

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Захаренко Олександр Сергійович

УДК 621.357

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Удосконалення технологічного обслуговування та ремонту
мобільних машин з розробкою пристрою для гальванічного
нанесення покриттів та посадочні отвори корпусних деталей**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр
кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Захаренко О.С.

Керівник роботи

Білецький В.Р.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2024

АНОТАЦІЯ

Захаренко Олександр Сергійович. Удосконалення технологічного обслуговування та ремонту мобільних машин з розробкою пристрою для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячений удосконаленню технологічного обслуговування та ремонту мобільних машин, зокрема розробці пристрою для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей. У процесі роботи було проведено аналіз існуючих методів гальванічного покриття та визначено основні проблеми, з якими стикаються сучасні ремонтні служби.

Запропонований пристрій дозволяє підвищити якість та ефективність нанесення гальванічних покриттів, забезпечуючи рівномірність та високу адгезію покриття до матеріалу деталі. Окрім того, впровадження нової технології сприяє зниженню витрат часу та матеріальних ресурсів на ремонт мобільних машин.

В роботі детально описано конструкцію пристрою, принцип його роботи та технологічний процес нанесення покриття. Також розглянуто питання безпеки та екологічності запропонованої технології.

Результати роботи підтверджують доцільність впровадження розробленого пристрою у виробничі процеси ремонтних служб, що дозволить значно підвищити надійність та довговічність корпусних деталей мобільних машин..

Ключові слова: гальванічне покриття, ремонт, корпусні деталі, технічне обслуговування.

ANNOTATION

Oleksandr Serhiyovych Zakharenko. Increasing the efficiency of cattle farm mechanization with the modernization of milking equipment. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work is devoted to the improvement of technological maintenance and repair of mobile machines, in particular, the development of a device for galvanic coating of the bores of body parts. In the course of the work, an analysis of existing electroplating methods was conducted and the main problems faced by modern repair services were identified.

The proposed device allows to improve the quality and efficiency of galvanic coating application, ensuring uniformity and high adhesion of the coating to the part material. In addition, the introduction of the new technology helps to reduce the time and material resources spent on the repair of mobile machines.

The paper describes in detail the design of the device, its operating principle, and the technological process of coating. The safety and environmental issues of the proposed technology are also considered.

The results of the work confirm the feasibility of introducing the developed device into the production processes of repair services, which will significantly increase the reliability and durability of the body parts of mobile machines.

Keywords: galvanic coating, repair, body parts, maintenance.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВИБІР СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДОЧНИХ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ.....	8
РОЗДІЛ 2. УСТАНОВКА ДЛЯ ПІДТРИМКИ РОБОЧОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ.....	14
РОЗДІЛ 3. ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІКИ, ЩО МІСТЯТЬ ХРОМ.....	24
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В умовах сучасного розвитку сільського господарства та промисловості, ефективність роботи мобільних машин має вирішальне значення для забезпечення стабільності та безперервності виробничих процесів. Надійність та довговічність таких машин як трактори, комбайни, навантажувачі та інші механізми безпосередньо впливають на економічну ефективність підприємств. Однією з ключових проблем, з якими стикаються підприємства при експлуатації мобільних машин, є зношування посадочних отворів корпусних деталей, що веде до зниження надійності техніки та збільшення витрат на ремонт і технічне обслуговування.

Актуальність теми дипломного проекту полягає в необхідності удосконалення технологічного обслуговування та ремонту мобільних машин шляхом розробки нових технологій і пристроїв, які дозволять підвищити якість та ефективність ремонтних робіт. Зокрема, гальванічне нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей є одним із перспективних напрямів, що дозволяє не тільки відновити геометричні параметри деталей, але й значно підвищити їхню стійкість до зношування та корозії.

Розробка пристрою для гальванічного нанесення покриттів є важливим кроком у вирішенні цієї проблеми. Запропонований пристрій дозволить забезпечити рівномірне та якісне нанесення покриття, що сприятиме підвищенню надійності та довговічності мобільних машин. Впровадження цієї технології у виробничі процеси дозволить знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт, а також підвищити продуктивність і ефективність роботи підприємств.

Таким чином розробка технологій удосконалення обслуговування та ремонту мобільних машин є надзвичайно актуальними. Це дозволить не лише підвищити надійність техніки, але й знизити експлуатаційні витрати, що є

важливим фактором для забезпечення конкурентоспроможності підприємств у сучасних ринкових умовах.

Метою дипломного проекту є підвищення ефективності та якості технологічного обслуговування і ремонту мобільних машин шляхом розробки та впровадження пристрою для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей.

Тому, виходячи з поставленої мети, було сформульовано такі завдання досліджень:

- провести аналіз існуючих методів гальванічного нанесення покриттів та визначити їхні основні недоліки;
- розробити конструкцію пристрою для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей мобільних машин;
- розробити технологічний процес використання запропонованого пристрою для гальванічного нанесення покриттів.

Об'єкт дослідження процес технічного обслуговування та ремонт мобільних машин, зокрема процеси відновлення посадочних отворів корпусних деталей.

Предмет дослідження пристрій для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей мобільних машин та технологічний процес його використання.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Білецький В. Р., Ковальчук Д. С., Куят В. В., Захаренко О. С., Заінчківський В. Р., Якименко Р. М. Удосконалення системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Підвищення ефективності машинного доїння корів шляхом розроблення та оптимізації доїльного обладнання. Збірник тез X-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь». м. Житомир, 20 квітня 2024 року. Житомир : ЖАТФК. С. 24-26.

2. Куликівський В.Л., Захаренко О. С. Переробка відходів гальванічних процесів. Міжнародна науково-практична конференція молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти *«Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки»*. м. Рівне, 9-10 травня 2024 року. Рівне : НУВГП. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для аграрних підприємств України представляє пристрій для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей мобільних машин та технологічний процес його використання.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменування. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, містить 3 рисунки.

РОЗДІЛ 1

ВИБІР СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДОЧНИХ ОТВОРІВ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

Нині збільшилася номенклатура марок і моделей автомобілів, що експлуатуються в Україні. На даний момент в Україні недостатня виробничо-технологічна база, яка могла б забезпечити якісний ремонт автомобілів і агрегатів.

