

Тема: «Підвищення довговічності деталей типу валів сільськогосподарських машин»

Виконав: Турчин Олександр Олександрович

Керівник: Бондарев С.Г.

ВСТУП

Сільськогосподарський сектор відіграє значну роль в економіці України. З 41,5 мільйонами гектарів сільськогосподарських угідь, що покривають 70 відсотків території країни, та близько 25 відсотків світових запасів чорнозему, сільське господарство є найбільшою експортною галуззю України. У 2019 році сільськогосподарський сектор України генерував приблизно 9% ВВП. З огляду на очікуване зростання обсягів виробництва та відкладений попит, очікується, що імпорт сільськогосподарської техніки та обладнання в Україну зросте. Оперативна потреба в сільськогосподарській техніці та обладнанні оцінюється в 20 мільярдів доларів у 2025 році.

В Україні налічується близько 40 виробників сільськогосподарської техніки, які досі постачають значну частину сільськогосподарської техніки України, зокрема плуги, борони, культиватори, сівалки та обприскувачі. Лідерами галузі є три заводи, що виробляють трактори (Харківський тракторний завод, Південний тракторний завод та Концерн «ЛАН»), та два заводи, що виробляють комбайни, розташовані в Херсоні та Тернополі. Усі вітчизняні виробники сільськогосподарської техніки мають схожі проблеми, такі як застаріле обладнання, відсутність сучасних технологій, низька платоспроможність українських фермерських господарств та брак кредитів.

Очікується, що виробництво місцевої сільськогосподарської техніки та обладнання зросте завдяки програмі уряду України, яка пропонує 25-відсоткову підтримку на закупівлю української сільськогосподарської техніки та обладнання. Однак, за даними Центру економічного відновлення, у 2019 році частка імпортової техніки на ринку України залишалася високою на рівні 67 відсотків.

Харківський тракторний завод виробляє машини, призначені для виконання різноманітних функцій у багатьох галузях промисловості, сільськогосподарському та комунальному господарстві, будівництві. За 85 років роботи ХТЗ випустив понад 2,5 мільйона тракторів різних моделей та модифікацій. Майже всі трактори та важка спеціальна техніка є багатофункціональними та мають високі можливості модуляризації з численними навісними установками різного призначення. Технологи, конструктори, промислові дизайнери та багато інших фахівців ХТЗ розробляють нові лінійки високотехнологічних, комфортних та продуктивних машин, виготовлених з використанням інноваційних технологій та матеріалів. Окрім традиційних тракторів загального призначення, підприємство розпочало виробництво спеціальної техніки. Завод виробляв машини для механізованого зварювання.

ТОВ «Аеромех» – один з найбільших спеціалізованих заводів з виробництва передового обладнання для очищення та калібрування зерна, що виробляється виключно в Україні. Компанія перемогла у всеукраїнському конкурсі «Винахід року 2020» Торгово-промислової палати України, який визначив найкращі винаходи та розробки за останні 5 років.

«Елворті» – провідне підприємство в галузі сільськогосподарської техніки в Кропивницькому, яке має представництва у 52 містах, Лондоні та Нью-Йорку. Компанія виробляє зернові сівалки, культиватори, розкидачі добрив тощо.

Bomet – провідний польський виробник сільськогосподарської техніки з 30-річним досвідом. Він спеціалізується на машинах для підготовки ґрунту до та після збору врожаю, посіву, вирощування та збору врожаю овочів.

Ремонт сільськогосподарської техніки – необхідна послуга, адже природний знос сільгоспмашин у процесі експлуатації неминучий. Часом через перевантаження відбуваються несподівані поломки, які необхідно усунути якомога швидше, щоб уникнути простою техніки. Ремонт, обслуговування сільгосптехніки дозволяє підтримувати необхідний для успішної виробничої експлуатації технічний стан, а також відновлювати його.

Таким чином, тема дипломної роботи: «Підвищення довговічності деталей типу валів сільськогосподарських машин» актуальна і своєчасна.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ РЕМОНТУ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

1.1. Види сільськогосподарської техніки та їх використання

Сільськогосподарська техніка — це машини, що використовуються для виконання різних видів сільськогосподарських робіт. Використання машин для виконання різних робіт почалося в період індустріалізації в Середньовіччі, досягло кульмінації в сучасний час. Зрозуміло, що технології розвивалися, і були впроваджені різні типи машин для виконання різних робіт у сільському господарстві з автоматизованими технологіями. Завдяки цим машинам багато роботи можна виконати всього за кілька годин.

Сільськогосподарська техніка здійснила революцію в сільському господарстві, підвищивши ефективність та продуктивність. Цей посібник пропонує детальний огляд різних типів сільськогосподарської техніки, їх використання та останніх інновацій у цій галузі.

Сільськогосподарська техніка значно еволюціонувала від простих ручних знарядь до складних високотехнологічних систем. Ранні машини, такі як плуг і жниварка, революціонізували сільське господарство, підвищивши ефективність та продуктивність. Сьогодні завдяки технологічному прогресу з'явилися машини, які можуть працювати автономно, використовувати аналітичні дані та значно зменшувати вплив сільського господарства на навколишнє середовище. Ця еволюція є надзвичайно важливою, оскільки сільське господарство

стикається зі зростаючим тиском на виробництво більшої кількості продуктів харчування з меншими ресурсами.

Зі зростанням населення світу зростає попит на продукти харчування, що створює більший тиск на сільськогосподарський сектор. Сучасна техніка відіграє ключову роль у задоволенні цих потреб, підвищуючи ефективність, зменшуючи витрати на робочу силу та мінімізуючи вплив на навколишнє середовище. З огляду на такі проблеми, як нестача робочої сили, зміна клімату та дефіцит ресурсів, новітні технології в сільськогосподарській техніці пропонують рішення, які можуть допомогти фермерам задовольнити ці потреби, одночасно вирішуючи проблеми сталого розвитку.

Ключові новітні технології в сільськогосподарській техніці [1, 2]

Автономні машини

Автономна техніка, включаючи трактори, комбайни та дрони, є значним кроком вперед у сільськогосподарських технологіях. Ці машини працюють без втручання людини, керуючись складними алгоритмами, датчиками та системами GPS. Автономні трактори можуть виконувати такі завдання, як посадка, обробка ґрунту та збір врожаю, з мінімальним втручанням людини, підвищуючи ефективність та зменшуючи витрати на оплату праці. Так само автономні комбайни можуть працювати цілодобово, максимізуючи продуктивність та мінімізуючи час простою.

Точне землеробство

Точне землеробство використовує передові технології, такі як GPS, сенсори та штучний інтелект (ШІ), для оптимізації сільськогосподарських практик. Технологія GPS дозволяє створювати точне картографування та навігацію полів, забезпечуючи оптимальну глибину та відстань між сільськогосподарськими культурами. Датчики збирають дані про стан ґрунту, здоров'я культур та погодні умови, що дозволяє фермерам застосовувати добрива, пестициди та воду з високою точністю. Такий підхід, заснований на даних, зменшує кількість відходів, підвищує врожайність та покращує загальне управління фермерським господарством.

Дрони та аерофотозйомка

Дрони, оснащені камерами та датчиками високої роздільної здатності, надають фермерам цінні можливості аерофотозйомки. Вони можуть швидко обстежувати великі площі, роблячи детальні зображення посівів та полів. Ця інформація допомагає фермерам контролювати стан сільськогосподарських культур, виявляти зараження шкідниками та оцінювати ефективність обробок. Дрони також сприяють точному застосуванню пестицидів та добрив, зменшуючи потребу в ручній праці та мінімізуючи вплив на навколишнє середовище.

Електричні та гібридні машини

Перехід до техніки на електричному та гібридному двигуні набирає обертів у сільськогосподарському секторі. Електричні трактори та обладнання пропонують кілька переваг, включаючи зниження викидів, нижчі експлуатаційні витрати та тихішу роботу. Гібридна техніка поєднує електричну та традиційну паливну енергію, забезпечуючи баланс між продуктивністю та екологічними перевагами. Цей перехід узгоджується з глобальними зусиллями щодо зменшення вуглецевого сліду та просування сталих методів ведення сільського господарства.

Робототехніка в сільському господарстві

Робототехніка робить свій внесок у сільське господарство завдяки розробці роботів для виконання різних завдань, таких як збирання врожаю, прополювання та посадка. Ці роботи призначені для автономної та високоточної роботи, що вирішує проблему нестачі робочої сили та підвищує ефективність. Наприклад, роботизовані комбайни можуть збирати фрукти та овочі з делікатним поводженням, зменшуючи пошкодження врожаю та підвищуючи його якість. Так само роботи-прополіровщики можуть виявляти та видаляти бур'яни без використання хімікатів, сприяючи більш сталим методам ведення сільського господарства.

Роль даних у сільськогосподарській техніці

Великі дані та аналітика

Інтеграція великих даних та аналітики в сільськогосподарську техніку змінює те, як фермери керують своєю діяльністю. Техніка, оснащена можливостями збору даних, генерує величезні обсяги інформації про різні аспекти сільського господарства. Аналіз цих даних допомагає фермерам приймати обґрунтовані рішення щодо управління сільськогосподарськими культурами, продуктивності обладнання та використання ресурсів. Наприклад, дані про стан ґрунту можуть допомогти у точному внесенні добрив, тоді як дані про продуктивність техніки можуть прогнозувати потреби в технічному обслуговуванні, запобігаючи дорогим простоям та ремонтам.

Інтеграція Інтернету речей (IoT)

Інтернет речей (IoT) передбачає підключення техніки та пристроїв до Інтернету для забезпечення моніторингу та контролю в режимі реального часу. Датчики IoT, встановлені в сільськогосподарській техніці, надають безперервні дані про такі фактори, як рівень палива, продуктивність двигуна та робочий стан. Таке підключення дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг, дозволяючи фермерам відстежувати продуктивність техніки з будь-якого місця. Інтеграція IoT покращує автоматизацію та надає цінну інформацію для оптимізації сільськогосподарських операцій, зменшення споживання енергії та підвищення загальної ефективності.

Штучний інтелект та машинне навчання

Штучний інтелект (ШІ) та алгоритми машинного навчання все частіше використовуються в сільськогосподарській техніці для покращення прийняття рішень та автоматизації. Системи на базі ШІ можуть аналізувати дані з різних джерел, таких як датчики та супутникові знімки, щоб робити прогнози щодо врожайності сільськогосподарських культур, спалахів шкідників та оптимальних умов посіву. Алгоритми машинного навчання дозволяють техніці навчатися на основі історичних даних та покращувати продуктивність з часом, що призводить до більш точних та ефективних сільськогосподарських практик. Застосування ШІ в сільському господарстві прокладає шлях для розумнішого землеробства, заснованого на даних.

Сталий розвиток та вплив на навколишнє середовище

Сталий дизайн машин

Конструкція сільськогосподарської техніки дедалі більше зосереджена на сталому розвитку. Виробники розробляють машини, які використовують екологічно чисті матеріали, зменшують викиди та підвищують енергоефективність. Наприклад, нові матеріали використовуються для створення біорозкладних компонентів, а енергоефективні двигуни зменшують вплив техніки на навколишнє середовище. Принципи сталого проектування спрямовані на мінімізацію впливу сільськогосподарської діяльності на навколишнє середовище, одночасно сприяючи довгостроковій життєздатності.

Зменшення вуглецевого сліду

Однією з ключових переваг нових технологій у сільськогосподарській техніці є скорочення викидів вуглецю. Електрична та гібридна техніка сприяє зниженню викидів парникових газів, замінюючи традиційне обладнання з дизельним двигуном. Крім того, досягнення в точному землеробстві та аналітика на основі даних допомагають оптимізувати використання ресурсів, що ще більше зменшує вуглецевий слід сільськогосподарської діяльності. Впровадження цих технологій підтримує глобальні зусилля щодо боротьби зі зміною клімату та досягнення цілей сталого розвитку.

Збереження води та ресурсів

Збереження води та ресурсів є критично важливими міркуваннями в сучасній сільськогосподарській практиці. Нові технології в машинобудуванні розроблені для підвищення ефективності використання води та мінімізації втрат ресурсів. Наприклад, системи точного зрошення використовують дані з ґрунтових датчиків, щоб постачати точну кількість води, необхідну для сільськогосподарських культур, зменшуючи втрати води та забезпечуючи оптимальні умови росту. Аналогічно, техніка, яка інтегрується з аналітикою даних, допомагає фермерам ефективніше управляти ресурсами, підтримуючи сталий розвиток сільського господарства.

Проблеми впровадження нових технологій

Витратні бар'єри

Впровадження передової сільськогосподарської техніки часто передбачає значні початкові інвестиції. Високі витрати, пов'язані з придбанням та впровадженням нових технологій, можуть бути перешкодою для малих та середніх фермерських господарств. Хоча ці технології пропонують довгострокові переваги, такі як підвищення ефективності та зниження експлуатаційних витрат, початкові витрати можуть бути непомірними для деяких фермерів. Фінансова допомога, субсидії та варіанти фінансування є важливими для підтримки ширшого впровадження цих інновацій.

Інфраструктура та зв'язок

У багатьох сільських районах бракує необхідної інфраструктури та зв'язку для повного використання передових сільськогосподарських технологій. Інтернет речей та системи, що базуються на даних, залежать від стабільного інтернет-з'єднання, яке може бути обмеженим у віддалених регіонах. Усунення прогалин в інфраструктурі та покращення зв'язку мають вирішальне значення для забезпечення того, щоб усі фермери могли скористатися перевагами технологічного прогресу. Для подолання цих проблем необхідні спільні зусилля урядів, постачальників технологій та сільських громад.

Навчання та адаптація робочої сили

Зі зростанням досконалості сільськогосподарської техніки зростає потреба в навчанні та освіті, щоб фермери та працівники могли ефективно використовувати нові технології. Програми розвитку навичок та навчальні ініціативи є важливими для підготовки робочої сили до роботи зі складною технікою та програмним забезпеченням. Подолання дефіциту навичок та надання постійної підтримки допоможуть фермерам адаптуватися до технологічних змін та максимізувати переваги нової техніки.

Майбутні тенденції в сільськогосподарській техніці

Співпраця з технологічними компаніями

Майбутнє сільськогосподарської техніки формується завдяки співпраці між сільськогосподарськими та технологічними компаніями. Партнерства

стимулюють інновації, поєднуючи сільськогосподарський досвід із передовими технологіями. Наприклад, технологічні компанії співпрацюють з виробниками обладнання для розробки передової техніки, яка інтегрує штучний інтелект, робототехніку та аналітику даних. Ця співпраця призводить до проривів в управлінні фермерським господарством та операційній ефективності, пропонуючи фермерам нові інструменти для вирішення проблем, що постійно змінюються.

Штучний інтелект в автономному фермерстві

Штучний інтелект (ШІ) готовий революціонізувати автономні сільськогосподарські системи. Алгоритми ШІ інтегруються в автономні трактори, комбайни та дрони для розширення їхніх можливостей. ШІ дозволяє цим машинам приймати рішення в режимі реального часу на основі даних з датчиків, камер та даних про навколишнє середовище. Такий рівень інтелекту дозволяє виконувати повністю автономні сільськогосподарські операції, від посадки до збору врожаю, з мінімальним втручанням людини. Потенціал ШІ для оптимізації всього циклу сільськогосподарського виробництва величезний, що обіцяє підвищення ефективності та продуктивності.

Розумне обладнання та прогнозне обслуговування

Розумна техніка, оснащена датчиками та технологією Інтернету речей, стає все більш поширеною в сільському господарстві. Ці машини можуть самостійно діагностувати проблеми, контролювати продуктивність та надавати сповіщення про потреби в технічному обслуговуванні. Прогнозоване технічне обслуговування, що базується на аналізі даних, допомагає запобігти збоєм обладнання до їх виникнення, зменшуючи час простою та подовжуючи термін його служби. Такий проактивний підхід до технічного обслуговування змінює те, як фермери керують своїм обладнанням, що призводить до більш надійної та ефективної роботи ферми.

