробляється, $d=93,95$ мм

$$n = \frac{318 \cdot 83}{93,95} = 299,1 \text{ об/хв}$$

Приймається $n=300$ об/хв.

Швидкість різання перераховується згідно з прийнятими обертами по формулі 23 [17]

$$V = \frac{n \cdot d}{318} = \frac{300 \cdot 93,95}{318} = 19,2 \text{ мм/хв}$$

Операція 035. Хонінгування.

Визначається довжина $l_{в.н}$ робочого ходу головки по залежності.

$$l_{в.н} = l_{отв} - \frac{L}{3},$$

де $l_{отв}$ – довжина оброблювальної поверхні, $l_{отв}=44$ мм;

L – довжина бруска, $L=33$ мм.

$$l_{в.н} = 44 - 33/3 = 33 \text{ мм.}$$

При глибині хонінгування не більше 50 мм, швидкість різання приймається в межах 5 - 8 м/хв.

Число подвійних ходів n станка визначається по формулі

$$n = \frac{V \cdot 100}{2 \cdot l_{вв}} = \frac{5 \cdot 100}{2 \cdot 33} = 75,75 \text{ подв.х/хв}$$

Зворотно-поступальна швидкість різання визначається

$$V = \frac{n \cdot 2 \cdot l_{вв}}{1000} = \frac{16 \cdot 2 \cdot 33}{1000} = 5,016 \text{ м/хв}$$

Колова швидкість різання визначається по залежності

$$V_o = (2 \div 4) V_{вн} = 4 \cdot 5,016 = 20,064 \text{ м/хв}$$

Число обертів визначається по формулі

$$n_0 = \frac{1000 \cdot V_0}{\pi \cdot D_{\text{отв}}} = \frac{1000 \cdot 20,064}{3,14 \cdot 94} = 16,06 \text{ об/хв}$$

Колову швидкість різання перераховуємо згідно з прийнятими обертами

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_{\text{отв}} \cdot n_0}{1000} = \frac{3,14 \cdot 94 \cdot 90}{1000} = 23,74 \text{ м/хв}$$

При чистовому хонінгуванні питомий тиск брусків на величину подачі вибирається з таблиці 98 [17]. При питомому тиску $P_{\text{пит}} = 2-3 \text{ кг/см}^2$, подача становить $S_p = 0,5 \text{ мкм/подв. ход}$. Припуск на хонінгування $h = 0,01 \text{ мм}$. Число подвійних ходів : $I = h/S_p = 0,01/0,0005 = 20 \text{ подв. ходів}$.

Операція 040. Віброзкочування.

Обираємо наступні режими вібророзкочування:

Число обертів розкатника 235 об/хв;

Число проходів 1;

Подача 0,4 мм/об;

Натяг 10 мкм;

Діаметр кулі 6 мм;

Кількість кульок 4 шт;

Число подвійних ходів 16.

Операція 045. Слюсарна.

Відкручування і закручування гайок кріплення шатунів проводиться вручну за допомогою гайкового ключа.

2.8. Нормування часу виконання технологічних операцій

Операція 005. Слюсарна.

Перехід 1

Розрахований час на операцію визначається по формулі:

$$T_p = T_t \cdot K_y,$$

де T_t – табличний час прийому;

$T_T = 0,6$ хв, відкручується дві гайки, тому

$$T_T = 0,6 \times 2 = 1,2 \text{ хв};$$

K_y – коефіцієнт враховуючий відхилення від нормальних умов роботи

$$T_p = T_T \cdot K_y = 1,2 \cdot 1,5 = 1,8 \text{ хв.}$$

Норма часу на операцію

$$T_{\text{шкр}} = T_T \cdot K_p,$$

де $T_p = 2,5$ хв – час виконання прийомів розбирання;

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховує затрати часу, не передбачені таблицями нормативів, $K_p = 1,25$

$$T_{\text{шкр}} = 2,5 \cdot 1,25 = 3,12 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Розрахунковий час на операцію визначається по формулі:

$$T_p = T_T \cdot K_y,$$

де T_T – табличний час прийома, що виконується;

$$T_T = 0,88 \text{ хв.};$$

$T_T = 0,9 \cdot 2 = 1,8$ хв – час на закручування двох гайок;

K_y – коефіцієнт, що враховує відхилення від нормальних умов роботи,

$$K_y = 1,5$$

$$T_p = 1,8 \cdot 1,5 = 2,7 \text{ хв.}$$

Норма часу на операцію визначається $T_{\text{шкс}} = 2,7 \cdot 1,25 = 3,37$ хв.

Норма часу на виконання операції

$$T_H = T_{\text{шкр}} + T_{\text{шкс}} = 3,12 + 3,37 = 6,49 \text{ хв.}$$

Операція 010. Розточна

Перехід 1

Основний час визначається по формулі :

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S},$$

де L – розрахункова довжина оброблювальної поверхні, $L = l + y$;

$l = 44$ – довжина поверхні, що обробляється; y – величина різання і перебігу інструмента, $y = 4$ мм;

$$L = 44 + 4 = 48 \text{ мм};$$

$i = 1$ – число проходів;

$n = 750$ об/хв – число обертів;

$S = 0,08$ мм/об – величина подачі інструмента

$$T_o = \frac{48 \cdot 1}{750 \cdot 0,08} = 0,8 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається з часу на установку і зняття деталі і часу пов'язаного з проходом.