Ця прогалина призвела до збільшення витрат на технічну експлуатацію техніки, оскільки весь час доводиться власними силами проводити ремонт на застарілому обладнанні, яке не відповідає сучасним вимогам, з використанням нових деталей, які не завжди є оригінальними (заводськими). У разі використання неоригінальних деталей знижується ресурс агрегатів і автомобіля загалом, що призводить до частих простоїв у ремонті, збільшуючи тим самим собівартість вантажних і пасажирських перевезень.

Відомо, що підвищення ефективності використання автомобілів та утримання їх у працездатному стані потребує вдосконалення ремонтно-обслуговувальної бази шляхом збільшення потужностей і розвитку мережі спеціалізованих ремонтних підприємств із ремонту як вітчизняних, так і іноземних автомобілів, а також із відновлення їхніх оригінальних ресурсовмісних деталей.

Відомо, що вартість запасних частин у структурі собівартості капітального ремонту машин досягає загалом 48...70%, що збільшується, як правило, з підвищенням конструктивної складності машин (наприклад, Мерседес Бенц Esonic – 66,2%) [1, 2].

Тому заміна нових деталей на відновлені деталі дасть змогу значною мірою знизити собівартість ремонту машин.

Відновлення зношених деталей машин і обладнання - технічно обґрунтований та економічно виправданий захід. Він дає змогу підприємствам,

що експлуатують і обслуговують автомобілі, скорочувати час простою на усунення несправної техніки, підвищувати якість її технічного обслуговування і ремонту, позитивно впливати на поліпшення показників надійності в процесі технічної експлуатації автомобілів.

Також обґрунтовується доцільність організації робіт із відновлення та зміцнення деталей зниженням собівартості та підвищенням ресурсу відремонтованих як агрегатів, так і машин загалом за рахунок скорочення витрат на придбання нових запасних частин і скорочення виробничих витрат під час експлуатації машин на підприємствах [2].

Дослідження В.І. Черноіванова стану якості деталей машин, що ремонтуються [3], дали змогу встановити, що в багатьох випадках частка однойменних деталей, придатних для подальшої експлуатації без ремонту, становить 20-45%; тих, що підлягають ремонту і відновленню, - 40-60%, не придатних для відновлення - 9-20%. Ця статистика характеризує якість базових і корпусних деталей (включно з блоками і головками циліндрів, колінчастими валами, шатунами, корпусами водяних насосів та іншими деталями), що свідчить про високу інтенсивність їхньої заміни.

З іншого боку, значні обсяги ремонтного фонду деталей містять велику кількість залишкової суспільної праці, нехтувати якою в умовах гострого дефіциту багатьох оригінальних запасних частин вважається недоцільним.

За даними [3], під час відновлення деталей кількість операцій скорочується в 5-8 разів, а витрата металу і матеріалів у 20-30 разів порівняно з виготовленням нових.

Збільшення обсягів відновлення деталей в умовах України дасть змогу суттєво знизити витрати на придбання запасних частин, а отже й собівартість ремонту машин. Цю стратегію обґрунтовано відсутністю централізованих постачань оригінальних запасних частин, збільшеною кількістю контрафактних деталей машин, відсутністю достатнього фінансування на постачання і купівлю нових деталей, у яких вартість висока через логістичні проблеми.

Об'єктивною необхідністю організації робіт із відновлення особливо ресурсовизначальних зношених деталей є потреба забезпечення високої якості відремонтованої техніки. Для цього необхідно відновити їхні геометричні параметри із забезпеченням заданого ресурсу. Так, щодо двигунів внутрішнього згоряння – це блоки та головки циліндрів, колінчасті та розподільні вали, шатуни. Щодо шасі - несучі елементи, корпуси трансмісії, деталі ходової частини. Щодо деталей машин, які працюють за гідроабразивного зношування - золотники, корпуси золотників, плунжери тощо.

Під час ремонту та відновлення деталей може проводитися їхня модернізація: поліпшуватися геометрія посадкових і сполучених деталей; підвищуватися твердість і зносостійкість робочих поверхонь шляхом наплавлення, напилення, нанесення гальванічних, полімерних покриттів, що дасть змогу досягати не тільки вихідного ресурсу деталей, а й перевищувати його.

У практиці відновлення деталей на якість параметрів її відновлення мало звертають уваги і в розрахунках ефективності відновлення не враховують. Ба більше, як правило, оцінку зносостійкості навіть нових деталей проводять за її середнім значенням, випробовуючи при цьому не більше трьох деталей. Тим самим допускають істотну помилку в оцінці якості. Під час оцінки ефективності відновлення не завжди враховується якість відновлення деталей.

Тому під час виробництва сучасних автомобілів виникає необхідність розширення науково-дослідних робіт, пов'язаних із розробкою та впровадженням технологічних процесів зміцнення та відновлення деталей, маючи на увазі, що термін служби відновлених має становити не менше 80% терміну служби нових таких деталей [5].

Одним із перспективних напрямів у розвитку ремонтного виробництва є застосування гальванічних способів відновлення зношених деталей машин.

Цьому сприяє сучасна тенденція зменшення величини граничних зносів сполучень деталей, завдяки неухильному вдосконаленню машинобудівних

конструкцій. Так, за даними ІМЕСГ і деяких дослідників, нині у більшості автотракторних деталей, що надходять у ремонт, знос поверхонь тертя становить 0,1...0,5 мм.

Численними дослідженнями доведено, що економічно доцільно нарощувати електролітичними покриттями шар металу від кількох мікрметрів до 0,5 мм, такі як хромування, залізнення, нікелювання, цинкування, кадмування та ін.

Відомо, що найвищими фізико-механічними та хімічними властивостями (твердістю, зносостійкістю, корозійною стійкістю, жаростійкістю тощо) володіють хромові покриття, а хромовані деталі - підвищеною надійністю¹⁰.

Однак наявна технологія відновлення автотракторних деталей хромуванням в універсальному електроліті дотепер не набула широкого розповсюдження в ремонтному виробництві через такі причини: низьку продуктивність процесу (25...60 мкм/год); низький вихід хрому за струмом (12-16%); малу товщину якісного шару осаду (до 0,2 мм); високу токсичність, агресивність і нестійкість складу в розчині та ін. Тому в ремонтному виробництві відновленню хромуванням піддають вузьку номенклатуру найвідповідальніших деталей, що працюють в умовах високої температури та недостатнього змащення [7, 8].

Пошук умов електролізу, що дають змогу підвищити продуктивність і економічність процесу хромування, отримати більшу товщину шару якісних осадів хрому, який нарощують, а також поліпшити умови праці під час обслуговування ванн хромування, є актуальною проблемою ремонтного виробництва [7, 8].

