

Тема: «Підвищення довговічності деталей тракторів»

Виконав: Клишкін Максим Геннадійович

Керівник: Тарельник В.Б.

ВСТУП

Довговічність деталей трактора є однією з головних причин належності його високоякісних складових деталей та вузлів. Трактори часто стикаються з важкими умовами, такими як велике робоче навантаження, екстремальні температури, постійний вплив бруду та вологи. Дешеві або неякісні деталі, швидше за все, вийдуть з ладу раніше, що призведе до частого ремонту або їх заміни. З іншого боку, високоякісні деталі розроблені, щоб служити довше та витримувати ці важкі умови і в результаті менше витратити грошей. Такі компоненти, як потужні редуктори, гідравлічні системи та міцні підшипники, допомагають подовжити термін служби трактора та зменшити витрати на технічне обслуговування.

Підвищення продуктивності трактора за допомогою якісних деталей є вирішальною, особливо в такій галузі, як сільське господарство, де ефективність має вирішальне значення. Високоякісні деталі трактора, такі як двигуни, паливні системи та гідравлічні компоненти, розроблені для забезпечення оптимальної продуктивності. Наприклад, високоякісні паливні фільтри забезпечують плавну роботу двигуна, а якісні гідравлічні насоси підвищують ефективність підйому та опускання. Ці частини допомагають забезпечити максимальну продуктивність трактора, скорочуючи час простою.

Якість деталей тракторів значною мірою впливає і на безпеку їх роботи тракторів. Безпека є головним пріоритетом під час експлуатації тракторів. Деталі низької якості можуть поставити під загрозу безпеку роботи, що може призвести до нещасних випадків або несправностей. Наприклад, несправні гальма, зношені компоненти рульового керування або неефективна підвіска можуть призвести до небезпечних ситуацій. Гальмівні системи та деталі підвіски, виготовлені з

якісних матеріалів, забезпечують кращий контроль та знижують ймовірність аварій. Враховуючи вище сказане, слід відмітити, що тема дипломної магістерської роботи «Підвищення довговічності деталей тракторів» є актуальною і своєчасною.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТРАКТОРІВ

1.1. Основні причини низької довговічності деталей тракторів

1.1.1. *Важливість оригінальних запчастин* [1-3]

Проблема забезпечення довговічності машин (тракторів) є надзвичайно актуальною, оскільки старіння машинно-тракторного парку випереджає темпи необхідного технічного переозброєння. Використання традиційних металевих матеріалів і застарілих технологій у конструкціях сільськогосподарських машин призводить до подорожчання їх виробництва, зниження ресурсу та довговічності. Використання корозійностійких матеріалів, таких як полімерні композити, для зовнішніх елементів дозволяє підвищити довговічність сільськогосподарської техніки та зменшити корозійні пошкодження.

Трактори є основою сучасного сільського господарства, а їх ефективність і продуктивність залежать від високоякісних компонентів. Коли справа доходить до технічного обслуговування та ремонту тракторів, вибір якісних запчастин є дуже важливим.

Трактори – це складні машини з численними взаємопов'язаними частинами. Оригінальні (рідні, непідроблені) запасні частини для тракторів спеціально розроблені та виготовлені відповідно до точних характеристик і вимог моделі трактора. Це забезпечує точну підгонку та сумісність, забезпечуючи бездоганну інтеграцію та оптимальну продуктивність. Оригінальні запчастини проходять ретельні випробування, що гарантує фермерам, що їхні трактори працюватимуть із максимальною ефективністю, забезпечуючи потужність і надійність, необхідні для складних сільськогосподарських завдань.

Оригінальні запчастини для тракторів створені для довговічності, забезпечуючи чудову довговічність порівняно зі звичайними або вторинними альтернативами. Вони виготовлені з високоякісних матеріалів, розроблених, щоб витримувати складні умови сільськогосподарського середовища. Ці деталі піддаються суворим заходам контролю якості під час виробництва, гарантуючи, що вони відповідають найвищим галузевим стандартам. Інвестиції в оригінальні запчастини не тільки мінімізують ризик передчасних поломок, але й зменшують частоту ремонтів і замін, що призводить до економії коштів і підвищення продуктивності в довгостроковій перспективі.

Використання оригінальних запасних частин для тракторів часто супроводжується додатковою перевагою гарантій та підтримки виробника. Оригінальні запчастини, як правило, забезпечені гарантією, що забезпечує фермерам спокій у разі будь-яких виробничих дефектів або збоїв. Виробники оригінальних запчастин також надають повну підтримку клієнтів, технічну допомогу та вказівки щодо усунення несправностей, що ще більше покращує загальний досвід володіння. Доступ до експертних порад і допомоги може заощадити час, зусилля та гроші фермерів, гарантуючи, що їхні трактори залишаться в робочому стані під час критичних сільськогосподарських сезонів.