Допоміжний час на установку і зняття деталі $T_{в1} = 2,5$ хв.

Допоміжний час операції пов'язаний з проходом $T_{в2} = 0,7$ хв;

$$T_{в} = T_{в1} + 2T_{в2} = 2,5 + 2 \cdot 0,7 = 3,9 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Основний час визначається по формулі $T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}$,

де L – розрахункова довжина оброблювальної поверхні, $L = l + y$;

$y = 4$ мм – величина врізання і перегріву:

$$L = 42 + 4 = 46 \text{ мм}$$

$i = 1$ – число проходів;

$n = 750$ об/хв – число обертів;

$S = 0,08$ мм/об – величина подачі інструмента

$$T_{o2} = \frac{46 \cdot 1}{750 \cdot 0,08} = 0,77 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції $T_{доп} = \frac{T_{оп} \cdot K}{100}$,

де $T_{оп} = T_o + T_{в1}$ – оперативний час операції;

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 0,8 + 0,77 = 1,57 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = 1,57 + 3,9 = 5,47 \text{ хв.};$$

K – процентне відношення додаткового часу до оперативного; $K = 8$

$$T_{\text{дод}} = \frac{5,47 \cdot 8}{100} = 0,44 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час операції, $T_{\text{п.з}} = 11 \text{ хв.}$

Норма часу визначається: $T_{\text{н}} = T_{\text{о}} + T_{\text{в}} + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n}$,

де $n_{\text{шт}}$ – кількість деталей в партії;

$$n_{\text{шт}} = N/52 = 8000/52 = 154 \text{ шт.}$$

$$T_{\text{н}} = 1,57 + 3,9 + 0,44 + \frac{11}{154} = 5,97 \text{ хв.}$$

Операція 015 Гальванічна (осталювання)

Основний час операції визначається: $T_{\text{о}} = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{D_{\text{к}} \cdot C \cdot \eta}$,

де $h = 0,1 \text{ мм}$ – товщина шару покриття;

$\eta = 7,8 \text{ г/см}^3$ – густина металу, що осаджується;

$D_{\text{к}} = 30 \text{ А/дм}^2$ – катодна густина струму;

$C = 0,32 \text{ г/А} \cdot \text{год}$ – електрохімічний еквівалент;

$\eta = 85\%$ - вихід метала по струму

$$T_{\text{о}} = \frac{0,1 \cdot 7,8 \cdot 1000 \cdot 60}{30 \cdot 0,32 \cdot 85} = 57,35 \text{ хв.}$$

Норма часу гальванічної операції:

$$T_{\text{н}} = \frac{T_{\text{о}} + T_{\text{вн}} + T_{\text{неп}} \cdot 1,12}{n \cdot K_{\text{и}}},$$

де $T_{\text{о}} = 57,35 \text{ хв}$ – основний час операції;

$T_{\text{вн}}$ – неперикриваємий час завантаження і вивантаження деталей,

$T_{\text{вн}} = 0,48 \text{ хв};$

$T_{\text{неп.оп}}$ – неперикриваючий оперативний час на всі операції, що слідують після покриття деталей, $T_{\text{неп.оп}} = 4,33 \text{ хв};$

1,12 – коефіцієнт, що враховує підготовчо-заклучний і додатковий час;

$n = 16 \text{ шт}$ – число деталей, що завантажують у ванну одночасно;

$K_{\text{и}}$ – коефіцієнт використання обладнання, $K_{\text{и}} = 0,8$

$$T_H = \frac{57,35 + 0,48 + 4,33 \cdot 1,12}{16 \cdot 0,8} = 4,9 \text{ хв.}$$

Операція 020. Гальванічна (мідніння)

$$\text{Основний час операції: } T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{D_k \cdot C \cdot \eta},$$

де $h=0,05$ мм-товщина шару покриття;

$\gamma= 8.93 \text{ г/см}^3$ – густина осаджуючого металу;

$D_k = 10 \text{ А/дм}^2$ –катодна густина струму;

$C= 1.095 \text{ г/а*год}$ – електрохімічний еквівалент;

$\eta= 98\%$ - вихід метала по струму

$$T_o = \frac{0,05 \cdot 8,93 \cdot 1000 \cdot 60}{10 \cdot 1,095 \cdot 98} = 24,29 \text{ хв.}$$

$$\text{Норма часу гальванічної операції: } T_H = \frac{T_o + T_{BH} + T_{неп.оп} \cdot 1,12}{n \cdot K_u},$$

де $T_o=24,97$ – основний час операції;

T_{BH} - допоміжний час на завантаження і розвантаження деталей,

$$T_{BH}=0,48 \text{ хв.}$$

$T_{неп.оп.}$ - оперативний час на всі операції після покриття деталей, $T_{неп.оп}=3,14 \text{ хв}$;

1,12 - коефіцієнт, що враховує підготовчо-заключний і додатковий час;

$n_{шт}=16 \text{ шт}$ - число деталей;

K_u - коефіцієнт використання обладнання, $K_u =0,75$

$$T_H = \frac{24,97 + 0,48 + 3,14 \cdot 1,12}{16 \cdot 0,75} = 4,83 \text{ хв.}$$