Однак продуктивність процесу хромування - вихід хрому за струмом і швидкість нарощування шару - не задовольняє підвищені вимоги виробництва на сучасному рівні розвитку машинобудування і ремонту. Тому поряд із хромуванням розроблено й удосконалюються інші більш високопродуктивні та економічні гальванічні процеси, серед яких (з погляду ремонтного виробництва)

найбільшу увагу привертає залізоробство і сплави на його основі [5]. Проте інтенсифікація процесу хромування і поліпшення фізико-механічних властивостей хромових покриттів є актуальною проблемою ремонтного виробництва. Її розв'язання ускладнюється внаслідок специфіки катодного процесу під час електролізу хромовокислих розчинів, з'ясування якої становить складне завдання електрохімії [6]. До кінця нез'ясоване питання про природу перенесення електронів з металу до негативно заряджених хроматіонів, яка роль водню, що рясно виділяється на катоді, в загальній реакції відновлення хромової кислоти, чому можлива реакція повного відновлення хроматіонів лише за присутності сторонніх кислотних радикалів та ін.

За минулі два десятиліття теорія електролітичного осадження хрому набула подальшого розвитку і накопичено багатий досвід його практичного застосування, що зумовлює можливість значної інтенсифікації процесу хромування і поліпшення фізико-механічних властивостей осадів [10].

На думку М.А. Шлугера, Ю.Н. Петрова, М.Т. Кудрявцева, розвиток і вдосконалення електролітичного хромування мають здійснюватися за двома основними напрямками:

1. Удосконалення наявних і вишукування нових електролітів, що забезпечують отримання хромових покриттів більш високої якості.
2. Удосконалення наявних і вишукування нових технологічних прийомів електроосадження хрому, що забезпечують підвищення продуктивності процесу і поліпшення його фізико-механічних властивостей.

У результаті вище викладених матеріалів щодо використання хромування під час відновлення та зміцнення деталей машин було виявлено низку недоліків, які пропонуються вирішити використанням холодного саморегульованого електроліту хромування, розробленого вченими Кишинівського сільськогосподарського інституту [2]. Він вирізняється високою розсіювальною здатністю і продуктивністю процесу, підвищеною стабільністю в широкому діапазоні робочих густин струму і малою агресивністю. Даний електроліт

забезпечує нанесення якісних, зносостійких покриттів зі швидкістю 0,20-0,70 мм/год у широкому діапазоні густини катодного струму (75-300 А/дм²), з максимальним значенням виходу мела за струмом (до 40±1%), мікротвердістю покриттів до 9000±200 МПа та практично не змінюється з незмінними за товщиною фізико-механічними властивостями покриття.

Однак цей електроліт має недолік – малий діапазон робочих температур (18-23 °С), за яких можна отримати якісні покриття, вимагає використовувати потужні холодильні установки, що ускладнює його промислове впровадження.

У результаті проведеного аналізу вибору способу відновлення деталей автомобілів можна зробити висновок: унаслідок удосконалення виробництва деталей машин, поліпшення якості матеріалів і покриттів деталей, що сполучаються, зменшення допусків під час виготовлення деталей знижується величина граничного зносу деталей [7, 8].

Оскільки багато ресурсовизначальних деталей машин мають зноси в межах 0,1...0,5 мм, з'являється можливість використовувати хромування під час зміцнення і відновлення. Однак хромування має низку проблем під час використання через низьку продуктивність процесу, можливу максимальну товщину покриття та технологічні складнощі організації процесу.

Тому для розв'язання цієї проблеми проведено дослідження з оптимізації складу наявного холодного саморегульованого електроліту хромування, які дають змогу розширити діапазон робочих температур до 35 °С без зниження продуктивності та якості хромового покриття, що, своєю чергою, дає можливість упровадження його у виробництво [7, 8, 9, 10, 11].

РОЗДІЛ 2

УСТАНОВКА ДЛЯ ПІДТРИМКИ РОБОЧОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ЕЛЕКТРОЛІТІВ ПІД ЧАС ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН З ГАЛЬВАНІЧНИМИ ПОКРИТТЯМИ

Відомо, що для відновлення та зміцнення деталей автомобілів в автомобілебудуванні найпоширенішими є такі електролітичні покриття: хромові, залізні та сплави на їхній основі. З технології осадження цих металів однією з умов є найменше коливання робочої температури електроліту, яка впливає на якість осаджених покриттів.

У хромуванні здебільшого використовують два види електролітів - гарячі та холодні, які мають свої особливості за температурним режимом електролізу. Так, при використанні холодних електролітів поліпшуються умови праці, зменшуються витрати і викид у навколишнє середовище хромового ангідриду, спрощується конструкція ванн, підвищується продуктивність процесу, також можливе осадження якісних хромових покриттів з меншою пористістю та низькими внутрішніми напруженнями. При цьому розсіювальна здатність у холодних електролітів хромування вища, ніж у гарячих [1, 2, 3].

Однак для хромування загалом, зокрема за використання холодних електролітів хромування, є один суттєвий недолік - необхідність підтримання робочої температури електроліту в заданому технічно логічно необхідному діапазоні, що може сягати не більше 5° С. Відомо, що в процесі хромування відбувається виділення великої кількості теплоти, тому для підтримання робочої температури електроліту, априклад у діапазоні $t = 18...23^{\circ}\text{C}$, необхідно постійно його охолоджувати [4, 5].

У результаті чого виникає необхідність у підтримці робочої температури електроліту під час роботи з мінімальними коливаннями, з метою дотримання технології та отримання необхідної якості покриттів. Тому необхідно використовувати складне обладнання та потужні холодильні установки, які

зазвичай охолоджують електроліт із циркуляцією його через холодильний агрегат. Однак цей спосіб практично неможливо використовувати для стаціонарних електролітів (наприклад, для саморегульованого холодного електроліту хромування), у яких циркуляція шарів протипоказана через виключення перемішування з донною фазою, яка слугує джерелом саморегуляції, і в разі потрапляння в основні шари електроліту може призводити до погіршення якості покриттів, потрапляючи у сполуку з основним металом (розтріскування та відлущування) [5, 6, 7].

Своєю чергою для гарячих електролітів хромування виникають свої проблеми - потрібне нагрівання електроліту до робочої температури (до 40-70°С) без пошкоджень і "шоку" для обладнання (ванни), з найменшим коливанням робочих температур електролітів.

