



РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи магістра має 73 сторінки, 14 рис., 2 табл., 48 літературних джерел.

Метою роботи є підвищення зносостійкості поверхневих шарів елементів роликкоопор, за рахунок удосконалення електроерозійного легування та спрямованого поєднання його з іншими технологіями.

Об'єкт дослідження – енергозберігаючі та енергоефективні методи підвищення якості поверхонь деталей на базі електроерозійного легування.

Предмет дослідження – якісні параметри поверхневих шарів роликкоопор, сформовані комбінованими технологіями на базі електроерозійного легування.

Проаналізовано призначення та сферу застосування стрічкових конвейєрів, його технічні характеристики конструкції, проаналізовано основні недоліки, розроблено пропозиції щодо вдосконалення технології ремонту конвеєрів.

Розроблено технологію підвищення зносостійкості поверхневих шарів сталевих роликкоопор методом цементації електроерозійним легуванням з подальшою обробкою методами поверхневої пластичної деформації. Запропоновано нову інтегровану технологію ремонту роликкоопор.

СТРІЧКОВИЙ КОНВЕЄР, ЗНОШУВАННЯ, ЗМІЦНЕННЯ, РЕМОНТ, ВІДНОВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНЕ ЛЕГУВАННЯ, ЦЕМЕНТАЦІЯ.

факультет
СНАУ

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Розділ 1 Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей стрічкових конвеєрів.....	6
1.1 Стрічкові конвеєри: їх сфера застосування та призначення.....	6
1.3. Конструкція і принцип роботи типових стрічкових конвеєрів.....	16
1.4 Основні недоліки конструкції стрічкового конвеєра та методи їх відновлення.....	20
1.5 Варіанти вдосконалення технологічних процесів відновлення деталей стрічкових конвеєрів.....	28
1.6 Висновки по розділу 1.....	35
Розділ 2 Удосконалені технології відновлення роликів опор стрічкових конвеєрів.....	36
2.1 Методика проведення досліджень енергоощадних методів відновлення зношених роликів опор.....	36
2.2 Вивчення методики підвищення якісних параметрів поверхневого шару, який зміцнено методом цементації EPL.....	46
2.3 Синтез технологічного процесу цементації електроіскровим легуванням роликів опор.....	51
2.4 Висновки по розділу 2.....	55
Розділ 3 Охорона праці.....	56
3.1 Організація роботи з охорони праці на підприємстві.....	56
Розділ 4 Техніко-економічна оцінка технологічного процесу відновлення зношених роликів опор.....	61
ВИСНОВКИ.....	64
Література.....	65
ДОДАТКИ.....	69

Вступ

Стрічкові конвеєри з'явилися як значний технологічний прогрес у галузі тваринництва, революціонізувавши спосіб транспортування кормів і худоби в сільськогосподарських умовах. Оскільки в сільськогосподарському секторі зростає попит на підвищення продуктивності та ефективності роботи, використання стрічкових конвеєрів стає все більш сприятливим. Є переваги, які вони пропонують, такі як підвищена ефективність, зниження витрат на робочу силу та покращення добробуту тварин, а також розглядатимуть проблеми та обмеження, які супроводжувати їх реалізацію.

Переваги використання стрічкових конвеєрів у тваринництві численні. Насамперед, ці системи підвищують ефективність, значно скорочуючи час, необхідний для транспортування кормів і худоби через ферму. Наприклад, дослідження, проведене Американським товариством сільськогосподарських і біологічних інженерів, показало, що ферми, які використовують стрічкові конвеєрні системи, змогли скоротити час транспортування корму до 50%. Така ефективність не тільки допомагає вчасно годувати тварин, але й дозволяє фермерам розподіляти свій час на інших важливих сферах управління фермою. Крім того, стрічкові конвеєри сприяють зниженню трудових витрат і фізичного навантаження на працівників. Механізуючи транспортний процес, фермери можуть зменшити кількість фізичних працівників і знизити ризик травм, пов'язаних із виробництвом, особливо під час важких завдань, таких як підйом важких вантажів. Крім того, завдяки використанню стрічкових конвеєрів помітно покращується добробут тварин, худоба відчуває менше стресу під час транспортування завдяки плавному та контрольованому переміщенню, якому сприяють ці системи. Наприклад, дослідження показали, що тварини, які транспортуються за допомогою конвеєрних систем, демонструють нижчий рівень кортизолу, що свідчить про зниження стресу, порівняно з тваринами, яких переміщують вручну. Це поєднання підвищення ефективності, зниження витрат і покращення добробуту тварин підкреслює трансформаційний вплив стрічкових конвеєрів на сучасну практику

тваринництва.

Незважаючи на численні переваги, застосування стрічкових конвеєрів у тваринництві не позбавлене проблем і обмежень. Одним із значних перешкод є початкові інвестиції, необхідні для встановлення конвеєрних систем, які можуть бути непомірно дорогими для дрібних фермерів. Крім того, можуть накопичуватися поточні витрати на технічне обслуговування, особливо якщо системи піддаються інтенсивному використанню або суворим умовам навколишнього середовища. Також виникають технічні проблеми, для роботи стрічкових конвеєрів потрібен кваліфікований персонал, який може усунути несправності та обслуговувати обладнання, яке не завжди може бути доступним у сільській місцевості. Крім того, адаптивність стрічкових конвеєрів може становити проблему, оскільки не всі ферми мають планування, яке сприяє встановленню таких систем. Незважаючи на те, що стрічкові конвеєри пропонують значні переваги, їхня успішна інтеграція у тваринництво вимагає ретельного розгляду цих проблем разом із зобов'язанням їх вирішення шляхом навчання та інвестицій у відповідну інфраструктуру.

Роль стрічкових конвеєрів як технологічних транспортних механізмів у тваринництві є ключовою для підвищення ефективності роботи, зниження витрат на робочу силу та покращення добробуту тварин. Історичне впровадження цих систем знаменує значний зсув у порівнянні з традиційними методами транспортування, демонструючи їх здатність оптимізувати сільськогосподарську практику. Оскільки сільськогосподарський сектор продовжує розвиватися, усунення цих обмежень матиме вирішальне значення для забезпечення повної реалізації переваг стрічкових конвеєрів, прокладаючи шлях для більш ефективного та гуманного підходу до тваринництва. Потенціал для інновацій у цій сфері залишається величезним, особливо враховуючи те, що технології продовжують розвиватися, пропонуючи багатообіцяючі рішення для майбутнього сільського господарства.

Розділ 1

Аналіз конструктивних та експлуатаційних особливостей стрічкових конвеєрів

1.1 Стрічкові конвеєри: їх сфера застосування та призначення

Стрічкові конвеєри – це механічні системи, призначені для транспортування матеріалів з однієї точки в іншу, використовуючи безперервну петлю матеріалу, що приводиться в рух шківками. Ці системи можна адаптувати для різних навантажень і відстаней, що робить їх універсальними для різних сільськогосподарських робіт. Історично інтеграція стрічкових конвеєрів у тваринництво сягає середини 20 століття, коли механізація почала набирати оберти в сільськогосподарській практиці. До цього нововведення традиційні методи транспортування значною мірою поклалися на ручну працю та елементарні інструменти, які були не лише трудомісткими, але й часто неефективними. Наприклад, фермери використовували б тачки або візки для переміщення корму, що могло б призвести до нерівномірного розподілу та збільшення інтенсивності праці. Перехід до стрічкових конвеєрів уможливив більш стандартизований і раціоналізований процес, полегшивши переміщення сипучих кормів або худоби з мінімальним втручанням людини. Цей порівняльний аналіз підкреслює значний зсув до механізації у тваринництві, що зрештою покращило продуктивність та ефективність роботи.

Стрічкові конвеєри стали невід'ємною частиною сучасних систем обробки матеріалів, обслуговуючи різні галузі промисловості від виробництва до складського господарства. Їх призначення виходить за рамки простого транспортування; вони відіграють вирішальну роль у підвищенні продуктивності, зниженні операційних ризиків та оптимізації логістики. Оскільки промисловість все більше покладається на автоматизацію та ефективний потік матеріалів, розуміння призначення та сфери застосування стрічкових конвеєрів стає важливим.

Основним призначенням стрічкових конвеєрів є оптимізація процесів обробки матеріалів, що, у свою чергу, підвищує продуктивність і ефективність роботи на робочому місці. Автоматизуючи транспортування вантажів, стрічкові конвеєри зменшують потребу в ручному переміщенні, таким чином мінімізуючи витрати на оплату праці та ймовірність людської помилки. Ця автоматизація не тільки прискорює рух матеріалів, але й дозволяє співробітникам зосередитися на більш важливих завданнях, які потребують втручання людини. Крім того, конструкція стрічкових конвеєрів знижує ризик пошкодження товару під час транспортування. На відміну від ручного переміщення, коли предмети можуть упасти або неправильно поводитися, плавна робота стрічкового конвеєра забезпечує м'яке та надійне переміщення продуктів, значно знижуючи ймовірність пошкодження під час транспортування [1][2]. У складській логістиці застосування стрічкових конвеєрів є особливо вигідним. Вони оптимізують транспортування та комплектування товарів, сприяючи більш організованому та ефективнішому складському середовищу, що є важливим для сучасного управління ланцюгом поставок [2].

Сфера застосування стрічкових конвеєрів широка, охоплюючи різні матеріали та галузі. Стрічкові конвеєри можуть бути виготовлені з ряду матеріалів, включаючи гуму, ПВХ, поліуретан, метал і тканину. Кожен матеріал вибирається на основі його специфічних властивостей, таких як міцність, гнучкість і стійкість до хімічних речовин, що робить стрічкові конвеєри адаптованими до різних експлуатаційних потреб [3]. Наприклад, у гірничодобувній промисловості та будівництві стрічкові конвеєри дуже ефективні для транспортування сипучих матеріалів, таких як вугілля, зерно, руда та пісок, на великі відстані. Їх здатність безперервно обробляти велику кількість матеріалів робить їх незамінними в цих галузях [4]. Крім того, автоматизовані стрічкові конвеєри революціонізували швидкість, з якою продукція може переміщуватися з виробництва на склад і згодом на склад. Ця підвищена швидкість не тільки підвищує продуктивність, але також дозволяє

використовувати системи доставки точно вчасно, що є критично важливим на сучасних ринках, що швидко розвиваються [5].

Переваги стрічкових конвеєрів виходять за межі простого транспортування, пропонуючи численні переваги, які сприяють загальній ефективності роботи. Однією з ключових переваг є точний контроль, який вони забезпечують над потоком матеріалу, що забезпечує синхронізацію з іншими процесами всередині виробничої лінії. Ця можливість є важливою для забезпечення безперебійного робочого процесу, коли кожен компонент операції ефективно координується для підвищення продуктивності [6]. Крім того, стрічкові конвеєри мають менший знос порівняно з традиційними способами транспортування завдяки безперервному руху та оптимізованим можливостям завантаження. Така ефективність означає, що вони можуть працювати довше та вимагати менше простоїв для технічного обслуговування, що призводить до економії коштів для підприємств [7]. Довговічність є ще однією значною перевагою, оскільки довговічність матеріалів ременя та їх стійкість до пошкоджень сприяють більш тривалому терміну служби, що, у свою чергу, мінімізує витрати на обслуговування та заміну [8]. Разом ці переваги ілюструють, чому стрічкові конвеєри є кращим вибором у різних промислових застосуваннях.

Стрічкові конвеєри виконують важливу роль у сучасних системах транспортування матеріалів, оптимізуючи процеси, зменшуючи ризики та підвищуючи продуктивність у різних галузях. Їх адаптованість до різних матеріалів і операційних потреб у поєднанні з численними перевагами позиціонує їх як важливі інструменти в складській логістиці, видобутку корисних копалин і виробництві. Оскільки галузі продовжують розвиватися та вимагають більшої ефективності, роль стрічкових конвеєрів, безсумнівно, розширюватиметься, зміцнюючи їхнє місце як наріжного каменю ефективних рішень для обробки матеріалів.

Стрічкові конвеєри (рис. 1.1) — машини безперервної дії, в яких тягово-несучим елементом є гнучка стрічка. Основним призначенням даного

обладнання є механізація технологічних процесів за рахунок підвищення продуктивності та мінімізації витрат при підвищенні загальної безпеки праці.

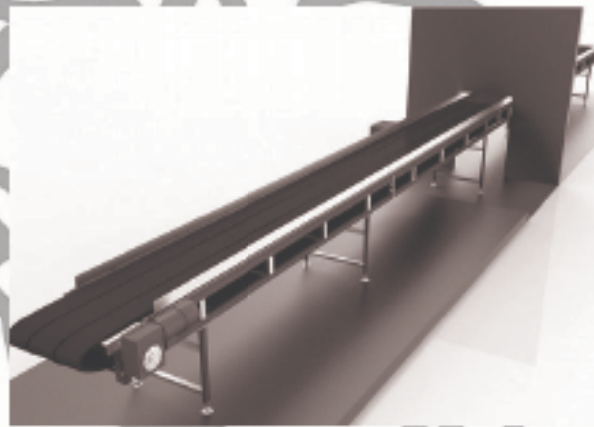


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд стрічкового конвеєра.

На самому базовому рівні апарат складається з двох кінцевих барабанів (привідного та натяжного), навколо яких обертається закрита стрічка. Спеціальні ролики підтримували обидві гілки конвеєра (верхню несучу і нижню холосту), щоб вони не провисали. Робоча стрічка виготовлена зі спеціальних високоміцних синтетичних матеріалів, які мають високу стійкість до зношування та підвищених тягових зусиль. Електродвигун приводу обертання барабана сьогодні найпоширеніший. Частотно-регульований мотор-редукторний привід сьогодні не дуже поширений.

Стрічкові конвеєри стали незамінним активом у різних галузях промисловості, змінивши спосіб обробки та транспортування матеріалів. Завдяки своїй здатності оптимізувати процеси та підвищити продуктивність ці конвеєрні системи часто вважаються основними інструментами у виробництві, дистрибуції та гірничодобувній діяльності. Однак, незважаючи на численні переваги використання стрічкових конвеєрів, є також важливі міркування, які необхідно взяти до уваги.

Стрічкові конвеєри необхідні в різних галузях промисловості для транспортування матеріалів, відіграючи вирішальну роль у підвищенні ефективності процесів виробництва та розподілу. Автоматизуючи

транспортування матеріалів, стрічкові конвеєри значно скорочують час, необхідний для переміщення продуктів з однієї точки в іншу, дозволяючи операціям працювати більш плавно та швидко. Наприклад, на складальних лініях продукцію можна безперервно подавати працівникам без перерви, що сприяє стабільному робочому процесу, що підвищує загальну продуктивність. Крім того, використання стрічкових конвеєрів мінімізує потребу в ручній праці, що не тільки зменшує експлуатаційні витрати, але й знижує ризик травм, пов'язаних із підйомом важких речей і повторюваними навантаженнями. Ручне переміщення часто є джерелом нещасних випадків на виробництві, і, замінивши ці завдання механізованими системами, компанії можуть сприяти безпечнішому робочому середовищу. Крім того, стрічкові конвеєри добре підходять для транспортування сипучих матеріалів, таких як зерно, мінерали та наповнювачі, які поширені в таких галузях, як сільське господарство та гірничодобувна промисловість. Ці матеріали можуть бути громіздкими та громіздкими для обробки вручну, але стрічкові конвеєри забезпечують ефективне переміщення та обробку, забезпечуючи безперебійність виробничих ліній при максимальному збільшенні продуктивності. Таким чином, переваги в ефективності та безпеці, які забезпечують стрічкові конвеєри, роблять їх важливим компонентом сучасної промислової діяльності.



Рисунок 1.2 – Горизонтальний стрічковий конвеєр.

Різноманітність доступних типів стрічкових конвеєрів ще більше підкреслює їх важливість у різних сферах застосування. Плоскі стрічкові конвеєри, наприклад, є неймовірно універсальними та можуть транспортувати широкий спектр продуктів, від невеликих упаковок до великих коробок. Ця здатність до адаптації робить їх придатними для багатьох галузей промисловості, включаючи харчову промисловість, пакування та логістику. З іншого боку, модульні стрічкові конвеєри пропонують виняткову гнучкість і легкість обслуговування, що робить їх ідеальним вибором для складних планувальних завдань, де простір обмежений. Їх конструкція дозволяє виконувати швидкий ремонт і налаштування, забезпечуючи продовження роботи з мінімальними простоями. Це особливо корисно в галузях, де виробничі графіки жорсткі, а ефективність має першочергове значення. Крім того, стрічкові конвеєри з гофрами спеціально розроблені для транспортування матеріалів під нахилом, запобігаючи ковзанню та забезпечуючи безпечне та ефективне переміщення навіть найважчих вантажів. Цей тип конвеєра особливо цінний у таких сферах застосування, як видобуток корисних копалин і переробка відходів, де матеріали потрібно піднімати на різну висоту під час обробки. Наявність різних типів стрічкових конвеєрів, розроблених для конкретних застосувань, не тільки підвищує ефективність роботи, але й підкреслює можливість адаптації цієї технології для задоволення різноманітних потреб різних галузей промисловості.