Операція 025. Свердлильна

Перехід 1

$$\text{Основний час переходу } T_o = \frac{L}{n \cdot S},$$

де $L=l+y$ - глибина обробки;

$$L=3+9=12 \text{ мм};$$

$n=175 \text{ об/хв.}$ - число обертів;

$S=0,1\text{мм/об}$ - величина подачі

$$T_{O_1} = \frac{12}{175 \cdot 0.1} = 0.68 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Основний час визначається аналогічно

$$T_{O_2}=0,68\text{хв.}$$

Допоміжний час, що пов'язаний з проходом: $T_{B_1}=0,1 \cdot 2=0,2 \text{ мм}$

Допоміжний час на установку і зняття деталі $T_{B_2} = 1\text{хв}$;

$$T_B=T_{B_1}+T_{B_2} = 0,2+1=1,2 \text{ хв}$$

$$\text{Додатковий час } T_{\text{дод}}=\frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100},$$

де $T_{\text{оп}}=T_O+T_B=1,36+1,2=2,56\text{хв}$ – оперативний час операції

$$T_O=T_{O_1}+T_{O_2}=0,68+0,68=1,36 \text{ хв.}$$

K - граничне відношення додаткового часу до оперативного, $K=6\%$

$$T_{\text{дод}}=\frac{2,56 \cdot 6}{100} = 0,15 \text{ хв.}$$

$$\text{Підготовчо-заклучний час } T_H = T_O + T_B + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n},$$

де $n_{\text{шт}}=154\text{шт}$ - кількість деталей в партії

$$T_H = 1,36 + 1,2 + 0,15 + \frac{12}{154} = 2,80 \text{ хв.}$$

Операція 030. Шліфувальна.

$$\text{Основний час операції: } T_O = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{пр}}} \cdot K_3,$$

де L - розрахункова довжина поверхні, що обробляється, $L=l+y$;

$l = 44\text{мм}$ – довжина поверхні, що обробляється, $y = 37\text{мм}$ – величина врізання і перебігу інструмента при виході шліфувального круга в обидві сторони:

$$L=44+37=81\text{мм};$$

$i = 5$ – число проходів;

$S_{\text{пр}}=6,4 \text{ мм/об}$ – подача подовжня;

$n = 300 \text{ об/хв}$ – число обертів;

K_3 – коефіцієнт запасних ходів, приймається в межах від 1,2 до 1,7, $K_3=1,3$

$$T_o = \frac{81 \cdot 5}{300 \cdot 6,4} \cdot 1,3 = 0,27 \text{ хв.}$$

Допоміжний час операції складається з часу на установку і зняття деталі,
 $T_{B2}=1,2$ хв.

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} = 2,0 + 1,2 = 3,2 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції: $T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100},$

де $T_{\text{оп}} = T_o + T_B = 0,27 + 3,2 = 3,47$ хв – оперативний час операції;

K – процентне відношення додаткового часу до оперативного, $K=9\%$

$$T_{\text{дод}} = \frac{3,47 \cdot 9}{100} = 0,31 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час операції, $T_{пз} = 15$ хв.

Норма часу шліфувальної операції:

$$T_H = T_o + T_B + T_{\text{дод}} + \frac{T_{пз}}{n} = 0,27 + 3,2 + 0,31 + \frac{15}{154} = 3,87 \text{ хв.}$$

Операція 035. Хонінгувальна

Основний час операції визначається по формулі

$$T_o = T_{\text{под.х}} \cdot i_{\text{под.х}},$$

де $i_{\text{под.х}} = 76$ под.ход. – число подвійних ходів;

$T_{\text{под.х}}$ - час подвійного ходу

$$T_{\text{под.х}} = \frac{2 \cdot 44}{1000 \cdot 5} = 0,017 \text{ хв.}$$

$$T_o = 76 \cdot 0,017 = 1,3 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на установку і зняття деталей, $T_{B1} = 1,0$ хв.

Допоміжний час пов'язаний з проходом, $T_{B2}=0,15$ хв.

$$T_B = T_{B1} + T_{B2} = 1,0 + 0,15 = 1,15 \text{ хв}$$

Додатковий час: $T_{\text{дод}} = \frac{2,45 \cdot 9}{100} = 0,22 \text{ хв.}$

Підготовчо–заклучний час операції, $T_{пз}=10$ хв.

Норма часу хонінгувальної операції

$$T_H = T_O + T_B + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,3 + 1,15 + 0,22 + \frac{10}{154} = 2,73 \text{ хв.}$$

Операція 040. Вібророзкочування

Перехід 1

Основний час визначається: $T_O = T_{\text{под.х}} \cdot i_{\text{под.х}}$,

де $i_{\text{под.х}} = 76$ под.х – число подвійних ходів;

$T_{\text{под.х}}$ – час подвійного ходу

$$T_{\text{под.х}} = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot V},$$

де $L = L_1 + y_1 + y_2$ – довжина поверхні, що обробляється;

$V = 5 \text{ м/хв}$ – швидкість розкочування;

$y_1 = 3 \text{ мм}$ – величина врізання інструмента;

$y_2 = 5 \text{ мм}$ – величина перебігу інструмента;