На практиці часто використовують теплообмінники, які нагрівають електроліт за рахунок теплоносія, при цьому витрачається багато електроенергії через низький ККД. Під час одночасного хромування великої кількості деталей або великогабаритної однієї деталі, що мають велику площу тепловіддачі, складно згладжувати коливання температур, через що може погіршуватися якість самого покриття. Також для зниження коливань використовують багатопозиційну систему підтримання температури електроліту, яка має складну будову, тому у відновленні та зміцненні деталей авто-мобілів поширення не знайшла [8, 9, 10]. Під час проведення осадження заліза та сплавів заліза з хромом залежно від технологічного процесу потрібно також підтримувати робочу температуру електроліту. літу залежно від технології в діапазоні 30...70 °С. Для нагрівання та підтримання заданої температури додатково до теплообмінників кам у процесних ваннах необхідно проводити постійне перемішування шарів для зниження впливу перепаду робочих температур за шарами зі збереженням якості осаду.

Таким чином процес отримання гальванічних покриттів для зміцнення і відновлення деталей машин ускладнюється.

При цьому використання наявних способів підтримки робочої температури електроліту під час електролізу збільшує собівартість і знижує доцільність використання хромових, залізних та інших гальванічних покриттів. Дослідження, що проводяться на даний момент, виявляють нові склади електролітів, одні з перспективних способів відновлення та зміцнення деталей машин, за яких можна отримувати якісні хромові та залізо-хромові покриття з високою продуктивністю та якістю покриттів, проте вони вимогливі до температурного режиму електролізу [11, 12].

Під час проведення патентного аналізу, літературного огляду та вивчення праць учених за останній час було досліджено різні способи підтримання робочої температури електролітів, зокрема ванн із нагріванням їхніх робочих розчинів електролітів, до складу яких входили такі складники: датчики температур, контрольно-вимірювальні прилади та виконавче обладнання для двопозиційного регулювання робочої температури електроліту (рисунок 1). Даний спосіб здійснюється шляхом увімкнення електронагрівальних елементів (ТЕНів) безпосередньо у ванні з електролітом або подачі від джерела тепла (холоду) відповідного виду теплоносія (вода, пара), відповідно, в розташовані в технологічній ванні гальванічних покриттів нагрівальні елементи, які виконані у вигляді змієвиків- теплообмінників. При цьому поповнення втрат електроліту в процесній ванні здійснюється з окремих додаткових ванн, у яких приготування електроліту відбувається за допомогою хімреактивів і дистильованої води з живильної ванни багатокаскадної системи промивання деталей, що виконується занурювальним методом в окремих ваннах за технологією4 [13, 14].

При цьому головним недоліком цього способу є його порівняно обмежені функціонально-технологічні можливості, які, наприклад, не дають змоги здійснювати підтримання робочої температури електролітів у ваннах для нанесення покриттів із нагріванням (охолодженням), їхніх робочих складів електролітів та під дією високої густини струму, величина якого залежно від виду покриття (хромування, зокрема) та площі поверхні, яка покривається, може

сягати сотні амперів, що, у свою чергу, через виділення великої кількості У результаті використання цього способу верхня межа необхідної за технологією робочої температури електроліту, наприклад 25°C (процеси холодного хромування).

під час використання цього способу може бути перевищено через виділення великої кількості теплоти під час осадження гальванічних покриттів на великі площі деталей, а також у разі літнього підвищення навколишньої температури в гальванічному цеху, яке може знижувати ефективність теплообміну.

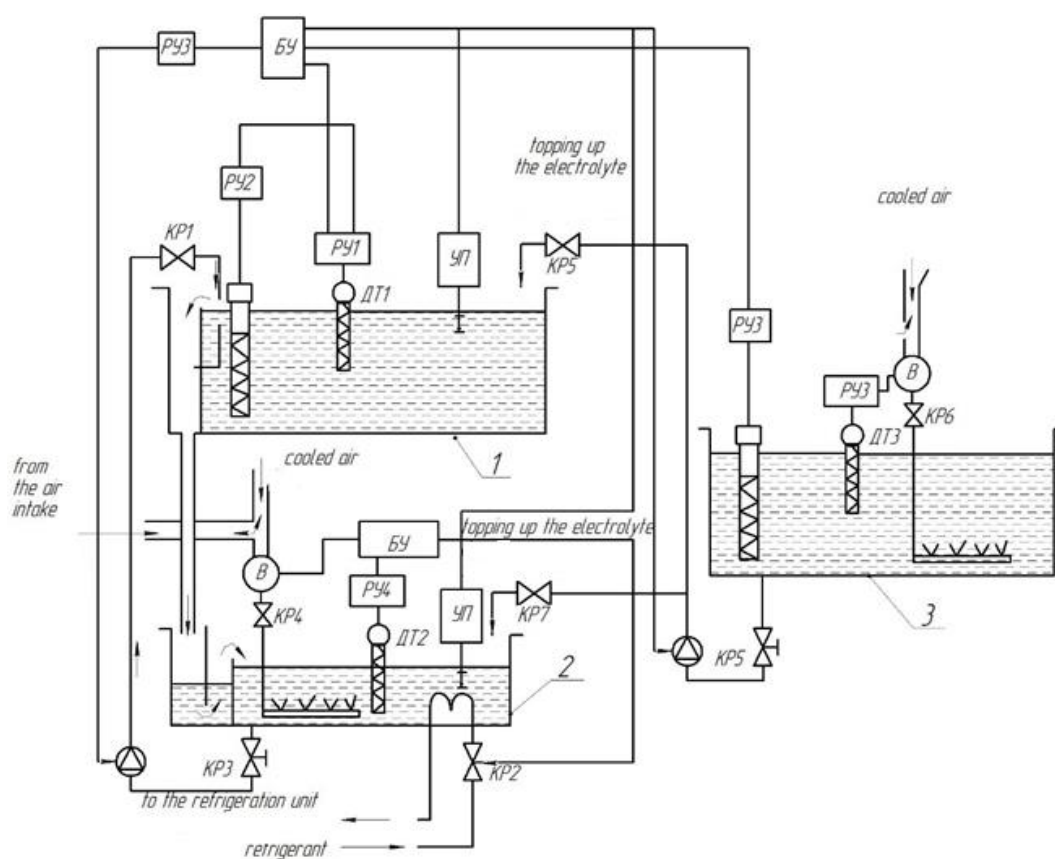


Рис. 2.1. Установа для підтримання температури нагрівальних електролітів ванн, що працюють "під струмом": 1 – процесна ванна; 2 – буферний бак охолодження електроліту; 3 – буферний бак приготування і підживлення процесної ванни і буферного бака охолодження електролітом

Крім цього, недоліками цього способу є: підвищена витрата хімікатів і/або промивної води в умовах великої номенклатури та дрібносерійного й

одиночного виробництва, також в умовах, коли деталі різних розмірів і габаритів можуть надходити на відновлення через різні (зокрема й відносно збільшені) проміжки часу. При використанні цього способу порівняно великі потреби у виробничих площах, необхідних для розміщення у відповідних ваннах для охолодження електроліту і багатокаскадного промивання. Ще одним недоліком буде відносно низька стабільність параметрів (зокрема, концентрації основних компонентів – неорганічних і органічних) електроліту в процесній ванні [7].