Вертикальне фермерство та міське сільське господарство

Вертикальне землеробство та міське сільське господарство – це нові тенденції, що потребують спеціалізованої техніки. Вертикальні ферми, які

вирощують культури шарами, використовують передові системи освітлення, клімат-контролю та доставки поживних речовин. Техніка, розроблена для цих середовищ, має бути адаптивною та ефективною, підтримуючи виробництво сільськогосподарських культур з високою щільністю вирощування в міських умовах. Зі зростанням міського сільського господарства зростатиме попит на інноваційну техніку, здатну впоратися з унікальними викликами закритого та вертикального землеробства.

Тематичні дослідження

Розгортання автономних тракторів у великих фермах

Велика ферма на Середньому Заході успішно інтегрувала автономні трактори у свою діяльність. Ці трактори виконують посадку, обробку ґрунту та збирання врожаю з мінімальним наглядом людини. Впровадження автономних технологій збільшило продуктивність ферми на 30% та значно знизило витрати на оплату праці. Дані, зібрані з цих тракторів, також надали цінну інформацію про стан ґрунту та продуктивність сільськогосподарських культур, що ще більше покращило управління фермерським господарством.

Дрони для точного землеробства на малих фермах

Невелика ферма в Кенії впровадила технологію дронів для покращення моніторингу посівів та боротьби зі шкідниками. Дрони надають зображення ферми з високою роздільною здатністю, що дозволяє фермеру виявляти зараження шкідниками на ранній стадії та застосовувати цілеспрямовані методи обробки. Такий підхід зменшив потребу в хімічних засобах на 40% та підвищив врожайність на 20%. Використання дронів також спростило сільськогосподарські операції, заощадивши час та ресурси.

Електричні комбайни у сталому сільському господарстві

Органічна ферма в Нідерландах перейшла на електричні комбайни для досягнення своїх цілей сталого розвитку. Електричні комбайни працюють тихіше та не мають викидів, що відповідає зобов'язанню ферми щодо зменшення впливу на навколишнє середовище. Перехід на електричну техніку не лише

зменшив вуглецевий слід ферми, але й знизив експлуатаційні витрати, пов'язані з паливом та технічним обслуговуванням.

Таким чином, майбутнє сільськогосподарської техніки формується захопливими технологічними досягненнями. Від автономних машин та точного землеробства до розумної техніки та сталого дизайну – ці інновації змінюють спосіб функціонування фермерських господарств. Впровадження цих нових технологій допоможе фермерам підвищити ефективність, зменшити вплив на навколишнє середовище та задовольнити зростаючий світовий попит на продукти харчування. Оскільки сільськогосподарський сектор продовжує розвиватися, бути в курсі останніх тенденцій та досягнень буде вирішальним для збереження конкурентоспроможності та сталого розвитку.

1.2. Класифікація сільськогосподарської техніки

Сільськогосподарську техніку можна умовно розділити на такі категорії:

- Обладнання для обробітку ґрунту
- Посадкова та посівна техніка
- Іригаційне обладнання
- Машини для захисту рослин та внесення добрив
- Збиральне обладнання
- Машини для післязбиральної та переробної обробки
- Транспортне та складське обладнання

Посадкова та посівна техніка

Сівалки: точне розміщення насіння на певній глибині та з певними інтервалами.

Розсадосадильні машини: для ефективної посадки розсади.

Розкидні сівалки: Розкидання насіння на великій площі.

Сівалки точного висіву: для просапних культур, що забезпечують точне розміщення насіння.

Іригаційне обладнання

Системи центрального повороту.

Системи крапельного зрошення.

Спринклери.

Обладнання для зрошення борозни.

Машини для захисту рослин та внесення добрив

Обприскувачі, ранцеві обприскувачі, штангові обприскувачі, повітряні обприскувачі, розкидачі добрив, розкидні розкидачі, крапельні розкидачі, аплікатори рідких добрив, розтилювачі, розтилювачі (для боротьби з органічними бур'янами.)

Збиральне обладнання

Зернозбиральні комбайни: для зернових та круп'яних культур.

Збирачі бавовни: спеціалізовані на збиранні бавовни.

Кормозбиральні комбайни: для кормових культур.

Комбайни для збору коренеплодів: для картоплі, моркви тощо.

Комбайни для збору фруктів та горіхів: спеціалізовані для садових культур.

Машини для післязбиральної та переробної обробки

Молотарки, віялки, сортувальники та грейдери, сушарки, фрезерне обладнання.

Транспортне та складське обладнання

Причепи та вагони.

Зернові шнеки.

Конвеєри.

Силоси та контейнери для зберігання.

Інновації в сільськогосподарській техніці

Технології точного землеробства

Системи GPS-наведення: підвищення точності посадки, обприскування та збору врожаю.

Технологія дронів: для моніторингу посівів та цілеспрямованої обробки.

Датчики Інтернету речей: збір даних у режимі реального часу для прийняття обґрунтованих рішень.

Технологія змінної норми (VRT): Оптимізація внесення добрив на основі мінливості поля

Автономне та робототехнічне землеробство

Самокеровані трактори.

Роботизовані комбайни.

Автоматизовані системи зрошення.

Роботи для боротьби з бур'янами на базі штучного інтелекту.

Стале та екологічно чисте обладнання

Електричні та гібридні машини.

Біорозкладні шари мульчі..

Прецизійні обприскувачі для зменшення використання хімікатів

Енергоефективне технологічне обладнання.

Фактори, які слід враховувати при виборі сільськогосподарської техніки

Поради щодо технічного обслуговування сільськогосподарської техніки

- Регулярне очищення та огляд
- Своєчасне змащування рухомих частин
- Правильне зберігання в міжсезоння
- Дотримання графіків обслуговування виробника
- Навчання операторів правильному використанню та догляду
- Ведення детальних записів про технічне обслуговування
- Запасні частини для зберігання

Економічний вплив сільськогосподарської техніки

Підвищення продуктивності сільського господарства.

Зниження витрат на робочу силу.

Покращена якість та врожайність врожаю.

Посилена продовольча безпека.

Внесок у розвиток сільської економіки.

Розподіл типів сільськогосподарської техніки.

Косарки

Газонокосарка — це машина, яка скошує траву або інші рослини, що ростуть на землі. Зазвичай скошування відрізняється від жнив, для яких використовуються подібні знаряддя, але це традиційний термін для позначення збору врожаю зернових культур. Для догляду за газоном або пасовищами оберіть газонокосарку з ручним приводом, газонокосарку з нульовим кутом повороту, навісну газонокосарку або причіпну газонокосарку. Якщо ви заготівлюєте сіно, вам може знадобитися серповиднокосарка, барабанна газонокосарка або дискова газонокосарка. Для великих площ варто розглянути газонокосарки з кущорізом, газонокосарки з крилами кажана та косарки з віброплитом.

Екскаватор-навантажувач

Екскаватори-навантажувачі також чудово підходять для копання ям для стовпів парканів або незначних земляних робіт, таких як копання невеликих ставків та водних об'єктів. Якщо вам потрібні інструменти для копання ям, то екскаватор-навантажувач — це саме те обладнання, яке вам потрібно. Екскаватори-навантажувачі доступні як окремі гідравлічні знаряддя для різних типів тракторів.

Гарроу

Борони призначені для буксирування за трактором або всюдиходом з метою вирівнювання поверхні ґрунту.

Культиватор

Основна функція культиватора полягає в підготовці належного насінневого ложа для посіву культури, загортанні пожнивних залишків у ґрунт (що допомагає прогріти ґрунт перед посадкою), боротьбі з бур'янами, перемішуванні та ущільненні ґрунту, щоб забезпечити рослинам достатню кількість води та поживних речовин для гарного росту протягом вегетаційного періоду. Обладнання має багато стійки, встановлених на нижній стороні металевої рами, та невеликі вузькі стрижні в задній частині машини, які вирівнюють поверхню ґрунту для легшого пересування пізніше під час посадки.

Граблі

Граблі є незамінними, якщо ви заготівляєте сіно, і бувають кількох різних типів, включаючи колісні граблі, граблі з паралельними брусами, роторні та стрічкові граблі.

Трактор

Трактори бувають різних розмірів і є дуже універсальним сільськогосподарським обладнанням. Звичайно, вам потрібно вибрати той, який має саме ту потужність і правильний коефіцієнт зчпного пристрою, що відповідає роботі, для якої ви плануєте його використовувати. Двоколісний трактор, відомий як мотоблок, можна використовувати разом з різноманітним навісним обладнанням, включаючи прес-підбирач сіна, ґрунтофрезу, сівалку, причіп, формувач грядок тощо.

Зернозбиральний комбайн

Сучасний зернозбиральний комбайн, або просто комбайн, — це універсальна машина, призначена для ефективного збору врожаю різноманітних зернових культур. Назва походить від поєднання трьох окремих операцій збирання врожаю: жнив, обмолоту та віяння в один процес. Серед культур, що збираються комбайном, є пшениця, овес, жито, ячмінь, кукурудза, сорго, соя, льон, соняшник та ріпак. Відокремлена солома, що залишається на полі, складається зі стебел та будь-якого листя, що залишилося після врожаю, з обмеженою кількістю поживних речовин: солону потім або подрібнюють, розкидають по полю та заорюють, або тюкують для підстилки та корму для худоби.

Обприскувач

Обприскувач – це обладнання, яке використовується для внесення гербіцидів, пестицидів та добрив на сільськогосподарські культури. Розміри обприскувачів різняться: від портативних установок (зазвичай рюкзачних з розпилювачами) до причіпних обприскувачів, що підключаються до трактора.

Ланцюгова пила

Бензопили мають велику цінність і широко використовуються на сільськогосподарських об'єктах, а також в інших сферах, де вони були необхідні.

Їх можна розпізнати за обертовими зубцями, які прикріплені до обертового ланцюга на напрямній шині. Циліндричний двигун з акумуляторною батареєю або бензином є необхідним для живлення бензопили. Бензопили - це портативні ручні машини, які можна використовувати для різноманітних робіт з деревом/металом. Ці універсальні пристрої можуть різати будь-який матеріал, незалежно від його розміру чи товщини. Бензопила - це небезпечний інструмент, і його слід використовувати з обережністю.

Кущоріз

Кущоріз (також званий кущорізом або очисною пилою) — це садовий або сільськогосподарський інструмент з двигуном, який використовується для обрізання бур'янів, невеликих дерев та іншої рослинності, недоступної для газонокосарки або роторної газонокосарки. До машини можна прикріпити різні леза або тримерні головки для певних застосувань.

Лісопилний завод

Лісоруба або пиломатеріал — це підприємство, де колоди розпилюють на пиломатеріали. Сучасні лісопилки використовують моторизовану пилку для розпилювання колод вздовж для виготовлення довгих шматків та поперек до потрібної довжини залежно від стандартних або нестандартних розмірів (габаритні пиломатеріали). «Портативна» лісопилка проста в експлуатації. Колода лежить пласко на сталевій платформі, а моторизована пилка розпилює колоду горизонтально вздовж довжини платформи, використовуючи оператора, який вручну штовхає пилку. Найпростіший тип лісопилки складається з бензопили та спеціального кондуктору з аналогічним горизонтальним режимом роботи.

Таким чином, сільськогосподарська техніка відіграє вирішальну роль у сучасному сільському господарстві, підвищуючи продуктивність, зменшуючи трудомісткість та забезпечуючи ефективність різних сільськогосподарських операцій, від підготовки землі та посадки до збору врожаю та післязбиральної обробки. Розуміння різних типів обладнання та їхнього конкретного

використання дозволяє фермерам та агробізнесу приймати обґрунтовані рішення, що оптимізують їхній робочий процес та врожайність.

Незалежно від того, чи це невелика ферма, чи велике сільськогосподарське підприємство, інвестування в правильну техніку є ключем до успіху. Завдяки правильним інструментам фермери можуть не лише заощадити час і зусилля, але й досягти більшої врожайності з покращеною стабільністю та безпекою.

1.3. Види ремонту та технічного обслуговування

Сільське господарство є важливою галуззю в економіці багатьох країн. Воно необхідне не лише для виробництва продуктів харчування, але й для забезпечення зайнятості та добробуту населення. Сільськогосподарська техніка є невід'ємною частиною цієї галузі, а її ремонт та відновлення відіграють важливу роль у забезпеченні надійності та ефективності сільськогосподарського виробництва.

Коли сільськогосподарська техніка виходить з ладу, це може призвести до значних простоїв та витрат на заміну. Однак, як правило, ремонт та відновлення можуть бути більш економічно ефективними рішеннями.

Ремонт сільськогосподарської техніки залежно від обсягу робіт, складності, періодичності проведення поділяється на поточний та капітальний ремонт.

Поточний ремонт схем техніки проводиться без її повного розбирання, полягає в заміні пошкоджених, зношених деталей новими або відновленими (відремонтованими заздалегідь). Він може бути плановим (проводиться, як правило, одночасно з плановим технічним обслуговуванням сільськогосподарської техніки) та позаплановим (проводиться, коли виникає така потреба, зазвичай у зв'язку з поломкою, відмовою).

Капітальний ремонт сільськогосподарської техніки – це масштабний плановий ремонт, який передбачає повне розбирання, дефектаційні перевірки

всіх деталей і вузлів з подальшою заміною зношених деталей. Він проводиться при вичерпанні міжремонтного ресурсу, як правило, у терміни, рекомендовані виробником техніки.

Діяльність, що входить до системи технічного обслуговування сільськогосподарської техніки, є більш різноманітною. Технічне обслуговування може виконуватися: як частина підготовки до експлуатаційного обкатки, сама обкатка та після її завершення; до або в кінці кожної робочої зміни; періодично (інтервали обслуговування зазвичай оцінюються в годинах роботи двигуна, також може враховуватися кількість витраченого палива, також можуть враховуватися еталонні гектари, оброблені сільськогосподарською технікою); під час переходу до літньо-весняного та осінньо-зимового сезонів; під час підготовки до тривалого зберігання, під час такого зберігання та перед вийманням зі сховища. Технічне обслуговування сільськогосподарської техніки в особливих умовах експлуатації включає додаткові операції, крім тих, що передбачені для стандартних умов експлуатації.

Сервіс сільськогосподарської техніки.

Як правило, великі агропромислові комплекси мають кваліфікованого механіка з ремонту сільськогосподарської техніки або навіть цілу команду таких спеціалістів, вони також займаються профілактичним обслуговуванням. Але частіше наймати такого спеціаліста на постійній основі не вигідно, коли виникає потреба в ремонті, обслуговуванні сільськогосподарської техніки, її власники звертаються до компаній, що надають такі послуги. Фахівці спеціальних підприємств можуть навчити представників замовника (механізаторів) правилам експлуатації придбаної у них сільськогосподарської техніки, та проведенню щоденного технічного обслуговування; виконувати пусконаладжувальні роботи, проводити технічне обслуговування під час експлуатаційної обкатки; забезпечують гарантійне та післягарантійне обслуговування сільськогосподарської техніки.

Трактори, плуги, сівалки, прес-підбирачі та обприскувачі – це лише кілька прикладів ремонту та обслуговування сільськогосподарської техніки, яка відіграє невід'ємну роль у щоденній роботі на фермі.

Поломка сільськогосподарської техніки безпосередньо впливає на продуктивність ферми, тому важливо впроваджувати стратегію профілактичного обслуговування найважливішого важкого обладнання.