$L_1 = 42 \text{ мм}$ – довжина поверхні, що обробляється.

$$L = 42 + 3 + 5 = 50 \text{ мм}$$

$$T_{\text{под.х}} = \frac{2 \cdot 50}{1000 \cdot 5} = 0,02 \text{ хв.}$$

$$T_O = 76 \cdot 0,02 = 1,52 \text{ хв.}$$

Перехід 2

Основний час визначається: $T_O = \frac{L_2}{1000 \cdot V},$

де $L_2 = L_1 + y_3$ – розрахункова довжина обробки;

$y_3 = 10 \text{ мм}$ – довжина поверхні протяжки

$$L_2 = 42 + 10 = 52 \text{ мм}$$

$$T_O = \frac{52}{1000 \cdot 5} = 0,01 \text{ хв.}$$

Допоміжний час складається з часу на встановлення і зняття деталі, і часу пов'язаного з проходом.

Допоміжний час на встановлення і зняття деталі, $T_{B1} = 1,0 \text{ хв.}$

Допоміжний час пов'язаний з проходом, $T_{B2} = 0,15 \text{ хв.}$

$$T_v = T_{v1} + 2T_{v2} = 1,0 + 2 \cdot 0,15 = 1,3 \text{ хв.}$$

Додатковий час операції визначається: $T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100}$,

де $T_{\text{оп}} = T_o + T_v = 1,53 + 1,3 = 2,83 \text{ хв}$ - оперативний час операції;

K – процентне відношення додаткового часу до оперативного, $K=8\%$

$$T_{\text{дод}} = \frac{2,83 \cdot 8}{100} = 0,23 \text{ хв.}$$

Обираємо підготовчо-заклучний час, $T_{\text{пз}}=10\text{хв.}$

Норма часу

$$T_n = T_o + T_v + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 1,53 + 1,3 + 0,23 + \frac{10}{154} = 3,12 \text{ хв.}$$

Операція 045. Слюсарна.

Нормування часу операції проводиться аналогічно операції 005.

Норма часу на операцію: $T_n=6,49\text{хв.}$

3. ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Особливості виконання робіт на гальванічній дільниці

Виконання робіт на гальванічній дільниці залежить від послідовності технологічних операцій, що впливає на економічність і скорочення часу ремонтного циклу, можливість відновлення деталі згідно з технічними вимогами.

Правильна організація їх виконання забезпечує належне та повне використання технічних можливостей ремонтпридатних деталей, застосування технологічного обладнання та інструментів, а також дозволяє скоротити час, необхідний для відновлення.

На дільниці виконують весь комплекс робіт з нанесення хімічних та електрохімічних покриттів, а також антикорозійного та захисно-декоративного оброблення деталей.

У відповідності до розробленого технології нанесення покриттів на внутрішні поверхні на розглянуті дільниці виконуються наступні операції:

1 Знежирення (хімічне) для видалення жирових плівок у лужних розчинах такого складу: каустична сода $20...30 \text{ кг/м}^3$, кальцинована сода $20...30 \text{ кг/м}^3$, фосфат натрію $50...60 \text{ кг/м}^3$, рідке скло $5...10 \text{ кг/м}^3$, температура розчину $343...363 \text{ K}$.

2 Травлення (хімічне) для видалення оксидних плівок у 20%-му розчині сірчаної кислоти; температура розчину $298...313 \text{ K}$.

3 Монтаж шатунів на установці (послідовність монтажу описана нижче).

4. Проточне нанесення КЕП – для розмірного нарощування металу на зношену поверхню. Під час відновлення втулок шатунів застосовували електроліт міднення такого складу: мідь сірчаної кислоти $200...250 \text{ кг/м}^3$, ...кислота сірчана $50...70 \text{ кг/м}^3$, температура електроліту $293...303 \text{ K}$, щільність струму 1 кА/м^2 .

5. Нейтралізація – для видалення кислотних залишків у 10%-му розчині їдкого натрію.

3.2. Визначення трудомісткості робіт на гальванічній дільниці

Визначаємо трудомісткість робіт при відновленні одного об'єкту

$$T_{\text{н}}' = T_{\text{в}} \cdot k_1 = 251,73 \cdot 0,027 = 7,8 \text{ люд} \cdot \text{год.},$$

де $T_{\text{в}}$ – трудомісткість відновлення одного об'єкту;

k_1 – коефіцієнт, який враховує відсоткове відношення виду робіт до трудомісткості.

Визначаємо річну трудомісткість робіт на гальванічній дільниці

$$T_{\text{н}} = T_{\text{н}}' \cdot N \cdot k_2 = 7,8 \cdot 800 \cdot 1,1 = 6864 \text{ люд} \cdot \text{год.},$$

де N – річна програма, $N = 800$ шт.;

k_2 – коефіцієнт, що враховує потреби допоміжного виробництва.

3.3. Розрахунок показників режимів роботи підприємства

Розрахунок режимів роботи підприємств виконуємо за відомою методикою [18]. У відповідності до розрахунків маємо.