Також відомий ще один спосіб охолодження і підтримання робочої температури електролітів у процесних ваннах, наприклад хромування, який включає використання з'єданого з ванною хромування виносного теплообмінника, підключеного до системи контуру подачі холодоагенту (розсіл, антифриз). Уся ця система з'єднана з охолоджувальним агрегатом і оснащена циркуляційним насосом для повернення охолодженого електроліту у ванну хромування (рис. 2.2).

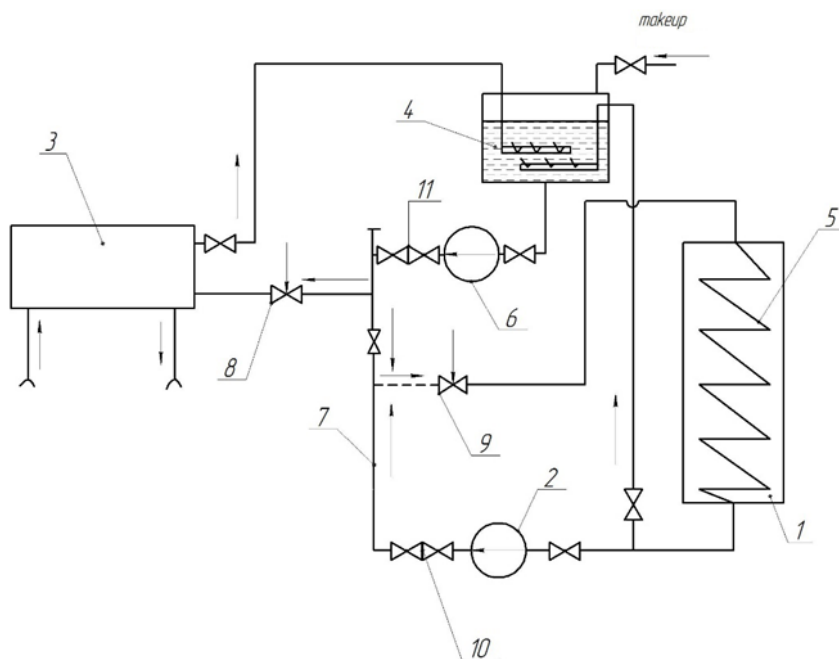


Рис. 2.2. Пристрій для охолодження електроліту: 1 – гальванічна ванна; 2 – нагнітальний насос; 3 – холодильна машина; 4 – акумуляційна ємність; 5 – теплообмінна поверхня; 6 – другий насос; 7 – колектор; 8,9 – регулювальні клапани; 10,11 – зворотні клапани

Недоліком цього способу є необхідність у додатковій площі в гальванічному цеху, необхідній для розміщення виносного теплообмінника з акумуляційною ємністю та холодильного пристрою. Значним недоліком цього способу буде порівняно низька ефективність роботи теплообмінника, зумовлена відсутністю контролю температури та рівня електроліту, що ускладнює підтримання робочої температури з найменшими коливаннями, а також необхідність тривалої роботи насосного агрегату, що забезпечує циркуляцію охолоджуваного електроліту контуром: ванна хромування - виносний теплообмінник - насосний агрегат - ванна хромування.

У результаті аналізу наявних способів підтримання необхідної робочої температури електроліту найближчим до пропонованого за технічним змістом, який обрано за прототип, є "Спосіб підтримання температури нагрівальних електролітів ванн, що працюють "під струмом" [18].

Недоліками даного способу є: необхідність збільшення габаритів ванни або зниження надійності роботи основної гальвано-хімічної обробки, через розміщення нагрівача в процесній ванні з електролітом; порівняно низька ефективність і стабільність процесів підтримання температури електролітів процесних ванн, унаслідок відсутності забезпечення взаємозв'язку роботи підсистем регулювання температури та рівня; використання додатково залитого в буферний бак електроліту, що додатково заливається в буферний бак, як для охолодження, так і для регулювання температури; використання додаткової кількості електроліту в буферному баці як для охолодження, так і для регулювання температури і рівня.

Для розв'язання цієї проблеми пропонується в наявному способі змінити конструкцію процесної ванни, виключивши процес переливання електроліту в буферний бак, також прибрати теплообмінник нагрівача з процесної ванни та встановити його в ізольований буферний бак, у якому здійснюватиметься підтримання температури теплоносія до технологічно необхідної. Для відведення тепла або нагріву електроліту до робочої температури пропонується

встановити в технологічну ванну зміювик-теплообмінник, який розташовуватиметься по внутрішньому периметру ванни. Процес відведення або підведення необхідного тепла здійснюватиметься насосом, який бере теплоносій із буферного бака. У буферному баку підтримання необхідної температури теплоносія здійснюватиметься за допомогою нагрівального елемента - ТЕНа або холодильного пристрою, залежно від заданої температури електроліту згідно з технологічним процесом осадження хрому, заліза або сплавів на їхній основі (рис. 2.3).

Також цей спосіб можливо використовувати в осадженні інших гальванічних покриттів, де необхідно підтримувати температуру в заданих межах без великих коливань робочої температури електроліту. Технічний результат: зниження габаритів буферної ванни і трудовитрат, пов'язаних із заміною та/або ремонтом нагрівачів, підвищення ефективності, надійності та стабільності підтримання температури під час виробничого використання хромування, залізоутворення та сплавів на їхній основі. Також цей спосіб унеможливує перемішування шарів, що за використання холодного саморегульованого електроліту хромування унеможливить потрапляння сполук кальцію в основний електроліт і тим самим поліпшить якість хромових покриттів, які отримують без браку.