Трактори — це складні системи, де різні компоненти бездоганно працюють разом. Оригінальні запчастини до тракторів розроблені для ідеальної інтеграції в ці системи, забезпечуючи сумісність з іншими частинами та підсистемами. Ця сумісність оптимізує загальну продуктивність трактора, знижує ризик несправностей і підвищує безпеку під час експлуатації. Змішування оригінальних і неоригінальних деталей може призвести до проблем із сумісністю, погіршуючи функціональність і надійність трактора. Використовуючи оригінальні запчастини, фермери можуть підтримувати цілісність своїх тракторів і максимізувати їх загальну ефективність.

Перепродажна вартість і довгострокові інвестиції: інвестиції в оригінальні запчастини для тракторів приносять користь не тільки сьогодні, але й майбутньому. Коли прийде час модернізувати або продати трактор, досвід

використання оригінальних запчастин може значно підвищити його цінність при перепродажі. Потенційні покупці з більшою ймовірністю довіряться трактору, який належним чином обслуговувався з оригінальними компонентами. Крім того, використання оригінальних запчастин забезпечує довговічність трактора, дозволяючи фермерам максимізувати віддачу від інвестицій протягом багатьох років і зберегти високоефективний актив. Оригінальні запчастини до тракторів є важливим аспектом технічного обслуговування та ремонту тракторів. Вони пропонують чудову продуктивність, довговічність, сумісність і довгострокову цінність. Інвестуючи в оригінальні запчастини, фермери можуть забезпечити найкращу роботу своїх тракторів, зводячи до мінімуму час простою, максимізуючи продуктивність і користуючись перевагами надійної та ефективної сільськогосподарської техніки.

Чому виходять з ладу деталі трактора? [4-8]

Тракторні запчастини використовуються, коли необхідно замінити або відремонтувати механічну частину трактора. Запасні частини трактора охоплюють різні частини, що використовуються в різних секціях трактора, наприклад двигун, трансмісія, гідравлічна система, гальмівна система та електрична система. Регулярна заміна деталей трактора необхідна для того, щоб трактори залишалися довговічними та працювали ефективно. Запасна частина повинна бути розроблена для виконання тієї ж функції, що й оригінальна частина.

Запасні частини для тракторів мають вирішальне значення, оскільки для роботи механічних частин тракторів потрібні запасні частини. Запасні частини забезпечують безперебійну та оптимальну роботу тракторів. Регулярна заміна запасних частин знижує ймовірність поломки тракторів і знижує витрати.

Несправна запчастина може перешкодити роботі трактора або пошкодити інші частини трактора. Тому важливо, щоб запчастини були якісними та оригінальними. Крім того, регулярна заміна запасних частин трактора підвищує ефективність і продуктивність тракторів.

Викликати несправність запчастин трактора можуть різні причини .
Основні причини несправності:

- **Знос** : запасні частини зношуються під час нормального використання, і термін їх служби закінчується. Постійна вібрація, удари та тертя можуть скоротити термін служби запасних частин.

- **Неправильне використання**: Неправильне використання трактора може швидко призвести до несправності запчастини. Наприклад, перевантаження або інтенсивне використання трактора може призвести до того, що запчастини швидше вийдуть з ладу.

- **Відсутність регулярного технічного обслуговування** : якщо запасні частини трактора не обслуговуються регулярно, термін їх служби скорочується. Регулярне технічне обслуговування включає очищення, змащування та внесення необхідних регулювань до запасних частин.

- **Деталі низької якості** : запасні частини, виготовлені з неякісних матеріалів, спричиняють скорочення терміну їх служби та більшу ймовірність того, що вони будуть часто виходити з ладу.

- **Неправильна збірка** : неправильна збірка запасних частин трактора може призвести до більших проблем і навіть небезпек. Неправильна збірка скорочує термін служби запасних частин, призводить до їх нефункціонування або може призвести до більш серйозних несправностей.

- **Фактори навколишнього середовища**: можуть впливати на термін служби запасних частин. Наприклад, надмірна спека, вологість або заповишене середовище можуть швидше призвести до несправності запчастин.

- **Вік** : вік запасної частини трактора також є фактором, який підвищує ризик несправності. Термін служби запчастин залежить від тривалості, частоти та умов використання.

Крім цих причин, інші фактори також можуть спричинити несправність запчастини трактора. Однак регулярне технічне обслуговування, правильне використання та використання якісних запасних частин для тракторів подовжують термін їх служби та запобігають несправностям.

Як продовжити термін служби запасних частин трактора?

Щоб продовжити термін служби запасних частин трактора, можна врахувати наступні пропозиції:

- **Використовувати якісні запасні частини:** використання оригінальних і якісних запасних частин допомагає подовжити термін служби деталей.
- **Виконувати регулярне технічне обслуговування:** регулярне технічне обслуговування є важливим для продовження терміну служби запасних частин трактора. Це допомагає зберегти їх функціональність і мінімізувати знос.
- **Правильне використання:** трактора є ще одним фактором, який допомагає подовжити термін служби запасних частин. Тому слід уникати перевантаження.
- **Своєчасний ремонт:** несправна запчастина може призвести до пошкодження інших частин. Тому важливо своєчасно ремонтувати або замінювати несправні деталі.
- **Тримання запасних частин в чистоті:** очищення запасних частин допомагає подовжити термін їх служби. Деталі повинні бути очищені від пилу та бруду, щоб запобігти зносу.
- **Зберігання запасні частини належним чином:** частини повинні бути захищені від вологи та світла.