Календарний річний фонд часу розраховується як добуток кількості днів у році на тривалість доби:

$$\Phi_{\text{к}} = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний річний фонд часу:

$$\Phi_{\text{н}} = D_{\text{р}} \cdot t_{\text{с}} - D_{\text{п}} \cdot (t_{\text{с}} - t_1),$$

«де $D_{\text{р}}$ – кількість робочих днів в році;

$t_{\text{с}}$ – тривалість зміни, год.;

$D_{\text{п}}$ – кількість передсвяткових днів в році; перед якими тривалість зміни скорочується на 1 год.;

t_1 – тривалість зміни в передсвяткові дні, год» [18].

$$\Phi_{\text{н}} = 260 \cdot 8,0 - 7 \cdot (8,0 - 7,0) = 2073 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу роботи робітників розраховується за формулою:

$$\Phi_o = [\Phi_H - (d_o + d_y + d_d + d_z + d_n) \cdot t_c],$$

«де d_o – кількість відпускних днів в періоді, що планується;

d_y – кількість відпускних днів робітниками – учнями у вечірніх та заочних закладах;

d_d – кількість днів декретної відпустки, що дорівнює 1,3...1,6 % від числа робочих днів у році;

d_z – кількість днів не виходу на роботу в зв'язку з виконанням державних і суспільних доручень, що дорівнює приблизно 0,15...0,30 % від числа робочих днів в році;

d_n – кількість днів інших невиходів на роботу (приблизно 0,5% від числа робочих днів в році;

t_c – тривалість зміни, год.» [18].

$$\Phi_o^{24} = [2073 - (24 + 30 + 4 + 1 + 1) \cdot 8,0] = 1593 \text{ год.}$$

Річний номінальний фонд обладнання визначається за формулою:

$$\Phi_{o.n.} = \Phi_H \cdot c,$$

де c – кількість змін роботи.

$$\Phi_{o.n.} = 2073 \text{ год.}$$

Дійсний фонд обладнання:

$$\Phi_{o.d.} = \Phi_H \cdot c \cdot \eta,$$

де η – коефіцієнт використання обладнання за часо, $\eta = 0,97 \div 0,98$.

$$\Phi_{o.d.} = \Phi_H \cdot c \cdot \eta = 2073 \cdot 1 \cdot 0,97 = 2010 \text{ год.}$$

3.4. Визначення робочої сили

Розрахунок явочної та облікової кількості виробничих робітників виконуємо за відомою методикою [18]:

$$P_y = \frac{T}{\Phi_n \cdot K};$$

$$P_c = \frac{T}{\Phi_o \cdot k}$$

«де Т – трудомісткість робіт, люд·год;

Φ_n – номінальний фонд часу робочого, $\Phi_n = 2073$ год;

Φ_d – дійсний фонд часу робочого, $\Phi_d = 1593$ год;

к – коефіцієнт перевиконання норм виробітку ($k=1,05-1,15$)» [18].

Явочна кількість робітників на гальванічній дільниці

$$P_{я.с.} = \frac{6894}{2073 \cdot 1,1} = 3,1$$

Приймаємо $P_{я.с.} = 3$ людини.

Розрахункова кількість

$$P_{с.с.} = \frac{6894}{1593 \cdot 1,1} = 3,9$$

Приймаємо, $P_{с.с.} = 4$ людини.

Допоміжна кількість розраховується за формулою

$$P_{всп} = 0,15 \cdot 3 = 0,45 \text{ люд.}$$

Приймаємо, $P_{всп.} = 1$ людину.

Усього на гальванічній дільниці працюють

$$P = P_{гол} + P_{всп} = 3 + 1 = 4 \text{ чоловік}$$

3.5. Вибір технологічного обладнання для виконання робіт на гальванічній дільниці

Перелік обладнання для гальванічній дільниці обираємо за каталогом технологічного обладнання у відповідності до виконання робіт.

Кількість технологічного обладнання узгоджуємо з об'ємом виконання робіт.

Це дозволило прийняти наступний перелік обладнання для проектованої дільниці (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 - Відомість технологічного обладнання гальванічної дільниці

Найменування обладнання	Кількість, шт.	Марка, тип	Габаритні розміри, мм	Площа, м ²		Потужність, кВт
				Одиниці	Всього	
1. Стіл для навішування деталей	2	2299	1200 × 800	0,96	1,92	
2. Ванна для вливання електроліту	2	2327	680 × 580	0,39	0,78	
3. Ванна для залізнення	2	2263	1750 × 1280	2,24	4,48	
4. Ванна для віденського вапна	2	2260	1220 × 600	0,73	1,46	
5. Ванна для гарячої води	2	2259	1020 × 690	0,71	1,42	
6. Ванна для холодної води	2	2258	1100 × 700	0,77	1,54	
7. Ванна для опилків	2	2261	1280 × 860	1,11	2,22	
8. Стелаж секційний	4	2247	1400 × 450	0,63	2,52	
9. Шафа для хімікатів	2	-	1200 × 600	0,72	1,44	
10. Установка для обезводнювання	3	ЛІ-8005	1060 × 900	0,95	2,85	12
11. Ванна для цинкування	2	2339	1000 × 925	0,93	1,86	
12. Ванна для кислого міднення	2	ЛІ-7011	1650 × 800	1,32	2,64	
13. Ванна для електролітичного декапіювання	2	ЛІ-7010	1650 × 950	1,57	3,14	
14. Ванна для електролітичного знежирювання	2	ЛІ-7004	1600 × 900	1,44	2,88	
Всього					31,15	12

3.6. Визначення площі гальванічної ділянки

У практики проектування ремонтних підприємств відомі наступні способи розрахунків площ ділянок [19]:

«шляхом розстановки обладнання з урахуванням переходів між ними, відстаней від стін, колон, проїздів у відповідності з встановленими нормами техніки безпеки (метод моделювання).