Під час осадження осадів заліза і сплавів на його основі необхідно підтримувати високу температуру для унеможливлення коливань по шарах електроліту. Для цього іноді використовують примусове перемішування, однак це несе високі трудовитрати, збільшення розмірів технологічної ванни і додаткові витрати на додаткове обладнання.

Тому використання цього способу дасть змогу нагрівати і підтримувати необхідну робочу температуру електроліту із заданою точністю без коливань.

Пропонована установка для підтримання робочої температури електроліту в гальванічній ванні, що працює "під струмом", діє так: у процесну ванну 1 готують електроліт необхідного складу, якщо потрібно, витримують

передбачений технологією час. У буферний бак 2 заливають залежно від необхідності підтримки температури електроліту - дистильовану воду або розсіл (антифриз). У буферний бак 3 заливають додатковий електроліт того самого складу, що й основний (для доливання за необхідності), у якому підтримуватиметься температура, що відповідає робочій. Також електроліт у буферному баку 3 отримуватиме для приготування електроліту необхідну дистильовану воду, що надходить із бака 4.

Перед запуском осадження покриття в гальванічній процесній ванні електроліт доводять до робочої температури за допомогою буферного бака 2 і систем підігріву або охолодження (за технологічною необхідністю).

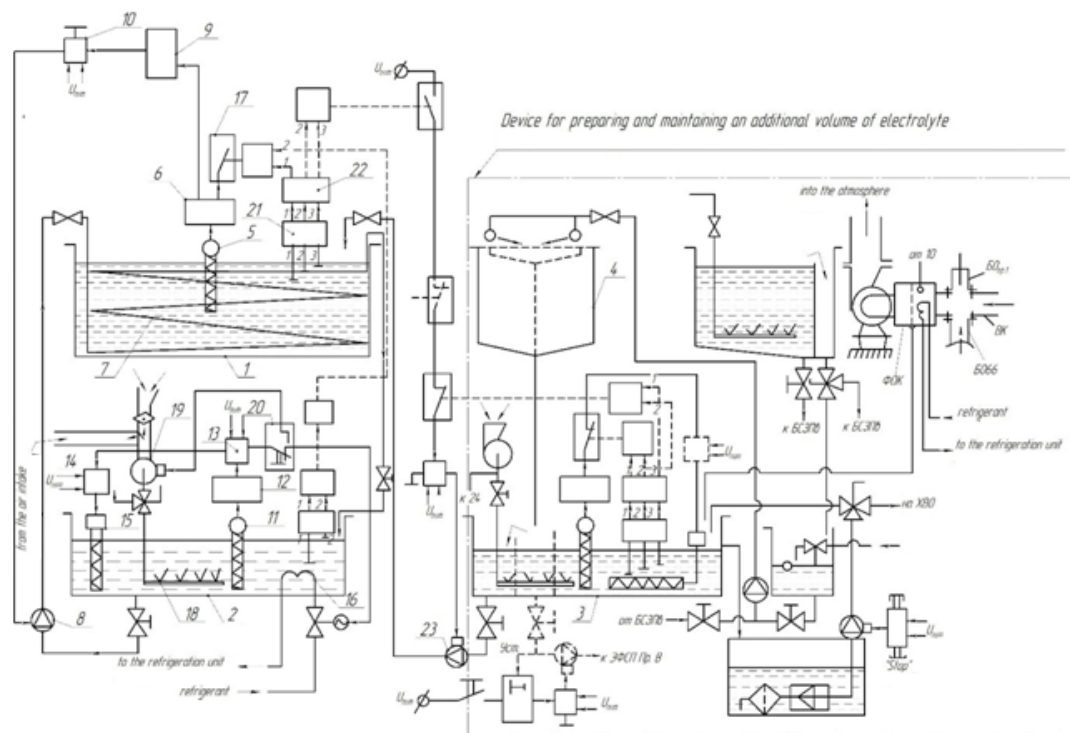


Рис. 2.3. Установа для підтримання робочої температури електроліту ванн: 1 – процесна ванна; 2 – буферний бак охолодження електроліту; 3 – буферний бак приготування і поповнення рівня електроліту; 4 – бак із дистильованою водою; 5,11,21 – датчики температури; 6,10 – реле увімкнення насоса; 7 – змійовик-теплообмінник; 8,23 – насос; 9 – блок управління; 12,22 – перетворювач; 13,14,17,20 – реле ввімкнення; 15 – нагрівач; 16 – випарник; 18 – барботер; 19 – нагнітальний вентилятор.

Довівши до потрібної температури електроліт, вмикають процес осадження. За законом Фарадея чим більша площа осадження і щільність струму, тим інтенсивніше відбувається виділення тепла.

Під час осадження почне збільшуватися температура, тому виставляють датчик 5 і реле ввімкнення насоса 6 на необхідну межу температури, за якої необхідно ввімкнути охолодження, тобто охолодження відбувається через зміювик-теплообмінник 7 за допомогою руху в ньому осадженої води або розсолу, який здійснюють за допомогою насоса 8, керування яким здійснюватиметься через блок управління 9 і увімкнення насоса 10. Температуру в буферному баку 2 регулюватимуть залежно від необхідності за допомогою датчика температури 11, перетворювача 12 і реле включення 13.

За необхідності нагріву через реле 14 вмикається нагрівач 15 до температури, вищої за необхідну для електроліту, на 10-20^о С, для прискорення процесу нагріву електроліту в основній процесній ванні 1.

Нагрітий носій через зміювик-теплообмінник 7 та за допомогою створення руху теплоносія за допомогою насоса 8 нагріває електроліт у процесній ванні до нижнього рівня.

акож передбачено варіант примусового ввімкнення насоса 8 за допомогою реле 10. Для прискорення процесу теплообміну та охолодження теплоносія передбачено барботер 18, який за допомогою нагнітального вентилятора 19 і блока-реле 20 нагнітає холодне повітря (в осінньо-весняний і зимовий період) або примусово охоложене в літній період. Рівень електроліту в процесній ванні контролюється за допомогою датчика 21 і блока-перетворювача 22. У разі зменшення рівня (об'єму) електроліт, уже охолоджений до робочої температури з буферного бака 3, буде за допомогою насоса 23 надходити в процесну ванну до виставленого рівня, за умови досягнення якого вимикатиметься насос 23. У буферному баці 3 після відсмоктування певної кількості електроліту додаватиметься новий шляхом приготування його. Зазвичай у буферному баку 3 готують достатню кількість електроліту і в процесі осадження не відбувається

його приготування, для збереження цілісності та виключення перемішування фаз різних шарів, що може вплинути на якість осадження в цілому. Решта приладів і вузлів беруть участь у підтримці температури електроліту в буферному баку 3, в якому так само, як і в баку 2 використовується барботер для охолодження електроліту і нагрівач для нагрівання електроліту.