Звертаючи увагу на всі ці фактори, можна продовжити термін служби запасних частин трактора.

1.1.2. Напрямки модернізації тракторів для підвищення довговічності, безпеки та ефективності праці

Трактори є основою фермерського господарства. У багатьох господарствах є трактори, які служать десятиліттями і за умови належного обслуговування прослужать ще десятиліття. Проблема полягає в тому, що старі трактори можуть не мати таких же характеристик безпеки та ефективності, як сучасні трактори.

Замість того, щоб витратити гроші, щоб купити нові трактори, коли старі ще працюють, є багато способів додати сучасні оновлення та аксесуари до тракторів.

Нижче розглядається декілька пропонованих варіантів захисту трактору від перекидання:

Системи захисту від перекидання (ROPS). З усіх аксесуарів, які можна додати до свого трактора, система захисту від перекидання (ROPS) є найважливішою для забезпечення безпеки на фермі. Перекидання тракторів є основною причиною смертей у сільському господарстві. Трактори з відкритою кабіною пов'язані з високим ризиком отримання травми, оскільки якщо трактор перекинеться, оператора викине з трактора та розчавить. ROPS складається з двох частин. По-перше, ремінь безпеки запобігає викиданню оператора зі свого сидіння під час аварії. Потім над сидінням простягається міцна посилена планка, щоб зберегти безпечний простір для оператора, якщо трактор перекинеться.

Тіньові навіси. Незважаючи на те, що більшість ROPS складаються з простої армованої планки, можна придбати її з прикріпленням тіньовим навісом. Тіньові навіси захищають оператора від сонячних променів, забезпечуючи йому комфорт і допомагаючи зменшити ризик теплового удару та раку шкіри.

Комплекти освітлення. Якщо у погана видимість вночі, можна встановити додаткові фари для трактора. Додавши яскраві світлодіодні ліхтарі та панель перемикача для окремого керування кожним світлом оператор зможе значно подовжити час роботи, залишаючись у безпеці.

Вогнегасники. Одним із найпростіших, але найважливіших оновлень для трактора є встановлення вогнегасника, який є легкодоступним. Якщо трактор загориться, це не тільки знищить дороге обладнання, але також може спровокувати пожежу на полі чи коморі та поставити під загрозу безпеку працівників ферми. Доступний вогнегасник – це перший крок до пожежної безпеки.

Камери резервного копіювання. Залежно від того, яке знаряддя використовується, водіння трактора часто вимагає огляду позаду оператора, щоб побачити, що робить агрегат. Чи він піднятий на правильну висоту? Постійно крутити шиєю, щоб перевірити знаряддя, може бути неприємно. Одним із простих рішень є встановлення камери резервного копіювання на тракторі, щоб

оператор мав можливість бачити, що робить агрегат, простим поглядом на екран. Крім того, залежно від конкретних потреб, для цієї мети може підійти велике дзеркало заднього виду.

Захисні огороження та щити. Залежно від роботи, яка виконується, певні частини трактора можуть бути особливо вразливими до пошкоджень. Для захисту трактора від пошкоджень доступні різні захисні кожухи та щитки. До них належать:

- Захисні решітки для захисту трактора від палиць та іншого сміття під час використання переднього навісного обладнання.
- Захист осі, який захищає осі від пошкоджень, спричинених нерівною місцевістю та перешкодами.
- Піддон на нижній частині трактора для захисту важливих компонентів від пошкоджень.
- Обмотки, муфти або щитки для захисту гідравлічних шлангів від стирання, проколів та інших пошкоджень.
- Захист заднього скла, який захищає заднє скло від летючого сміття.

Допоміжна гідравліка. Більшість тракторів мають вбудовану гідравлічну систему, яка живить різні компоненти, такі як рульове керування, гальма та підйомні важелі. Однак не всі трактори оснащені допоміжною гідравлікою. Допоміжна гідравліка — це додаткові гідравлічні контури, які забезпечують роботу різноманітного навісного обладнання та знарядь, крім стандартного обладнання. Ці системи зазвичай включають гідравлічний насос, регулюючі клапани, гідравлічні лінії та шланги, швидкоз'єднувальні пристрої, резервуар і фільтри. Допоміжна гідравліка часто доступна як додаткові функції або може бути додана в якості оновленого обладнання.

Якщо трактор не постачається з допоміжною гідравлікою як стандартною функцією, то її можна встановити, дозволяючи використовувати додаткове навісне обладнання та знаряддя, які потребують гідравлічної потужності.