Нижче представлені найпоширеніші типи сільськогосподарської техніки — як вони використовуються, як виконувати їх технічне обслуговування та, за необхідності, як їх ремонтувати, щоб уникнути надмірних незапланованих простоїв.

Трактор

Трактори мають механічну схожість з транспортними засобами, які ви бачите на дорозі; однак, на відміну від цих транспортних засобів, вони мають високу потужність на низьких швидкостях. У сільському господарстві трактори використовуються для штовхання або буксирування сільськогосподарської техніки або причепів. А додавання навісного обладнання розширює можливості використання причепа. Наприклад, плуги додаються для підготовки ґрунту; дискові борони допомагають розбивати грудки; сівалки допомагають під час посадки; а культиватори використовуються для боротьби з бур'янами. Косарки та роторні різакі обробляють траву та кущі, тоді як фронтальні навантажувачі та екскаватори-навантажувачі допомагають піднімати та копати. Трактори також використовують снігоприбиральне обладнання спереду, щоб відштовхувати та очищати сніг з доріг, під'їздів та інших поверхонь.

Приклади ремонту та технічного обслуговування тракторів

Заміна оливи: Регулярно замінюйте оливу кожні 100-150 годин роботи.

Перевірка шин: перевірте тиск у шинах та їх знос.

Перевірте повітряні фільтри: очистіть або замініть фільтри, якщо вони брудні або засмічені.

Обслуговування паливної системи: Переконайтеся, що паливні магістралі чисті, а паливні фільтри — нетто.

Змащуйте з'єднання: Змащуйте рухомі частини, щоб запобігти зносу та іржі.

Перевірте ремені та шланги: огляньте їх на знос та замініть за необхідності.

Зернозбиральний комбайн

Зернозбиральний комбайн (рис. 1.1), також відомий як комбайн, збирає врожай та відокремлює зернові, такі як кукурудза, пшениця та ячмінь, від неїстівних частин рослини одним махом. Спочатку він зрізає врожай біля основи; потім вся рослина потрапляє в барабан комбайна, і зерна витягуються зі стебел.



Рисунок 1.1 – Фото зернозбирального комбайну [3]

Полову (лушпиння або зовнішні шари зерна) переміщують у задню частину комбайна, поки зерно проходить через зерновий бункер. Звідти вона потрапляє до розвантажувача та потрапляє у причіп. Полову можна використовувати в інших місцях ферми. Наприклад, її можна використовувати як підстилку для тварин, додавати до солом'яних тюків або розкидати як корм для ґрунту.

Приклади ремонту та обслуговування комбайнів

Перевірте систему обмолоту: регулярно очищуйте молотильний барабан та решето комбайна.

Перевірте ремені: замініть зношені або потерті ремені для підтримки ефективності.

Заточення ріжучих лез: Заточіть або замініть леза для плавного збирання врожаю.

Перевірте рівень оливи: переконайтеся, що рівень оливи в двигуні та гідравліці знаходиться на правильному рівні.

Перевірте шнек: переконайтеся, що шнек не містить сміття та добре змащений.

Плуг

Плуг – це знаряддя, яке використовується для підготовки насінневого ложа шляхом перевертання та розпушування ґрунту та залишків старих рослин. Це допомагає контролювати розмноження бур'янів, аерує ґрунт і робить його більш насиченим поживними речовинами та родючим, дозволяючи йому утримувати більше вологи.

Традиційно плуги тягнули коні або воли, але сьогодні їх тягнуть і приводять у рух трактори. Вони можуть мати залізну, сталеву або дерев'яну раму з прикріпленими лезами — вони відомі як «нижні» або «бороздні лопати». Їхні форми та ріжучі кромки можуть відрізнятися, кожна з них призначена для певного завдання або типу ґрунту.

Приклади ремонту та обслуговування плугів

Перевірте лемеші плуга: перевірте на знос і замініть їх, якщо ріжучі кромки затуплені або пошкоджені.

Змастіть шарніри та рухомі частини: запобіжіть іржі та забезпечте плавну роботу.

Затягніть болти та гайки: перед використанням переконайтеся, що всі з'єднання надійно закріплені.

Культиватор

Фермери використовують культиватори для підготовки ґрунту, але те, як вони використовуються, залежить від обсягу робіт. Культиватори розпушують та аерують верхній шар ґрунту, щоб створити гладке насінневе ложе. Вони контролюють бур'яни, порушуючи ґрунт навколо посівів, вириваючи бур'яни та закопуючи їхнє листя, щоб запобігти їхньому фотосинтезу. Вони порушують ґрунт певними способами, що щадить сільськогосподарські рослини, але знищує бур'яни. Культиватори можуть допомогти змішати ґрунт для горщиків та звичайний ґрунт або внести в ґрунт добрива, гній чи компост.

Культиватори бувають з двигуном або ручними, з лезами або зубчастими хвостовиками. Вони використовуються в присадибних господарствах (зазвичай вручну) та у великих сільськогосподарських операціях на тракторах.

Приклади ремонту та обслуговування культиваторів

Перевірте зубці: переконайтеся, що зубці не зігнуті, не зламані та не затуплені.

Змащування підшипників: запобігання іржі та забезпечення плавного руху обладнання.

Перевірте та затягніть болти: переконайтеся, що всі деталі надійно закріплені.

Сівалка/Пляшка

Сівалки та саджалки висівають насіння, але хоча терміни для обох використовуються як взаємозамінні, вони виконують свої функції по-різному. Сівалки висівають насіння на певну глибину та міжряддя, щоб забезпечити рівномірний розподіл насіння в дрібнозернових та зернових культурах, таких як пшениця, ріпак та ріпак. Сівалки точніші у розподілі насіння протягом посівного періоду. Вони забезпечують рівномірну відстань між рядами та використовуються для більших культур, таких як соняшник, кукурудза або овочі.

Як сівалки, так і саджалки є тракторними знаряддями, оскільки трактор забезпечує необхідну потужність для роботи сівалки. Вони забезпечують

ефективність, точність та рівномірність посіву, а також захищають насіння від тварин і птахів.

Приклади ремонту та обслуговування сівалок/сівалок

Перевірте систему подачі насіння: переконайтеся, що насінневі трубки чисті та не засмічені.

Перевірте та замініть посадкові диски: переконайтеся, що посадкові диски не зношені та не тріснуті.

Змащуйте рухомі частини: забезпечте безперебійну роботу механізмів.

Прес-підбирач

Прес-підбирачі збирають, стискають та зв'язують сіно, соломку або інші культури в щільні тюки. Вони дозволяють фермам збирати та зберігати сіно як корм для худоби, а також пресувати соломку або рослинні залишки для різних цілей. Круглі прес-підбирачі створюють великі циліндричні тюки, а квадратні – менші прямокутні.

Пухку масу, таку як сіно, зрізають, скошують і згрібають у ряди. Прес-підбирач підбирає її та подає в пресувальну камеру, де вона стискається та формується в тюк. Як тільки вона досягає потрібного розміру, її обмотують сіткою або шпагатом, щоб скріпити, а потім вивантажують з прес-підбирача.

Приклади ремонту та обслуговування прес-підбирачів

Перевірка та заміна ременів: Прес-підбирачі часто мають серію ременів, які потребують заміни в разі зносу.

Перевірте та замініть ланцюги: Ланцюги життєво важливі для подачі матеріалу в прес-підбирач.

Змащуйте ролики та підшипники: Переконайтеся, що рухомі частини добре змащені, щоб запобігти передчасному зносу.

Косарка

Навісні газонокосарки (рис. 1.2) скошують або злегка підчісують траву чи бур'яни на широкій смузі землі для догляду за полями, контролю рослинності шляхом контролю небажаного росту та іншої підготовки землі до

сільськогосподарської діяльності. Знаряддя газонокосарок також використовується для догляду за узбіччями доріг та іншими зарослими ділянками.

У сільському господарстві використовується багато типів косарок. Косарки-мушлі призначені для роботи з найскладнішою та найнерівнішою місцевістю. Роторні та косарки-«летюча миша» використовуються на луках та пасовищах для скошування великих трав'янистих ділянок. Серпоподібні та барабанні косарки також скошують траву, але також використовуються для сінокосіння. Косарки-підбирачі скошують з більшою точністю та використовуються для догляду за полями для гольфу, іншими спортивними майданчиками та газонами.



Рисунок 1.2 – Фото косарки [3]

Приклади ремонту та обслуговування газонокосарок

Заточування лез: Регулярно заточуйте леза газонокосарки, щоб забезпечити чисте зрізання.

Перевірте рівень оливи: Підтримуйте належний рівень моторної оливи.

Перевірте ремені та шків: замініть будь-які зношені або пошкоджені ремені.

Обприскувач

Сільськогосподарські обприскувачі використовуються для нанесення хімічних рідин, таких як добрива, гербіциди або пестициди, на великі ділянки

рослин або сільськогосподарських культур, щоб підтримувати їхнє здоров'я протягом циклу росту. Вони бувають різних типів і розмірів, від ручних ранцевих до систем, що працюють на тракторах. Деякі поширені сільськогосподарські обприскувачі - це штангові обприскувачі, які забезпечують покриття великої площі; обприскувачі для всюдиходів/автомобілів без обмежень для обприскування ділянок; та ранцеві обприскувачі для точкової обробки.

Завдяки точному застосуванню, обприскувачі забезпечують отримання поживних речовин та захист від шкідників і хвороб урожайними культурами. Такий цілеспрямований підхід зменшує кількість відходів і допомагає фермам заощаджувати гроші та час, оскільки обприскувачі можуть швидко покривати великі площі. Обприскувачі також допомагають захистити навколишнє середовище, оскільки потенційні стічні води та забруднення хімікатами в прилеглих місцях зводяться до мінімуму.

Приклади ремонту та обслуговування обприскувачів

Очищення форсунок та фільтрів: Запобігайте засміченню, регулярно очищуючи форсунки обприскувача.

Перевірте шланги та з'єднання: переконайтеся, що всі шланги у справному стані та не протікають.

Перевірте насос: переконайтеся, що насос працює належним чином, без витоків або несправностей.

Автовантажувач

Сільськогосподарські вилкові навантажувачі можуть бути приєднані до тракторів або бути автономними транспортними засобами. Вони використовуються для підйому та переміщення важких предметів, таких як корм для тварин, тюки сіна, насіння та добрива. Вони роблять завантаження та розвантаження сільськогосподарських матеріалів легким та швидким, а також можуть легко транспортувати велику кількість матеріалів з місця на місце.

Автовантажувачі використовуються для штабелювання та зберігання предметів у недоступних місцях, що дозволяє фермам максимально

використовувати простір для зберігання. За допомогою належного навісного обладнання автонавантажувач можна використовувати для підмітання та очищення загонів для тварин і підлоги корівників, а також для посіву чи збору врожаю.

Приклади ремонту та обслуговування вилкових навантажувачів

Перевірте гідравлічну рідину: переконайтеся, що рівень рідини достатній, а система герметична.

Перевірте шини: перевірте їх на знос та правильність накачування.

Змащування щогли: Регулярно змащуйте щоглу для плавного підйому та опускання.

Граблі для сіна

Граблі збирають сіно в ряди (відомі як «валки»), щоб прес-підбирач міг легше його підбирати. Сіно не можна тюкувати безпосередньо з полоску сінокосачкою — воно погано висихає, якщо його не перевернути, розпушити та не перевернути сінозворушкою або граблями. Шлях, що залишається від косарки, нелегко підбирати прес-підбирачем, і це призведе до втрати сіна.

Граблі-ворушилки дозволяють оператору згрібати щонайменше два смуги косарки в одну лінію для пресування. Оператор робить менше проходів прес-підбирачем і створює більш рівномірно щільні та якісні тюки.

Приклади ремонту та обслуговування грабелів для сіна

Перевірте зубці грабелів: перевірте їх на наявність пошкоджень або зносу та замініть за необхідності.

Змащування рухомих частин: Змащуйте з'єднання та рухомі частини, щоб запобігти іржі та зносу.

Перевірте затягнутість болтів і гайок: переконайтеся, що всі з'єднання надійні.

Зерновий візок

Зернозбірник – це знаряддя, яке використовується для збору зернових культур, таких як кукурудза, пшениця або ячмінь. Цей масивний пересувний

бункер рухається поруч із комбайном, збирає зерно та перевозить його до вантажівки, причепа або інших транспортних засобів за допомогою шнека або зернового елеватора.

Зернові бункери пришвидшують операції зі збору зерна та полегшують його зберігання. Вони підтримують роботу комбайна та зменшують кількість додаткових поїздок по полю, що допомагає запобігти ущільненню ґрунту. Завдяки своїй великій місткості та міцній конструкції, зернові бункери можуть обробляти великі обсяги зерна, що є критично важливим у періоди пікового збору врожаю.

Приклади ремонту та обслуговування зернозбиральних причепів

Перевірка та заміна підшипників: Підшипники в системі розвантаження слід регулярно перевіряти та замінювати за потреби.

Огляд шнека: перевірте його на наявність зносу та пошкоджень, а також переконайтеся, що він очищений від сміття.

Змастіть усі рухомі частини: Змастіть деталі для плавної роботи та запобігання іржі.

Дискова борона

Дискова борона допомагає фермерам готуватися до посадки або сівби, розбиваючи грудки та кірку на поверхні ґрунту, щоб забезпечити кращу циркуляцію повітря, проникнення вологи та ріст коренів. Вона зрізає бур'яни та закопує їх у ґрунт, щоб запобігти росту нових бур'янів та зменшити потребу в гербіцидах, а також додає багату на поживні речовини органічну речовину до ґрунту, покращуючи його родючість.

Завдяки правильній підготовці ґрунту дискова борона підвищує врожайність, оскільки створюється оптимальне середовище для проростання насіння та росту рослин. Її також можна використовувати на різних типах ґрунту та налаштовувати на різні кути та глибину обробітку.

Приклади ремонту та обслуговування дискових борін

Перевірте диски на знос: переконайтеся, що диски не затуплені та не пошкоджені.

Змащування підшипників: Змащуйте підшипники, щоб зменшити тертя та запобігти зносу.

Затягніть болти: Перевірте надійність кріплення всіх компонентів, щоб запобігти нещасним випадкам.

Глибкорозпушувач

Ферми використовують глибкорозпушувач для розпушування ущільненого ґрунту під поверхнею для росту врожаю. Його використання полегшує рух води, повітря та коренів через ґрунт. На відміну від звичайних культиваторів, які обробляють лише верхній шар ґрунту, глибкорозпушувач копає глибше, на 30-55 см нижче поверхні, щоб дістатися до твердих шарів ґрунту та розпушити їх, до яких інакше неможливо дістатися.

Відомо, що глибкорозпушувачі покращують стан ґрунту, підвищують врожайність сільськогосподарських культур і запобігають застою води на полях. Зменшуючи ущільнення, вони створюють кращі умови для поширення коренів і поглинання поживних речовин, допомагаючи підтримувати родючість ґрунту та продуктивність полів рік за роком.

Приклади ремонту та обслуговування глибкорозпушувачів

Перевірте зубці: перевірте та замініть зубці, якщо вони погнуті або зламані.

Змастіть шарнірні точки: Забезпечте безперебійну роботу машини.

Огляд та обслуговування рами: Перевірте раму на наявність тріщин або пошкоджень.

Копач ям для стовпів

Копачі для ям для стовпів створюють глибокі, вузькі ями для встановлення стовпів і можуть бути ручними або механічними. Ручні копальні мають дві довгі

ручки та вигнуті леза, що робить їх корисними для житлових проектів, що потребують високої точності, оскільки вони дозволяють повністю контролювати копання. Гострі леза, що підходять для певного типу ґрунту, та довші ручки для кращого важеля полегшують будь-який проект — чи то встановлення парканів, терас чи покажчиків — для людини, яка керує копачем для ям.