У результаті проведених розрахунків необхідної довжини змійовика-теплообмінника і необхідної потужності циркуляційного насоса проводиться підбір для відповідної гальванічної ванни, залежно від виду покриття і технології нанесення покриття.

Цей пристрій дасть змогу забезпечити більш точну робочу температуру електроліту під час проведення осадження гальванічних покриттів на виробках великої площі або великої кількості виробів, що одночасно покриваються, знизити витрати на підтримання необхідної робочої температури, так

Використання цієї установки дасть змогу усунути наявні недоліки пристроїв із підтримання робочої температури електролітів. Завдяки використанню нового способу охолодження електролітів зменшиться собівартість одержання гальванічного осадження.

РОЗДІЛ 3

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ ГАЛЬВАНІКИ, ЩО МІСТЯТЬ ХРОМ

Нині гальванотехніка – одне з виробництв, що серйозно впливають на забруднення довкілля, зокрема іонами важких металів, найнебезпечніших для біосфери. Головним постачальником токсикантів у гальваніці (водночас і основним споживачем води та головним джерелом стічних вод) є промивні води. Обсяг стічних вод дуже великий через недосконалий спосіб промивання деталей, який вимагає великої витрати води (до 2 м³ і більше на 1 м² поверхні деталей).

Для отримання хромових покриттів нині застосовують виключно розчини окису шестивалентного хрому, званого також триокис хрому, хромовий ангідрид або просто хромово кислота. На початку розвитку хромування намагалися осаджувати метал з розчинів його тривалентних солей, і до теперішнього часу існує багато робіт з електролітичного осадження металевого хрому з таких розчинів. До теперішнього часу з розчинів тривалентного хрому в кращому разі отримано шорстке хромове покриття, яке здебільшого містить ще й окисні включення. Всі ванни хромування, без винятку, працюють з нерозчинними анодами, внаслідок чого весь метал, що виділяється, забирається з розчину, що спричиняє необхідність поточного коригування електроліту шляхом додавання хромового ангідриду.

Необхідно зазначити, що з абсолютно чистих розчинів хромової кислоти не відбувається виділення металу і що необхідна присутність незначних кількостей сторонніх аніонів (так званих каталізаторів), найчастіше сульфатів, фторидів або кремнефторидів. З огляду на те, що вміст сторонніх аніонів дуже обмежений (приблизно тільки 1% від загального вмісту хромового ангідриду), а кількість їх чинить вирішальний вплив на роботу ванни, необхідно вживати при складанні ванни абсолютно чистий хромовий ангідрид. Як правило, допустимий вміст сульфату в хромовому ангідриді становить максимально 0,2%.

Концентрація хромового ангідриду в електролітах для хромування може коливатися в межах 180-600 г/л. Однак крайні значення меж, і особливо верхнє, рідко застосовують на практиці. Зазвичай концентрація хромового ангідриду перебуває в межах 200-400 г/л. Прийнято вважати, що розбавлені розчини здебільшого дають кращий вихід за струмом, а концентровані розчини краще проводять струм, причому при електролізі потрібна менша напруга. Концентровані розчини мають ще ту перевагу, що вони менш чутливі до забруднень і коливань у складі ванни. Розбавлені розчини дають частіше дещо твердіші хромові покриття; концентровані розчини мають кращу розсіювальну здатність. Однак відмінність ця невелика, тому вона не може мати вирішального впливу на вибір електроліту.

Особливістю вилучення хрому з відходів гальванічного виробництва є значний вміст сторонніх домішок. Так у міру роботи хромової ванни в електроліті можуть накопичуватися залізо, мідь і деякі інші метали. Залізо в міру накопичення в електроліті (головним чином внаслідок анодного декапірування сталевих і чавунних деталей), подібно до тривалентного хрому, звужує інтервал отримання блискучих опадів.

Допустимий вміст заліза в електроліті 8-10 г/л. На практиці іноді вміст заліза в електроліті досягає 20-250 г/л. Особливо це характерно для відпрацьованих електролітів.

Відходи гальванічного виробництва зазвичай містять іони важких металів: цинку, нікелю, кадмію, міді, хрому (III), хрому (VI), а також ціаніди, луги, кислоти.

Нині відома велика кількість методів вилучення кольорових металів зі стічних вод гальвановиробництва. Найпоширеніші методи адсорбційного очищення можна умовно поділити на три різновиди:

- 1) сорбція на активованому вугіллі (адсорбційний обмін);
- 2) сорбція на іонітах (іонний обмін);
- 3) комбінований метод.

Кожен із цих методів має як переваги, так і недоліки. Наразі на більшості підприємств електроліти зневоднюють, при цьому розчин розбавляють до норм ГДК і скидають у каналізацію, а отриманий шлам складають на спеціальних майданчиках або зберігають на території підприємства, тим самим захаращуючи її. Лише частина гальваношламів знаходить застосування в будівництві під час виробництва будівельних матеріалів.

Утилізація і переробка шламів, що утворюються, - дуже складне і дороге виробництво, а в деяких випадках шлами не піддаються переробці. У таких випадках повернення хімреактивів і металів у цикл виробництва практично неможливе. Зараз для осадження важких металів зазвичай застосовують реагентний метод, як найдешевший і найпростіший. Сутність цього методу полягає в переведенні розчинних у воді іонів важких металів у нерозчинні під час додавання різних реагентів з подальшим відокремленням їх у вигляді осадів.

Крім того, іноді можна використовувати більш ефективний і дорогий метод адсорбційного очищення. Як сорбенти використовують активоване вугілля, синтетичні сорбенти, відходи виробництва (зола, шлаки, тирса тощо).

Мінеральні сорбенти - глини, силікагелі, алюмогелі та гідроксиди металів для адсорбції хрому зі стічних вод використовуються мало, оскільки енергія взаємодії їх з молекулами води велика - іноді перевищує енергію адсорбції.

Процес адсорбційного вилучення шестивалентного хрому зі стічних вод зазвичай ведуть при інтенсивному перемішуванні адсорбенту з розчином, при фільтруванні розчину через шар адсорбенту або в псевдозрідженому шарі на установках періодичної і безперервної дії. При змішуванні адсорбенту з розчином використовують активоване вугілля у вигляді частинок діаметром 0,1 мм і менше.