Системи швидкого зчеплення. Для швидкого і простого способу під'єднати та від'єднувати навісне обладнання, не встаючи з сидіння трактора, можна, встановити систему швидкої зчіпки.

Гідравлічні верхні ланки. Верхня тяга на тракторі розташована у центрі верхній триточкової навіски, з'єднуючи трактор із знаряддям. Він працює в поєднанні з двома нижніми підйомними важелями для фіксації та стабілізації інструменту. На відміну від механічних верхніх тяг, у гідравлічних верхніх тягах для регулювання довжини використовується гідравлічний циліндр. Це дозволяє легко й точно контролювати нахил і кут навісного обладнання з кабіни трактора, полегшуючи адаптацію до змінного рельєфу місцевості та робочих вимог без громіздкого ручного регулювання.

Система GPS для точного землеробства. У минулому фермери підвищували врожайність завдяки інтуїції та здогадам, які базувалися на багаторічному досвіді та спілкуванні з іншими фермерами. Але сьогодні в їхньому арсеналі є інший інструмент: технологія GPS. Завдяки технології відстеження GPS фермери можуть наносити на карту поля та садити, збирати врожай та виконувати інші польові роботи з надзвичайною точністю. Така точність економить час і гроші, оскільки фермери не використовують обладнання більше, ніж їм потрібно. GPS також допомагає фермерам ефективно використовувати такі ресурси, як добрива та вода, і дозволяє їм збирати дані про різні поля та культури. Потім вони можуть використовувати ці дані, щоб оцінити, як розвиваються їхні культури, і повідомити про зміни, які вони можуть захотіти зробити в майбутньому.

1.1.3. Аналіз найпоширеніших поломок тракторів

Запобігти та уникнути дорогих поломок тракторів (рис. 1.1) легко уникнути, якщо знати, що це таке. Поломка трактора та іншого обладнання завжди обходиться дорого, особливо під час посіву та збирання врожаю, коли своєчасне вивезення насіння в землю та зерна з поля мають вирішальне значення для максимізації врожаю. День простою може коштувати виробникам і

фермерам значних втрат. Фактична вартість залежить від того, наскільки на врожайність вплинуло виконання операції, коли обладнання вийшло з ладу.

Нижче розглянуті найпоширеніші проблеми з поломкою трактора і способи запобігання та уникнення цих проблем.

Погані електричні з'єднання. Цю проблему важко запобігти. Це стає все більш звичним явищем, оскільки все більше машин контролюється електронним способом. Може допомогти очищення роз'ємів від пилу та бруду. Під час очищення потрібно використовувати стиснене повітря замість води, щоб волога не потрапляла на дроти.



Рисунок 1.1 – Фотографія ремонту трактора

Непідготовлені оператори. Оскільки ферми стають все більшими, багато власників ферм наймають сторонню допомогу, яка, можливо, не була навчена керувати технікою. Це призводить до зловживання обладнанням, жахливого обслуговування та дорогих поломок. Час, витрачений на навчання, може подовжити термін служби обладнання.

Обгінні машини. Підштовхування машин до роботи на максимальній продуктивності або на вершині інженерної кривої може призвести до напруження з'єднань і призвести до передчасного виходу обладнання з ладу. Деякі оператори надто довго тиснуть на свої машини і змушують їх робити те, для чого вони не призначені. Оператори повинні в більшості випадків запускати машини лише під запланований максимальний рівень продуктивності. Це допомагає уникнути надмірного навантаження та запобігає передчасному зносу.

Робота без заміни зношених деталей. Коли частина машини ламається деякі оператори замінюють лише цю частину. Вони не будуть перевіряти або замінювати інші частини, які могли спричинити початкову несправність. Тимчасовим виправленням є лише заміна зламаних частин. Це може коштувати більше грошей у разі простою. Механіки тракторів добре знають, що коли оператори не замінюють усе те, що вони рекомендують, то 9 із 10 разів вони повертатимуться з більшими та дорожчими проблемами.

Не читання посібника оператора. Багато операторів ніколи навіть не відкривали (і тим більше) читали посібник з експлуатації свого трактора. Сумно те, що більшість того, що їм потрібно вивчити і знати, є там. Посібники користувача охоплюють все, від контрольних списків технічного обслуговування до інструкцій з калібрування. Більшість питань розглядаються в розділі усунення несправностей, так що оператори можуть виправляти проблеми самостійно, не чекаючи на потенційно дорогого техника.

Неналежне технічне обслуговування. Пропуск щоденного технічного обслуговування призведе до дорогих простоїв і величезних рахунків за ремонт. Оператор повинен щодня змащувати всі точки мастила та перевіряти моторне масло та рідини, такі як трансмісійна рідина, сечовина чи вихлопна рідина дизеля. З новими двигунами рівня 4 оператори, які використовують дешевшу сечовину або дизельну вихлопну рідину, стикаються з багатьма проблемами. Багато проблем пов'язані з вихлопними системами та системами доочистки. Оператори також повинні регулярно замінювати паливні фільтри і перевіряти ланцюги, коробки передач і ремені на знос. Потім вони повинні замінити зношені частини. Перед виїздом на поле слід перевірити щільність і центрування коліс.