Електромонтажні бурильні машини використовують шнек з двигуном для швидкого буріння землі, що робить їх ідеальними для підрядників, які працюють з великими проектами або важким ґрунтом.

Приклади ремонту та обслуговування копачів ям для стовпів

Перевірте шнек на наявність пошкоджень: переконайтеся, що шнек гострий і не має пошкоджень.

Змастіть коробку передач: Змащуйте коробку передач для її безперебійної роботи.

Перевірте приводний ланцюг: переконайтеся, що ланцюг у справному стані та правильно відрегульований.

Система зрошення

Системи зрошення забезпечують сільськогосподарські культури надійним та постійним джерелом води, зменшуючи їхню потребу в опадах. Поширені типи систем зрошення включають крапельне зрошення, яке доставляє воду безпосередньо до коренів рослин, та системи центрального зрошення, які охоплюють великі площі. Правильне зрошення запобігає посусі, покращує стан ґрунту та підвищує продуктивність рослин.

Фермери обирають системи зрошення на основі типу культури, стану ґрунту та наявності води. Інвестування в правильну систему має вирішальне значення для сталого вирощування врожаю та прибуткової діяльності. Сучасні системи зрошення затопленням використовують датчики та автоматизацію для оптимізації використання води, а також пропонують дистанційний моніторинг та точне керування, допомагаючи фермерам економити воду.

Приклади ремонту та обслуговування зрошувальних систем

Очищення фільтрів: Запобігайте засміченню системи, очищаючи або замінюючи фільтри.

Перевірка на наявність витоків: огляньте шланги, труби та фітинги на наявність витоків.

Перевірте та обслуговуйте насос: переконайтеся, що насос працює належним чином, та замініть усі зношені компоненти.

З усіх компонентів промислових машин вали є одними з тих, що найчастіше підлягають ремонту зварюванням, а не заміні. Ремонт зварюванням може бути причиною або значним фактором, що сприятиме остаточному виходу з ладу валів, навіть якщо ремонт виконано високої якості. Неякісний ремонт зварюванням може призвести до швидкого або навіть негайного виходу з ладу після відновлення експлуатації. Ремонт валів зварюванням не завжди виконується виробником оригінального обладнання, тому інженерна перевірка, яка була внесена до початкового проектування, може не відобразитися на подальшому ремонті. Комерційні аналітики відмов стикаються з великою кількістю відмов валів у всіх галузях промисловості, і ремонт зварюванням є важливим у багатьох із цих випадків. Нижче обговорюються проблеми аналізу відмов, пов'язані зі сталевими валами, відремонтованими зварюванням, і надається огляд методів ремонту зварюванням, а також кілька тематичних досліджень аналізу відмов.

Поломки валів виникають через багато механізмів, включаючи руйнування, втому, перевантаження, корозію, знос тощо. Також трапляються комбінації цих механізмів. Втома є причиною або фактором, що сприяє переважній більшості поломок валів. Економіка диктує, що термін служби валів має бути максимальним, а продовження цього терміну може включати ремонт за допомогою різних процесів зварювання. Розсудливість також вимагає інженерного аналізу пошкоджених валів, щоб уникнути повторення.

1.4. Висновки:

1. Проведений аналіз ключових новітніх технологій в сільськогосподарській техніці.

2. Розглянута класифікація сільськогосподарської техніки.

3. Проаналізовані види ремонту та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки.

1.5. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є підвищення довговічності роботи сільськогосподарської техніки, шляхом удосконалення технологій виготовлення та відновлення їх деталей типу валів, за рахунок нанесення зносостійких захисних покриттів комбінованими технологіями.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити наступні **завдання**:

- провести аналіз сучасних технологій зміцнення та відновлення деталей типу вали і вибрати більш раціональні;
- розробити методику досліджень;
- провести порівняльні випробування.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТИПУ ВАЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

2.1. Аналіз сучасних технологій зміцнення та відновлення деталей типу вали

Лазерне плакування валів насосів [4]

Технологія лазерного плакування пропонує неперевершену точність, універсальність та довговічність ремонту валів насосів. Незалежно від того, чи йдеться про усунення зносу зовнішнього діаметра валу, чи про відновлення внутрішніх/зовнішніх розмірів робочого колеса, лазерне плакування забезпечує надійні та високоякісні результати. Завдяки використанню спеціально розроблених матеріалів та передових технологій цей метод підвищує довговічність та продуктивність компонентів насоса, що робить його ідеальним рішенням для галузей, де надійність є критично важливою.

Вали є важливими компонентами в різних промислових системах, передаючи механічну енергію до робочих коліс для руху рідини. З часом пошкодження валу насоса, такі як знос, корозія та механічне напруження, можуть поставити під загрозу ефективність та надійність усієї системи. Ці пошкодження часто виникають у критичних зонах, включаючи зовнішній

діаметр валу та внутрішній та зовнішній діаметри робочого колеса, де точність та довговічність мають першорядне значення.

Технологія лазерного плакування забезпечує високоефективне рішення для відновлення пошкоджених валів насосів. Цей передовий процес ремонту не тільки відновлює початкові розміри та функціональність валу, але й підвищує його довговічність завдяки спеціалізованим матеріалам, розробленим для роботи з певними умовами експлуатації.

Поширені проблеми у валах насосів

Знос зовнішнього діаметра валу:

- Викликано тривалим контактом з підшипниками, ущільненнями та факторами навколишнього середовища, такими як стирання та корозія.
- Призводить до неправильного вирівнювання та зниження продуктивності.

Пошкодження внутрішнього та зовнішнього діаметрів робочого колеса:

Високошвидкісна робота, кавітація та вплив агресивних рідин можуть призвести до ерозії або деформації цих критично важливих зон.

Пошкодження робочого колеса знижує динаміку рідини та ефективність насоса.

Деградація матеріалу:

Вали насосів часто піддаються впливу суворих умов, що з часом призводить до втоми матеріалу, корозії та зносу.

Вартість та наявність заміни:

Заміна валів насосів, виготовлених на замовлення або знятих з виробництва, може бути дорогою та займати багато часу.

Процес ремонту

1. Огляд та очищення:

- Вал насоса оглядається для визначення ступеня та місця пошкодження.
- Пошкоджені ділянки очищаються та готуються до укладання матеріалу.

2. Лазерне облицювання:

- Високоенергетичний лазер створює локалізовану розплавлену басейну на поверхні пошкодженої ділянки.

- Обраний матеріал, такий як корозійностійкі сплави або зносостійкі покриття, точно наноситься на поверхню.

3. Обробка за специфікаціями:

- Після плакування відремонтовані ділянки обробляються та поліруються, щоб відновити вал насоса до його початкових розмірів та допусків.

- ***Тестування якості:***

- Відновлений вал насоса проходить ретельні випробування, щоб переконатися, що він відповідає експлуатаційним вимогам та галузевим стандартам.

Комплексний ремонт валів [5]

З часом знос, корозія, вібрація, тертя або інші фактори можуть призвести до пошкодження валу. Коли вал пошкоджений або нефункціональний, ремонт може виявитися більш доцільним, ніж повна заміна.

Комплексний ремонт валів включає наступний обсяг робіт, який може змінюватися залежно від проекту, ступеня та характеру пошкодження, а також інших параметрів.

- Розбирання та складання.
- Перевірка розмірів усіх критичних посадок та перекриття валу.
- Неруйнівний контроль.
- Аналіз першопричин збоїв.
- Точна обробка.
- Виготовлення вкладишів та ущільнювальних кілець (за потреби).
- Терморозпилення (за потреби) для відновлення посадки підшипників та нанесення захисного покриття.
- Остаточна перевірка розмірів та документація.
- Випробування та схвалення сторонніх організацій (за потреби).
- Заключний технічний звіт про виконані роботи та результати перевірки.
- Контроль якості та підготовка до відправки.

- Транспортні послуги.
- Управління проектами та інженерна підтримка від початку до завершення.

Динамічне балансування

Правильне балансування є надзвичайно важливим для будь-якої операції, яка залежить від обертових компонентів (рис. 2.1). Знос, незначні пошкодження та залишки можуть порушити баланс таких деталей, як валки, турбіни, ротори та вали.



Рисунок 2.1 – Балансування валів [5]

Термічні напилюванні покриття

Використовуючи процес дводрогового дугового термічного напилення, зношене обладнання та посадки підшипників відновлюються відповідно до специфікацій виробника оригіналу або вище (рис. 2.2). Критично важливе обладнання ремонтується, відновлюється з меншими витратами часу та коштів порівняно з повною заміною. У процесі термічного напилення використовується покривний матеріал з нержавіючої сталі 420, який добре працює під стиском та стійкий до корозії та ерозії. Отримана міцність з'єднання наближається до 10 000 фунтів на квадратний дюйм.



Рисунок 2.2 – Термічне напилювання валів [5]

Руйнування сталевих валів через неправильне ремонтне зварювання

Сталеві вали

Сталеві вали використовуються в широкому спектрі промислових застосувань, включаючи насоси, конвеєри, двигуни, гвинти та вентилятори. Більшість промислових валів виготовляється з вуглецевої або легованої сталі. Бажані властивості сталевих валів часто оптимізуються шляхом обробки. Обробка валів на міцність полягає в основному в термічній обробці для надання необхідних механічних властивостей.

Найпростішими серед термічних обробок є зняття напруження за помірної температури або відпал чи нормалізація за вищої температури. Ці обробки призначені для валів з низькою міцністю. Для вищої міцності часто потрібна термічна обробка гартуванням та відпуском, хоча вали зазвичай не використовуються на максимально досяжному рівні міцності через проблеми з в'язкістю. Індукційне гартування або цементація можуть надати більшої зносостійкості поверхні в бажаних місцях без крихкості серцевини. Одна спільна риса між усіма цими термічними процесами полягає в тому, що локалізований ремонт зварних швів може суттєво змінити початкові властивості та поведінку при подальшому навантаженні.

Нетермічна обробка валів також має бути проблемою для ремонту зварюванням. Деякі вали досягають зміцнення лише за допомогою холодної обробки або сильного холодного витягування, наприклад, у стандарті ASTM A311 [6], що містить приклади цих сталей. Природно, зварювання зменшує або усуває корисний вплив зміцнення на залишкові напруження в холоднотягнутих матеріалах. Подібний ефект очікується для дробоструминних поверхонь, усуваючи переваги стискаючих залишкових напружень для стійкості до втомного розтріскування.

Пошкодження та поломка валу

Ремонтне зварювання валів виконується з різних причин. Пошкодження, що підлягають ремонту, включають, у загальному порядку зростання відносної серйозності:

- Пошкодження від абразивного зносу
- Пошкодження від зносу та трення від клею
- Корозія – рівномірна або точкова
- Механічні зміни (наприклад, вм'ятини та подряпини)
- Тріщини та руйнування – втома, корозія під напругою, корозійна втома тощо.

Зображення типових пошкоджень валу наведено на рисунку 2.3. Перелічені вище механізми деградації можуть виникати в усіх областях валу, але найбільше значення вони мають, коли виникають у природному концентраторі напружень. Поверхні під пов'язаними компонентами (такими як підшипники та шестерні), шпонкові пази, шліци, різьба та переходи діаметрів – все це місця концентрації напружень. У сталевих валах зазвичай зустрічаються численні синергетичні механізми руйнування.

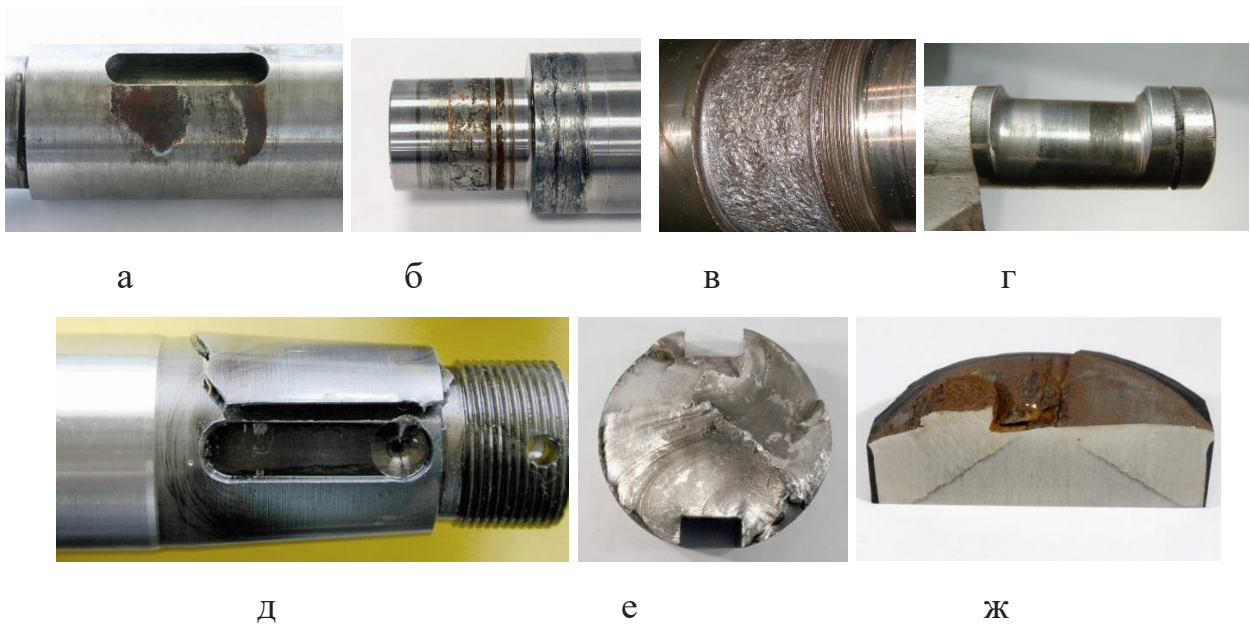


Рисунок 2.3 - Типові пошкодження валів: загальне фреттування в шпонковій канавці (а), помірне фреттінгове зношування (б), значний адгезивний знос поверхні шийки валу (в), критичний абразивний знос, що стався під підшипником (г), утомне розтріскування в шпонковій канавці (д), втомні тріщини через протилежні шпонкові пази на 180° у великому валу (е), поперечний переріз розлому валу валка через попередній великий зварний шов

Ремонт зварювальних робіт

Правильне зварювання може забезпечити тимчасовий, а іноді й постійний ремонт валів. Зварний ремонт пошкоджених валів може запобігти катастрофічним поломкам і мінімізувати час простою. Ремонт зазвичай виконується власними відділами технічного обслуговування, місцевими механічними майстернями та виробниками оригінального обладнання. Рішення щодо ремонту зазвичай ускладнюються звичайною терміновістю виробництва.

Той факт, що більшість місцевих або власних механічних майстерень не виконують ретельного зворотного проектування, якщо матеріал та властивості валу невідомі, ще більше ускладнює рішення щодо ремонту валу. Загалом, більшість підприємств не можуть виконувати хімічний аналіз, хоча багато хто виконує випробування на твердість. Неруйнівний контроль для перевірки повного видалення дефектів до зварювання та після ремонту може бути рутинним або навіть відсутнім. Зварювання може не включати необхідного попереднього або подальшого нагрівання або не мати відповідних кваліфікованих процедур.

Доцільність ремонту пошкоджених компонентів виходить за рамки цієї статті. Достатньо сказати, що механічні властивості, корозійна стійкість та металургійна структура відремонтованого валу будуть змінені (зазвичай негативно) порівняно з початковим валом, що був за проектом.