Незважаючи на переваги, які пропонують стрічкові конвеєри, вони можуть становити загрозу безпеці, якщо їх не обслуговувати належним чином. Погане обслуговування конвеєрних систем може призвести до нещасних випадків і травм, іноді з тяжкими наслідками. Зношені або пошкоджені компоненти можуть працювати несправно, що призведе до неочікуваних поломок або нещасних випадків, що загрожує безпеці робочої сили. Крім того, часто нехтують основними елементами безпеки, такими як захисні пристрої та кнопки аварійної зупинки, що збільшує ризик отримання травм у робочому

середовищі. Якщо ці заходи безпеки регулярно не перевіряються та не підтримуються, вони можуть не працювати, коли це найбільше потрібно, роблячи працівників уразливими до нещасних випадків. Крім того, навчання працівників щодо безпеки на конвеєрі часто є неадекватним, що призводить до недостатньої обізнаності про ризики, пов'язані з роботою з цими машинами або роботою поблизу них. Без належної підготовки працівники можуть не усвідомлювати важливості дотримання протоколів безпеки, що значно підвищує ймовірність нещасних випадків. Таким чином, незважаючи на те, що стрічкові конвеєри можуть підвищити ефективність і продуктивність, вкрай важливо, щоб компанії приділяли пріоритет технічному обслуговуванню та навчанню, щоб ефективно зменшити ці ризики безпеки.



Рисунок 1.3 - Стрічковий конвеєр похилого типу

Фінансові наслідки встановлення та обслуговування стрічкових конвеєрів також можуть викликати серйозне занепокоєння для підприємств. Початкові інвестиції, необхідні для стрічкової конвеєрної системи, часто є значними, що може створити перешкоду для невеликих компаній або тих, хто працює з обмеженим бюджетом. Витрати, пов'язані з придбанням, установкою та інтеграцією цих систем у існуючі операції, можуть швидко збільшитися, що призведе до фінансової напруги. Крім того, поточні витрати на технічне

обслуговування можуть перевищити бюджетні очікування, особливо якщо система потребує частого ремонту або спеціальних деталей. Компанії також повинні бути готові до можливого непередбаченого простою через несправності конвеєра, що може негативно вплинути на загальну продуктивність і прибутковість. Коли конвеєрна система зазнає збою, вона може призупинити роботу, що призведе до затримок у виробничих графіках і недотримання термінів. Такі збої можуть підірвати довіру клієнтів і завдати шкоди репутації компанії в довгостроковій перспективі. У світлі цих факторів компанії повинні ретельно оцінити співвідношення витрат і вигод від впровадження стрічкових конвеєрних систем, зваживши потенційне підвищення ефективності проти фінансових ризиків і пов'язаних проблем з обслуговуванням.

Стрічкові конвеєри відіграють життєво важливу роль у підвищенні ефективності та безпеки в різних галузях промисловості, забезпечуючи рішення для транспортування матеріалів, які є ефективними та адаптованими. Доступні різні типи стрічкових конвеєрів дозволяють підприємствам адаптувати свою діяльність до конкретних потреб, тим самим максимізуючи продуктивність. Однак важливо усвідомлювати потенційні ризики для безпеки та фінансові наслідки, пов'язані з цими системами. Належне технічне обслуговування, навчання працівників і ретельне фінансове планування мають вирішальне значення для пом'якшення проблем, пов'язаних зі стрічковими конвеєрами. Зрештою, за умови ефективного управління переваги стрічкових конвеєрів значно переважають недоліки, що робить їх наріжним каменем сучасної промислової діяльності.

При виборі типу та моделі стрічкового конвеєра важливо зрозуміти різні типи доступних стрічкових конвеєрів. Одним із найпоширеніших типів є плоский стрічковий конвеєр, який має плоску активну сторону, що підтримується або циліндричними роликками, або плоскою повзункою. Цей тип конвеєра зазвичай призначений для коротших відстаней і є дуже універсальним, що робить його придатним для ряду застосувань у різних

галузях [9]. Іншим значним типом є конвеєр зі стрічкою з гофрованими зубцями, який виділяється своїми рельєфними зубцями. Ці скоби можуть бути розроблені на замовлення для різних матеріалів і кутів нахилу, допомагаючи запобігти відкату продукту та забезпечуючи плавне транспортування предметів різних форм і розмірів [11]. Універсальність стрічкових конвеєрів робить їх незамінними інструментами на складах, де вони сприяють безперервному транспортуванню вантажів і можуть автоматизувати різні складські процеси, значно підвищуючи ефективність [10].

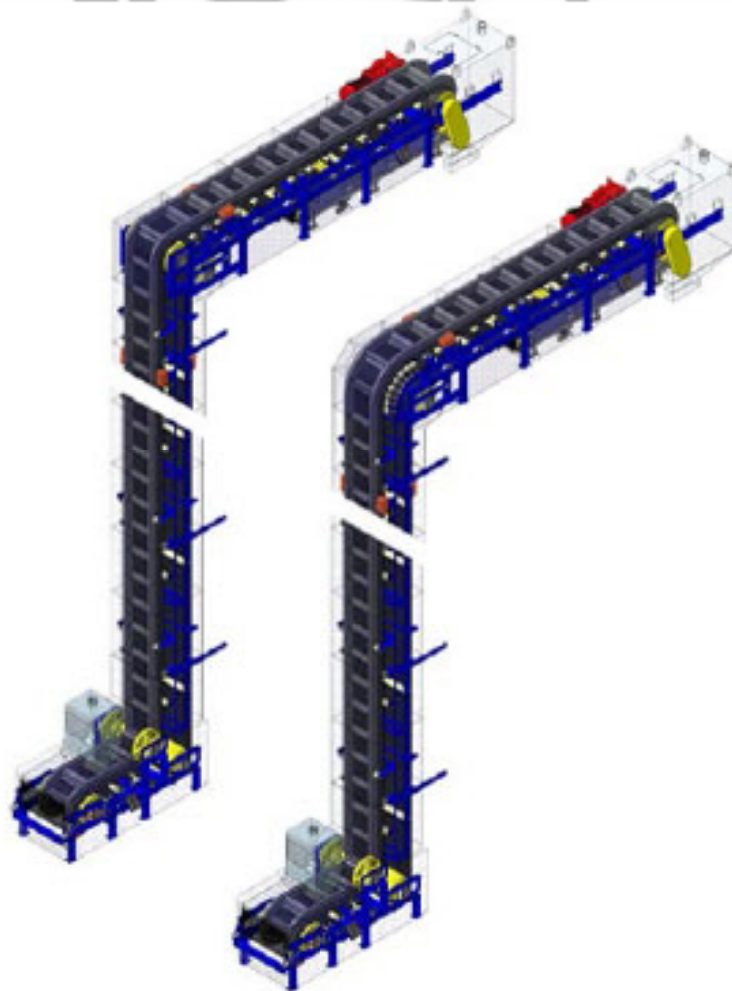


Рисунок 1.4 – Стрічкові конвеєри вертикального типу.

Вибираючи стрічковий конвеєр, необхідно враховувати кілька факторів, щоб забезпечити оптимальну продуктивність. Екологічні умови відіграють вирішальну роль у цьому рішенні. Такі фактори, як температура, вплив хімічних речовин, рівень вологості та наявність ультрафіолетового світла,

можуть впливати на деградацію матеріалів, які використовуються в конвеєрній системі [12]. Крім того, характеристики матеріалів, що транспортуються, включаючи вагу, розмір і абразивність, є критичними для визначення відповідної конструкції та матеріалу стрічки [13]. Операційне середовище також має важливе значення; такі фактори, як вологість, пил і вплив хімічних речовин або оливо, можуть значно вплинути як на продуктивність, так і на термін служби конвеєра [14]. Отже, повне розуміння цих факторів впливу може керувати процесом вибору, гарантуючи, що обрана конвеєрна система добре підходить для запланованого застосування.



Рисунок 1.5 – Стрічковий конвеєр пересувного типу.

Оцінка експлуатаційних вимог є ще одним ключовим аспектом вибору правильного стрічкового конвеєра. Це передбачає оцінку різних операційних вимог, таких як очікуване робоче навантаження, включаючи кількість робочих годин на день і типи матеріалів, що транспортуються [15]. Ретельно оцінюючи ці параметри, можна вибрати конвеєрну систему, яка не тільки відповідає поточним потребам, але й пристосовується до майбутнього зростання та змін у діяльності [13]. Крім того, дотримання загальних вимог щодо безпеки та ефективності має вирішальне значення для забезпечення надійної роботи конвеєрних систем у різноманітних промислових умовах [16]. Ці оцінки допомагають визначити необхідні специфікації та конструкції, які

відповідають оперативним цілям, що зрештою призводить до підвищення продуктивності та скорочення часу простою.

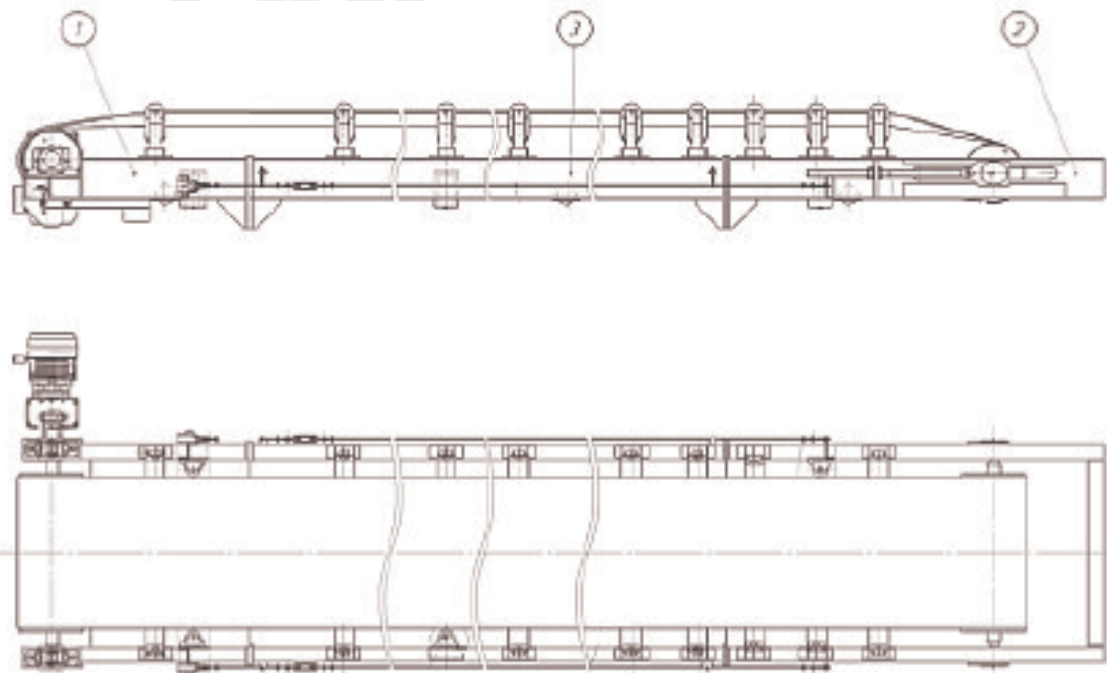


Рисунок 1.6 – Типова будова стрічкового конвеєра.

Вибір правильного типу стрічкового конвеєра – це багатогранний процес, який вимагає чіткого розуміння різноманітних доступних типів, факторів, що впливають на вибір, і ретельної оцінки експлуатаційних вимог. Враховуючи ці аспекти, підприємства можуть приймати обґрунтовані рішення, які підвищують ефективність і продуктивність їх діяльності. Правильний вибір не тільки забезпечує ефективне транспортування вантажів, але й сприяє довговічності та надійності конвеєрної системи.

1.3. Конструкція і принцип роботи типових стрічкових конвеєрів

Конструкція конвеєра

Стрічкові конвеєри є ключовим елементом сучасних транспортно-розвантажувальних процесів і промислових процесів, слугуючи ефективними інструментами для транспортування вантажів у різних секторах. Конструкція стрічкового конвеєра це ретельно розроблена система, створена для

оптимізації руху матеріалів з однієї точки в іншу. Розуміння його компонентів, роботи та застосувань має важливе значення для оцінки його ролі у підвищенні продуктивності та ефективності в різних галузях.

Конструкція стрічкового конвеєра складається з кількох невід'ємних компонентів, які працюють разом, щоб полегшити плавний рух матеріалів. Центральним елементом цієї конструкції є сама конвеєрна стрічка, яка зазвичай виготовляється з таких матеріалів, як гума, тканина або метал, залежно від передбачуваного застосування. Наприклад, гумові стрічки широко використовуються в гірничодобувній промисловості через їх стійкість і здатність витримувати великі навантаження, тоді як тканинні стрічки більш поширені в більш легких сферах застосування, таких як харчова промисловість. Конструкція рами стрічкового конвеєра не менш важлива; він забезпечує необхідну підтримку та стабільність системи. Рама, яка зазвичай виготовляється зі сталі або алюмінію, забезпечує міцність конвеєра за різних навантажень і умов. Крім того, опорні системи, такі як натяжні ролики та шківів, відіграють важливу роль у підтримці вирівнювання та натягу ремня, що є критично важливим для ефективної роботи. Загальна конструкція стрічкового конвеєра є свідченням інженерних принципів, які віддають перевагу довговічності, ефективності та адаптованості до різних промислових середовищ.

Розуміння принципів роботи стрічкових конвеєрів показує, чому вони важливі в багатьох галузях промисловості. Механізм руху спирається на безперервну петлю конвеєрної стрічки, яка приводиться в рух моторизованою системою шківів. Шківів на кінцях конвеєра забезпечують як опору, так і рух, а ведучий шків перетворює електричну енергію в механічну, щоб рухати стрічку вперед. Ролики, стратегічно розташовані вздовж конвеєра, зменшують тертя та підтримують стрічку, коли вона транспортує матеріали. Взаємодія тертя і натягу є критичною в цій системі; Тертя між ремнем і ведучим шківом гарантує, що ремінь рухається без ковзання, тоді як натяг утримує ремінь у натягнутому стані, запобігаючи провисанню або зміщенню. Наприклад, у

виробничому середовищі, де точний рух має вирішальне значення, підтримання правильного балансу напруги та тертя може значно підвищити ефективність роботи. Така синергія компонентів і принципів дозволяє стрічковим конвеєрам плавно й ефективно транспортувати матеріали, що є наріжним каменем сучасних промислових процесів.

Стрічкові конвеєри використовуються в багатьох сферах застосування, що підкреслює їх універсальність і ефективність у різних секторах. У промисловому контексті вони важливі для переміщення сипких матеріалів, таких як вугілля при видобутку корисних копалин або заповнювачів у будівництві, сприяючи ефективному переміщенню великих кількостей матеріалу на великі відстані. На виробничих і складальних лініях стрічкові конвеєри оптимізують процеси, дозволяючи систематично переміщувати продукти з однієї робочої станції на іншу, значно скорочуючи трудовитрати та час. Наприклад, в автомобільній промисловості компоненти безперебійно транспортуються вздовж конвеєрів, що забезпечує синхронізацію операцій, що підвищує продуктивність. Окрім промислового застосування, стрічкові конвеєри відіграють ключову роль у сільському господарстві, де вони використовуються для транспортування зерна, добрив та інших матеріалів, тим самим підвищуючи ефективність ланцюга поставок. Переваги використання стрічкових конвеєрів виходять за рамки простого транспортування; вони сприяють підвищенню безпеки, зменшенню ручної обробки та вищій пропускну здатності, що в кінцевому підсумку призводить до підвищення ефективності роботи в різних секторах.

Конструкція та робота стрічкових конвеєрів базуються на інженерних принципах, які надають перевагу ефективності, довговічності та адаптивності. Стрічкові конвеєри є життєво важливими інструментами в багатьох галузях промисловості, полегшуючи транспортування матеріалів і підвищуючи продуктивність. Їх широке застосування в таких секторах, як виробництво, гірничо-промисловість і сільське господарство, ще більше підкреслює їх важливість у сучасній промисловій практиці. Оскільки технологія продовжує

розвиватися, еволюція стрічкових конвеєрних систем обіцяє ще більшу ефективність і можливості, забезпечуючи їхню актуальність у постійно мінливому ландшафті обробки матеріалів і логістики.

Принцип роботи стрічкового конвеєра

Стрічковий конвеєр призначений для транспортування матеріалів на відстань, ефективно поєднуючи різні етапи виробництва чи зберігання. Ключові компоненти стрічкового конвеєра включають саму стрічку, яка переносить вантаж; шків, які перенаправляють і підтримують ремінь; ролики, що полегшують рух і зменшують тертя; і приводи, які живлять систему. Ремінь може бути виготовлений із різних матеріалів, включаючи гуму, пластик або метал, залежно від конкретних потреб застосування. Крім того, існує кілька типів стрічкових конвеєрів, призначених для різних функцій: плоскі стрічкові конвеєри, які зазвичай використовуються у виробництві; модульні стрічкові конвеєри, які складаються із з'єднаних між собою сегментів для гнучкості; і портативні конвеєри, призначені для тимчасового застосування, наприклад, будівельних майданчиків. Кожен тип розроблений для оптимізації транспортування вантажів, демонструючи універсальність і адаптивність стрічкових конвеєрів у різних секторах.