- за площами, зайнятими обладнанням, включаючи площу, зайнятими машинами і агрегатами, які знаходяться в ремонті:

$$F = f_o \cdot k_s,$$

де f_o – площа, яку займає все обладнання, об'єкти ремонту, m^2 ;

k_s – коефіцієнт робочої зони.

- за питомими площами, які припадають на одного виробничого робітника

$$F = f_p \cdot m,$$

де f_p – питома площа на одного виробничого робітника, m^2 ;

m – кількість робітників цеху в найбільш численній зміні.

- за граничними площами, які припадають на одне робоче місце».

За другим методом, площа ділянки дорівнює:

$$F = 31,15 \cdot 4,0 = 124,6 \text{ м}^2$$

Розрахункову площу коректуємо з врахуванням правил розташування обладнання та остаточно приймаємо 144 м^2 . Також приймаємо наступні габарити ділянки: 18000×8000 .

3.7. Розрахунок та вибір вентиляції

Розрахунок вентиляції виконуємо з урахуванням рекомендацій, викладених в роботі [18], згідно з якими передбачені наступна послідовність.

Визначення величини повітряобміну

$$L_g = V_n \cdot \kappa;$$

де V_n – об'єм приміщення, м^3 ;

k – значення годинної кратності повітря.

$$L_g = 864 \cdot 3 = 2592 \text{ м}^3/\text{год}$$

За цим значенням обираємо характеристики вентилятора (вентилятор типу ЦАТИ серії МЦН4: $L_b=3000 \text{ м}^3/\text{год}$, $H_b=8,8 \text{ кг/м}^2$, $\eta_b=0,68$, $n=1500 \text{ об/хв.}$).

Потужність електродвигуна вентилятора

$$N_e = (1,2 \div 1,5) \frac{L_b \cdot H_n}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_b \cdot \eta_n} \text{ кВт},$$

де H_n – напір повітряного потоку, кг/м^2 ;

η_b – ККД вентилятора;

η_n – ККД передачі;

$1,2 \div 1,5$ – коефіцієнт, який враховує недостатні втрати напору повітряного потоку.

$$N_e = 1,5 \frac{3000 \cdot 8,8}{3600 \cdot 102 \cdot 0,68 \cdot 0,98} = 0,25 \text{ кВт}$$

3.8. Розрахунок природного та штучного освітлення

У відповідності до методики розрахунку [18], визначаємо природне освітлення за формулою

$$\sum S_{\text{с}} = S_n \frac{l_{\text{ср}} \cdot \eta_{\text{ф}}}{100 \cdot \tau_0 \cdot \tau_{\text{с}}},$$

«де S_n – площа підлоги освітлення, м^2 ;

$l_{\text{ср}}$ – нормальне середнє значення при верхньому освітленні;

$\eta_{\text{ф}}$ – світлова характеристика ліхтаря;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопропускання;

$\tau_{\text{с}}$ – коефіцієнт, який враховує вплив відображеного світла при верхньому освітленні» [18]

$$\sum S_{\text{с}} = 144 \frac{5 \cdot 3,5}{100 \cdot 0,35 \cdot 1,3} = 55,4 \text{ м}^2$$

При цьому коефіцієнт природного освітлення

$$I_{cp} = \frac{55,4 \cdot 100 \cdot 0,35 \cdot 1,3}{144 \cdot 3,5} = 5,001$$

А значить, $I_{cp}=5$.

Визначаємо потужність ламп на на 1 м² ділянки:

$$W_1 = 10 \frac{E}{E^I} \text{ Вт/м}^2,$$

«де W_1 – потужність ламп для освітлення 1 м² площі ділянки, Вт;

E – нормоване освітленість для даного розряду робіт, лк;

E^I – середня освітленість однієї лампи, лк» [18]

$$W_1 = 10 \frac{50}{31} = 19,6 \text{ Вт/м}^2$$

Загальна потужність лампи для освітлення ділянки:

$$W = W_1 \cdot F = 19,6 \cdot 144 = 2822 \text{ Вт}$$

Розраховуємо кількість ламп для освітлення ділянки

$$n = \frac{W}{P} = \frac{2822}{200} = 14,1 \text{ ламп}$$

Таким чином, для розрахованої ділянки приймаємо 14 ламп.

3.9. Розрахунок електроенергії, пари, палива, витрат води

Активну потужність розраховуємо за формулою

$$P_a = \kappa_n \cdot \sum P_{уст} = 0,8 \cdot 12 = 9,6 \text{ кВт}$$

де κ_n – коефіцієнт попиту, $\kappa_n=0,8$;

$\sum P_{уст}$ - встановлена сумарна потужність групи електроприймачів

Річна потреба у освітлювальній електроенергії визначаємо за формулою:

$$W_r = P_a \cdot \Phi_{од} = 9,6 \cdot 2010 = 19296 \text{ кВт год}$$

де $\Phi_{од}$ – дійсний фонд часу обладнання.