Процеси зварювання можуть суттєво змінити основний метал валу. Це стосується незалежно від того, чи застосовуються належні процедури зварювання. У сталевих валах, які становлять високий відсоток валів, зміни можуть включати розм'якшення шляхом відпуску або субкритичного відпалу, або зміцнення шляхом утворення мартенситу або бейніту. Зварювання також може спричинити ріст зерен. Рівні залишкових розтягувальних напружень та концентрація геометричних напружень також залежать від зварних швів. Крім того, можуть утворюватися дефекти, такі як гарячі тріщини, пористість,

відсутність проплавлення тощо. Аналітик з відмов часто стикається з синергетичними комбінаціями дефектів та термічних змін.

Види зварювального ремонту

Зварювальні процеси для ремонту валів зазвичай поділяються на такі категорії:

1. Термічні напилення – ремонт поверхонь.
2. Наплавлення або наплавлення швів – в основному ремонт та нарощування поверхонь.
3. Конструкційне зварювання – відновлення за допомогою кутового та пазового зварювання.

Ці методи перелічені в порядку зростання серйозності пошкоджень, що потребують ремонту. Кожен з них має характеристики та властивості, які є важливими для аналітики відмов.

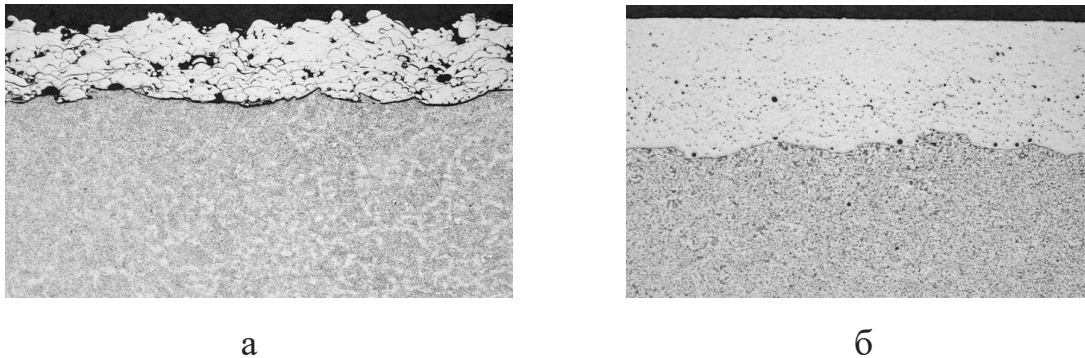
Рівень пошкодження валів, який усувається за допомогою зварювального ремонту, обмежується критичністю обслуговування. Користувачі дозволяють незначний ремонт поверхні на критичних валах, тоді як вони можуть розглядати більш масштабний ремонт у некритичних застосуваннях. Тріщини на валах силової передачі регулярно ремонтуються, але повні руйнування зазвичай ні. Однак у деяких випадках це робиться, і на рисунку 1.5ж наведено приклад валка діаметром 8 дюймів, який вийшов з ладу після повного повторного кріплення після попереднього руйнування від втоми.

Ремонт термічним напиленням

Технології термічного напилення зазвичай належать до загальних процесів зварювання, хоча вони не є методами плавлення. Репрезентативними методами є полум'яне напилення, дугове напилення, плазмове напилення та високошвидкісне кисневе напилення. Спільними характеристиками серед них є осадження розплавлених або напіврозплавлених металевих або керамічних частинок у безперервний шар. Ці шари перекриваючихся частинок можуть мати товщину до 6,5 мм (0,250 дюйма) та усувають аномалії поверхні. Термічна обробка покриттів, що постачаються, може збільшити щільність та

безперервність, як показано на рисунку 2.4. Детальний огляд процесів термічного напилення наведено в посиланні [6].

Термічні напиленні покриття здатні забезпечити чудову стійкість до корозії або зносу, а також відновити розміри. Однак нанесений шар має чисто механічний зв'язок з основою без сплавлення основного металу. Термічні напиленні покриття зазвичай не можуть відновити погіршені механічні властивості або стійкість до втоми сталевого валу. Більшість операцій термічного напилення не піднімають температуру основи вище 260 °С, що зазвичай не впливає на твердість або мікроструктуру сталі.



Рисунком 2.4 - Термічна обробка покриттів: нанесений термічний напилений шар, що складається з перекриваючихся плям з певною пористістю (а), термічна обробка покриттів, отриманих методом полум'яного напилення, може підвищити однорідність та щільність (б)

Механічна адгезія покриттів, нанесених термічним напиленням, вимагає надання поверхні шорсткості, починаючи від дробострумінної обробки і закінчуючи обробкою профілів, таких як нарізання різьби або канавок. На рисунку 2.5 показано макрошорстку підкладку з канавками під покриттям. Без сплавлення підкладки покриття діятиме дещо незалежно під дією сил згину, розтягу або кручення. В результаті, на межі розділу термічного напилення/підкладки може легше виникнути втомне розтріскування. Ймовірність розтріскування зростає, якщо покриття пористе, як показано на рисунку 2.5в.

Ремонт наплавлених зварних швів

Інші терміни, які часто використовуються для опису наплавлення, це наплавлення, плакування або зварне плакування. Наплавлення, як і термічне напилення, підходить для ремонту поверхонь, але воно також може зменшити глибші пошкодження, включаючи тріщини. Також, як і термічне напилення, наплавлення може бути періодичним плановим завданням технічного обслуговування валів з передбачуваним зносом або корозією під час експлуатації. Використовується велика різноманітність методів наплавлення, включаючи багатопрохідні методи без обмежень товщини. Ці ремонтні роботи можуть мати контрольоване рівномірне підведення тепла з корисним відпуском, що забезпечується наступними проходами зварювання. Автоматизація та спеціалізоване обладнання можуть забезпечити чудовий контроль над процесом.

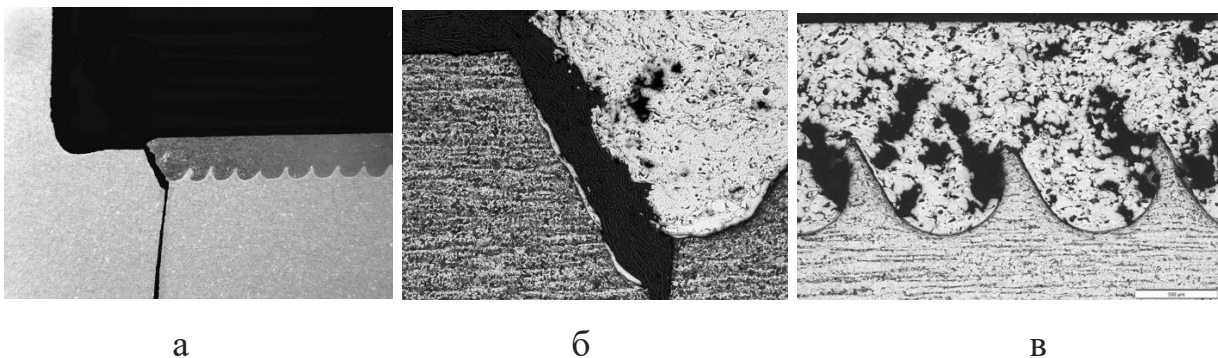


Рисунок 2.5 - Шорстка підкладка з канавками під покриттям: руйнування від втоми у валу, отриманому термічним напиленням. Руйнування сталося на фасці (а), місце початку розлому (б), сильна пористість у покриттях (в), нанесених термічним напиленням, може діяти як концентратор напружень

Обмеження, які можуть призвести до руйнування, також реалізуються під час цих ремонтів, приклади яких наведено на рисунку 2.6. Останній прохід зварювання або зупинки та початку зварювання можуть не забезпечити корисного зняття напруги чи відпуску. Оскільки наплавлення є процесами плавлення, присадні матеріали обмежені металами, але різноманітні метали з підвищеною стійкістю до зносу та/або корозії є варіантом. Різноманітні матеріали

можуть призвести до розведення основним металом, градієнтів складу, різних рівнів міцності та змінних рівнів залишкових напружень.

Глибокі тріщини можуть бути проблематичними для наплавлення зварних швів через велику кількість матеріалу, який потрібно видалити під час механічної обробки для отримання симетричного шару наплавлення. Аналітик повинен враховувати всі типові небезпеки зварювання плавленням (наприклад, зміна основного металу, розтріскування, розриви зварного шва та деформація).

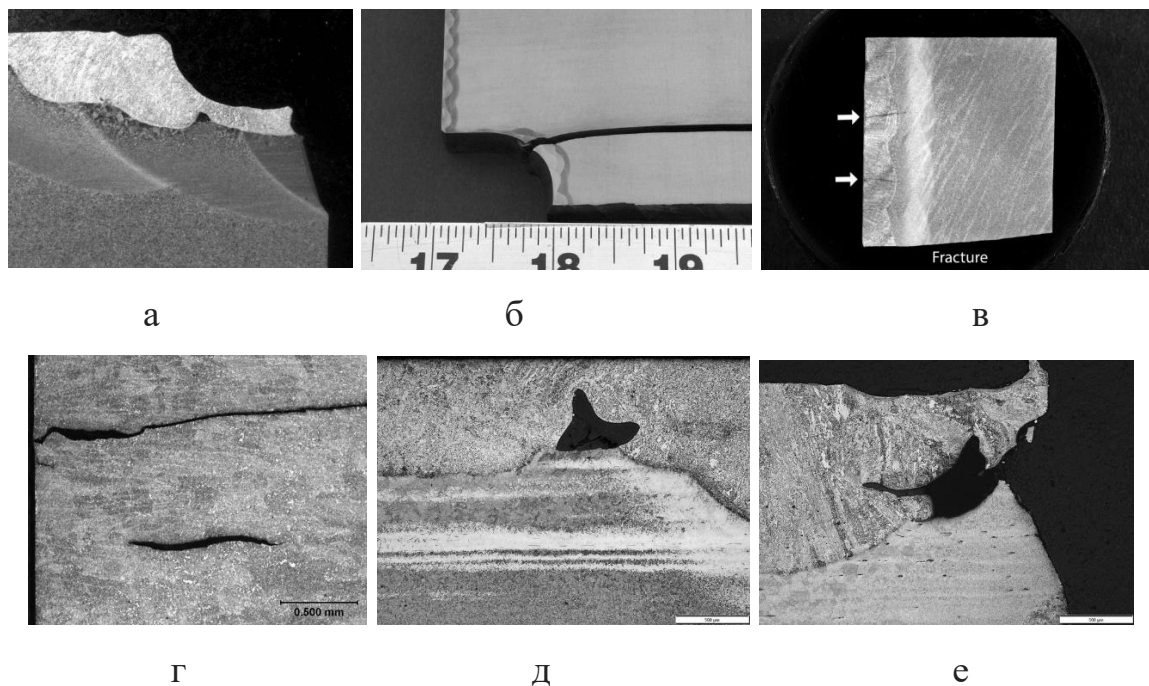


Рисунок 2.6 – Приклади обмеження, які можуть призвести до руйнування: втомне руйнування (праворуч) через нерівномірну товщину накладання (а), розтріскування галтелі з наплавленням при значній зміні товщини перерізу (б), металографічний розріз, що показує значне розтріскування наплавленого шару (стрілки) на відремонтованому валу (в), додаткове зображення тріщини на рис. 1.7 в (г), наплавлення з включенням шлаку (д), профіль тріщини втоми при неповному сплавленні на початку ремонтного наплавленого шва (е)

Ремонт зварних швів конструкцій

Ремонт пазовими та кутовими зварними швами зазвичай використовується для найсерйозніших пошкоджень вала, коли необхідне структурне відновлення вала. Ці складніші методи можуть відновити або усунути значний знос або

розтріскування, які неможливо було б усунути іншим чином. Крім того, можна додати або змінити механічні елементи для полегшення внесення змін до конструкції. Кутові зварні шви корисні для відновлення шпонкових канавок, шліців та буртів, тоді як пазові зварні шви краще підходять для ремонту тріщин. Зображення структурних зварних швів на пошкоджених валах наведено на рис. 2.7.

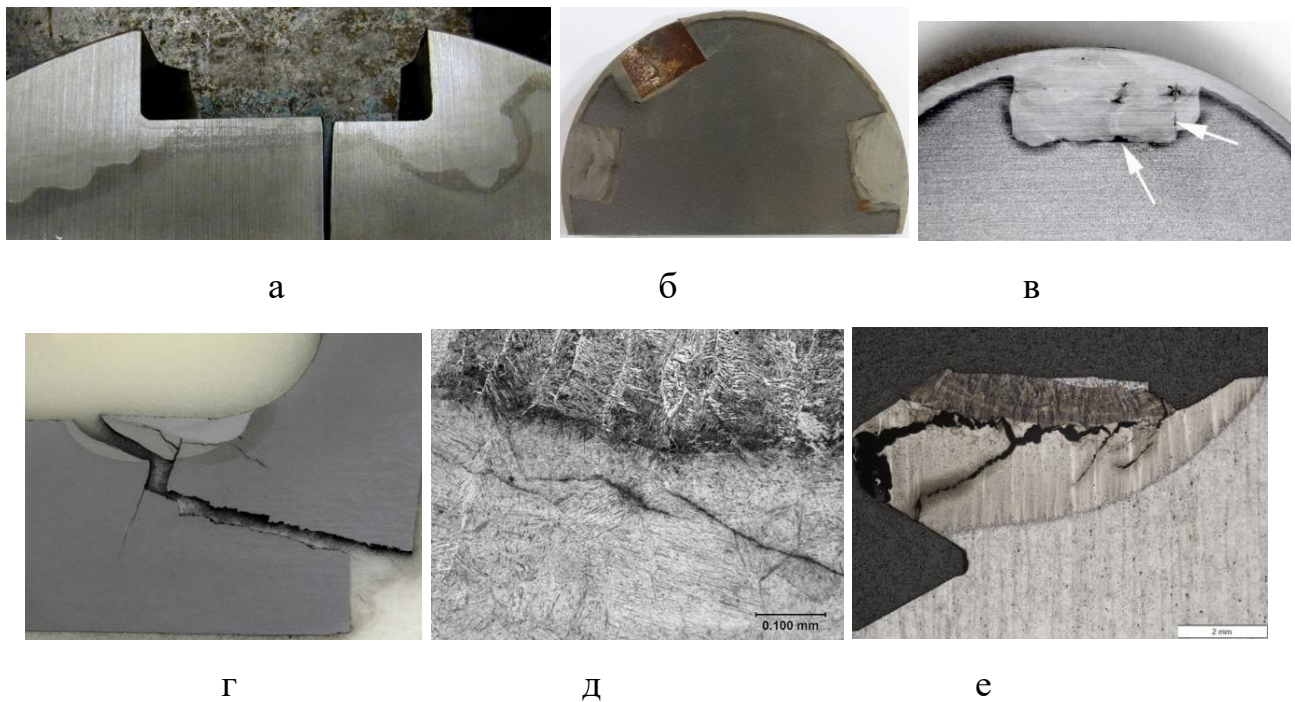


Рисунок 2.7 - Зображення структурних зварних швів на пошкоджених валах: грубий ремонт зварюванням у шпонковій канавці (а), фотографія поперечного перерізу валу з двома заповненими та однією відремонтованою шпонковою канавкою (б), ремонт зварного шва шпонкової канавки, що демонструє неповне сплавлення в нижній частині та бічній стінці шпонкової канавки (стрілки) (в), ремонт галтелі валу з різними втомними тріщинками (г), зображення гарячого розтріскування в зоні термічного впливу (д), гаряче розтріскування в різьбі валу, відремонтованого дуговим зварюванням (е)

Обмеження та недоліки конструкційних зварних швів численні. Більш значні пошкодження вимагатимуть більших зусиль механічної обробки для їх видалення та більшої майстерності зварювальника для їх усунення.