Невідповідні зтяжки. Натягувачі, які не збігаються з ременем або ланцюгом по відношенню до головних приводів, можуть натягувати ремінь або ланцюг, спричиняючи їх розрив або надмірний знос. Оператор повинен замінити зношені втулки в стержні натягувача, які можуть штовхати ремінь або ланцюг убік. На комбайнах оператори повинні переконатися, що ремені рухаються рівно, а ланцюги та паси мають належне натягнення, щоб вони не ковзали та не

ламалися. Також потрібно переконатися, що вали обертаються з правильною швидкістю.

Неправильне зберігання. Комбайни та сівалки можуть накопичувати пил та сміття. Це приваблює гризунів. Гризуни гризуть дроти. Сам пил може заважати електричним з'єднанням. Існують випадки, коли миші та щури проникають у техніку. Обладнання не захищене від гризунів. Щойно гризуни з'їдять сміття, вони будуть гризти дроти та пломби. Зрештою витратяться гроші на електропроводку. Потрібно зберігати машину всередині та очищувати усі електричні з'єднання та інші місця накопичення, перш ніж паркувати її всередині. Стиснене повітря краще і безпечніше, ніж вода для очищення.

Питання, пов'язані з погодою. Робота у вологих, брудних і вологих умовах може створювати навантаження на обладнання. Пропускання жорсткого, вологого матеріалу через комбайн може поламати вали або заблокувати машину, що потім створює навантаження на все, від ланцюгів похилої камери до валів і підшипників і шківів. У тракторах грязь, накопичена між здвоєними колесами, може призвести до передчасного зносу боковин шини, коли бруд затвердіє. Хоча важко уникнути цих умов, розуміння проблем, пов'язаних із погодою, може попередити вас про проблеми, на які варто звернути увагу.

Ігнорування попереджувальних сигналів. Попереджувальні вогні існують не просто так. Вони сигналізують про проблеми, які необхідно вирішити. Це включає такі речі, як низький гідравлічний тиск, висока температура двигуна або вал, який не обертається. Надто часто ці сигнали ігноруються, що призводить до дорогої поломки обладнання. Для багатьох операторів і фермерів настали важкі часи, тому вони не так швидко оновлюють своє обладнання. Тому надзвичайно важливо приділяти особливу увагу щоденним перевіркам, регулярному технічному обслуговуванню та передсезонним перевіркам, щоб переконатися, що обладнання витримає весь сезон.

1.1.4. Поширені проблеми з деталями трактора

Сільськогосподарська техніка, особливо трактори, відіграє життєво важливу роль у сучасному сільському господарстві. Однак тривалий час роботи

та складні умови можуть з часом призвести до зносу та пошкодження деталей трактора. Тому важливо бути обізнаним щодо проблем, з якими можна зіткнутися, та способів їх вирішення.

Загальні проблеми, що виникають у частинах трактора, і пропозиції щодо їх вирішення:

Проблеми з шинами

Тракторні шини повинні витримувати різні випробування на сільськогосподарських полях. Поширені проблеми включають спущені шини, нерівномірний знос і недостатній тиск повітря. Регулярні перевірки шин і підтримка належного рівня тиску мають вирішальне значення для запобігання проблемам із шинами.

Проблеми з двигуном

Двигуни тракторів можуть зношуватися через тривале використання, що призводить до зниження продуктивності. Такі проблеми з двигуном, як проблеми з паливом, забиті повітряні фільтри та несправності системи охолодження, можна виявити на ранній стадії за допомогою регулярного технічного обслуговування та перевірок.

Проблеми з електрикою

Проблеми з електрообладнанням часто турбують трактористів. Несправні акумулятори, корозійні дроти або несправні електричні компоненти можуть перешкодити запуску трактора або спричинити втрату продуктивності. Регулярна перевірка та технічне обслуговування електричної системи може запобігти таким проблемам.

Проблеми з гальмами

Гальма трактора мають вирішальне значення для безпеки. Зношені гальмівні колодки, витік гальмівної рідини або втрата тиску в гальмівній системі є типовими проблемами гальм трактора. Регулярна перевірка та заміна зношених деталей є важливою для забезпечення безпеки трактора.

Проблеми з шасі та рульовим керуванням

Пересічена місцевість може створювати значний тиск на шасі трактора та систему рульового керування, що призводить до ослаблення з'єднань, зношення підшипників або погнутих деталей. Регулярні перевірки шасі та системи рульового керування можуть підвищити стійкість трактора та безпеку водіння.

Проблеми з трансмісією

Трансмісія трактора може зношуватися через великі навантаження. Дефіцит трансмісійної рідини, проблеми з ременем або зношені шестерні можуть перешкоджати належній роботі трактора. Регулярне обслуговування допомагає заздалегідь виявити проблеми з трансмісією.