Річні потреби пари і палива визначаємо наступним чином:

$$Q_{\Pi} = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{i \cdot 1000} = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 864}{540 \cdot 1000} = 138,2 \text{ т}$$

$$Q_r = \frac{q_m \cdot H \cdot V}{k \cdot 1000 \cdot \eta_K} = \frac{20 \cdot 4320 \cdot 864}{7000 \cdot 1000 \cdot 0,75} = 14,2 \text{ т}$$

«де q_m – витрати палива на 1 м³ будівлі;

H – кількість годин в опалювальному періоді;

V – об'єм приміщень підприємства;

i – теплота випарювання;

k – теплотворна здатність палива;

η_K – коефіцієнт корисної дії установки» [18].

Витрати води на побутові потреби рекомендовано визначатися за формулою:

$$Q = n \cdot D_p \cdot c \cdot q = 4 \cdot 260 \cdot 1 \cdot 25 = 26000 \text{ л,}$$

«де n – кількість робочих в одну зміну;

D_p – кількість робочих днів у році;

c – кількість змін;

q – норма витрат води».

3.10. Техніка безпеки та охорона праці при виконанні робіт на гальванічній дільниці

Гальванічна дільниця належить до категорії особливо шкідливих виробництв, оскільки в них у великій кількості виділяються пари кислот і лугів, кварцовий і волокнистий пил та інші шкідливі для людини речовини. У зв'язку з цим на гальванічній дільниці має бути обладнано потужну припливно-витяжну вентиляцію з 8... 10-кратним обміном повітря. Крім того, необхідно передбачити місцеві відсмоктувачі біля ванн і шліфувально-полірувальних верстатів.

Місцеві відсмоктувачі біля ванн влаштовуються з одностороннім і двостороннім бортовим відсмоктуванням. Односторонній відсмоктування

проводиться по всій довжині одного борту ванни і рекомендується при ширині ванн до 500 мм.

У приміщенні дільниці влаштовують загальнообмінну вентиляцію з 2...3 - кратним обміном повітря на годину. Під час розроблення планувального рішення дільниці джерела струму не слід віддаляти на відстань понад 10 м від ванн для економії кольорового металу, з якого виготовляють шини.

Підлогу гальванічної дільниці покривають керамічною плиткою на кислотоулучетливій мастиці з гідроізоляцією; при цьому передбачають загальний ухил 2% у бік стічних трапів.

Стіни на висоту 2,0 м покривають світлою глазурованою або пластмасовою плиткою, а верхню частину фарбують олійною фарбою світлого тону.

Приміщення гальванічної дільниці має бути відгороджене від решти виробничих приміщень газонепроникними стінами або перегородками, доведеними до перекриття будівлі.

Один із чинників, які забезпечують безпеку праці, полягає у здійсненні робіт відповідно до технологічної послідовності окремих операцій (підготовка поверхні, нанесення гальванічних покриттів), а також у централізації приготування електроліту. Невиконання цих вимог призводить до погіршення умов праці на робочих місцях.

Під час проектування або реконструкції гальванічної дільниці рекомендується впроваджувати автоматизацію і механізацію процесів. Автоматичні лінії гальванопокриттів широко застосовуються на сучасних машинобудівних заводах. Монтажні майданчики і пульти оператора автоматичних ліній з програмним керуванням мають бути віддалені від ванн на певну відстань, щоб унеможливити вплив на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Широко впроваджується автоматичний контроль за режимом роботи ванн (щільність струму, температурою тощо) з виведенням усіх показників на центральний пулт. У разі неможливості автоматизації процесу необхідно здійснювати комплексну механізацію окремих

операцій підготовки, транспортування і фінішного оброблення, включно із завантаженням і вивантаженням підвісок і виробів у ванни.

Застосування ручних робіт допустиме тільки в тому випадку, якщо в технологічному процесі відсутні речовини 1-го і 2-го класів небезпеки, і працівники використовують засоби колективного та індивідуального захисту.

Розташування обладнання на гальванічній дільниці має забезпечувати зручність і безпеку його обслуговування та ремонту.

Автоматизація дає змогу істотно знизити витрати на хімікати і водночас поліпшити виробниче середовище.

Гальванічні ванни, що використовують електроліти 1-го класу небезпеки, мають бути оснащені автоматичними газоаналізаторами повітря робочої зони з безперервним контролем. У практиці гальванопокриттів є можливість замінити токсичні електроліти менш токсичними або нетоксичними, а також замінити шкідливі операції менш шкідливими. Рішення про необхідність такої заміни електролітів або операцій приймають технологи, які можуть створити необхідні умови праці під час вибору оптимального технологічного процесу.

Основні аспекти техніки безпеки та охорони праці при виконанні робіт на гальванічній дільниці полягають в наступному:

- всі працівники, які займаються роботами на гальванічній дільниці, повинні мати достатні знання про процес гальванічного покриття, безпечні методи роботи, процедури аварійного випадку та використання захисного обладнання. Навчання повинно проводитися регулярно, а новим працівникам слід забезпечити належне введення в роботу;

- робота на гальванічній дільниці вимагає використання відповідного особистого захисту. Це включає захисні окуляри, рукавиці, фартухи, маски для обличчя, відповідну робочу одяг та взуття. Особистий захист має захищати від контакту з хімічними речовинами, розбризкуванням та можливими електричними ударами;

- особливо важливо дотримуватись правил електричної безпеки. Це включає правильне заземлення обладнання, використання захисних пристроїв, уникання контакту з електричними джерелами.