Автоматизація процесу менш ймовірна, а ручний процес може призвести до локалізованого високого тепловкладення. Нерозрядний контроль до, під час та після ремонту є обов'язковим для перевірки міцності зварного шва. Неповне видалення аномалій, що призводить до руйнування, не є рідкістю, можливо, через стійку помилкову думку, що зварювання плавленням може «залікувати» тріщини. Більш складні зварні шви мають більшу схильність до дефектів. Приклади 3 та 4 ілюструють руйнування конструкційно зварних промислових валів.

Деякі з потенційно шкідливих локальних проблем зі зварними швами конструкцій зменшуються шляхом наплавлення зварних швів, що часто виконується після кутових або пазових зварних швів. Хоча високий відсоток промислових валів загартований для експлуатації, більшість відремонтованих валів не піддаються належному повторному загартуванню. Термічна обробка для зняття напруги після ремонту зварних швів є більш поширеною, але не універсальною.

Аналіз руйнувань валів

Процес аналізу руйнувань валів подібний до процесу аналізу руйнувань інших промислових компонентів, і комплексний опис руйнувань валів включено до посилання [7]. Врахування напружень є необхідним, оскільки вали можуть зазнавати складних умов навантаження, включаючи розтяг, стиск, вигин, кручення та вібрацію. Як правило, руйнування валів виникають у концентраторах напружень, які можуть бути або властиві конструкції компонента, або введені під час виготовлення чи експлуатації. Нерідко виявляються невідомі або недокументовані ремонтні зварні шви у валах.

Візуальна інтерпретація поверхні зламу валу надзвичайно важлива для аналітики руйнувань. Руйнування від перевантаження у валах трапляються рідко. Руйнування від крутильного перевантаження зазвичай плоскі або кутові, що характерно для пластичних або крихких руйнувань відповідно. Для поверхонь втомних руйнувань опубліковані діаграми можуть бути безцінним інтерпретаційним інструментом, наприклад, ті, що наведені в посиланні [6].

Хоча ці діаграми ідеалізовані, вони можуть допомогти аналітику зробити висновки про номінальне напруження та рівень концентрації напружень, а також розрізнити навантаження від розтягу до розтягу, односпрямоване згинання, зворотне згинання, обертове згинання та кручення.

Відносні відсотки втоми та руйнування від остаточного перевантаження часто становлять інтерес під час аналізу руйнування. Невеликі ділянки остаточного перевантаження свідчать про низьке номінальне циклічне навантаження на вал і, можливо, про багато циклів розтріскування. І навпаки, невелике передрозтріскування від втоми може свідчити про високе номінальне навантаження, але це може бути помилковим. Для цих висновків необхідно припустити монотонне циклічне навантаження. Якщо існує будь-яка ймовірність спектрального навантаження або подій навантаження високої величини, може бути неможливо зробити будь-які висновки щодо величини навантаження. Будь-які з цих висновків слід робити обережно.

Як візуальна, так і SEM фрактографічна оцінка поверхонь зламу валу може бути обмежена пошкодженнями після зламу. Деструктивне тертя поверхонь зламу ведучого та веденого кінців валу відбувається у вертикальних валах та тих, що навантажені на стиск. Нагрівання від тертя до точки повторного з'єднання зварюванням тертям є поширеним явищем. Помірне пошкодження від тертя може дозволити зберегти увігнуті елементи, що дозволяє проводити локалізовану фрактографічну інтерпретацію.

Недосвідченим аналітикам відмов слід бути обережними, коли трапляється ремонтний зварний шов, оскільки багато інженерів рефлекторно вважають, що наявність зварного шва означає, що він є причиною відмови. За наявності дефектів зварювання часто корисно переглянути схеми усунення несправностей зварювання «риб'яча кістка», такі як ті, що наведені в посиланні [8].

Повний аналіз руйнувань металургійної інженерії часто є частиною більшого дослідження, що охоплює багато інших інженерних дисциплін. Традиційний аналіз методом скінченних елементів може бути складним, якщо

присутні ремонтні роботи, оскільки необхідно поставити під сумнів припущення про однорідність матеріалу.

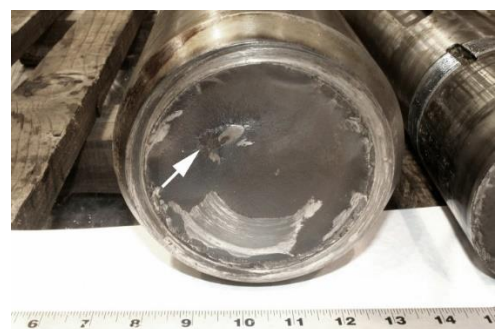
Наведені нижче приклади включають проблеми з ремонтом валу насоса, валу генератора, валу двигуна та розподільного валу.

Приклад 1 – Руйнування валу насоса

Повідомляється, що цей вал насоса приводив у дію шків та кілька ременів, що експлуатувалися комунальним підприємством. Точний термін служби та тривалість не були надані, оскільки ремонтна майстерня, яка надала зразок, мала обмежену інформацію. Не було надано жодних конкретних даних щодо напрямку та швидкості обертання, часу служби або складу матеріалу/присадного металу, а також креслень деталей.

Зображення профілю зламу та поверхні зламу наведено на рисунку 2.8, відповідно. Злом стався при конічному зменшенні діаметра з канавкою для стопорного кільця. Плоский злам стався в цих геометричних елементах, що концентрують напруження згину. Розмазування знищило деякі діагностичні ознаки, проте сліди храповика та ознаки прогресування тріщини залишилися.

Аналіз показав, що вал був виготовлений зі сталі марки 4140, загартованої та відпущеної до помірної міцності на розтяг по середньому радіусу 855 МПа. Фрактографічний аналіз виявив механізм руйнування внаслідок втоми. Металографія поперечного перерізу підтвердила наявність корозійностійкого покриття, про що свідчать візуальні особливості (рис. 2.9). Втомна тріщина зародилася в кінці зварного шва, поруч з обробленою конусністю. Розрив зварного шва виявлено не було, а рівні твердості покриття та зони термічного впливу були порівнянними та становили 85 та 97 HRBW відповідно.



а

б

Рисунок 2.8 - Зображення профілю зламу (а) та поверхні зламу наведено (б). Поверхня розлому валу насоса була пошкоджена, але мала характеристики обертової згинальної втоми. Невелике місце остаточного відриву позначено стрілкою

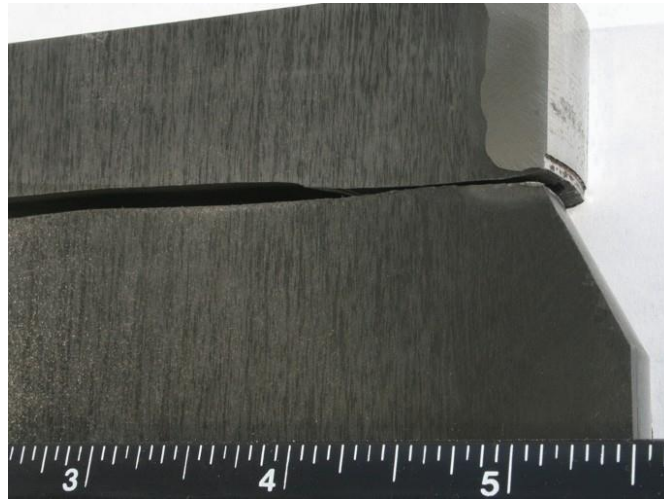


Рисунок 2.9 - Фотографія, що показує макрозрізи, підготовлені через сполучені поверхні зламу ремонтного зварного валу насоса

Висновок аналізу руйнування валу насоса полягав у розтріскуванні внаслідок згинання, що виникає внаслідок обертання. По периметру поверхонь зламу валу спостерігалось утворення множинних тріщин, причому тріщина поширювалася через понад 90% поперечного перерізу вала до остаточного відриву від перевантаження.

Розтріскування виникло в місці закінчення зварного шва наплавлених різнорідних металів у зоні переходу діаметра та канавки стопорного кільця. Зона термічного впливу не була шкідливо зміцнена, що свідчить про використання належної процедури ремонтного зварювання. Конструкція, стійка до руйнування, вимагає, щоб точка закінчення корозійностійкого зварного шва не збігалася з зонами геометричної концентрації напружень.

Приклад 2 – Відмова валу генератора драглайна

Сталевий вал генератора великого діаметра передчасно вийшов з ладу під час експлуатації гірничодобувного драглайну. Швидкість обертання валу становила 1200 об/хв. Найвні записи були неповними, але, як повідомляється, вал експлуатувався протягом тривалого часу. Зламаний вал та одна з поверхонь розлому показані на рисунку 2.10. Розлом був орієнтований перпендикулярно до осі валу та розташовувався в області переходу з галтеллю під кутом 90 градусів до місця розташування втулки підшипника меншого діаметра.



а

б

Рисунок 2.10 - Зламаний вал (а) та одна з поверхонь розлому (б)

Як і в попередньому прикладі, по колу валу було виявлено багато ймовірних джерел розтріскування. Поверхнева іржа завадила початковій ідентифікації ремонтного зварного шва в місці пошкодження, але під час розрізу було виявлено наплавний зварний шов.

Концентричні кільцеві особливості спостерігалися на понад 90% поверхні зламу до остаточного перевантаження центру, що свідчить про низьконапружену, багатоциклову обертову згинну втому. Фрактографічне дослідження підтвердило втомні смуги, а також неочікувані міжзеренні особливості на радіальних слідах храповика.

Композиційний аналіз показав, що вал був виготовлений з низьколегованої сталі марки 4140. Механічна міцність була низькою, виміряна на рівні 731 МПа. Мікроструктура валу складалася з фериту, перліту та смуг відпущеного мартенситу по всьому діаметру. Це свідчило про погану термічну обробку.

Нерівномірний наплавлений шов закінчувався біля основи різкого переходу валу, як показано на рисунку 2.11. Руйнування відбулося через зону термічного впливу (ЗТВ) у точці закінчення наплавленого шва. Міжзерні тріщини були підтверджені в поперечному перерізі, розташованому в зоні термічного впливу, яка була повністю мартенситною. Вимірювання твердості виявило еквівалентні показники твердості 22 HRC в осерді валу, 27 HRC у зварному наплаві та 59 HRC у ЗТВ. ЗТВ була на 100% відпущеною мартенситною, а тріщини в цій області включали між зернові гарячі тріщини. Як присадний метал використовувалася звичайна вуглецева сталь.



Рисунок 2.11 - Втомне розтріскування при гарячому розтріскуванні в загартованій ЗТВ

На відміну від попереднього прикладу, процедура ремонту зварюванням у цьому випадку мала першорядне значення. Спостережувані особливості свідчать про те, що швидке охолодження під час процесу наплавлення зварювання призвело до мікроструктурного перетворення та термічних напружень, які спричинили гарячі тріщини в зоні термічного впливу. Запобігання цьому руйнуванню вимагатиме кваліфікації належної процедури зварювання, включаючи попередній нагрів та післязварювальну термічну обробку. Також слід переглянути можливість завершення ремонту зварювання на основі різкого зменшення діаметра.

Приклад 3 – Відмова валу двигуна

Вал двигуна потужністю 700 к.с., який використовувався у ливарному виробництві, вийшов з ладу під час експлуатації. Це був придбаний двигун без

наданої інформації про матеріал та властивості валу. Тривалість експлуатації та температурний вплив були серйозним питанням, але детальна інформація була недоступна.

Відносно плоский перелом валу знаходився на відстані від місця суттєвого зменшення діаметра. На рисунку 2.12а показано перелом валу. На поверхні валу були помітні пошкодження від фреттингу, а також нерівномірне забарвлення. Перелом не був ідеально плоским, і огляд показав значні механічні пошкодження та корозію поверхні перелому (рисунок 2.12б). Усі ознаки прогресуючого перелому, здавалося, розходяться від первинного місця початку, орієнтованого зверху на рисунку 2.12б.



Рисунок 2.12 - Місце розриву валу двигуна (а) та розлому валу (б)

Вал двигуна був виготовлений зі звичайної вуглецевої сталі марки 1045 у відпаленому стані. Фрактографічне дослідження разом із металографічним контролем підтвердили, що руйнування було спричинене механічною втомою, а корозія була післяруйнуванням, що не є характерною рисою корозійної втоми. Зварний шов та основний метал мали подібну твердість, на верхній межі діапазону твердості за шкалою Роквелла В. Ремонтний зварний шов шпонкової канавки мав еквівалентну твердість приблизно 38 HRC у мартенситній зоні термічного впливу.

Приклад 4 – Відмова розподільного валу

Під час експлуатації дизельного двигуна для невизначеного промислового застосування передчасно зламався сталевий розподільний вал. Діаметр сталевого

валу становив 102 мм (4 дюйми), і для аналізу металургійних руйнувань була доступна лише область руйнування. Це може створювати проблеми для аналітиків руйнувань, оскільки важливо знати, чи могли додаткові розтріскування, фреттинг, деформація або механічні пошкодження надати корисну інформацію про руйнування. Фактично, поверхні руйнування були з'єднані разом без захисту для транспортування, що може спричинити пошкодження та більшу аналітичну невизначеність.

Зламаний розподільний вал показано на рисунку 2.13. Основна плоска ділянка зламу знаходилася під кутом 45° до осі валу. Кутівий злам обертового валу може бути результатом крутильно-пластичного перевантаження, але ці плавні прогресуючі особливості свідчать про крутильну втому. На поверхні валу були помітні незначні подряпини, але злам не відбувся на класичному місці концентрації напружень.

Розтріскування почалося в одному місці на поверхні та поширилося на певну відстань по поперечному перерізу, що видно зі слідів розвитку тріщини (сліди пляжу). Потім тріщина зупинилася, але причина цього невідома. Через передбачувані зміни навантаження, на фронті підповерхневої тріщини знову виникло кілька тріщин, створюючи низку храпових слідів. Циклічне розтріскування потім прогресувало до точки, де виникло пластичне перевантаження, після розтріскування приблизно на 90% вала. Глибока підповерхнева зміна втомного розтріскування не була пов'язана з будь-якими структурними проблемами або зварюванням.



а



б

Рисунок 2.13 - Зламаний розподільний вал (а) і поверхня руйнування (б) розподільного валу від кручення та втоми

Хімічний аналіз підтвердив, що вал був виготовлений зі сталі марки 4140, загартованої та відпущеної до помірного рівня міцності/твердості (26 HRC). Під час фрактографічного дослідження за допомогою SEM було виявлено невеликий, неповністю заповнений зварний шов у початку з'єднання.

Металографія поперечного перерізу підтвердила наявність поверхневого ремонтного зварного шва, як показано на рисунку 2.14. Глибина поверхневого заповнення у початку з'єднання становила приблизно 0,53 мм. Підвищені показники твердості були отримані в ЗТВ та ремонтному зварному шві, зі показниками твердості за Роквеллом 48 та 41 HRC відповідно. Локалізована різниця твердості додала б до концентрації напружень від заповнення.

Розподільний вал вийшов з ладу внаслідок крутильної втоми. Розтріскування виникло в місці невеликого ремонтного зварного шва, оточеного зоною термічного впливу високої твердості. Недостатньо заповнений ремонт був неглибоким, що свідчить про те, що він міг бути використаний для ремонту механічних пошкоджень або виїмки. На жаль, фахівець з аналізу пошкоджень не завжди може визначити причину попереднього ремонту зварного шва. Приклад показує, що невеликі ремонтні зварні шви, не пов'язані з великими концентраторами напружень, все ще можуть бути проблематичними. Більш детальний опис цього прикладу наведено в посиланні [6].



Рисунок 2.14 - Наявність незаповненого зварного шва

Ремонт без зварювання

Для ремонту валів також використовуються методи, не пов'язані зі зварюванням. Хоча аналітик з відмов рідше стикається з цими методами, важливо знати про різні методи. До них належать, серед інших, нанесення гільз та гальванічних покриттів. Ці методи, як правило, не викликають великого занепокоєння у аналітика з відмов, оскільки вони зазвичай не змінюють властивостей валу. У рідкісних випадках цей ремонт, не пов'язаний зі зварюванням, може бути присутнім разом зі зварним ремонтом.