Робота стрічкових конвеєрів залежить від злагодженого механізму, який забезпечує безперервний рух стрічки та її навантаження. В основі цього механізму знаходяться рушійні елементи, зазвичай електродвигуни, які ініціюють рух через шків. Рух ременя в першу чергу залежить від сили тертя між ременем і приводним шківом, яка має бути відкалібрована, щоб запобігти ковзанню, забезпечуючи достатній натяг для підтримки навантаження. Крім того, різноманітні налаштування та практики технічного обслуговування мають вирішальне значення для підтримки оптимальної роботи. Наприклад, необхідні регулярні перевірки натягу та вирівнювання ременя, щоб уникнути зносу та передчасного виходу з ладу. Крім того, змащення рухомих частин і моніторинг поверхні стрічки на наявність пошкоджень можуть значно збільшити термін служби та ефективність конвеєра. Розуміння цих механічних

тонкощів має вирішальне значення як для операторів, так і для інженерів, оскільки вони безпосередньо впливають на продуктивність і надійність процесів обробки матеріалів.

Стрічкові конвеєри знаходять широке застосування в різних галузях промисловості, демонструючи свою універсальність і ефективність у транспортуванні матеріалів. У промислових умовах вони незамінні під час виробничих і пакувальних операцій, де вони полегшують рух сировини, компонентів і готової продукції уздовж складальних ліній. Наприклад, в автомобільній промисловості стрічкові конвеєри використовуються для транспортування деталей автомобіля через різні етапи складання, покращуючи ефективність робочого процесу. Крім того, у секторах логістики та транспортування стрічкові конвеєри відіграють вирішальну роль у сортуванні пакетів і завантаженні товарів у розподільних центрах, що значно прискорює процес доставки. Переваги стрічкових конвеєрів над іншими системами транспортування матеріалів численні; вони пропонують підвищену ефективність за рахунок мінімізації ручної праці та скорочення часу транспортування, сприяють безпеці за рахунок зниження ризику травм, пов'язаних із підйомом важких речей, і забезпечують економічно ефективне рішення за рахунок зниження експлуатаційних витрат завдяки енергоефективним конструкціям. Оскільки промисловість продовжує розвиватися, очікується, що залежність від стрічкових конвеєрів зростатиме, зміцнюючи їх роль як невід'ємного компонента сучасних систем транспортування матеріалів.

1.4 Основні недоліки конструкції стрічкового конвеєра та методи їх відновлення

Одним з основних недоліків конструкції стрічкових конвеєрів є їх конструктивне виконання. Частою проблемою є неадекватний розподіл навантаження, що може призвести до руйнування конструкції. Наприклад,

коли навантаження нерівномірно розподіляється по конвеєрній стрічці, певні ділянки можуть відчувати надмірне навантаження, що призводить до передчасного зносу або катастрофічної поломки. Це може посилитися через недостатній вибір матеріалу; багато конвеєрних систем побудовані з низькоякісних матеріалів, що погіршує довговічність і збільшує потребу в обслуговуванні. Наприклад, конвеєрна стрічка, виготовлена з неякісної гуми, може швидко псуватися в суворих умовах експлуатації, що потребує частої заміни та збільшення експлуатаційних витрат. Крім того, погане вирівнювання та системи підтримки можуть призвести до операційної неефективності. Невідповідність стрічки може спричинити ковзання та збільшити тертя, що не тільки впливає на продуктивність конвеєра, але й призводить до більшого споживання енергії. У сукупності ці структурні недоліки конструкції можуть серйозно перешкоджати надійності та ефективності стрічкових конвеєрів у різних промислових застосуваннях.

Ще однією важливою проблемною проблемою в конструкції стрічкового конвеєра є обмеження в функціях безпеки. У багатьох конвеєрних системах відсутні відповідні механізми аварійної зупинки, особливо в критичних зонах, де оператори повинні тісно взаємодіяти з машиною. Це підвищує ризик аварій, особливо у високошвидкісному середовищі, де здатність швидко реагувати на потенційну небезпеку має вирішальне значення. Крім того, неналежний захист від рухомих частин створює загрозу безпеці для персоналу, який працює поблизу конвеєра. Наприклад, без належного захисту працівники ризикують заплутатися або отримати травму через відкриті компоненти. Більше того, навіть за наявності засобів безпеки персонал, який працює з конвеєрами, часто не має достатньої підготовки та інструкцій з експлуатації. Недостатнє навчання може призвести до неправильного використання механізмів безпеки, тим самим збільшуючи ймовірність нещасних випадків. Загалом, недоліки в функціях безпеки в конструкції стрічкового конвеєра не тільки загрожують безпеці працівників, але й наражають організації на потенційну відповідальність і регуляторні штрафи.

Експлуатаційна неефективність є ще одним суттєвим недоліком погано сконструйованих стрічкових конвеєрів. Багато існуючих систем демонструють неефективне споживання енергії через застарілі конструкції, які не були оптимізовані для сучасних експлуатаційних вимог. Наприклад, у старих моделях конвеєрів можуть бути відсутні енергоефективні системи приводу, що призводить до надмірного споживання електроенергії, що збільшує експлуатаційні витрати. Крім того, обмеження в адаптації до різних матеріалів і середовищ можуть перешкоджати продуктивності. Наприклад, конвеєр, призначений для транспортування сипких матеріалів, може погано справлятися з меншими, крихкішими предметами, що призведе до пошкодження матеріалу та збільшення відходів. Крім того, проблеми з обслуговуванням і усуненням несправностей можуть збільшити час простою, знизивши загальну продуктивність. Недостатній доступ до критично важливих компонентів може ускладнити технічному персоналу виконання своєчасних перевірок і ремонту, що призведе до тривалих періодів бездіяльності. Ця операційна неефективність підкреслює важливість усунення недоліків конструкції для підвищення загальної продуктивності та надійності стрічкових конвеєрів.

Аналіз основних недоліків у конструкції стрічкових конвеєрів виявляє критичні проблеми, пов'язані зі структурною цілісністю, функціями безпеки та експлуатаційною ефективністю. Неадекватний розподіл навантаження, поганий вибір матеріалів і недостатнє центрування сприяють структурним збоєм, тоді як обмеження в механізмах безпеки та навчанні створюють значні ризики для персоналу. Крім того, застарілі конструкції призводять до неефективності споживання енергії та адаптивності, що ще більше знижує продуктивність. Щоб усунути ці недоліки, галузям промисловості важливо віддати пріоритет розробці та впровадженню вдосконалених методів проектування, які підвищують надійність, безпеку та ефективність стрічкових конвеєрів. Роблячи це, організації можуть не тільки захистити свою робочу силу, але й оптимізувати свої операційні процеси, що зрештою призведе до

більшої економічної життєздатності та стійкості їх діяльності.

Як і будь-яка механічна система, стрічкові конвеєри чутливі до зносу, що призводить до потреби в технологіях ремонту для підтримки їх функціональності. У цьому есе буде розглянуто технологію стрічкових конвеєрів, заглиблено в загальні методи ремонту та проаналізовано переваги та проблеми, пов'язані з цими технологіями ремонту.

Стрічкові конвеєри визначаються як механізовані системи, призначені для транспортування сипких матеріалів або продуктів по безперервній петлі матеріалу, як правило, виготовленого з гуми або тканини. Метою цих конвеєрів є оптимізація руху товарів, тим самим підвищуючи продуктивність і зменшуючи витрати на робочу силу. Історичний розвиток стрічкових конвеєрів можна простежити до кінця 18 століття, а значні досягнення відбулися під час промислової революції. Спочатку ці системи були простими дерев'яними конструкціями, але поява технологій сталі та гуми наприкінці 19-го та початку 20-го століть революціонізувала дизайн конвеєрів. Сучасні стрічкові конвеєри складаються з кількох ключових компонентів, включаючи саму стрічку, шків, ролики та приводні механізми. Кожен із цих компонентів відіграє вирішальну роль у забезпеченні безперебійної роботи конвеєра. Наприклад, склад матеріалу стрічки впливає на її довговічність і стійкість до зношування, а ролики полегшують рух стрічки та підтримують вантаж, що транспортується. Розуміння цих елементів має важливе значення для визначення ефективних стратегій ремонту, щоб мінімізувати час простою та підтримувати ефективність роботи.

Технології ремонту стрічкових конвеєрів охоплюють низку механічних методів, спрямованих на відновлення функціональності та продовження терміну служби цих систем. Механічні методи ремонту часто передбачають перевірку та оцінку конвеєрної системи для виявлення таких проблем, як зміщення, знос або пошкодження. Одним із поширених методів ремонту є зрощування, яке передбачає з'єднання двох кінців пошкодженого ременя для відновлення його цілісності. Існує кілька методів зрощування, включаючи

гарячу вулканізацію та холодне з'єднання, кожен із яких має свої переваги та обмеження залежно від матеріалів та умов експлуатації. Крім того, заміна пошкоджених компонентів, таких як ролики та шківни, є критично важливим аспектом обслуговування конвеєрних систем. Наприклад, зношені ролики можуть призвести до перекосу ременя та збільшення тертя, що, у свою чергу, може спричинити подальше пошкодження ременя та інших компонентів. Застосовуючи відповідні технології ремонту, галузі можуть забезпечити безперебійну та ефективну роботу своїх стрічкових конвеєрів, мінімізуючи таким чином збої в роботі ланцюга поставок.

Переваги своєчасного ремонту стрічкових конвеєрів неможливо переоцінити, оскільки вони безпосередньо підвищують ефективність роботи та продуктивність. Регулярне технічне обслуговування та швидкий ремонт можуть запобігти більшим, дорожчим несправностям і зменшити ризик нещасних випадків на робочому місці. Однак впровадження передових технологій ремонту часто викликає труднощі. Наприклад, організації можуть зіткнутися з труднощами в навчанні персоналу використанню нових методів ремонту або можуть зустріти опір зміні встановлених процесів. Крім того, початкові витрати, пов'язані з передовими технологіями ремонту, можуть бути значними, що змушує деякі підприємства вагатися щодо застосування цих практик. Тим не менш, довгострокова економія, отримана від скорочення простоїв і підвищення продуктивності, часто переважає ці початкові інвестиції. Крім того, підприємства, які використовують сучасні технології ремонту, можуть підвищити свою конкурентоспроможність, забезпечивши більш надійну та ефективну роботу, що зрештою призведе до більшої задоволеності клієнтів.

Розуміння технологій, що лежить в основі цих систем, а також загальних доступних методів ремонту показує важливість технічного обслуговування для забезпечення їх довговічності та продуктивності. Хоча своєчасний ремонт має значні переваги, такі проблеми, як витрати та потреба у кваліфікованій робочій силі, можуть ускладнити впровадження. Тим не менш, інвестування в

технології ремонту має вирішальне значення для підтримки ефективності роботи та може призвести до значних довгострокових переваг для бізнесу. Оскільки галузі продовжують розвиватися, також будуть розвиватися методи та технології, доступні для ремонту стрічкових конвеєрів, що підкреслює необхідність для організацій бути поінформованими та адаптуватися у своїх стратегіях технічного обслуговування.

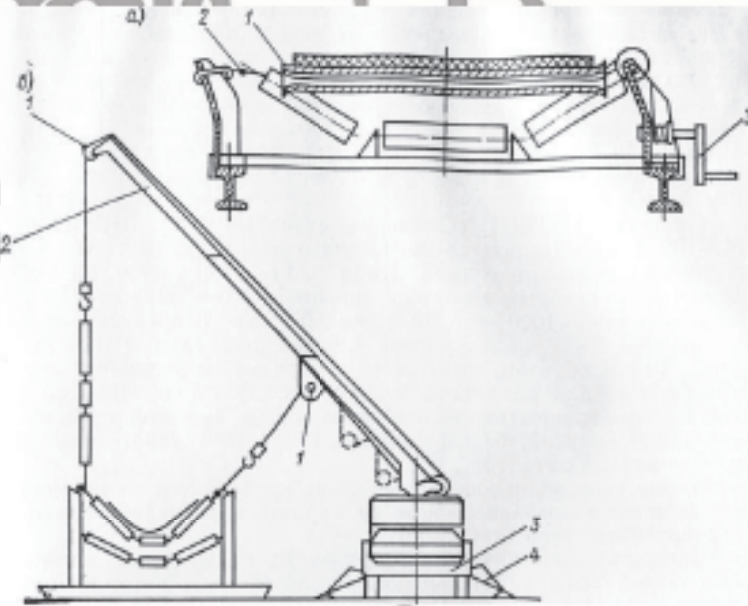


Рисунок 1.7 – Варіанти технології зміни роликів опор стрічкового конвеєра.

Важливу роль у забезпеченні безперебійної роботи пасів відіграють роликові опори. Роликові опори відповідають за вагу матеріалів, що транспортуються, і забезпечують стабільну структуру, яка забезпечує плавний рух. Однак через постійне зношування внаслідок важких навантажень, факторів навколишнього середовища та експлуатаційних навантажень ці роликові опори з часом можуть зношуватися або пошкоджуватися. Відновлення цих компонентів має важливе значення не тільки для підтримки ефективності конвеєра, але й для продовження терміну служби всієї конвеєрної системи. У цьому есе буде досліджено значення роликів опор, розглянуто різні методи відновлення зношених роликів опор і оцінено

ефективність цих методів відновлення.

Роликові опори в стрічкових конвеєрах визначаються як обертові елементи, які утримують конвеєрну стрічку на місці та дозволяють їй плавно рухатися по шляху. Вони виконують подвійну функцію: витримують вагу матеріалів, що транспортуються, і направляють стрічку за визначеним маршрутом. Ефективність конвеєрної системи значною мірою залежить від стану її роликових опор: зношені або пошкоджені ролики можуть призвести до збільшення тертя, зміщення та, зрештою, до збоїв у роботі. Поширені причини зносу та пошкодження роликових опор включають вплив абразивних матеріалів, недостатнє змащення та зміщення через неправильне встановлення. Наприклад, під час гірничодобувних робіт ролики часто можуть стикатися з пилом і частинками каміння, які сприяють зношенню, що вимагає регулярних перевірок і технічного обслуговування. Тому розуміння важливості технічного обслуговування роликових опор має вирішальне значення для запобігання дорогим простоям і забезпечення загальної ефективності конвеєрних систем.

Відновити зношені роликові опори можна кількома методами, кожен з яких призначений для усунення певних типів пошкоджень. Одним з основних підходів є заміна пошкоджених роликів, що передбачає видалення зношених компонентів і встановлення нових. Виявлення ознак зносу, таких як надмірний шум під час роботи, видима деформація поверхні ролика або підвищена вібрація, має вирішальне значення для визначення необхідності заміни. Після виявлення зносу вибір відповідних роликів для заміни, які відповідають специфікаціям оригінального обладнання, має важливе значення для підтримки цілісності системи. Наприклад, під час заміни роликів на підприємстві харчової промисловості важливо вибрати матеріали, які відповідають нормам охорони здоров'я та техніки безпеки. Крім того, застосування профілактичних заходів, таких як регулярні перевірки та профілактичні практики технічного обслуговування, може значно зменшити частоту заміни роликів і продовжити функціональний термін служби

конвеєрної системи.

Оцінка ефективності методів відновлення зношених роликів опор передбачає комплексний аналіз вартості, продуктивності та ефективності експлуатації. Аналіз вартості різних методів реставрації показує, що хоча негайна заміна ролика може здатися найпростішим рішенням, з часом вона також може бути найдорожчою. Альтернативні методи, такі як модернізація існуючих роликів або впровадження стратегій профілактичного обслуговування, можуть запропонувати економію за рахунок продовження терміну служби існуючих компонентів. Більше того, оцінка ефективності після відновлення має вирішальне значення; це можна виміряти за допомогою таких показників, як скорочення часу простою, підвищення швидкості транспортування матеріалу та зменшення споживання енергії. Наприклад, після відновлення роликів опор конвеєрна система може відчувати зниження витрат на енергію на 20%, що безпосередньо пов'язує зусилля з відновлення з підвищенням ефективності роботи. Таким чином, вимірювання цих удосконалень не тільки виправдовує витрати, пов'язані з відновленням, але також підкреслює важливість обслуговування роликів опор як засобу підвищення загальної продуктивності конвеєра.

Відновлення зношених опор роликів у стрічкових конвеєрах є важливим процесом для забезпечення довговічності та ефективності конвеєрних систем. Розуміння ролі роликів опор, визначення методів відновлення та оцінка ефективності цих методів є критично важливими кроками в підтримці експлуатаційної досконалості. Завдяки пріоритетному технічному обслуговуванню та своєчасному відновленню роликів опор промислові підприємства можуть мінімізувати час простою, знизити експлуатаційні витрати та покращити продуктивність своїх конвеєрних систем. Оскільки вимоги до виробництва постійно розвиваються, акцент на підтримці високоякісних роликів опор залишатиметься ключовим елементом успішної роботи стрічкових конвеєрів.

1.5 Варіанти вдосконалення технологічних процесів відновлення деталей стрічкових конвеєрів

Модернізація та вдосконалення технологічних процесів при відновленні роликів опор стрічкових конвеєрів є актуальним напрямком сучасної інженерної практики. Оскільки галузі прагнуть до більшої ефективності та рентабельності, відновлення компонентів машин, таких як роликові опори, має розвиватися, щоб відповідати викликам, пов'язаним із старінням обладнання та вимогами до підвищення ефективності роботи. Роликові опори є невід'ємною частиною функціонування стрічкових конвеєрів, які широко використовуються в різних галузях, включаючи гірничу промисловість, виробництво та логістику. Проаналізуємо сучасні технологічні процеси, пов'язані з відновленням роликів опор, методи модернізації, які можуть покращити ці процеси, та оцінено потенційний вплив такої модернізації на ефективність роботи.