Висновки

У представленій кваліфікаційній атестаційній роботі розроблено технологічний процес відновлення та зміцнення бронзових втулок, які знайшли широкого використання у сучасній техніці.

У загальному розділі представлена коротка характеристика бази практики – підприємства ПП «Ковальов Авто». Обґрунтовано тема кваліфікаційної атестаційної роботи.

У технологічному розділі на прикладі шатунних втулок верхньої головки шатуна розроблено технологічний процес відновлення та зміцнення внутрішньої робочої поверхні. В якості методу відновлення поверхні обрано нанесення композиційних електролітичних покриттів на основі міді. Для зміцнення відновленої поверхні розглянуто використання операції вібраційного розкочування.

У організаційному розділі представлено розрахунок гальванічної дільниці, які вміщують визначення трудомісткості робіт на дільниці, режимів роботи на підприємстві, кількості робочої сили та числа технологічне обладнання. Розглянуто основні аспекти техніки безпеки та охорони праці при виконанні робіт на гальванічній дільниці.

Література

1. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие/ М.И.Черновол. – К.: УМК ВО, 1989. – 259 с.
2. Кропівний В.М. Перспективи використання дифузійної металізації для відновлення бронзових втулок/ В.М. Кропівний, І.В. Шепеленко// Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету, Кіровоград, 2005. – С.196 – 198.
3. Стецько А. Є. Технологічне забезпечення ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей: монографія. – Львів: Видавнича компанія «АРС», 2013. – 240 с.
4. <https://agrodnepr.in.ua/ua/p87399293-vtulka-latunnaya-verhnej.html>
5. Прикладне матеріалознавство : підручник / О.В.Сушко, Е.К.Посвятенко, С.І.Лодяков та ін. – Мелітополь: ТОВ «Forward press», 2019. – 352 с.
6. Кропивный В.Н. Анализ износного состояния втулок верхней головки шатуна двигателя СМД-62/ В.Н. Кропивный, И.В. Шепеленко и др.// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, Кіровоград, 2004. – С.204-210
7. Кропивный В.Н. Повышение качества поверхностей трения после виброраскатывания и деформирующего протягивания/ В.Н. Кропивный, И.В. Шепеленко // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету/ Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КДТУ. - 2003. – Вип. 12. – С.194-201.
8. Харламов Ю.А. Основы технологии восстановления и упрочнения деталей машин/ Ю.А. Харламов, Н.А. Будагьянц. – Луганск: изд-во Восточно-укр. национ. ун-та им.В.Даля, 2003. – 480 с.
9. Ющенко К.А. Інженерія поверхні/ К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: Наукова думка, 2007. – 558 с.
10. Рыжов Э.В. Технологические методы повышения износостойкости деталей машин/ Э.В. Рыжов. – Киев: Наукова думка, 1984. – 272 с.

11. Рыжов Э.В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Э.В. Рыжов, С.А. Клименко, О.Г. Гуцаленко. – К.: Наукова думка, 1994. – 181 с.

12. Солових А.Е. Відновлення бронзових втулок сільськогосподарської техніки нанесенням антифрикційних електролітичних покриттів на основі міді проточним способом: Автореф....канд.техн.наук: 05.05.11/ – Кіровоград, 1999. – 16 с.

13. Черновол М.И. Комбинированные металлополимерные материалы и покрытия. – К.: Техніка, 1983. – 169 с.

14. Черновол М.И. Упрочнение и восстановление деталей машин композиционными покрытиями. – К.: Вища школа, 1992.

15. Черновол, М.И. Повышение надежности машин методами наплавки и напыления. / Зб. наук. праць. – Харків: НТУХПУ, 2002. – Вип.1. – С. 432-436.

16. Черновол, М.И. Повышение износостойкости деталей сельскохозяйственной техники электроконтактной обработкой стальных газотермических покрытий. / М.И. Черновол, Т.В. Ворона, В.И. Жорник, М.А. Белоцерковский // Материалы III международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в машиностроении» (ИннТехМаш-15) 28–29 октября 2015 года, Полоцкий государственный университет (ПГУ), Новополоцк, 2015. – С. 211-214.

17. Дідик Р.П. Розрахункові операції режимів механічної обробки матеріалів: точіння, свердління, зенкерування, розгортання: навч. посіб. / Р.П. Дідик, В.В. Зіль, С.Т. Пацера. – Д.: Національний гірничий університет», 2013. – 196 с

18. Проектування цехів і дільниць для відновлення та зміцнення деталей : метод. вказ. до виконання курс. проекту : для магістрантів спец. 132 - Матеріалознавство / [уклад. : О. В. Бевз, С. О. Магопєць, М. В. Красота, Р. А. Осін] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та ремонту машин. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 35 с.

19. Булей И.А. Проектирование ремонтных предприятий сельского хозяйства. К.: Вища школа, 1983. – 348 с.