Методи гальванічного покриття [9-13] передбачають покриття пошкодженої ділянки або всього валу твердим металом, найчастіше твердим хромуванням. Цей метод відновлює діаметр валу та забезпечує чудову зносостійкість. Однак, через високу твердість твердого хромування, шліфування є єдиним можливим методом обробки поверхні. Оскільки тверде хромування є гальванічним процесом, воднева крихкість викликає занепокоєння.

Якщо пошкодження валу не є серйозним і конструкція дозволяє, простим поліруванням [14-20] або незначним зменшенням діаметра валу для видалення дефектів може бути ефективний метод ремонту валів. Проблеми можуть виникнути через видалення занадто великої кількості матеріалу, що зменшить несучу здатність або збільшить зазори на неприйнятну величину.

Втулка – це метод механічного ремонту, при якому втулка надівається з натягом/пресом на пошкоджену ділянку валу. Це швидкий та ефективний метод ремонту зношених поверхонь валу, який часто є частиною оригінальної конструкції валу, щоб усунути необхідність в інших дорогих методах ремонту.

Однак втулка обмежується ступінчастими кінцями валів. Розташування втулки є важливим, і неправильне розміщення може призвести до прискореного зносу, поганого ущільнення або дисбалансу валу. Крім того, використання невідповідного матеріалу може призвести до прискореної корозії або зносу. Рішення без зварювання можуть бути більш тимчасовими та недостатньо надійними для критичних застосувань на валах.

Процедури ремонту

Одна з найбільших проблем зварювального ремонту сталевих валів є базовою: погана практика зварювання. Для якісного зварювання потрібні знання хімічного складу валу, попередньої термічної обробки, вимог до обслуговування та інших кінцевих властивостей, які можуть бути невідомі ремонтному центру, що не є виробником оригінального обладнання. Ретельна розробка та кваліфікація процедури зварювання, що демонструє її ефективність, не є типовою для термінового одноразового ремонту.

Сталі іноді можна успішно повторно зварювати для підтримки терміну служби. Це стосується, перш за все, відпалених низьковуглецевих сталей, оскільки термічні зміни у високо вуглецевих та легованих сталях можуть бути кумулятивними та більш руйнівними.

Особливе місце серед сучасних методів зміцнення і відновлення деталей типу валів займає комбінована технологія (КТ), яка полягає в нанесенні на поверхню валу, яка зношена, або потребує зміцнення, спеціальних захисних покриттів методом електроіскрового легування (ЕІЛ) з наступною обробкою поверхневим пластичним деформуванням (ППД), яке виконують переважно обкатуванням кулькою (ОК) або алмазним вигладжуванням (АВ) [21-23]. Незважаючи на те, що метод ЕІЛ позитивно виділяється серед інших зміцнюючих і відновлюючих технологій, його недоліки (збільшення шорсткості поверхневих шарів і виникнення розтягуючих напружень) потребують втручання після нього методів ППД, які повністю усувають ці недоліки.

Таким чином, усі ремонтні роботи валів з будь-якої причини повинні бути ретельно спроектовані, перевірені після завершення та належним чином задокументовані. Фінансова необхідність повернення до виробництва повинна бути зважена з потенційно важливою інформацією, яка може бути втрачена, якщо від аналізу несправностей відмовитися. Навіть у випадку правильно спроектованого ремонту не є рідкістю, що вал швидко виходить з ладу таким самим чином, оскільки ремонт міг усунути симптом без визначення причини.

З руйнуваннями валів часто стикаються аналітики відмов, і вони зазвичай є простими. Наявність відомих або невідомих ремонтних зварних швів може

суттєво ускладнити розслідування. Тим більше, коли на це вплинули аномалії зварювання. Ремонт зварюванням може суттєво змінити міцність, пластичність, стійкість до втоми, корозійну стійкість, зносостійкість та інші властивості, що потенційно може призвести до неочікуваних відмов. Визначення характеру ремонту, виконаного на валах, необхідне для визначення того, чи сприяв ремонт руйнуванню валу, і якою мірою. Резервом технології виготовлення валів, а також виконання їх ремонту може бути комбінована технологія ЕІЛ+ППД.

2.2. Методика досліджень

Для проведення досліджень, згідно удосконалення технології зміцнення і відновлення деталей типу вали, виготовляли круглі зразки, з матеріалу 40Х, розміром $\text{Ø}50 \times \text{Ø}15 \times 10$ мм, на поверхню яких, методом ЕІЛ на установці моделі «ЕІЛВ-8А», наносили зносостійкі захисні покриття. Перед нанесенням і після нанесення покриття, зразки обробляли ППД.

Після обробки ППД, зразки, як з покриттям, так і без покриття, встановлювали на машину тертя СМЦ-2, де при їх контактуванні з вкладишем, по схемі «диск-колодка» визначали зносостійкість їх поверхонь. В якості колодки буд вкладиш з сталі 20 з бабітовим покриттям (рис. 2.15).

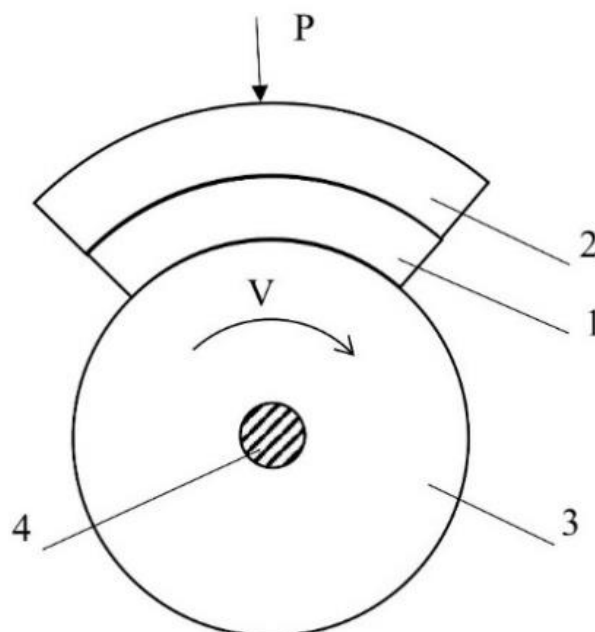


Рисунок 2.15 – Проведення іспитів на зносостійкість: 1- бабіт Б-83, 2 – стальна колодка, 3 – диск, 4 – вал машини тертя

Нижня частина диску була постійно занурена в мастило Т-22 і таким чином відбувалось часткове змащення при $v = 0,75$ м/с, питомому тиску – 5,1 МПа і $P = 1000,0$ Н. Час порівняльних іспитів складав 8,0 годин.

При ЕІЛ в якості електроду - інструменту (ЕІ) використовували: хром, вольфрам і твердий сплав ВК8. Після нанесення покриття використовували ППД, шляхом АВ.

Зносостійкість оцінювали двома способами: по різниці втрати ваги: до і після іспитів і методом штучних баз - по різниці глибин відбитків, вимірних до і після іспитів. Також, під час іспитів, визначали момент тертя і контролювали швидкість ковзання.

Отримані результати зносу зразків порівнювали з результатами, отриманими після зміцнення методом пневматичної обробки кульками $\varnothing 12,7$ мм та обкаткою роликом $\varnothing 76$ мм, отриманими в лабораторії змащування та зносостійких покриттів в ВНДІкомпресормаш м. Суми (НД та ІТП щодо підвищення зносостійкості шийок колінчастих валів опозитних компресорів баз М 16, М 25, М 40 методами ППД: Звіт про НДР / ВНДІкомпресормаш.- Арх. № 4654/90.- Суми.-85 с.).

2.3. Результати дослідження

Завдяки отриманим результатам, був побудований графік зміни коефіцієнту тертя в залежності від часу іспитів (рис. 2.16).

Результати зносостійкості зразків, зміцнених різними методами і незміцнені занесені в таблицю 2.1.

Аналіз рисунка 2.16 показав, що при виконанні пневматичної обробки кульками $\varnothing 12,7$ мм та обкаткою роликом $\varnothing 76$ мм, коефіцієнт тертя, в порівнянні з незміцненими зразками, зменшився в 1,5-2,0 рази. При зміцненні методом ЕІЛ,

найменший коефіцієнт тертя у хромового покриття, а найбільший при використанні в якості ЕІ твердого сплаву ВК8.

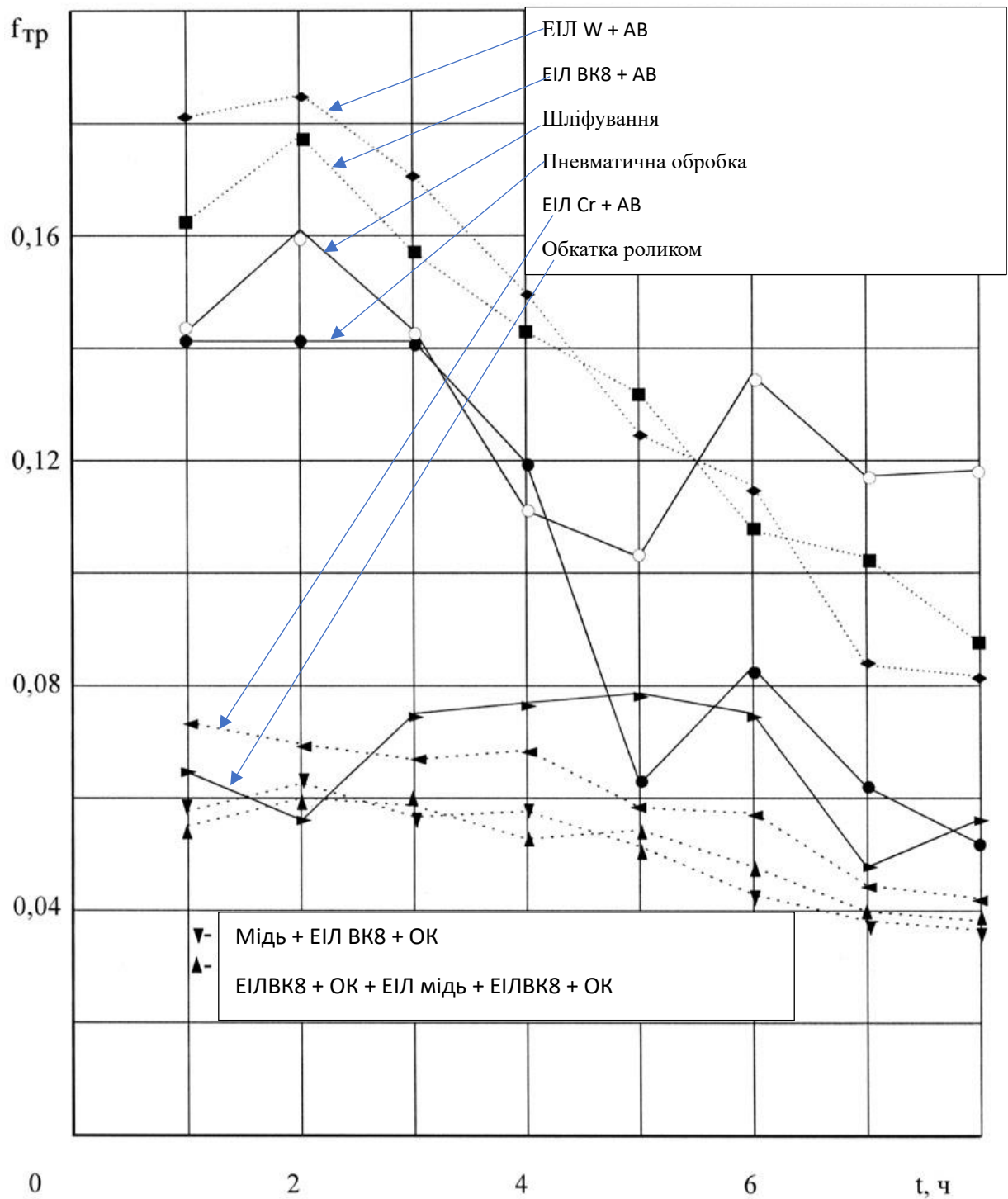


Рисунок 2.16 – Коефіцієнт тертя бабіту по сталі 40Х при різних методах зміцнення

В комбінованих покриттях, коли першим шаром наноситься мідь різко знижується коефіцієнт тертя. Мідь при нанесенні другого шару повторно розплавлюється і заповнює всі впадини шорсткості, покриває тонким шаром міді все покриття, що призводить до підвищення зносостійкості поверхневого шару.

Результати зносу зразків зі сталі 40Х

Метод зміцнення	Знос	
	ваговий $\times 10^3$, кг	лінійний, мкм
Незміцнені	0,0791	6,5162
	0,0817	6,5010
	0,0778	6,5093
Пневматичне $\varnothing 12,7$	*	3,0**
Обкатування роликком $\varnothing 76,0$	*	2,0**
ЕІЛ Cr + АВ	0,0230	2,0431
	0,0277	2,0672
	0,0224	2,0036
ЕІЛ W + АВ	0,00395	2,5071
	0,0423	2,6050
	0,0402	2,48948
ЕІЛ ВК8 + АВ	0,0353	2,3225
	0,0332	2,4204
	0,0341	2,3032
ЕІЛ Cu + ЕІЛ W + ОК	0,0199	1,2554
	0,0172	1,2041
	0,0187	1,3115
ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК	0,0169	1,0170
	0,0157	1,1045
	0,0148	1,0059
ЕІЛ ВК8 + ОК + ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК	0,0125	0,8214
	0,0103	0,8262

	0,0128	0,8194
--	--------	--------

* - відсутні показники; ** - показники взяті зі звіту про НДР
ВНДІкомпресормаш.- Арх. № 4654/90.- Суми.-85 с.

Характерні особливості зразків зі сталі 40Х представлені на рисунку 2.17

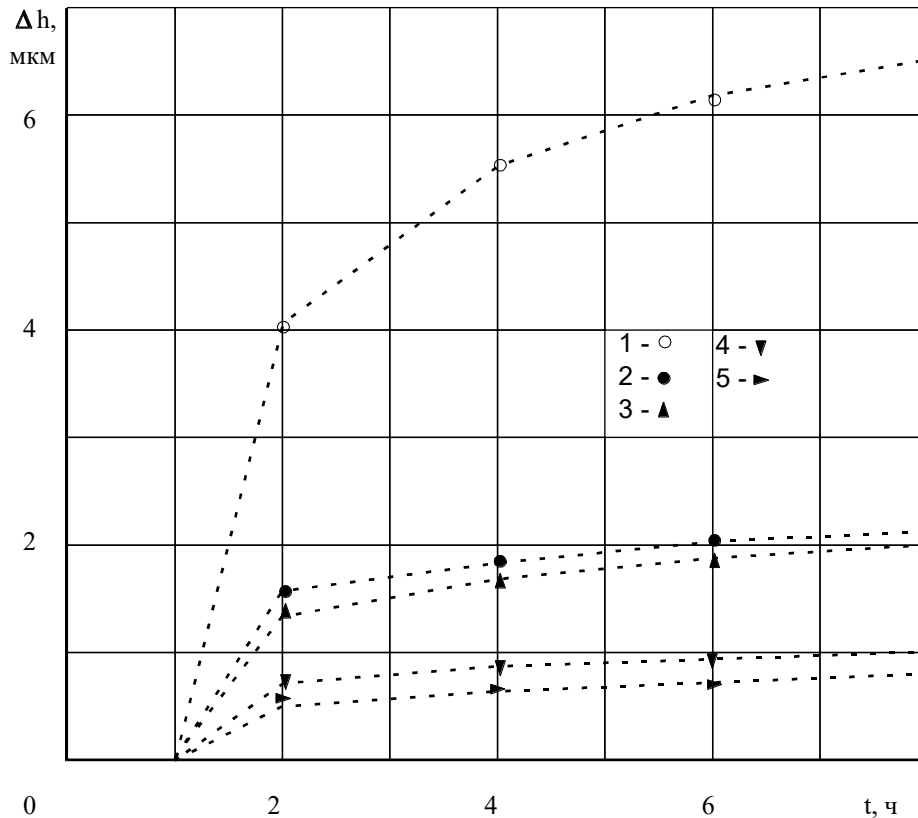


Рисунок 2.17 – Особливості зношування зразків зі сталі 40Х:

- 1 –шліфування; 2 - ЕІЛ ВК8 + АВ; 3 - ЕІЛ Cr + АВ;
4 - ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК; 5 - ЕІЛ ВК8 + ОК + ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК

З початку зношування у всіх зразків відбувається найбільший знос, що характерно для періоду припрацювання. Потім інтенсивність зношування зменшується і характер зносу в першому наближенні нагадує експоненційну залежність. Краща зносостійкість належить зразкам (5) зміцненим КТ в послідовності: ЕІЛ ВК8 + ОК + ЕІЛ Cu + ЕІЛ ВК8 + ОК

2.4. Висновки

1. На підставі аналізу існуючих сучасних методів зміцнення та ремонту валів визначено, що більш перспективною може бути комбінована технологія, яка полягає в нанесенні на поверхневий шар методом ЕІЛ зносостійкого покриття з подальшою обробкою методами ППД – ОК або АВ.