Аналіз сучасних технологічних процесів реставрації роликів опор дозволяє виявити низку методологій, які використовуються для подовження терміну служби цих критичних компонентів. Одним із помітних підходів є обробка поліруванням, яка представлена як важливий технологічний процес для відновлення компонентів машини. Цей процес не тільки покращує обробку поверхні, але й підвищує стійкість до втоми, тим самим сприяючи довговічності роликів опор у стрічкових конвеєрах [17]. Крім того, створення теоретичних основ проектування технологічних процесів виготовлення деталей є важливим завданням сучасної техніки. Розробляючи ці основи, інженери можуть створювати більш ефективні процеси відновлення, які враховують специфічні вимоги до різних компонентів машини [17]. Крім того, проектування, конструкція та оцінка інноваційних машин, таких як листопрокатний верстат для невеликих підприємств, підкреслюють важливість інтеграції передових інженерних рішень у процес реставрації. Такі верстати можуть сприяти ефективному виготовленню

деталей, забезпечуючи відновлення оптимальних робочих умов роликів опор [18].

У світлі викликів, з якими стикаються поточні процеси реставрації, можна запропонувати кілька методів модернізації для підвищення ефективності та результативності реставрації роликів опори. Один із таких методів передбачає використання передових технологій виробництва металевих добавок (АМ), які можуть значно покращити ремонт і відновлення компонентів машини. Ці технології пропонують унікальні можливості для ремонту об'єктів, забезпечуючи точні та ефективні процеси реставрації, які можна пристосувати до конкретних потреб роликів опор [19]. Крім того, інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у проекти модернізації додатків є перспективним напрямком розвитку в цій галузі. Згідно з опитуванням, 89% генеральних директорів вважають, що штучний інтелект може покращити існуючі продукти та послуги, одночасно сприяючи розвитку нових можливостей, що є важливим для покращення процесів відновлення в машинобудуванні [20]. Крім того, впровадження технологій прогнозного обслуговування у виробничих системах може надати дорожню карту для розробки та впровадження, таким чином гарантуючи, що роликові опори обслуговуються проактивно, а не реактивно. Такий підхід не тільки мінімізує простой, але й подовжує життєвий цикл обладнання [21].

Оцінка впливу модернізації на експлуатаційну ефективність показує значні переваги, які можуть бути реалізовані завдяки застосуванню прогресивних процесів відновлення роликів опор. Аналізуючи ключові показники ефективності, організації можуть визначити конкретні області для вдосконалення та кількісно оцінити відчутні переваги, пов'язані з зусиллями з модернізації. Такі оцінки можуть призвести до підвищення операційної ефективності, що зрештою призведе до економії коштів і підвищення продуктивності [22]. Однак також важливо враховувати витрати, пов'язані з модернізацією програм, і оцінити, чи виправдані ці інвестиції з точки зору очікуваної прибутковості. Комплексний аналіз витрат і вигод може допомогти

організаціям орієнтуватися в прихованих витратах застарілих систем і визначити життєздатність ініціатив з модернізації [23]. Крім того, ретельна оцінка поточного стану застарілих систем може допомогти у визначенні та формулюванні майбутніх потреб, тим самим подолаючи розрив між бізнес-цілями та технологічними можливостями [24]. Цей цілісний підхід до модернізації гарантує, що процеси відновлення роликів опор не тільки ефективні, але й узгоджені з головними цілями організації.

Модернізація та вдосконалення технологічних процесів відновлення роликів опор стрічкових конвеєрів має важливе значення для підвищення ефективності роботи в різних галузях промисловості. Завдяки детальному аналізу поточної практики, запропонованих методів модернізації та оцінці їх впливу стає зрозуміло, що впровадження передових методологій може призвести до значних покращень. Оскільки галузі продовжують орієнтуватися в складнощах старіння обладнання та попиті на більшу ефективність, інтеграція інноваційних технологій і стратегічна модернізація відіграватимуть ключову роль у забезпеченні довговічності та ефективності роликів опор, що зрештою сприятиме загальному успіху промислових операцій.

Довгострокова життєздатність і стабільність роботи більшості деталей машин залежить від стану робочої поверхні та механічних і фізичних властивостей деталей, процеси зношування виникають і розвиваються на цій поверхні. Невеликий і середній (5-20%) знос робочої поверхні, наприклад, у парах тертя пов'язаних деталей, призводить до бракування деталей, однак решта властивостей деталей, як правило, все ще близькі до номінальних значень. Крім того, зносостійкість робочої поверхні часто обмежена ресурсом роботи окремих деталей і міжремонтним ресурсом машини в цілому, а вартість ремонту перевищує витрату нових деталей.

Останні досягнення в техніці обробки поверхні значно підвищили зносостійкість роликів опор, забезпечивши їх довговічність і ефективність у різних умовах експлуатації. Один із відомих підходів передбачає нанесення гальванічних покриттів, таких як хромування та нікелювання, які підвищують

довговічність поверхні та стійкість до зношування [25]. Ці хімічні покриття мають вирішальне значення для захисту компонентів машин від деградації, тоді як сучасні технологічні методи гарантують, що виготовлені деталі відповідають заданим вимогам до точності та стабільності, ще більше підвищуючи їхню зносостійкість [25]. Крім того, методи поверхневої пластичної деформації, включаючи дробеструйну обробку та алмазне згладжування, довели ефективність у покращенні якості зносу робочих поверхонь. Зокрема, алмазне згладжування стало життєво важливим методом для підвищення зносостійкості деталей шляхом створення більш гладких профілів поверхні, які зменшують тертя [25]. Крім того, хімічні та термічні обробки, такі як цементація та азотування, широко використовуються для підвищення зносостійкості, демонструючи різноманітні методи, доступні для виробників [25]. Методи термічної обробки, включаючи гасіння поверхні полум'ям і лазерне зміцнення, також відіграють вирішальну роль у покращенні характеристик зносу, дозволяючи розробляти індивідуальні рішення залежно від конкретних вимог застосування [25]. У міру розвитку промисловості продовжують з'являтися нові технологічні процеси, спрямовані на зменшення абразивної обробки та покращення антифрикційних властивостей з'єднань, пропонуючи таким чином комплексний підхід до підвищення зносостійкості роликів опор [25].

Як ця обробка поверхні впливає на довговічність і продуктивність стрічкових конвеєрів?

Обробка поверхні відіграє вирішальну роль у збільшенні довговічності та продуктивності стрічкових конвеєрів, насамперед за рахунок зменшення тертя та збільшення довговічності. Включення напрямних роликів, наприклад, значно мінімізує тертя між конвеєрною стрічкою та її опорною конструкцією, що забезпечує більш плавну роботу та зменшує знос як стрічки, так і самих роликів [26]. Це зменшення тертя є життєво важливим, оскільки воно не тільки оптимізує операції, але також вимагає менше зусиль для переміщення великих об'ємів матеріалу, що в кінцевому підсумку покращує безпеку та ефективність

обробки матеріалів [27]. Крім того, обробка поверхні, яка забезпечує геометричну точність компонентів, може призвести до більш міцних конструкцій стріли, тим самим подовжуючи термін служби конвеєрної системи та зменшуючи потреби в обслуговуванні [28]. Завдяки продуктивності, яка може досягати 30 000 тонн на годину, продуктивність стрічкових конвеєрів значно покращується завдяки цим обробкам, що дозволяє ефективно працювати на різних ширинах, від вузьких стрічок шириною 300 мм до більш широких стрічок шириною 2000 мм [29]. Крім того, застосування сучасних систем електричного приводу, які оптимізовані за допомогою обробки поверхні, ще більше підвищує продуктивність цих конвеєрів, забезпечуючи їх ефективну роботу на транспортних швидкостях до 6,3 м/с, незалежно від довжини установки [30, 31]. Загалом, стратегічне використання обробки поверхні не тільки покращує безпосередні експлуатаційні можливості стрічкових конвеєрів, але й сприяє їх довгостроковій надійності та ефективності.

Порівняльні дослідження методів обробки поверхні є важливими для визначення найбільш ефективних методів для різних застосувань у виробництві та матеріалознавстві. Одним із відомих підходів є метод балансу, який порівнює результати двох різних обробок поверхні для встановлення еквівалентності продуктивності та якості [32]. Наприклад, дослідники часто досліджують ефективність методів термічного різання, досліджуючи задіяні фізичні процеси та результуючу якість поверхні, надаючи розуміння того, які методи дають чудові результати за конкретних умов [33]. Крім того, методи неруйнівного контролю, такі як ручний ультразвуковий контроль, відіграють важливу роль в оцінці цілісності оброблених поверхонь, дозволяючи проводити порівняльний аналіз ефективності обробки без шкоди для властивостей матеріалу [34]. Ці методи не тільки полегшують оцінку якості поверхні, але й сприяють розумінню факторів, які впливають на результати обробки, таких як коливання температури та складу матеріалу [35]. Крім того, використання емпіричних методів дослідження дозволяє вченим кількісно

визначити результати, оцінити помилки та вдосконалити свій порівняльний аналіз різних методів обробки поверхні, що в кінцевому підсумку призводить до вдосконалення процесів і кращої продуктивності в практичних застосуваннях [36]. За допомогою цих комплексних оцінок дослідники можуть визначити оптимальні методи обробки, оптимізувати виробничі процеси та забезпечити довговічність і функціональність оброблених поверхонь.

Довговічність та експлуатаційна стійкість більшості деталей машин залежить від стану та фізико-механічних властивостей робочої поверхні, де зароджуються та розвиваються процеси зношування. Порівняно невеликий (5-20%) зношування робочої поверхні, наприклад, в парах тертя сполучених деталей, веде до їх вибракування, тоді як залишкові масогабаритні характеристики деталей в цілому ще близькі до номінальних. Понад те, зносостійкість робочої поверхні найчастіше лімітує як експлуатаційний ресурс окремих деталей, а й міжремонтний ресурс машини як агрегату, а втрати від її зупинки, разом із витратами на реновацію, багаторазово перевищують вартість нових деталей.

У машинобудуванні широко застосовуються різні методи отримання зносостійкого поверхневого шару деталей, що працюють в умовах тертя.

До основних методів відносяться термообробка, різні види хіміко-термічної обробки, фізико-термічна, хімічна обробка, поверхневе пластичне деформування (ППД), напилення зносостійких сполук, наплавлення легованим елементом, різні електрофізичні методи в тому числі і електроерозійне легування (ЕЛ) методи [17-20].

Зазначені методи дозволяють зміцнювати поверхневий шар деталей, що працюють в умовах тертя, а в поєднанні з чистою обробкою зміцнених поверхонь дозволяють збільшувати зносостійкість.

Аналіз існуючих методів підвищення якості поверхневих шарів виробів показав, що вони мають як переваги, і недоліки.

Одним із найбільш ефективних методів нанесення захисних покриттів на металеві поверхні є ЕЕЛ. Спосіб ЕЕЛ металевої поверхні полягає в

перенесенні матеріалу на оброблювану поверхню іскровим електричним розрядом [5].

Метод має ряд специфічних особливостей, однією з яких є те, що процес легування може відбуватися без перенесення матеріалу анода на поверхню катода і не утворювати приріст матеріалу, наприклад, ЕЕЛ графітовим електродом.

Спосіб ЕЕЛ графітовим електродом заснований на процесі дифузії (насичення поверхневого шару деталі вуглецем) і має певну схожість з різновидом хіміко-термічної обробки - цементацією.

У порівнянні зі звичайною цементацією, спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням не тільки має всі переваги порівнюваного методу, тобто зміцнення поверхні деталі здійснюється при збереженні властивостей її вихідного матеріалу, але, крім того, не відбувається її короблення, а малогабаритні установки дозволяють виконувати зміцнення на будь-яке обладнання. Продуктивність процесу становить 1-5 хв /см².

При ЕЕЛ графітовим електродом зміцнення поверхні деталі відбувається за рахунок дифузійно-загартованих процесів, що полягають у локальному насиченні її вуглецем, при досить високій температурі (до 10000 С), з наступним швидким охолодженням практично кімнатної температури самої деталі.

Цементацію сталевих деталей електроерозійним легуванням (ЦЕЕЛ) можна виділити в окремий напрямок, що дозволяє формувати на деталях машин поверхневі шари підвищеної зносостійкості без зміни вихідного розміру деталі [10, 11].

Поряд із перевагами, основними з яких є висока міцність зчеплення нанесеного матеріалу з основою; можливість проведення процесу у локальному місці; підвищення твердості, корозійної стійкості, зносо- і жаростійкості поверхонь, що труться, метод має і ряд недоліків (збільшення шорсткості поверхні, зниження втомної міцності виробів та ін), які істотно знижують його застосування.

Усунути перелічені вище недоліки можна поєднанням ЕЕЛ з іншими методами зміцнення, наприклад, ППД, методом безабразивної ультразвукової фінішної обробки (БУФО) та ін [5].

1.6 Висновки по розділу 1

В результаті аналізу умов роботи стрічкового контейнера, встановлено, що одним з найбільш відповідальних вузлів, що лімітують його надійність і довговічність, є роликоопори, а метою вдосконалення експлуатації роликоопор є насамперед зменшення їхнього зносу.

Метою роботи є підвищення зносостійкості поверхневих шарів елементів роликоопор, за рахунок удосконалення електроерозійного легування та спрямованого поєднання його з іншими технологіями.

Об'єкт дослідження – енергозберігаючі та енергоефективні методи підвищення якості поверхонь деталей на базі електроерозійного легування.

Предмет дослідження – якісні параметри поверхневих шарів роликоопор, сформовані комбінованими технологіями на базі електроерозійного легування.

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Розділ 2 Удосконаленої технології відновлення роликів опор стрічкових конвеєрів

2.1 Методика проведення досліджень енергоощадних методів відновлення зношених роликів опор

Технологія електроерозійного легування фундаментально побудована на точному маніпулюванні параметрами процесу для досягнення оптимальної модифікації поверхні. Центральним для цієї технології є необхідність вибору ідеальної комбінації змінних, які впливають на енергію іскри, що виробляється всередині електродів, що є критичним для ефективного перенесення матеріалу та покращення поверхні [21]. Серед цих змінних особливо значущими є вибір діелектричного середовища, тривалості імпульсу та струму, оскільки вони безпосередньо впливають на формування біологічно сприятливої поверхні при електроерозійній обробці порошкової металургії (PM-EDM) [21]. Процес електророзрядної обробки (EDT) спеціально змінює характеристики біометалічної поверхні шляхом включення біоактивного порошку в діелектричне середовище, що забезпечує покращену біосумісність у таких застосуваннях, як медичні імплантати [21]. Крім того, модифікація поверхні являє собою ретельне переміщення матеріалу від інструмента до заготовки, яка значною мірою залежить від характеристик матеріалу інструменту та умов обробки, включаючи діелектричне промивання та конфігурації електричної дуги [21]. Технологія також використовує природний знос інструменту під час електроерозійної обробки (EDM), використовуючи цю природну ерозію для створення функціональних покриттів за допомогою електроерозійних технологій (EDC) [21]. Коли розплавлений матеріал взаємодіє з діелектриком, він може або викидатися у вигляді сміття, або застигати, утворюючи кратери на поверхні, що додатково впливає на якість і характеристики легованого шару [21]. Таким чином, взаємодія цих фундаментальних принципів і змінних не тільки формує ефективність електроерозійного легування, але й відкриває

шляхи для інновацій у інженерії поверхні.

Схематично обробка представлена на рисунку 2.1.

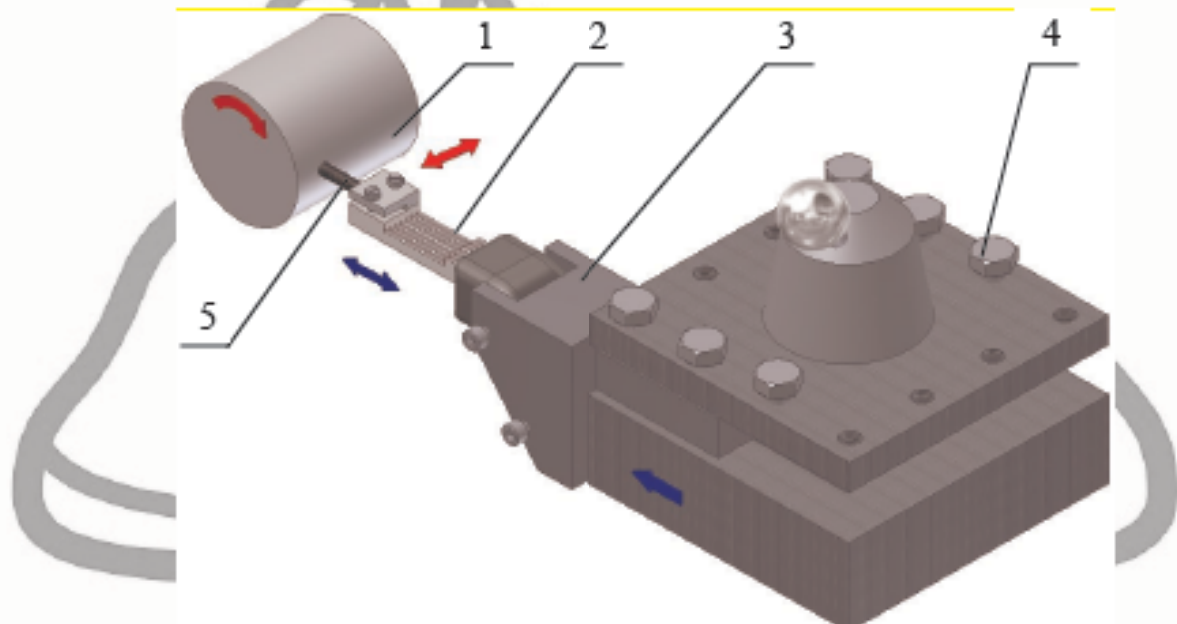


Рисунок 2.1 – Схема проведення ЕІЛ зміцнення поверхні на токарному верстаті:

1 – деталь; 2 – вібратор; 3 – перехідник; 4 – різцетримач; 5 – електрод.