Відомий спосіб адсорбції хрому зі стічних вод при використанні твердого лігніну. Встановили, що процес сорбції залежить від рН розчину та дози лігніну.

Оптимальний час контакту розчину з лігніном становить 1 годину. Як сорбент здебільшого використовується активоване вугілля, інші сорбенти використовуються вкрай рідко.

Цей метод дає змогу повернути у виробничий цикл до 95% води і більшу частину хрому, проте потребує попереднього очищення електролітів від олій, ПАР, розчинників, органіки, завислих речовин. Крім того, використовувані реагенти дуже дорогі (особливо синтетичні смоли) і під час роботи утворюються вторинні відходи-елюати, які потребують додаткової переробки. Ці недоліки, особливо вартість реагентів, роблять економічно не вигідним використовувати метод адсорбції для повернення в основне виробництво хрому.

Однак для переробки хромвмісних відходів необхідно використовувати метод, який дасть змогу з найменшими витратами виділити хром із розчину електроліту й отриманий порошок хрому буде значно дешевшим від того, що купується.

Це дасть змогу повернути хром в основне виробництво, значно зменшивши витрати на закупівлю сировини і знизити шкоду, що завдається навколишньому середовищу, за рахунок зменшення кількості одержуваного шламу.

Очищення стоку, що містить хром, найдоцільніше здійснювати у дві стадії: а) відновлення шестивалентного хрому до хрому тривалентного на установці періодичної дії; б) утворення та знешкодження гідроксиду хрому з випаданням в осад спільно з кисло-лужними стоками на установці періодичної дії.

Перший ступінь – відновлення шестивалентного хрому до тривалентного бісульфітом амонію (за додавання сірчаної кислоти) в кислому середовищі за $pH = 2.5$.

Другий ступінь – переведення іонів тривалентного хрому в гідроксид хрому з подальшим його осадженням, для чого подають вапняне молоко (за умови, що pH стоку не менший за 8.5).

Далі знешкоджені стічні води необхідно подавати у відстійник, куди для прискорення осадження подається 0.1% розчин поліакриламідю. Після чого розчин фільтрується. Відфільтрований осад легко відділяється від фільтротканини віддуванням повітрям.

Отриманий гідроксид хрому міститиме різноманітні домішки, проте його можна використовувати для будівельних потреб, наприклад, як барвник, крім того, за низького забруднення вихідного електроліту, його можна повернути в основне виробництво, тим самим знизивши витрати на закупівлю сировини.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломного проєкту були досягнуті основні цілі та вирішені поставлені завдання.

Проведено всебічний аналіз існуючих методів гальванічного нанесення покриттів, визначено їхні основні недоліки та можливості для удосконалення. Це дозволило обґрунтувати необхідність розробки нового пристрою для гальванічного покриття, що відповідає сучасним вимогам до якості та ефективності ремонту мобільних машин.

Розроблено конструкцію пристрою для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей мобільних машин. Детально описано принцип роботи пристрою, його технічні характеристики та основні елементи конструкції.

Розроблено технологічний процес використання запропонованого пристрою, який забезпечує рівномірне та якісне нанесення покриття на посадочні отвори. Визначено оптимальні параметри процесу, що дозволяють досягти високої адгезії та стійкості покриття.

Розроблено рекомендації щодо впровадження та експлуатації пристрою у виробничих умовах. Запропоновані заходи спрямовані на оптимізацію процесу гальванічного нанесення покриттів та забезпечення безпеки праці.

Таким чином, розроблений пристрій для гальванічного нанесення покриттів на посадочні отвори корпусних деталей мобільних машин є перспективним рішенням для удосконалення технологічного обслуговування та ремонту мобільних машин. Впровадження цього пристрою сприятиме підвищенню якості ремонтних робіт, зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню надійності мобільної техніки, що має важливе значення для ефективної роботи підприємств сільського господарства та промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Болтянський Б. В. Удосконалення технічного сервісу машин і обладнання. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. 250 с.
2. Кривцун В. І., Нагачевський, В. Й., Баранов, А. М. Технологія технічного обслуговування машин. Вінниця: ВНТУ, 2015. 320 с.
3. Россомаха О. І. Удосконалення стратегії технічного обслуговування машин. Одеса: ОНМУ, 2018. 210 с.
4. Вдовиченко В. І. Технічний сервіс сільськогосподарських машин. Київ: Вища школа, 2017. 256 с.
5. Горбачов Ю. М. Основи технічного обслуговування машин. Харків: ХНТУ, 2016. 280 с.
6. Коваленко О. П. Технічне обслуговування автомобілів. Львів: Львівська політехніка, 2019. 300 с.
7. Лисенко В. М. Технології ремонту машин. Суми: СумДУ, 2018. 240 с.
8. Мельник П. С. Технічний сервіс і ремонт транспортних засобів. Дніпро: ДНУ, 2017. 230 с.
9. Назаренко О. Г. Технологічні процеси ремонту машин. Київ: НАУ, 2020. 270 с.
10. Пономаренко Д. І. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі. Вінниця: ВНТУ, 2016. 320 с.
11. Радченко В. В. Основи технічного обслуговування та ремонту машин. Полтава: ПДАА, 2018. 250 с.
12. Сидоренко А. М. Технологія ремонту автомобілів. Київ: КНУ, 2017. 300 с.
13. Тарасов Ю. О. Технічний сервіс і ремонт машинобудівних виробів. Львів: Львівська політехніка, 2019. 280 с.

14. Уманець І. В. Технологічні процеси технічного обслуговування машин. Миколаїв: НУК, 2016. 260 с.
15. Федоренко М. І. Основи технології ремонту транспортних засобів. Одеса: ОНМУ, 2018. 240 с.
16. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
17. Хоменко В. Г. Технічний сервіс і ремонт сільськогосподарської техніки. Вінниця: ВНТУ, 2017. 280 с.
18. Черненко П. П. Основи технічного обслуговування машин. Харків: ХНТУ, 2019. 320 с.
19. Шевченко С. В. Технологія технічного обслуговування автомобілів. Львів: Львівська політехніка, 2020. 300 с.
20. Щербак І. М. Технічне обслуговування та ремонт машин. Полтава: ПДАА, 2018. 270 с.
21. Яковенко А. О. Основи технології технічного обслуговування машин. Суми: СумДУ, 2017. 260 с.