2. Розроблена методика проведення досліджень і порівняльних випробувань.

3. Порівняльними іспитами встановлено, що краща зносостійкість належить зразкам, зміцненим комбінованою технологією в послідовності: ЕІЛ ВК8 + ОК + ЕІЛ мідь + ЕІЛ ВК8 + ОК.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ЗІТКНЕННІ З ПРЕДМЕТАМИ

3.1. Розуміння аварій, що виникли внаслідок зіткнення з предметами

Нещасні випадки, пов'язані з ударами об предмети, є серйозною проблемою на робочому місці. Нещасні випадки внаслідок ударів об предмет трапляються, коли працівника вражає падаючий, хитний або котячий предмет, зокрема рухомі транспортні засоби. Ці нещасні випадки класифікуються як одна з «четвірок смертельних небезпек» Управління з охорони праці та здоров'я (OSHA). Нещасні випадки внаслідок ударів об предмети можуть призвести до серйозних травм, втрати часу на роботі та навіть до летальних випадків. Розуміння причин і наслідків цих нещасних випадків і вжиття заходів для їх запобігання на робочому місці є надзвичайно важливим.

3.2. Визначення нещасних випадків, пов'язаних із зіткненням з предметами

Нещасні випадки внаслідок удару об предмети – це випадки, коли працівника вражає будь-який предмет або елемент обладнання, що рухається, падає, гойдається або котиться. Це може включати інструменти, машини, транспортні засоби або предмети, що падають з полиць чи складських приміщень. Ці нещасні випадки можуть траплятися в різних галузях промисловості, включаючи будівництво, виробництво, складське господарство та транспорт. Визначення причин та потенційних ризиків, пов'язаних із

нешасними випадками внаслідок удару об предмети, має вирішальне значення для впровадження ефективних профілактичних заходів.

До нещасних випадків на робочому місці через удари об предмети зазвичай призводять кілька випадків. До них належать падіння предметів, рухомі транспортні засоби, хитання обладнання та падіння інструментів. На будівельних майданчиках падіння уламків або матеріалів з піднятих місць може становити значний ризик. На виробничих об'єктах неправильно закріплене обладнання або неконтрольований рух обладнання можуть призвести до нещасних випадків. Розуміння цих поширених інцидентів може допомогти роботодавцям і працівникам проактивно уникати нещасних випадків і травм.

3.3. Наслідки аварій, пов'язаних із зіткненням з предметами

Нещасні випадки внаслідок ударів об предмети можуть мати серйозні наслідки для постраждалих та їхніх робочих місць. Травми, отримані внаслідок цих нещасних випадків, можуть варіюватися від незначних ударів та синців до важких переломів, травм голови та навіть смертельних випадків. Працівникам може знадобитися медична допомога, відпустка для відновлення та реабілітація. Ці нещасні випадки також можуть призвести до фінансових втрат для бізнесу у вигляді позовів про компенсацію працівникам, медичних витрат та потенційної юридичної відповідальності. Вкрай важливо пріоритетувати запобігання нещасним випадкам внаслідок ударів об предмети для захисту безпеки працівників та загального благополуччя організації.

Впровадження ефективних профілактичних заходів є ключем до зниження ризику нещасних випадків на робочому місці, спричинених ударами предметів. Дотримуючись цих порад, роботодавці можуть створити безпечніше робоче середовище. Належна комунікація та навчання є важливими для запобігання нещасним випадкам, спричиненим ударами об предмети. Роботодавці повинні забезпечити, щоб працівники пройшли комплексне навчання з техніки безпеки щодо потенційних небезпек та ризиків, пов'язаних з їхніми завданнями.

Навчання повинно охоплювати правильне використання обладнання, безпечні методи роботи та порядок дій у надзвичайних ситуаціях. Роботодавці також повинні встановити чіткі канали зв'язку для оперативного повідомлення про будь-які проблеми або інциденти, пов'язані з безпекою.

Правильне використання обладнання має вирішальне значення для запобігання нещасним випадкам, пов'язаним із зіткненням з предметами. Роботодавці повинні забезпечити належне навчання з експлуатації та технічного обслуговування обладнання. Працівники повинні бути ознайомлені з інструкціями з експлуатації обладнання, правилами безпеки та попереджувальними наклейками. Слід проводити регулярні перевірки та технічне обслуговування обладнання для своєчасного виявлення та усунення будь-яких дефектів або несправностей.

3.4. Впровадження заходів безпеки

Роботодавці повинні впроваджувати заходи безпеки для зменшення ризику нещасних випадків, пов'язаних із зіткненням з предметами. Це може включати створення чітких знаків, маркування небезпечних зон, встановлення спеціально відведених пішохідних доріжок та заходів щодо регулювання дорожнього руху. За потреби слід забезпечити та забезпечити дотримання захисних бар'єрів, огорожі та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Слід проводити регулярні аудити та перевірки безпеки для забезпечення дотримання протоколів безпеки.

Належне навчання має вирішальне значення для забезпечення того, щоб працівники знали ризики та запобіжні заходи, пов'язані з нещасними випадками внаслідок ударів об предмети. Регулярні інструктажі з техніки безпеки допомагають підтримувати культуру безпеки на робочому місці та зменшувати ймовірність нещасних випадків.

Регулярне навчання з техніки безпеки гарантує, що працівники будуть в курсі протоколів безпеки, експлуатації обладнання та дій у надзвичайних

ситуаціях. Воно допомагає працівникам розвивати необхідні знання та навички для виявлення та уникнення потенційних небезпек, пов'язаних із ударами об об'єкти. Постійно посилюючи принципи безпеки, роботодавці можуть створити робочу силу, яка свідомо ставиться до безпеки, та зменшити кількість нещасних випадків.

Навчання з техніки безпеки під час аварій, пов'язаних з ударами об'єктів, повинно охоплювати різні теми, щоб надати працівникам вичерпні знання. Це включає виявлення потенційних небезпек, розуміння ролі засобів індивідуального захисту, розпізнавання небезпечних умов та застосування безпечних методів роботи. Навчання також має бути зосереджене на протоколах реагування на надзвичайні ситуації, включаючи процедури надання першої допомоги та евакуації. Слід регулярно проводити повторні інструктажі з техніки безпеки, щоб забезпечити збереження працівниками знань та навичок, необхідних для запобігання нещасним випадкам.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ВАЛІВ

4.1. Нормування технології зміцнення валів

Перелік матеріалів потрібних для нанесення покриттів на вали (табл.4.1).

Таблиця 4.1 – Матеріали та обладнання для нанесення покриттів на вали

Обладнання	Вартість, грн
Установка «УІЛВ-8А»	20000
Інше	
Електроенергія, кВт/год	45
Твердий сплав Т15К6	10
Хром	10
Вольфрам	25
мідь	10
Σ	20100

Поверхня валу, на яку потрібно наносити покриття = 600 см²

4.2 Розрахунок собівартості зміцнення

Собівартість виготовлення 1,0 валу без покриття

$$C_{\text{баз}} = 170,0 \text{ грн.}$$

Термін роботи 1,0 валу без покриття складає

$$T_{\text{баз}} = 0,7 \text{ рок.}$$

Собівартість затрат для зміцнення 1,0 валу буде:

$$C_{\text{мат}} = 5,0 \text{ грн.}$$

Таким чином, загальна собівартість валу буде:

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{баз}} + C_{\text{мат}} = 170 + 5 = 175 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Враховуючи, що 1 вал насосу буде працювати в п'ять разів довше, то

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{баз}} \times 5 = 0,7 \times 5,0 = 3,50 \text{ років.} \quad (4.2)$$

4.3. Розрахунок економічної ефективності

$$E = C_{\text{баз}} : T_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} : T_{\text{нов}} = 170 : 0,7 - 175 : 3,5 = 193,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.4 Розрахунок окупності капітальних витрат, (Фок)

$$\text{Фок} = C_{\text{об}} : E = 20100 : 193 = \sim 104 \text{ шт.}, \quad (4.4)$$

де $C_{\text{об}} = 20100$ грн (табл. 4.1)

Згідно того, що за добу зміцнюють приблизно 5,0 валів насосів, то добова окупність складе:

$$T_{\text{доб}} = \text{Фок} : 5 = 104 : 5 = \sim 21 \text{ доба.}$$

Таким чином. Економічна ефективність нової технології зміцнення валів насосів буде 193,0 грн на один вал, а окупність обладнання $\sim 21,0$ доба.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розглянута класифікація сільськогосподарської техніки і проведений аналіз її ключових новітніх технологій.

2. Проаналізовані види ремонту та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки і визначено, що більш відповідальними за її технічний стан є деталі типу вали.

3. На підставі аналізу існуючих сучасних методів зміцнення та ремонту валів визначено, що найбільш перспективною технологією є комбінована технологія електроіскрового легування з наступною поверхневою пластичною деформацією, шляхом обкочування кулькою або алмазним вигладжуванням.

4. Розроблена методика проведення досліджень і порівняльних випробувань в результаті проведення яких визначено, що краща зносостійкість належить зразкам, зміцненим комбінованою технологією в послідовності: ЕІЛ твердим сплавом ВК8+обкатка кулькою+ ЕІЛ мідю +ЕІЛ твердим сплавом ВК8 + обкатка кулькою.

5. По результатам проведених досліджень опубліковані дві наукові роботи (додаток Б).

Використана література:

1. <https://www.farmyland.com.ua/uk/servis/>
2. <https://www.farmyland.com.ua/en/servis/>
3. <https://coastapp.com/blog/farm-equipment-repair-maintenance-examples/#13-subsoiler>
4. <https://www.hardfacingfty.com/restoration-of-pump-shafts-with-laser-cladding/>
5. <https://westernmachine.com/machine-shop-services/shaft-repair/>
6. Miller, B.A., Taylor, R.O., Swartzentruber, P.D. et al. Destruction of steel shafts due to improper repair welding. J Fail. Anal. and Preven. 23 , 894–909 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11668-023-01629-4>
7. B. Miller, P. Schwarzentruher, Shaft Failures, Volume 11A, ASM Handbook: Analysis and Prevention of Component and Equipment Failures, ASM International, 2021, pp. 349–378.
8. Дж. Пердомо, Л. Ганхао, «Відмови, пов’язані зі зварюванням», том 11А, Довідник ASM : Аналіз та запобігання відмовам компонентів та обладнання, ASM International, 2021, с. 266–306.
9. <https://www.britannica.com/summary/electroplating>
10. <https://encyklopedia.pwn.pl/haslo/galwanotechnika;3903810.html>
11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013468699001437>
12. Гаган М. Р. Блискуче хромове покриття / М. Р. Гаган, О. О. Бутенко, О. В. Черниш // Інноватика в освіті, науці та бізнесі: виклики та можливості : матеріали II Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених, м. Київ, 18 листопада 2021 року. – Т. 1. – Київ : КНУТД, 2021. – 223 с.

13. Технологія нанесення гальванічних покриттів [Текст] : метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт. з кредит. модуля «Захисні і захиснодекоративні 116 покриття» для студ. спец. 7.05130103 «Технічна електрохімія» / Уклад.: В.Ф. Панасенко, Л.А. Яцюк, Т.І. Мотронюк та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 60 с. 10. Кінетика контактного обміну металів: монографія / А. О. Майзеліс; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: Іванченко І. С., 2021. – 180 с.

14. Скоркін А. О., Кондратюк О. Л., Скоркіна В. О., Старченко В. В. Особливості процесу плоского шліфування деталей із загартованих легованих сталей. *Машнобудування*. 2024. Вип. 34 С. 116-124. DOI: <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2024-34-11>

15. Xu, Y., Gong, Y., Tian, J., Zhang, W. Formation of White Layer on the Grinding Surface of Ni-Based Single Crystal Superalloy. *Journal of Northeastern University (Natural Science)*. 2024. № 45(9). С. 1301– 1308. DOI: <https://doi.org/10.12068/j.issn.1005-3026.2024.09.011>.

16. Mao, C., Sun, P., Tang, W., Zhang, M., Luo, Y., Hu, Y., Zhang, D., Tang, K., Guan, F. Features of Grinding White Layer and Its Correlation with Acoustic Emission Signal. *Journal of Mechanical Engineering*. 2023. № 59(9). С. 349–359. DOI: <https://doi.org/10.3901/JME.2023.09.349>.

17. . Shaburova, N., Krymsky, V., Moghaddam, A. O. Theory and Practice of Using Pulsed Electromagnetic Processing of Metal Melts. *Materials (Basel)*. 2022. № 15(3). С. 1235. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma15031235>.

18. 17. Li, X., Guan, Y. Theoretical fundamentals of short pulse laser–metal interaction: A review. *Nanotechnol. Precis. Eng.* 2020. № 3. С. 105–125. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.npe.2020.08.001>.

19. Li, J., Wu, J., Fan, J., Wang, X., Gao, Z. Research on dynamic characteristics and structural optimization of porous gas bearings in linear compressors. *Sci Rep.* 2023. № 13. С. 16507. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43818-z>.

20. Li, Y., Li, R., Ye, Y., Li, X., Chen, Y. Numerical analysis on the performance characteristics of a new gas journal bearing by using finite difference method. *Advances in Mechanical Engineering*. 2021. № 13(6). DOI: <https://doi.org/10.1177/16878140211028056>.

21. Забезпечення захисту поверхонь торцевих імпульсних ущільнень турбомашин шляхом формування зносостійких наноструктур : монографія / В. Б. Тарельник, Є. В. Коноплянченко, О. П. Гапонова, Н. В. Тарельник ; за заг. ред. В. Б. Тарельника. Суми : Університетська книга, 2022. 260 с.

22. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості : монографія / В. С. Марцинковський та ін. ; за ред. В. Б. Тарельника, Є. В. Коноплянченка. Суми : ФЛП Литовченко Е. Б., 2020. 410 с.

23. Галузеве машинобудування: підручник для аспірантів спеціальності / В.Б. Тарельник, доц. Є.В. Коноплянченко, М.В. Зубко та ін.; за заг. Ред. В.Б. Тарельника, Ю.І. Данька. Видавництво СНАУ, 2022.- 468 с.

ДОДАТКИ