Електроерозійне сплавлення, зокрема за допомогою процесу електроерозійної обробки (EDM), має значні переваги перед традиційними методами відновлення. На відміну від звичайних методів, таких як фрезерування та токарна обробка, які покладаються на ріжучі інструменти, EDM використовує електричні розряди для видалення матеріалу, що робить його особливо ефективним для складних мікромасштабних застосувань, де точність має першорядне значення [22]. Процес електроерозії включає зворотно-поступальний рух дрітного електрода, який створює іскри, що призводить до міграції матеріалу як з матеріалів верхнього, так і з нижнього пакета електродів до заготовки, дозволяючи вибіркочку та контрольовану зміну властивостей поверхні [23]. Цей метод особливо корисний для складних матеріалів, таких як титан і нікель-титанові сплави з пам'яттю форми (NiTi SMA), де традиційна механічна обробка часто має труднощі через їхні унікальні механічні характеристики [24]. Крім того, було показано, що

електроіскрове легування покращує життєво важливі характеристики титану, включаючи його зносостійкість і загальну довговічність, які є критичними в багатьох промислових застосуваннях [25]. Як наслідок, електроерозійне легування не тільки покращує характеристики матеріалів, але також пропонує більш адаптивний і точний підхід до реставрації порівняно зі звичайними методами, які можуть не досягти того самого рівня очищення чи покращення властивостей [26, 27]. Загалом, еволюція EDM відображає як його історичне значення, так і його поточну актуальність у прогресивних виробничих технологіях [21, 28].

Електроерозійне сплавлення має кілька значних переваг, коли мова заходить про відновлення зношених компонентів, що робить його все більш популярним вибором у різноманітних промислових застосуваннях. Одна з головних переваг полягає в тому, що цей метод усуває потребу в ручній роботі, що забезпечує більш ефективний робочий процес і знижує витрати на робочу силу [29]. Крім того, використання електромеханічної обробки не тільки продовжує термін служби деталей, що ремонтуються, але й покращує їх загальну продуктивність, сприяючи більшій надійності машин і обладнання [29, 30]. Здатність досягти повної обробки деталі є ще однією важливою перевагою електроерозійного легування, гарантуючи відновлення компонентів до їх оптимального функціонального стану [29]. Цей процес особливо цінний для критичних компонентів, оскільки він зменшує необхідність повної заміни, яка може бути як дорогою, так і тривалою [30]. Крім того, використання електроерозійної обробки (EDM) мінімізує час простою у виробництві, сприяючи швидшому ремонту, таким чином підтримуючи рівень продуктивності у виробничих середовищах [30]. Нарешті, EDM широко використовується для ремонту та модифікації пошкоджених або зношених інструментів і матриць, ефективно подовжуючи їх термін служби та покращуючи загальну ефективність виробничих операцій [30]. У сукупності ці переваги підкреслюють ефективність електроерозійного легування як рішення для збереження та підвищення функціональності зношених

компонентів.

Методика досліджень

ЕЕЛ вироблялося на установках «ЕЛІ-8А» та «ЕЛІ-9» графітовим електродом марки ЕГ-4 в автоматизованому режимі (рис. 2.1) у діапазоні енергій розряду (W_p) від 0,6 до 6,8 Дж.

Енергія розряду обчислюється за (2.1), та даними табл. 2.1:

$$W_p = k \cdot \frac{C \cdot U^2}{2}, \quad (2.1)$$

де k - Коефіцієнт, що враховує втрати в ланцюзі ($k = 0,6-0,7$);

C - ємність накопичувального конденсатора, Ф;

U - напруга холостого ходу, В.

Таблиця 2.1 - Енергетичні параметри обладнання

Номер режиму	Місткість накопичувальних батарей C , мкф	Напруга холостого ходу U , В	Енергія розряду W , Дж
«ЕЛІ-8А»			
1	20	38,5	0,009
2		48,2	0,014
3		56,1	0,020
4		62,8	0,024
5		68,7	0,030
6		73,6	0,034
7		78,6	0,038
8		83,4	0,043
9		38,5	0,138
10		48,2	0,216
11	300	56,1	0,292
12		62,8	0,367
13		68,7	0,440
14		73,6	0,504
15		78,6	0,574
16		83,4	0,600
«ЕЛІ-9»			
1	1200	58	1,41
2	2400	58	2,83
3	1200	90	3,4
4	2400	90	6,8

Для дослідження структури та вимірювання мікротвердості поверхневого шару при автоматизованому процесі зміцнення використовувалися шліфи зразків розміром 16×10 мм і $10 \times 20 \times 10$ мм. Поверхня шліфу була орієнтована перпендикулярно поверхні електроерозійного зміцнення. Перед виготовленням шліфу для виключення крайового ефекту при легуванні торця зразка фрезерували на глибину не більше 2 мм. Для попередження сколювання шару завалів краю зразок кріпили з контртілом у струбціні.

Зміцнення проводилося на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20. Вібратор через 2 перехідник 3 кріпився в різцетримач 4 (рис. 2.1). Підведення електрода 5 здійснювався механізмами верстата. Вибір режимів автоматизованого зміцнення (частота обертання шпинделя, подача) здійснювався, з заданої продуктивності процесу. Електроерозійне легування графітом марки ЕГ-4 проводилося тривалістю 1, 5, 10 хв.

Шліфи досліджували на оптичному мікроскопі «Неофот-21», де проводилася оцінка якості шару, його суцільності, товщини та будови зон підшару – дифузійної зони та зони термічного впливу. Одночасно проводився дюрOMETричний аналіз на розподіл мікротвердості в поверхневому шарі та по глибині шліфу від поверхні. Вимірювання мікротвердості проводилося на мікротвердомірі ПМТ-3 вдавленням алмазної піраміди під навантаженням 0,05 Н (згідно з ГОСТ 9450-76).

Контроль шорсткості зміцненої поверхні здійснювався за параметром R_a на профілометр-профілограф мод. 201 заводу «Калібр» шляхом зняття та обробки філограм.

Результати досліджень

Металографічними дослідженнями встановлено, що сформований зміцнений поверхневий шар ($h_{ст}$) складається із двох зон (рис. 2.2):

- «білий» шар (h_6) – твердий шар, що не піддається травленню звичайними реактивами;
- перехідний шар ($h_{ст}$) (дифузійна зона).

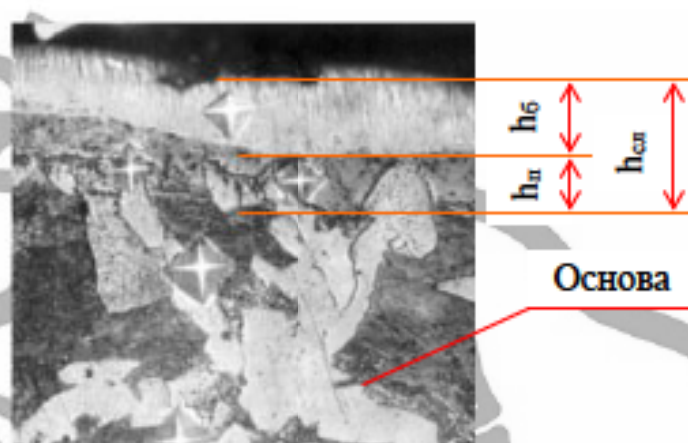


Рисунок 2.2 - Структура зміцненого поверхневого шару при електроерозійній цементації.

Мікроструктура зміцненого поверхневого шару зразків із сталі 30X13, сталі 40X наведено на рисунках 2.3-2.6. Як бачимо з цих рисунків, мікроструктура зміцненого поверхневого шару при ЕЦ має однотипну структуру для різних матеріалів, однак відрізняється розмірами зон термічного впливу. Час обробки впливає величину «білого» і перехідного шарів, але структура кожного матеріалу основи залишається незмінною.

Так, для матеріалів 30X13, 40X спостерігається більш розвинений «білий» шар та незначний перехідний шар.

У таблицях 2.2–2.5 представлені значення загальної глибини зміцненого шару, мікротвердості, шорсткості поверхневих шарів зразків після ЕЦ протягом 1, 5, 10 хв.

Як видно з цих таблиць, якісні параметри зміцненого шару зразків для кожного матеріалу різні та змінюються в залежності від енергетичних параметрів обробки та часу легування. Як енергія розряду, так і час легування істотно впливають на якісні параметри поверхневого шару.

ДюрOMETричний аналіз проведених досліджень показав, що незалежно від матеріалу підкладки та режиму ЕЦ мікротвердість зміцненого шару в міру поглиблення плавно знижується та переходить у мікротвердість підкладки. Так, на рисунках 3.7 та 3.8 показано розподіл мікротвердості поверхневого шару на підкладках зі сталі 40X при ЕЦ з енергією розряду 6,8 Дж протягом 5

хв.

Як очевидно з таблиць 2.3-2.4, зі збільшенням часу обробки збільшується глибина зміцненого шару. Мінімальна глибина зміцненого шару при ЕЦ з енергією розряду $W_p = 0,6$ Дж для 30X13, 40X відповідно: для 1 хвилини: 34, 35 мкм; для 5 хвилин: 48, 50 мкм; і для 10 хвилин: 50, 55 мкм, а максимальна - при $W_p = 6,8$ Дж відповідно становить: для 1хвилини: 245, 270 мкм; для 5 хвилин: 860, 910 мкм та для 10 хвилин: 1006, 1060 мкм.

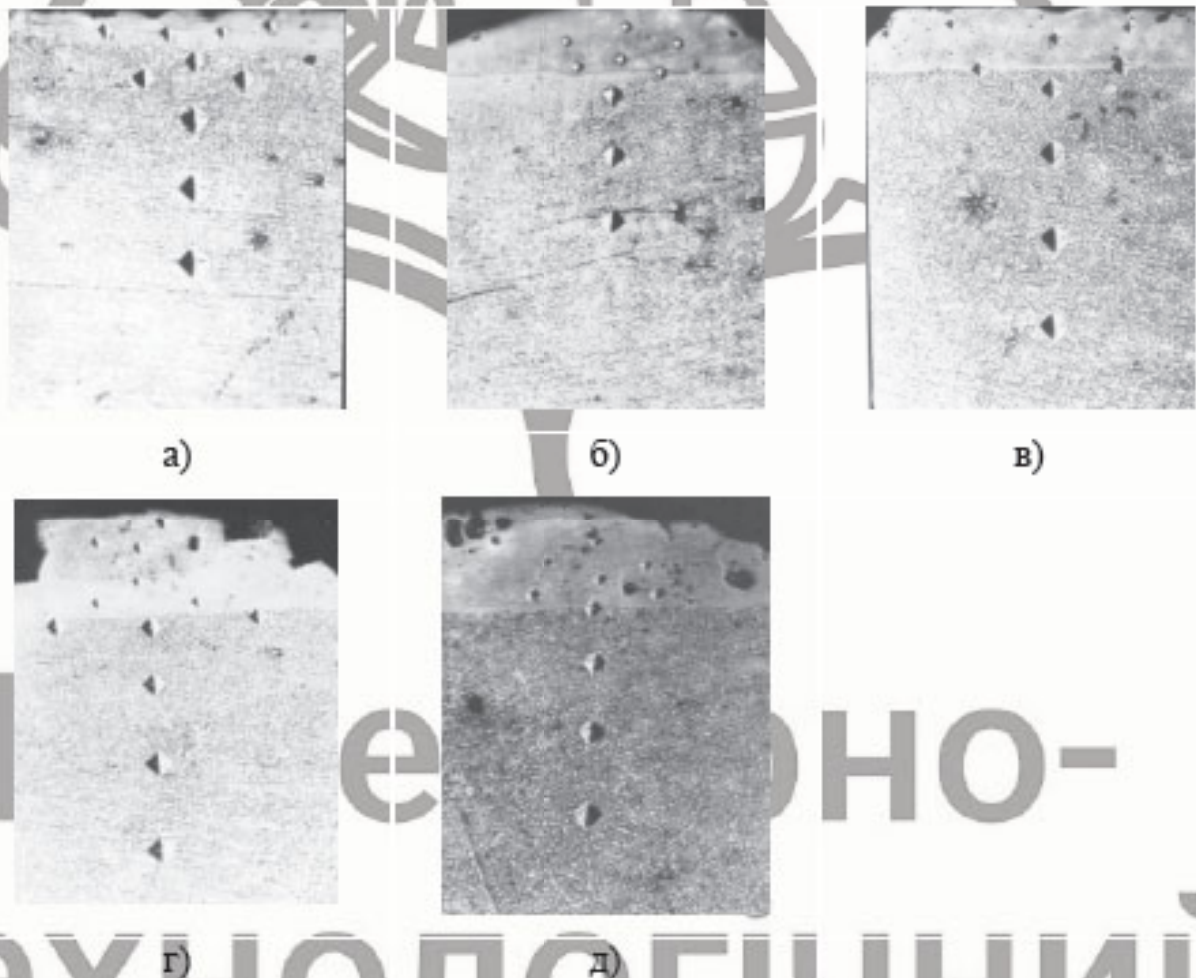


Рисунок 2.5 - Мікроструктура поверхневого шару зразків із сталі 30X13 при електроерозійній цементації, тривалість 1 хвилини:

- а) $W_p = 0,6$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,02$ Н;
- б) $W_p = 1,41$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,02$ Н;
- в) $W_p = 2,83$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,02$ Н;
- г) $W_p = 3,4$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,02$ Н;
- д) $W_p = 6,8$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,02$ Н.

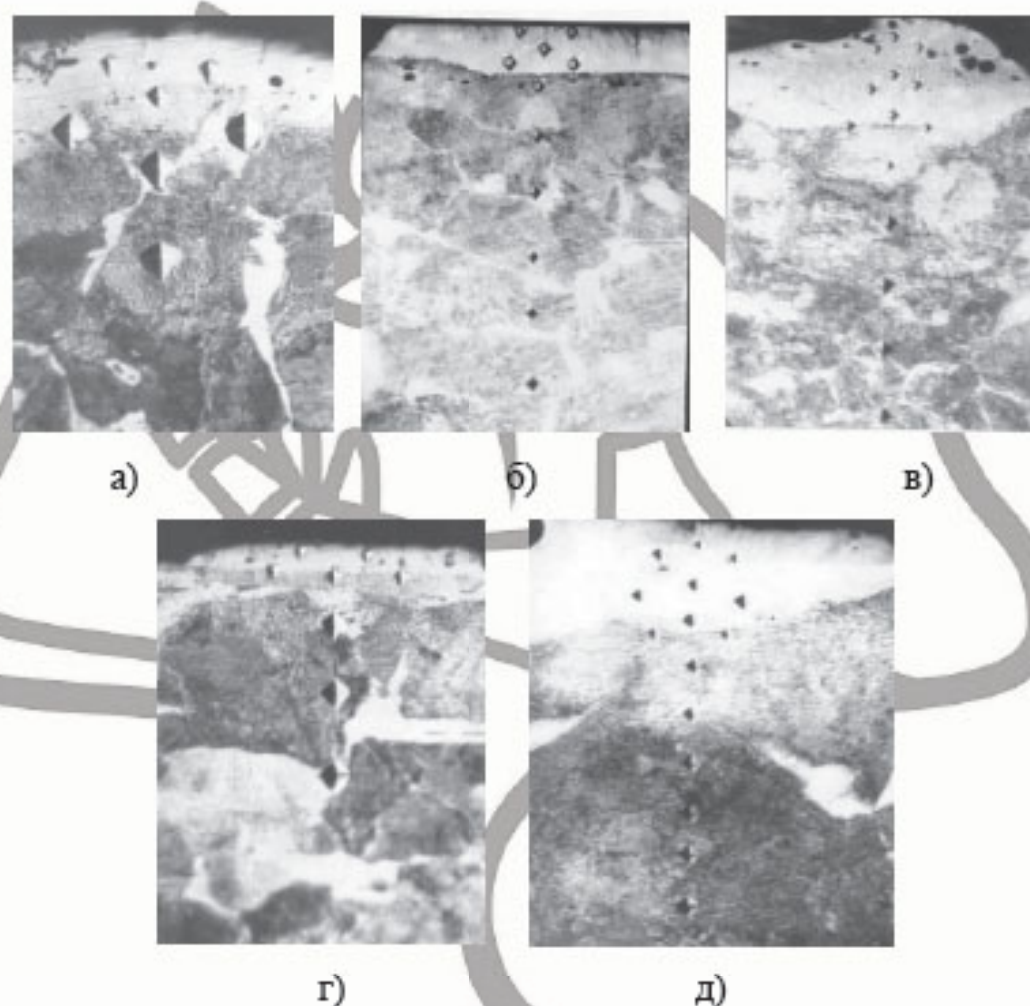


Рисунок 2.6 – Мікроструктура поверхнього шару зразків із сталі 40X при електроерозійній цементації, тривалість 1 хвилини:

- а) $W_p = 0,6$ Дж, збільшення $\times 200$, навантаження $P = 0,05$ Н;
 б) $W_p = 1,41$ Дж, збільшення $\times 200$, навантаження $P = 0,05$ Н;
 в) $W_p = 2,83$ Дж, збільшення $\times 250$, навантаження $P = 0,05$ Н;
 г) $W_p = 3,4$ Дж, збільшення $\times 400$, навантаження $P = 0,05$ Н;
 д) $W_p = 6,8$ Дж, збільшення $\times 200$, навантаження $P = 0,05$ Н.