Проблеми з гідравлічною системою

Багато тракторів покладаються на гідравлічні системи для виконання таких завдань, як підйом і опускання обладнання. Витоки в гідравлічних циліндрах, низький рівень масла або бульбашки повітря можуть вказувати на проблеми з гідравлічною системою, що впливає на функціональність і продуктивність трактора. Тому регулярне технічне обслуговування та перевірки є надзвичайно важливими.

Проблеми з охолодженням

Подовжений робочий день і велике навантаження в тракторах часто призводять до проблем із системою охолодження. Перегрів, проблеми з водяним насосом або блокування радіатора є поширеними явищами, які можуть знизити ефективність трактора. Профілактичним заходом є регулярна перевірка системи охолодження.

Проблеми з паливною системою

Паливна система є життєво необхідною для нормальної роботи трактора. Засмічення паливного фільтра, проблеми з інжектором або несправність паливного насоса можуть негативно вплинути на роботу двигуна. Регулярне обслуговування паливної системи забезпечує безперебійну роботу вашого трактора.

Проблеми з рукою екскаватора

Стріли екскаватора в тракторах часто використовуються і можуть зношуватися або ламатися. Робота з надмірним навантаженням, неправильне використання або нерегулярне обслуговування можуть призвести до пошкодження. Тому регулярні перевірки та необхідне обслуговування стріли екскаватора мають вирішальне значення.

Проблеми з електронним блоком керування (ЕБУ)

Сучасні трактори управляються електронними блоками управління різними системами. Однак у цих електронних системах можуть виникнути збої або помилки. Збої датчиків, проблеми з програмним забезпеченням або проблеми з електричним підключенням можуть вплинути на продуктивність трактора. Професійний технік може діагностувати та вирішити проблеми з ЕБУ.

Таким чином, звертаючи увагу на ці поширені проблеми із запасними частинами трактора та втручаючись за допомогою регулярного технічного обслуговування та перевірок, фермеру можна підтримувати свій трактор в оптимальному стані — довговічно, безпечно та ефективно.

1.2. Поширені причини зносу важкого обладнання [9-12]

Важке обладнання є основою багатьох галузей промисловості, виконуючи важливі завдання в будівництві, гірничодобувній промисловості, сільському господарстві тощо. Однак важка техніка піддається суворій експлуатації, часто працює в суворих умовах, що може призвести до зносу. Нижче розглянуті найпоширеніші причини зносу важкого обладнання, допомагаючи операторам і підприємствам краще зрозуміти ці фактори та вживати профілактичних заходів для пом'якшення їх впливу.

Стирання та удар

Стирання та удар є двома основними причинами зносу важкого обладнання. Під час роботи в складних умовах або роботи з абразивними

матеріалами такі компоненти, як ковші, леза та зуби, можуть швидко зношуватися. Постійний контакт із шорсткими поверхнями, камінням або абразивними частинками поступово руйнує захисні шари цих деталей, знижуючи їх ефективність і довговічність. Регулярні перевірки та швидка заміна зношених або пошкоджених компонентів можуть допомогти запобігти подальшому пошкодженню та забезпечити оптимальну роботу обладнання.

Корозія

Важке обладнання, яке працює в середовищах з високою вологістю, впливом солоної води або корозійних речовин, схильне до корозії. Поєднання вологи, кисню та деяких хімічних речовин може призвести до руйнування металевих поверхонь, що призведе до іржі та погіршення структури. Регулярне очищення та правильне зберігання можуть допомогти мінімізувати ризики корозії. Нанесення захисних покриттів, таких як фарба або спеціальна антикорозійна обробка, може забезпечити додатковий рівень захисту від корозійних елементів.

Втома і стрес

Важке обладнання часто стикається з повторюваним стресом і втомою під час роботи. Безперервне використання, великі навантаження та постійні вібрації можуть призвести до руйнування критичних компонентів, таких як рами, осі та гідравлічні циліндри. Ці причини можуть призвести до несподіваних поломок і погіршити безпеку. Регулярні перевірки та дотримання рекомендованих графіків технічного обслуговування мають вирішальне значення для виявлення ознак стресу та втоми.

Занедбане обслуговування

Однією з найпоширеніших причин зносу важкого обладнання є недбале або недостатнє обслуговування. Регулярне технічне обслуговування, включаючи перевірки, заміну рідини, заміну фільтрів і змащування компонентів, є життєво важливими для забезпечення безперебійної роботи обладнання та виявлення

потенційних проблем до їх загострення. Невиконання планових завдань з технічного обслуговування може призвести до того, що незначні проблеми стануть серйозними, що призведе до дорогого ремонту, тривалого простою та погіршення безпеки. Створення комплексної програми технічного обслуговування та забезпечення дотримання оператором протоколів технічного обслуговування може значно зменшити знос важкого обладнання.