При ЕЦ шорсткість поверхні збільшується з підвищенням енергії розряду (див. таблиці 2.3-2.4).

Слід зазначити, що суцільність зміцненого шару на всіх досліджуваних зразках – 100%.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено:

- зі збільшенням енергії розряду збільшується глибина зміцненого шару. У

першому наближенні між глибиною зміцненого шару і енергією розряду існує експоненційно зростаюча залежність;

- зі збільшенням часу обробки глибина зміцненого шару зростає і в першому наближенні між глибиною зміцненого шару та часом обробки існує експоненційно зростаюча залежність;
- незалежно від досліджуваного матеріалу та режиму ЕЦ мікротвердість зміцненого шару, максимальна на поверхні, у міру поглиблення плавно знижується та переходить у мікротвердість підкладки;
- шорсткість поверхні зразків зі збільшенням енергії розряду зростає;
- суцільність зміцненого шару становить 100%.

Таблиця 2.4 - Якісні параметри поверхневих шарів зразків (сталь 30X13)

Енергія розряду W_p , Дж	Час легування, хв	Загальна глибина шару, мкм	Мікротвердість, HV	Шорсткість R_a , мкм
0,6	1	34	1050	0,7-0,9
1,41		134	978	1,1-1,7
2,83		196	909	5,8-6,3
3,4		209	1072	8,0-8,5
6,8		245	1027	11,9-14
0,6		5	48	1020
1,41	358		1005	1,2-1,7
2,83	623		1100	5,9-6,7
3,4	684		993	8,7-8,8
6,8	860		1000	11,9-14,1
0,6	10		50	995
1,41		405	1002	1,4-1,8
2,83		720	1040	5,8-6,8
3,4		795	1080	8,6-9,0
6,8		1006	1100	12,3-14,9

Таблиця 2.4 - Якісні параметри поверхневих шарів зразків (сталь 40X)

Енергія розряду, Wp, Дж	Час легування, хв	Загальна глибина шару, мкм	Мікротвердість, HV	Шорсткість, Ra, мкм
0,6	1	35	950	0,7-1,1
1,41		146	900	1,2-2,3
2,83		215	980	5,5-6,8
3,4		230	960	8,3-9,1
6,8		270	1010	11,5-15
0,6	5	50	987	0,8-0,9
1,41		377	993	1,5-2,7
2,83		658	1001	5,6-6,5
3,4		722	997	8,7-9,5
6,8		910	1050	11,9-14,1
0,6	10	55	1002	0,9-1,0
1,41		424	989	1,2-1,8
2,83		757	1100	5,7-6,8
3,4		833	1050	8,5-9,0
6,8		1060	1001	12,1-14,3

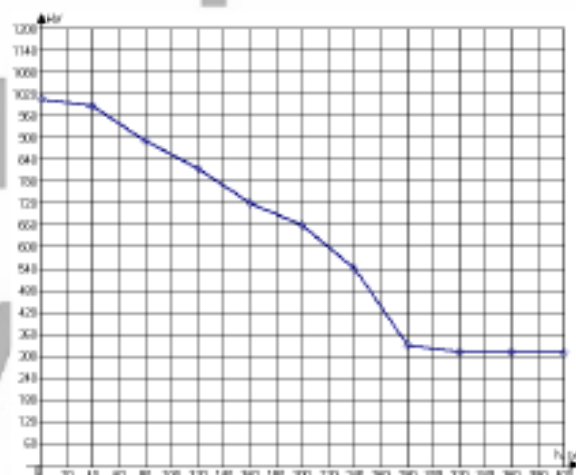


Рисунок 2.1 – Графік залежності мікротвердості від відстані до поверхні при EIL цементації, сталь 40X.

2.2 Вивчення методики підвищення якісних параметрів поверхневого шару, який зміцнено методом цементації ELL

Пошуки підвищення довговічності та ефективності матеріалів призвели до розробки різноманітних методів обробки поверхні, серед яких електроіскрове легування виділяється як революційний метод. Електроіскрове легування — це процес, який поєднує електричний розряд із нанесенням легуючих матеріалів на підкладку, що призводить до значного покращення властивостей поверхні. Цей інноваційний підхід представляє переконливу альтернативу традиційним методам цементування, які часто недостатні з точки зору точності та продуктивності матеріалу. Оскільки в промисловості зростає попит на компоненти, які можуть витримувати суворі умови експлуатації, впровадження електроіскрових сплавів для зміцнення поверхні набрало обертів.

Процес електроіскрового легування визначається його унікальним механізмом, який використовує електричні імпульси для створення локалізованого плавлення та подальшого осадження сплаву на поверхні підкладки. Ця техніка працює за принципом створення короткочасного високотемпературного розряду, який генерує розплавлену ванну, що дозволяє сплавити легуючий матеріал з основною підкладкою. У порівнянні з традиційними методами цементації, такими як науглерожування або азотування, електроіскрове легування має кілька явних переваг. Традиційні методи цементації часто передбачають тривалий час обробки та вищі робочі температури, що може призвести до спотворення або погіршення якості основного матеріалу. Навпаки, електроіскрове легування характеризується швидким часом обробки та меншим тепловим впливом, зберігаючи цілісність підкладки. Крім того, контроль над складом легуючого матеріалу та точністю процесу осадження призводять до покращення характеристик поверхні, таких як твердість і зносостійкість. Застосовуючи цю інноваційну техніку, виробники можуть досягти підвищеної продуктивності в критично важливих

додатках, що призводить до довговічності компонентів і зниження витрат на обслуговування.

Впровадження електроіскрового легування включає кілька ретельних етапів, які забезпечують успішне покращення матеріалу підкладки. Першим кроком у процесі є підготовка основи, яка вимагає оцінки стану матеріалу та придатності до обробки. Цей підготовчий етап є вирішальним, оскільки він закладає основу для ефективного з'єднання сплаву. Після підготовки необхідно ретельно очистити та обробити поверхню для усунення забруднень, які можуть перешкоджати процесу осадження. Щоб отримати незаїману поверхню, можна використовувати такі методи, як ультразвукове чищення або абразивне очищення. Крім того, вибір відповідних електродних матеріалів є критичним, оскільки властивості легуючого матеріалу безпосередньо впливають на результат лікування. Зазвичай використовуювані електродні матеріали включають сплави на основі вольфраму, титану та кобальту, кожен з яких має унікальні властивості, які відповідають конкретним застосуванням. Ретельний відбір цих матеріалів у поєднанні з точними параметрами процесу дозволяє створити індивідуальне рішення, яке відповідає вимогам продуктивності кінцевого продукту.

Застосування електроіскрового легування охоплює широкий спектр галузей промисловості, включаючи автомобільну, аерокосмічну та промислову промисловість, де вимоги до високопродуктивних компонентів є першорядними. В автомобільній промисловості, наприклад, електроіскрове сплавлення використовується для підвищення зносостійкості критичних компонентів двигуна, таких як розподільні та колінчасті вали, які піддаються екстремальним навантаженням і тертю. Подібним чином, в аерокосмічних програмах обробка використовується для підвищення довговічності турбінних лопатей, гарантуючи, що вони можуть витримувати суворі умови високошвидкісного польоту. Переваги електроіскрового легування виходять за межі підвищення продуктивності; ця методика також відзначається своєю економічною ефективністю та ефективністю порівняно з традиційними

методами. Скорочений час обробки та менше споживання енергії, пов'язані з електроіскровим легуванням, сприяють загальній економії витрат на виробництві. Крім того, збільшення довговічності оброблених компонентів призводить до зниження витрат на заміну та технічне обслуговування з часом, що робить електроіскровий сплав привабливим вибором для виробників, які прагнуть покращити свої прибутки, надаючи при цьому високоякісні продукти.

Підсумовуючи, техніка електроіскрового легування є значним прогресом у технологіях обробки поверхні, пропонуючи безліч переваг порівняно з традиційними методами цементації. Забезпечуючи всебічний огляд процесу електроіскрового легування, деталізуючи критичні кроки, що беруть участь, і досліджуючи його різноманітні застосування та переваги, очевидно, що цей метод готовий зіграти життєво важливу роль у майбутньому матеріалознавства. Оскільки галузі продовжують шукати інноваційні рішення для підвищення продуктивності та довговічності компонентів, впровадження електроіскрових сплавів є свідченням потенціалу технологічного прогресу для підвищення ефективності та якості у виробництві. Постійне дослідження та вдосконалення цієї техніки обіцяють принести ще більші переваги, зміцнюючи її місце як наріжного каменю в галузі зміцнення поверхонь.

Спосіб ЕЕЛ графітовим електродом заснований на процесі дифузії (насичення поверхневого шару деталі вуглецем) і має певну схожість з різновидом хіміко-термічної обробки - цементацією.

У порівнянні зі звичайною цементацією, спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням не тільки має всі переваги порівнюваного методу, тобто зміцнення поверхні деталі здійснюється при збереженні властивостей її вихідного матеріалу, але, крім того, не відбувається її короблення, а малогабаритні установки дозволяють виконувати зміцнення на будь-яке обладнання. Продуктивність процесу становить 1-5 хв /см².

При ЕЕЛ графітовим електродом зміцнення поверхні деталі відбувається за рахунок дифузійно-загартованих процесів, що полягають у

локальному насиченні її вуглецем, при досить високій температурі (до 10000 °С), з наступним швидким охолодженням практично кімнатної температури самої деталі.

Цементацію сталевих деталей електроерозійним легуванням (ЕЛ) можна виділити в окремий напрямок, що дозволяє формувати на деталях машин поверхневі шари підвищеної зносостійкості без зміни вихідного розміру деталі [9].

При цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням товщина зміцненого шару залежить від енергії розряду та часу легування (продуктивність процесу). Зі збільшенням енергії розряду та часу легування товщина зміцненого шару збільшується. При цьому зростає і шорсткість поверхні. При ЕЕЛ вуглецем середньовуглецевої легованої сталі 40Х ($R_a=0,5\text{мкм}$) з продуктивністю 5 хв/см^2 при енергії розряду 6,8 Дж товщина шару підвищеної твердості становить більше 1,15 мм. Шорсткість поверхні при цьому відповідає $R_a = 11,7\text{-}14,0\text{ мкм}$.

З метою зниження шорсткості поверхні після електроерозійного легування застосовують, як правило, методи поверхнево-пластичного деформування (ППД).

Серед методів ППД особливої уваги заслуговують: обкатування кулькою та ультразвукове зміцнення – метод безабразивної ультразвукової фінішної обробки (БУФО).

Слід зазначити, що застосування методів ППД який завжди призводить до бажаним результатам. Так, при обкатуванні кулькою, незначне перевищення (на 10%) необхідного питомого зусилля обкатки, зумовлює виникнення в поверхневому шарі, попередньо ЕЕЛ вуглецем, мікротріщин (рис. 2.6). Мікротріщини, будучи концентраторами напруг, можуть призвести до руйнування деталей, особливо тих, які під час роботи піддаються знакозмінним навантаженням.

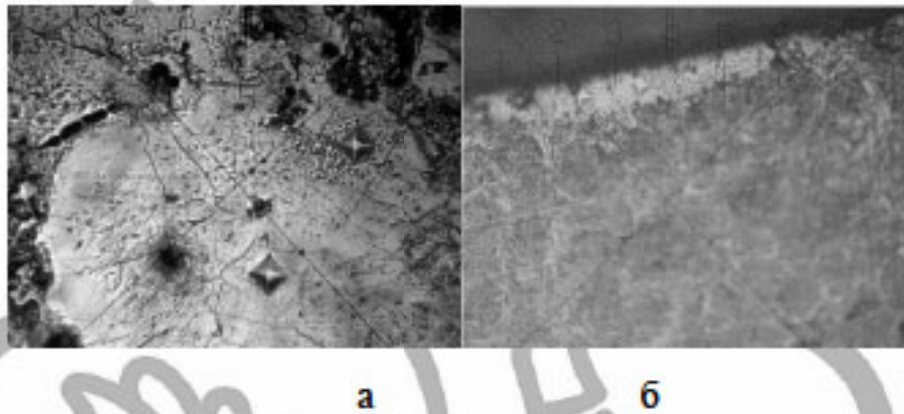


Рисунок 2.3 – Фотографії структури та визначення мікротвердості зразків зі сталі 40Х після цементації ЕЦІ та обкатки кулькою.

Останнім часом, з метою зниження шорсткості поверхні застосовують метод БУФО (рис. 2.7).

Незважаючи на те, що подальша обробка БУФО значно знижує шорсткість поверхні, для багатьох деталей машин це недостатньо.

Застосування після ЕЦ шліфування неможливо, оскільки в даному випадку видаляється, як мінімум 50-100 мкм поверхневого шару, причому шару з найбільшою твердістю.

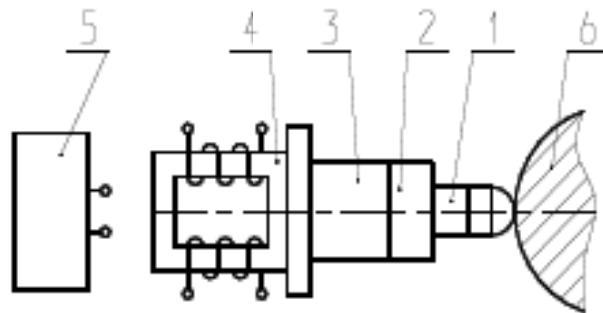


Рисунок 2.7 – Схема ультразвукової установки з деформуючим інструментом у вигляді напівсфери: 1 – інструмент, що деформує; 2 – концентратор УЗК; 3 – хвилевід; 4 – перетворювач УЗК; 5 – генератор; 6 - оброблювана деталь.

2.3 Синтез технологічного процесу цементації електроіскровим легуванням роликів опор

Цементация давно визнана життєво важливим процесом у матеріалознавстві, головним чином спрямованим на покращення властивостей металів і сплавів. Серед різноманітних методів цементації електроіскрове легування стало передовою технікою, яка має значні переваги перед традиційними методами. Цей процес передбачає локальне осадження розплавленого металу на підкладку, що дозволяє точно контролювати склад і властивості поверхневого шару.

Цементация визначається як техніка поверхневого зміцнення, яка передбачає дифузію легуючих елементів у підкладку для покращення її механічних властивостей, таких як твердість і зносостійкість. У матеріалознавстві цементация відіграє вирішальну роль у подовженні терміну служби компонентів, що піддаються умовам високого зносу. Електроіскрове сплавлення, відносно новий метод, використовує високочастотні електричні розряди для створення локалізованого нагрівання, яке плавить легуючий матеріал і сприяє його плавленню на поверхні підкладки. Цей метод особливо важливий, оскільки він дозволяє більш точно контролювати процес легування порівняно з традиційними методами цементації, які часто вимагають тривалого впливу високих температур і можуть призвести до небажаних змін у мікроструктурі матеріалу. На відміну від звичайних методів, які можуть включати дифузію вуглецю або азоту, електроіскрове легування може вводити широкий спектр легуючих елементів, таким чином пристосовуючи властивості матеріалу до конкретних застосувань. Цей унікальний аспект електроіскрового легування позиціонує його як чудову альтернативу для підвищення продуктивності роликів опор у різних промислових застосуваннях.

Технологічний процес електроіскрового легування включає кілька важливих етапів для забезпечення ефективної модифікації поверхні роликів

опор. Спочатку роликові опори повинні бути належним чином підготовлені, що включає очищення поверхні для видалення будь-яких забруднень і забезпечення відсутності окислення. Після цього вибір відповідних легуючих матеріалів є першорядним; такі матеріали, як карбід вольфраму, хром або сплави на основі кобальту, зазвичай використовуються завдяки їхнім корисним властивостям. Сам процес електроіскрового легування починається з виникнення електричного розряду між електродом і підкладкою, що генерує інтенсивне локальне тепло. Це тепло змушує легуючий матеріал плавитися та утворювати металургійний зв'язок із підкладкою, значно покращуючи властивості поверхні. Параметри процесу, такі як енергія розряду, частота та тривалість, необхідно ретельно контролювати для досягнення бажаної мікроструктури та профілю твердості. Дослідження показали, що оптимізація цих параметрів може призвести до суттєвого покращення твердості та зносостійкості роликів опор, що робить їх більш придатними для застосування з високим навантаженням.

Застосування та переваги електроіскрового легування в роликів опор є широкими та заслуговують на увагу. Однією з найбільш значущих переваг є підвищення зносостійкості та довговічності, що безпосередньо означає підвищення ефективності роботи промислового обладнання. Наприклад, у таких галузях, як гірничодобувна промисловість і промисловість, де роликові опори піддаються екстремальним умовам зношування, після впровадження електроіскрового легування повідомили про значне покращення терміну служби компонентів. Крім того, цей метод сприяє зменшенню витрат на технічне обслуговування та часу простою, оскільки покращені поверхні потребують менш часті заміни та ремонту. Тематичні дослідження з різних секторів ілюструють успішне впровадження електроіскрового легування; наприклад, відомий проект в автомобільній промисловості продемонстрував 30% збільшення терміну служби роликів опор після обробки електроіскровим легуванням. Такі результати не тільки підкреслюють ефективність техніки, але й підкреслюють її потенціал для

майбутніх застосувань у різноманітних галузях, де надійність і продуктивність мають першорядне значення.

Синтез технологічного процесу цементації електроіскровим легуванням представляє трансформаційний підхід до підвищення ефективності роликів опор. Завдяки всебічному розумінню процесу електроіскрового легування разом із його ретельними технологічними етапами та значними застосуваннями стає очевидним, що цей метод пропонує явні переваги перед традиційними методами цементації. Підвищення зносостійкості, довговічності та ефективності обслуговування підкреслюють актуальність електроіскрового легування в сучасній промисловій практиці. Оскільки промисловість продовжує шукати інноваційні рішення для підвищення довговічності компонентів і ефективності експлуатації, електроіскрове легування виділяється як перспективна технологія, яка може задовольнити ці вимоги.

Ефект цементації методом ЕЕЛ (ЦЕЕЛ) значною мірою залежить від дотримання технології цього процесу.

2.3.1 Встановити вал у центрах токарного верстата. Верстат повинен бути вимкнений. Якщо центру пошкоджено, редагуйте центри.

2.3.2 Перевірити биття індикатором щодо центрів, і якщо таке існує, то поверхню необхідно проточити до відсутності биття або відповідності його вимогам креслення. Радіальне биття повинне перебувати в межах 0,02–0,04 мм.

2.3.3 Вибрати обладнання для ЦЕЕЛ і розташувати поблизу оброблюваної ділянки на спеціальній підставці.

2.3.4 Перед зміцненням поверхню, що легується, необхідно знежирити промиванням в уайт-спириті або ацетоні і протерти насухо ганчіркою.

2.3.5 Закріпити графітовий електрод у тримачі вібратора установки ЕЕЛ.

2.3.6 Закріпити вібратор установки ЕЕЛ у супорті токарного верстата, використовуючи спеціальні прокладки, що перешкоджають його механічному пошкодженню.

2.3.7 Відповідно до рекомендацій табл. 2.12. встановити необхідний режим легування.

2.3.8 Включити токарний верстат на мінімальні обороти.

2.3.9 Підвести супортом верстата графітовий електрод до торкання поверхні валу. При цьому сила притиску електрода до поверхні, що обробляється, повинна бути постійною (коливання стрілки на вольтметрі повинні бути мінімальними).

Таблиця 2.12 - Рекомендовані режими ЦЕЕЛ підшипникових шийок валів

Модель установки для ЦЕЕЛ	Енергія розряду, W _и , Дж	Продуктивність, T, см ² /хв
«Елітрон – 22А»	0,53	0,3-0,5
«ЕЛІВ – 8А»	0,68	0,3-0,5
«УЕЛ - 4М»	0,43	0,25-0,3
«Елітрон – 52А»	2,6	0,5-0,75

2.3.10 Провести процес ЦЭЭЛ, переміщуючи електрод поверхні ШВ з продуктивністю, рекомендованої в табл. 2.12. У період легування необхідно оброблювану ділянку періодично протирати чистою ганчіркою або ганчіркою, так як поверхня, по якій ковзає графітовий електрод «вимазується» графітом, що ускладнює як процес легування, так і візуальний контроль за суцільністю зміцненого поверхневого шару.

2.3.11 Вимкнути установку ЕЕЛ та верстат. За допомогою лупи 4-7 кратного збільшення (ГОСТ 25706) провести оцінку суцільності поверхневого шару із зміненою структурою рельєфу. У разі виявлення неукріплених ділянок поверхні повторити у цих місцях ЦЭЭЛ.

2.4 Висновки по розділу 2.

1. Розроблено запропоновану технологію надання поверхневим шарам сталевих роликотідишників підвищеної зносостійкості шляхом цементації та електроерозійного легування.

2. До необхідної глибини шару на деталі зі зниженою шорсткістю після цементації необхідно далі продовжувати процес цементації, поступово знижуючи енергію розряду.

3. Для захисту від абразивного зношування поверхонь опор роликів (шийок під підшипником і контактуючих зі стрічкою) може служити поетапна цементація методом EEL.

4. Для зменшення шорсткості та підвищення втомної міцності після EEL рекомендується використовувати безабразивну ультразвукову фінішну обробку.

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Розділ 3 Охорона праці

3.1 Організація роботи з охорони праці на підприємстві

У промисловому секторі конвеєрні системи відіграють важливу роль у оптимізації процесів, підвищенні продуктивності та забезпеченні безперебійного транспортування матеріалів. Серед різних компонентів, які складають ці системи, роликові опори є ключовими, слугуючи основою стрічкових конвеєрів. Їх основна функція полягає в забезпеченні стабільності та підтримки конвеєрної стрічки, сприяючи ефективному переміщенню та мінімізуючи знос самої стрічки. Однак, як і будь-який механічний компонент, роликові опори чутливі до зносу та пошкодження з часом, що потребує відновлення для підтримки ефективності роботи. Організація охорони праці при відновленні цих зношених роликових опор має вирішальне значення не тільки для забезпечення довговічності конвеєрних систем, але й для збереження здоров'я та безпеки робочої сили.

Процес відновлення, незважаючи на те, що він має вирішальне значення для обслуговування конвеєрних систем, створює невід'ємний ризик для працівників, які виконують ці завдання. Тому введення строгих заходів з охорони праці є обов'язковим. Дотримання протоколів безпеки, включаючи використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), таких як шоломи, рукавички, окуляри та черевики зі сталевими носками, не підлягає обговоренню в будь-якому промисловому середовищі. Крім того, комплексні навчальні програми для працівників мають важливе значення, щоб надати їм знання та навички, необхідні для безпечного виконання завдань відновлення. Ці програми повинні охоплювати не лише технічні аспекти процесу відновлення, але й визначення потенційних небезпек і важливість звітування про небезпечні умови. Крім того, проведення ретельної оцінки ризиків і розробка стратегій управління є життєво важливими кроками для запобігання нещасним випадкам під час технічного обслуговування. Наприклад,

встановлення чітких каналів зв'язку та планів реагування на надзвичайні ситуації може значно зменшити ймовірність травм на виробництві. Віддаючи пріоритет безпеці, компанії можуть розвивати культуру відповідальності та турботи, що зрештою призведе до більш продуктивного та безпечного робочого середовища.

Організація охорони праці при відновленні зношених роликів опор стрічкових конвеєрів є багатоплановою справою, яка включає в себе технічну експертизу, заходи безпеки та прагнення до ефективності роботи. Розуміння критичної ролі роликів опор у конвеєрних системах, впровадження ефективних методів відновлення та пріоритет безпеки працівників є важливими компонентами цього процесу. Оскільки галузі продовжують розвиватися та стикаються з новими проблемами, акцент на підтримці цілісності конвеєрних систем за допомогою належної охорони праці залишатиметься першорядним. Інвестуючи у відновлення роликів опор і сприяючи безпечному робочому середовищу, компанії можуть не тільки підвищити свої операційні можливості, але й забезпечити добробут своєї робочої сили, зрештою сприяючи успіху в умовах дедалі більшої конкуренції.

У промисловому секторі безпека працівників має першочергове значення, особливо коли мова йде про завдання, пов'язані з важкими машинами та обладнанням, наприклад, відновлення зношених опор роликів стрічкових конвеєрів. Безпечні умови праці не тільки захищають працівників від потенційних небезпек, але й значно впливають на продуктивність і загальний моральний стан на робочому місці. У зв'язку зі збільшенням уваги до правил охорони здоров'я та техніки безпеки роботодавцям важливо усвідомлювати свої правові та етичні обов'язки щодо підтримки безпечного робочого середовища. У цьому есе досліджуватиметься важливість безпечних умов праці, обговорюватимуться ключові заходи щодо створення таких умов під час відновлювальних завдань та окреслено стратегії запобігання нещасним випадкам на робочому місці.

Неможливо переоцінити важливість безпечних умов праці на

промислових підприємствах. Безпечні умови праці визначаються як середовище, де ризики для здоров'я та безпеки зведені до мінімуму, що дозволяє працівникам виконувати свої обов'язки, не боячись отримати травму чи шкоду. Коли працівники потрапляють у небезпечні умови, це може призвести до безлічі наслідків, включаючи фізичні травми, проблеми з психічним здоров'ям і навіть летальні випадки. Вплив таких інцидентів виходить за межі окремої людини, впливаючи на моральний стан і продуктивність праці. Наприклад, дослідження, проведене Національною радою безпеки, підкреслює, що травми на виробництві призводять до витрат приблизно на 171 мільярд доларів США щороку, включаючи втрату заробітної плати, витрати на лікування та втрату продуктивності. Крім того, роботодавці мають як юридичні, так і етичні зобов'язання щодо забезпечення безпеки своїх працівників. Такі закони, як Закон про безпеку та гігієну праці (OSHA), зобов'язують роботодавців забезпечити робоче місце, вільне від визнаних небезпек. З точки зору етики, очікується, що компанії розвиватимуть культуру безпеки, демонструючи турботу про благополуччя своїх співробітників, що, у свою чергу, може підвищити лояльність і утримання співробітників.

Для створення безпечних умов праці при відновленні роликоопор необхідно реалізувати кілька основних заходів. По-перше, створення комплексних протоколів безпеки та інструкцій є важливим. Це включає розробку конкретних процедур для процесу відновлення, які повинні бути чітко повідомлені всім залученим працівникам. Крім того, надзвичайно важливим є забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ). Працівники повинні бути оснащені відповідним спорядженням, таким як каски, рукавички, засоби захисту очей і черевики зі сталевими носками, щоб мінімізувати ризик травм. Наприклад, використання жилетів високої видимості може допомогти гарантувати, що працівників буде легко помітити в середовищі, де рухоме обладнання. Крім того, необхідно проводити регулярне навчання та тренування з техніки безпеки, щоб добре інформувати працівників про методи безпеки та дії в надзвичайних ситуаціях. Навчальні заняття можуть включати

практичні демонстрації та оцінювання, щоб посилити навчання та допомогти працівникам визначити потенційні небезпеки. Визначаючи пріоритетність цих заходів, роботодавці можуть значно зменшити ймовірність нещасних випадків і створити культуру безпеки серед робочої сили.

Запобігання нещасним випадкам під час відновлення роликів опор вимагає проактивного підходу, який включає ретельну оцінку ризиків та ефективну комунікацію. Перед початком будь-яких відновлювальних робіт роботодавці повинні провести детальну оцінку ризиків, щоб визначити потенційні небезпеки, пов'язані з цим завданням. Ця оцінка повинна оцінювати такі фактори, як стан обладнання, робоче середовище та рівень досвіду працівників. Наприклад, якщо оцінка ризику показує, що підлога, на якій проводитиметься реставрація, є нерівною, можна заздалегідь вжити заходів для усунення цієї небезпеки. Крім того, встановлення чітких каналів зв'язку між членами команди має вирішальне значення для того, щоб усі усвідомлювали свої ролі та обов'язки. Регулярні інструктажі з техніки безпеки можуть сприяти відкритим обговоренням проблем безпеки, дозволяючи працівникам висловлювати свої зауваження та пропозиції. Нарешті, використання відповідних інструментів і обладнання є життєво важливим для мінімізації небезпек. Роботодавці повинні переконатися, що все обладнання добре обслуговується та відповідає поставленим завданням. Наприклад, використання інструментів для обслуговування конвеєрів, спеціально розроблених для відновлення роликів опор, може підвищити безпеку та ефективність, зменшивши ризик нещасних випадків.

Створення безпечних умов праці та запобігання нещасним випадкам під час відновлення зношених роликів опор стрічкових конвеєрів має важливе значення для захисту працівників та забезпечення ефективності роботи. Роботодавці повинні усвідомлювати важливість безпечного робочого середовища, дотримуватися юридичних та етичних зобов'язань і впроваджувати ключові заходи, такі як протоколи безпеки, забезпечення ЗІЗ та регулярне навчання. Крім того, ретельна оцінка ризиків, чітка комунікація

та використання відповідних інструментів мають вирішальне значення для мінімізації небезпек на робочому місці. Віддаючи пріоритет безпеці, компанії можуть сприяти продуктивному та позитивному робочому середовищу, що зрештою принесе користь як працівникам, так і організації в цілому.



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Розділ 4

Техніко-економічна оцінка технологічного процесу відновлення зношених роликів опор

У сфері промислового обслуговування та виробництва рішення відновити зношені деталі або замінити їх новими придбаними компонентами є критично важливим, що впливає як на ефективність роботи, так і на фінансову стійкість. У цьому есе розглядаються технічні та економічні наслідки кожного підходу, надаючи комплексний порівняльний аналіз. Відновлення деталей, яке часто розглядається через призму стійкості та економічності, обіцяє не лише потенційну економію, але й збереження існуючих ресурсів. І навпаки, заміна зношених компонентів може забезпечити покращену продуктивність і надійність, хоча й із більшими фінансовими витратами. Досліджуючи довговічність, продуктивність та економічні наслідки як відновлення, так і заміни, а також представляючи приклади з реального світу, це есе має на меті висвітлити складність цього вибору та його наслідки для різних галузей промисловості.

Технічне порівняння між відновленням і заміною зношених частин виявляє значні відмінності в довговічності, продуктивності та придатності для конкретних застосувань. Відреставровані деталі, піддані суворим процесам відновлення, таким як зварювання, механічна обробка або покриття, можуть продемонструвати довговічність, порівнянну з новими компонентами, особливо в менш вимогливих умовах. Наприклад, в аерокосмічній промисловості відновлення лопатей турбін довело ефективність, причому термін служби відновлених лопатей часто відповідає або перевищує термін служби нових деталей. Однак показники продуктивності можуть відрізнятися. Нові компоненти, як правило, виграють від останніх технологічних досягнень і заходів контролю якості, потенційно пропонуючи чудову продуктивність у високонавантажених додатках, таких як високошвидкісні машини або критичні системи безпеки. Крім того, придатність кожного варіанту залежить

від робочого середовища. Відновлення може бути ідеальним для галузей промисловості з помірним зносом, тоді як заміна може знадобитися в секторах, де точність і надійність мають першочергове значення, наприклад у фармацевтиці чи харчовій промисловості. Таким чином, технічні аспекти відновлення проти заміни підкреслюють важливість оцінки конкретних операційних потреб і очікуваних вимог до залучених частин.

З економічної точки зору, аналіз витрат на процеси відновлення порівняно з придбанням нових деталей показує серйозні наслідки для операційних бюджетів. Реставрація часто передбачає нижчу початкову вартість, оскільки багато методів відновлення дешевші, ніж придбання абсолютно нового компонента. Наприклад, в автомобільній промисловості практика відновлення двигунів може заощадити компаніям до 60% порівняно з купівлею нових двигунів, що робить її фінансово привабливою альтернативою. Однак компанії також повинні враховувати довгострокові заощадження, пов'язані з кожним підходом. Хоча початкові витрати на відновлені деталі можуть бути нижчими, вони можуть вимагати більш частого технічного обслуговування або мати менший термін служби в певних вимогливих випадках, що призведе до вищих довгострокових витрат. Крім того, операційні бюджети повинні враховувати вплив простоїв, пов'язаних із процесами відновлення, які можуть порушити графік виробництва. І навпаки, хоча нові деталі можуть вимагати вищих початкових інвестицій, вони часто мають гарантії та передбачувану продуктивність, що може призвести до менш частих заміни і зниження витрат на обслуговування з часом. Це економічне порівняння підкреслює необхідність для організацій проводити ретельний аналіз витрат і вигод, зважаючи безпосередні фінансові наслідки та довгострокові операційні наслідки.

Практичні наслідки вибору реставрації замість заміни додатково з'ясовують реальні програми та тематичні дослідження. У таких галузях промисловості, як промисловість, гірничодобувна промисловість та авіація, успішно застосовуються методи відновлення, часто досягаючи значної

економії коштів та ефективності роботи. Наприклад, гірничодобувний сектор використав відновлення компонентів важкої техніки, що дозволило компаніям продовжити термін служби дорогого обладнання, мінімізуючи капітальні витрати. Багато історій успіху; один відомий випадок стосується великої авіакомпанії, яка запровадила комплексну програму відновлення двигуна, що призвело до економії мільйонів доларів щорічно, зберігаючи високі стандарти безпеки та продуктивності. Крім того, порівняльний аналіз інтенсивності відмов і проблем з техобслуговуванням показує, що, хоча відновлені деталі спочатку можуть показувати більш високі відсотки відмов в екстремальних умовах, правильна практика відновлення може ефективно зменшити ці ризики. Крім того, галузі, які наголошують на стійкості та ефективності використання ресурсів, все більше віддають перевагу відновленню, оскільки воно узгоджується з ширшими екологічними цілями шляхом зменшення відходів і споживання нових матеріалів. Таким чином, дослідження реальних застосувань підкреслює практичні переваги реставрації, надаючи переконливі докази її ефективності в різних секторах.