Вирішуючи проблеми, які викликають знос, оператори можуть продовжити термін служби обладнання, оптимізувати продуктивність і мінімізувати несподівані поломки. Регулярні перевірки, профілактичне обслуговування та своєчасна заміна компонентів є запорукою довговічності та надійності важкого обладнання. Таким чином, інвестування в технічне обслуговування сьогодні може заощадити значні витрати та головний біль у майбутньому.

1.3. Аналіз причин перекиданням трактора

Сільськогосподарські трактори - важкі, великі, потужні транспортні засоби. Якщо вони використовуються без відповідного обладнання безпеки, як-от конструкції захисту від перекидання (ROPS), ремені безпеки, шоломи, стіни кабін, що захищають від ударів, без правильної оцінки експлуатаційних ризиків (механічні особливості транспортного засобу, нестабільний рельєф, буксирування надмірного вантажу, їзда по похилій і нерівній або слизькій поверхні з низьким коефіцієнтом зчеплення) або коли кут перекидання перевищено, вони можуть перекинутися та повалити пасажир(ів) на землю та розчавити їх [2 - 9].

Вплив інженерних досліджень і технологій на конструкцію сільськогосподарських тракторів в останні роки помітно в основному в розробці та вдосконаленні ROPS, на морфології та захисті граничного об'єму відхилення, а також на обладнанні безпеки, такому як ремені безпеки, шоломи, стійкі до

ударів стінки кабіни та щитки безпеки для коробки відбору потужності, але майже 50% нещасних випадків на фермі смертельні, тоді як значна кількість перекидань (50–60%) призводить до загибелі водіїв або пасажирів.

Згідно 59% смертельних випадків, пов'язаних із тракторами, трапляються в сільському, лісовому господарстві та рибальстві, а решта випадків – у промисловості, сфері послуг і будівництві.

Урядові центри США з контролю та профілактики захворювань визначили різноманітну сільськогосподарську діяльність як таку, що часто пов'язана з перекиданням трактора. До них відносяться використання роторних косарок (32%), транспортування обладнання або сільськогосподарської продукції (21%), перевірка худоби або майна (14%), перевезення колод (11%) і посадка, оранка або косіння сіна (11%).

В вивчили частоту смертельних травм під час нещасних випадків, пов'язаних із виробництвом, і виявили, що 9,6% смертей сталися через перекидання набік і 6,4% через перекидання ззаду або спереду.

Директиви Європейського Співтовариства та Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) постійно прагнуть покращити технічні параметри виробництва та дослідницькі процедури для аналізу здатності транспортних засобів протистояти ударам і розчавлюванню, а також розробити нові правила, які спрямовані на запобігання перекиданню, гарантування міцності кабін. Схвалення стосуються кожної категорії трактора та включають конкретні варіанти як номер. приводних осей, керованих осей і гальмових осей.

Однак, незважаючи на триваючі інженерні дослідження, досі немає вичерпних аналітичних процедур або нових методологій дослідження, які могли б дозволити оцінити й таким чином запобігти травмам або смертю операторів і пасажирів під час перекидання тракторів.

Аналітичні процедури, які зазвичай використовують коронери та судово-медичні патологи для опису морфології та анатомічного розташування травматичних ушкоджень і співвіднесення їх із причинними векторними силами, що діють на тіло людини під час нещасних випадків, виявляються корисними для

сільськогосподарських інженерів, щоб з'ясувати динаміку перекидання трактора та спланувати профілактичні пристрої та оперативні процедури.

Фактори ризику перекидання трактора

Основними причинами, чому трактори перевертаються, є:

Фактори поведінки людини, в яких трактористи:

- ігнорувати або не дотримуватися правильних стандартів поведінки за кермом;

- поворот різко і на швидкості;

- тривалий час працюють поодиноці, за несприятливих умов навколишнього середовища та погоди, в ізольованих сільських районах (82% на фермах і лише 18% на дорогах загального користування, згідно з даними Центрів контролю та профілактики захворювань США), де може бути надзвичайно важко отримати швидкий доступ до екстрених служб та медичної допомоги; така робота також може виконуватися вночі без ефективної системи освітлення;

- можливо, випивали або вживали наркотики, що вплинуло на час реакції;

- може бути літнім і мати серцево-судинні або неврологічні проблеми, які небезпечно впливають на час реакції та здатність відновлюватися після травми;

Фактори, пов'язані з ґрунтовими та погодними умовами:

Під час маневрування трактора на схилі з кутом перекидання, що перевищує α , призведе до бокового, заднього або переднього перекидання (кут перекидання α та градієнт схилу в % математично представлені наступним рівнянням:

$$i = a_t / 2 h \alpha,$$

де i – градієнт у відсотках, a_t – колія трактора, h – висота центру ваги, а α кут між нахилом і горизонтальною лінією землі).