Техніко-економічне порівняння відновлення зношених деталей із заміною їх придбаними компонентами розкриває багатогранний ландшафт прийняття рішень для промисловості. Вибір між відновленням і заміною залежить від низки факторів, включаючи конкретні технічні вимоги програми, витрати та реальні результати роботи. Оскільки галузі продовжують знаходити баланс між операційною ефективністю та фіскальною відповідальністю, потенціал для значної економії та сталого розвитку завдяки відновленню стає все більш очевидним. Зрештою, організації повинні ретельно оцінювати свої індивідуальні потреби та обставини, сприяючи глибшому розумінню того, коли відновлювати, а коли замінювати, таким чином забезпечуючи оптимальну продуктивність та економічну життєздатність своєї діяльності.

Розрахунок техніко-економічного ефекту наведено в додатку А.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження дозволило провести аналіз умов експлуатації стрічкового конвеєра та аналізу використовуваного обладнання.

2. Аналіз умов експлуатації стрічкового конвеєра дозволив зробити висновок, що роликоопори є одними з найбільш відповідальних вузлів, які обмежують надійність і довговічність стрічкових конвеєрів; Основною метою удосконалення роботи роликоопор є першочергове зниження зносу.

Розроблено технологію підвищення зносостійкості поверхневого шару сталевих роликопідшипників методом ступінчастої цементації з використанням електроерозійного легування з подальшою неабразивною ультразвуковою обробкою (БУФО). Ця технологія може знайти застосування для захисту опорних поверхонь роликів (підшипників підшипників і контакту стрічки) від абразивного зносу.

4. Нова комплексна технологія ремонту роликів опор, що складається з ЕЕЛ елементів поверхні роликів з подальшою обробкою методами ППД.

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

Литература

1. The Essential Role of Conveyors in Your Material Handling (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.dornerconveyors.com
2. Belt conveyor for warehouse. Different types of (n.d.) відновлено October 20, 2024, від kapelou.com
3. Uses And Types of Conveyor Belt Material. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/types-of-conveyor-belt-material/
4. Top Benefits of Belt Conveyors for Bulk Materials. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/belt-conveyors-for-bulk-materials/
5. (PDF) The Pallet Conveyor System Application in (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.researchgate.net
6. The Advantages of Belt Conveyors in Material Handling -. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від conveyorsections.co.uk
7. Conveyors vs. Trucks: How to Reduce Costs in Material (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.westriverconveyors.com
8. Benefits of Reinforced Conveyor Belt Material. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/reinforced-conveyor-belt-material/
9. Belt Conveyors. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від elearn.nubip.edu.ua/mod/resource/view.php?id=326363
10. Belt conveyor for warehouse. Different types of (n.d.) відновлено October 20, 2024, від kapelou.com
11. Cleated Belt Conveyors: What You Need to Know. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від mzservicesltd.com
12. Conveyor Belt Material Properties: Analysis And Selecting. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/conveyor-belt-material-properties/
13. Conveyor Belt Design Parameters: to Be Considered. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/conveyor-belt-design-parameters/
14. Conveyor Belt, belt adhesive, rubber sheet. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від oliverllp.com/blog/conveyor-belt-specific

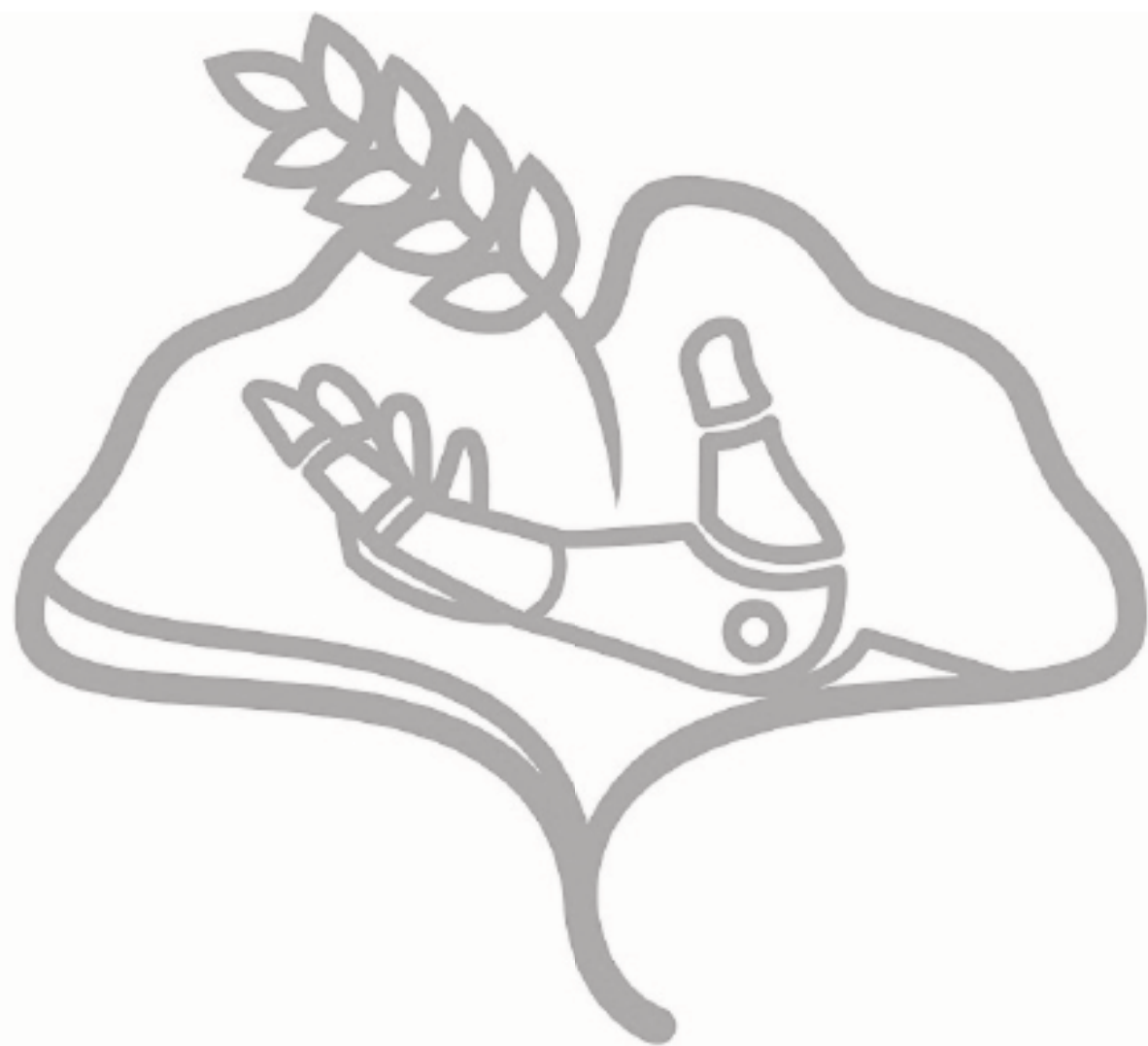
15. 4 Steps to Conveyor Belt Inspection Maintenance Checklist. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/conveyor-belt-inspection/
16. Conveyor Belt Regulations: OSHA Standards. (n.d.) відновлено October 20, 2024, від www.gramconveyor.com/conveyor-belt-regulations/
17. Dimensional Analysis of Technological Processes for (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.researchgate.net
18. Development and evaluation of metal rolling machine for (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.researchgate.net
19. (PDF) Additive Manufacturing for Repair and Restoration in (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.researchgate.net
20. How does Artificial Intelligence Impact the Modernization of (n.d.) відновлено October 28, 2024, від device.io
21. (PDF) Predictive maintenance technologies for production (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.researchgate.net
22. Measuring the Impact of Modernization with DF Product. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.bookbaker.com
23. Cost-benefit analysis | Modernization. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від redleafsoft.com
24. How To Approach Legacy System Modernization. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від leobit.com
25. lekciya-15-praktychne-vykorystannja-trybotehniky-v-tehnolohiyi-vyrobnytva-z-dyscypliny-trybotehnika-133-hm. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.tsatu.edu.ua
26. Вплив натяжного ролика на продуктивність конвеєрної (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.gramconveyor.com/uk/idler-roller/
27. Технологічні інновації в процесі виготовлення конвеєрних (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.gramconveyor.com
28. Вінницький національний технічний університет. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від irpu.ua
29. Пояснювальна записка. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від

- dspace.dsau.dp.ua
30. Оптимізація динамічних режимів роботи конвеєрної (n.d.) відновлено October 28, 2024, від ela.kpi.ua
 31. Тема 1 Машини безперервного транспорту. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від www.dgma.donetsk.ua
 32. тема 1. організація економічного аналізу. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=304688
 33. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки матеріалів. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від km.kpi.ua/wp-content/uploads/EFHM_Kluchnikov_silabus.pdf
 34. Неруйнівний контроль: досягнення та застосування в (n.d.) відновлено October 28, 2024, від simvolt.ua
 35. Computer systems and information technologies. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від csitjournal.khmnu.edu.ua
 36. МЕТОДИКА ТА ОРГАНІЗАЦІЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. (n.d.) відновлено October 28, 2024, від pedagogy.lnu.edu.ua
 37. Тарельник В.Б. Комбіновані технології електроерозійного легування / В.Б. Тарельник. – К. : Техніка, 1997. – 127 с.
 38. Тарельник В.Б. Управління якістю поверхневих шарів деталей комбінованим електроерозійним легуванням / В.Б. Тарельник. – Суми: МакДен, 2002. – 323 с.
 39. Патент України на винахід № 82948, 23С 8/00. Спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням/В.С. Марцинковский, В.Б. Тарельник, А.В. Белоус / Опубл. 25.03.2008, бюл. № 10.
 40. Тарельник В.Б., Білоус А.В. Технологія зміцнення поверхонь деталей машин методом електроерозійної цементації // Вісник національного технічного університету «ХП». – 2008. - №4. – С. 27-31.
 41. Верхотуров А.Д. Технологія електроіскрового легування металевих поверхонь / А.Д. Верхотуров, І.М. Муха. – К. : Техніка, 1982. – 181 с.
 42. Патент України на винахід № 82948, 23С 8/00. Спосіб цементації сталевих

- деталей електроерозійним легуванням/В.С. Марцинковский, В.Б. Тарельник, А.В. Белоус / Оpubл. 25.03.2008, бюл. № 10.
43. Патент України на винахід № 101715, 23Н 9/00. Спосіб цементації сталевих деталей електроерозійним легуванням/В.С. Марцинковский, В.Б. Тарельник, М.П. Братушак / Оpubл. 25.01.2013, бюл. № 8.
44. Самсонов Г.В. Електроіскрове легування металевих поверхонь / Г.В. Самсонов, А.Д. Верхогуров, Г.А. Бовкун, В.С. Сичев. – К. : Наукова думка, 1976. – 220 с.
45. Тарельник В.Б. Триботехнологія деталей машин: навчальний посібник / В.Б. Тарельник, Коноплянченко Є.В., Марцинковский В.С., Антошевський Богдан. – Суми : Видавництво «Мак Ден», 2010. – 264 с.
46. Тарельник В.Б., Білоус А.В., Яременко В.П., Волкова Л.К. Особливості формування поверхневих шарів при електроерозійному легуванні сталей 40Х і 12Х18Н10Т твердими зносостійкими матеріалами // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – 2006. - №47. – С. 299-303.
47. Тарельник В.Б., Білоус А.В. Математична модель визначення глибини зміцненого шару при електроерозійній цементації // Вісник національного технічного університету ХПІ. - 2007. - № 17. - С. 3-7.
48. Тарельник В.Б., Марцинковский В.С., Антошевський Б. Підвищення якості підшипників ковзання: монографія. - Суми: Видавництво «МакДен», 2006.- 160 с.

Інженерно-технологічний факультет СНАУ

ДОДАТКИ



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

Оцінка ефективності використання розробленого технологічного методу відновлення деталей проводиться по техніко-економічному критерію, який виражається нерівністю:

$$B_B \leq K_d \cdot B_H, \quad (A.1)$$

де B_B – собівартість проведення відновлення роликоопори, грн.;

K_d – коефіцієнт довговічності, $K_d = 0,8$;

B_H – вартість нової деталі. $B_H = 7500$ грн.

Значення B_B знаходимо за формулою:

$$B_B = B_{\Pi} + \Pi, \quad (A.2)$$

де B_{Π} – повна собівартість відновлення, грн.;

Π – планова величина прибутку підприємства, грн.

Прибуток ремонтного підприємства визначається за формулою:

$$\Pi = 1,05 \cdot B_{\Pi}. \quad (A.3)$$

Повна собівартість проведення відновлення роликоопори визначаємо за допомогою формули:

$$B_{\Pi} = Z_{\Pi} + B_{RM} + B_{ZB} + B_{ZG} + B_{\Pi H}, \quad (A.4)$$

де Z_{Π} – заробітна виробничих працівників, грн.;

B_{RM} – вартість матеріалів, що необхідні для ремонту;

B_{ZB} – загальновиробничі накладні витрати, грн.;

B_{ZG} – загальногосподарські накладні витрати, грн.;

$B_{\Pi H}$ – поза виробничі накладні витрати, грн.;

Величину заробітної плати виробничих працівників визначаємо за допомогою формули:

$$Z_{\Pi} = Z_0 + Z_d + C_{соц}, \quad (A.5)$$

де Z_0 – основна заробітна плата рробітників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата працівників, грн.;

$C_{соц}$ – нарахування на виплату податків у розмірі 35,6% від $(Z_0 + Z_d)$, грн.

Значення Z_0 знаходимо за формулою:

$$Z_0 = T_p \cdot C_T \cdot K_t \quad (A.6)$$

де T_p – трудомісткість відновлення деталі, люд/год.;

C_T – годинна тарифна ставка, грн./год.;

K_t – коефіцієнт, що враховує доплату за понаднормову та іншу роботу, рівний 1,1–1,12.

Розрахунок заробітної плати:

$$Z_0 = 28 \cdot 10 \cdot 1,1 = 308 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата:

$$Z_d = \frac{20 \cdot Z_0}{100}, \quad (A.7)$$

$$Z_d = \frac{20 \cdot 308}{100} = 61,6 \text{ грн.}$$

Виплата податків:

$$C_{\text{соц}} = (308 + 61,6) \cdot 35,6\% = 131,93 \text{ грн.}$$

Звідси отримаємо:

$$Z_{\Pi} = 308 + 61,6 + 131,93 = 502,53 \text{ грн.}$$

Вартість ремонтних матеріалів приблизно можна визначити виходячи з частки заробітної плати та частки вартості матеріалів:

$$B_{PM} = \frac{K_{PM}}{K_{ЗП}} \cdot Z_{\Pi}, \quad (A.8)$$

де: K_{PM} – частка вартості матеріалів, $K_{PM} = 0,25-0,35$;

$K_{ЗП}$ – частка заробітної плати, $K_{ЗП} = 0,66-0,75$.

$$B_{PM} = \frac{0,35}{0,75} \cdot 502,53 = 234,51 \text{ грн.}$$

Загальновиробничі витрати знаходимо за формулою:

$$B_{ЗВ} = \frac{B_{ЗП} \cdot Z_{\Pi}}{100}, \quad (A.9)$$

де $B_{ЗП}$ – відсоток загальногосподарських накладних витрат для ремонтної майстерні, дорівнює 73,7%.

$$B_{ЗВ} = \frac{73,7 \cdot 502,53}{100} = 370,36 \text{ грн.}$$

Загальногосподарські витрати визначаємо за формулою:

$$B_{зг} = \frac{B_{зг} \cdot 3_{п}}{100}, \quad (\text{A.10})$$

де $B_{зг}$ – відсоток загальногосподарських витрат, дорівнює 20%

$$B_{зг} = \frac{20 \cdot 502,53}{100} = 100,5 \text{ грн.}$$

Позавиробничі витрати визначаємо:

$$B_{пв} = \frac{B_{пв} \cdot 3_{п}}{100}, \quad (\text{A.11})$$

де: $B_{пв}$ – відсоток позавиробничих витрат, дорівнює 3%.

$$B_{пв} = \frac{3 \cdot 502,53}{100} = 15,07 \text{ грн.}$$

Повна собівартість відновлення:

$$B_{п} = 502,53 + 234,51 + 307,36 + 100,5 + 15,07 = 1159,97 \text{ грн.}$$

Прибуток ремонтного підприємства:

$$H = 1,05 \cdot 1159,97 = 1217,96 \text{ грн.}$$

Знайдемо вартість відновлення:

$$B_{в} = 1159,97 + 1217,96 = 2377,94 \text{ грн.}$$

Підставивши данні у нерівність $B_{в} \leq K_{д} \cdot B_{н}$ значення $B_{в}$, отримаємо:

$$2377,94 \leq 0,8 \cdot 7500 \text{ грн.}$$

$$2377,94 < 6000 \text{ грн.}$$

Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ



Інженерно-
технологічний
факультет
СНАУ