У вологих або льодових умовах:

- ґрунт може стати слизьким під час роботи трактора в умовах, коли існує небезпечний коефіцієнт зчеплення, що призводить до бічних, задніх або передніх перекидів (Коефіцієнт зчеплення між двома поверхнями, наприклад, гумовою шиною та поверхнею ґрунту, виражається наступним рівнянням: $A_f = C_a \times C_f$,

де A_f — сила тертя, яка чинить опір відносному руху між двома поверхнями (шиною та землею), C_a — коефіцієнт тягового зусилля між цими двома поверхнями, а C_f — сила стиснення двох протилежних поверхонь (тобто вага, що тримається на колесі) ;

- узбіччя, уступи та береги водних шляхів можуть бути заболочені та поступитися.

Фактори, що стосуються технічних або функціональних характеристик тракторів: сільськогосподарські трактори мають високий центр ваги та/або вузьку колію; вони можуть бути досить старими та не обладнаними відповідними або оновленими системами безпеки; вони також можуть погано обслуговуватися та мати неправильний тиск у шинах.

Фактори, пов'язані з поведінкою машин і обладнання, які буксируються трактором і з'єднані з валом відбору потужності (ВВП):

- надмірні вантажі, які буксирує трактор;
 - надмірні вантажі можуть буксируватися трактором і приєднуватися до справного ВВП; в обох випадках оператор може не взяти до уваги той факт, що муфта ВВП і велике навантаження призведуть до того, що транспортний засіб буде поводитися по-різному під час, наприклад, поворотів або перетину схилу.

Протягом останніх кількох десятиліть виробники намагалися створити спеціальні системи безпеки, що включають інклінометри або датчики положення, щоб попередити водія про зростаючий ризик перекидання, і підключили такі пристрої до записуючих пристроїв, які функціонують скоріше як бортовий самописець. Тим не менш, технічні вдосконалення все ще повинні бути зроблені в ці прилади, якщо вони хочуть надати дослідникам, інженерам і виробникам вичерпні дані про динаміку перекидання трактора.

Судові медики та інженери сільського господарства повинні тісно співпрацювати не тільки для завершення розслідувань, які вимагають суди, але й для підтримки досліджень динаміки перекидання тракторів і дизайну нових транспортних засобів, профілактичного обладнання та інструкцій з експлуатації: знання фізичних, механічних і патофізіологічних факторів ризику повинні

спільно враховуватися технічними та медичними юридичними експертами під час розслідування наслідків перекидання трактора або дослідження профілактичного обладнання або процедури.

1.4. Підвищення довговічності деталей двигуна трактора

Для фермерів трактор часто є основою їх діяльності, що дозволяє їм ефективно обробляти поля, транспортувати вантажі та виконувати безліч важливих завдань. В основі цієї сільськогосподарської робочої конячки лежить її двигун, що б'ється серце ферми. Подібно до того, як здорове серце має вирішальне значення для добробуту людини, добре обслуговуваний двигун трактора є найважливішим для успіху фермера. Нижче розглянуті причини, чому догляд за деталями двигуна трактора є надзвичайно важливим для фермерів, і як належне обслуговування може забезпечити довговічність і продуктивність цієї незамінної частини техніки за допомогою якісної заміни.

Найпоширеніші проблеми з двигунами тракторів

Двигуни трактора, як і будь-яка механічна система, з часом можуть зіткнутися з низкою типових проблем. Фермери та власники тракторів повинні знати про ці проблеми, щоб своєчасно їх вирішувати та підтримувати надійність своєї техніки. Ось деякі типові проблеми з двигунами тракторів:

Проблеми з паливною системою: трактори часто страждають від проблем, пов'язаних із паливом, наприклад, забиті паливні фільтри, забруднене паливо або проблеми з паливними форсунками. Ці проблеми можуть призвести до погіршення роботи двигуна, зниження потужності та збільшення витрати палива.

Перегрів: перегрів може статися через витік охолоджуючої рідини, несправність термостатів або забиті радіатори. Вкрай важливо стежити за температурою двигуна та негайно вирішувати проблему перегріву, щоб запобігти пошкодженню двигуна.

Витік масла: витік масла з двигуна або його компонентів може призвести до зниження мастила, що може призвести до зносу двигуна і навіть до катастрофічної несправності, якщо не звернути увагу.

Проблеми з **вихлопною системою:** проблеми з вихлопною системою, включаючи витік вихлопу, пошкоджені глушники або забиті каталітичні нейтралізатори, можуть вплинути на ефективність двигуна та викиди.

Проблеми із **забором повітря:** засмічені або брудні повітряні фільтри можуть обмежити потік повітря в двигун, зменшуючи ефективність згоряння та вихідну потужність.

Збої в електричній системі: проблеми з електрикою, такі як розряджена батарея, несправний генератор або несправна система запалювання, можуть призвести до проблем із запуском і поганої роботи двигуна.

Проблеми з **компресією:** Низька компресія в циліндрах двигуна може бути результатом зношених поршневих кілець або пошкоджених клапанів, що спричиняє зниження потужності та збільшення споживання палива.

Несправності системи охолодження: несправність водяного насоса, радіатора або вентилятора охолодження може призвести до перегріву двигуна, що призведе до потенційного пошкодження.

Несправності прокладок і ущільнень: протікання прокладок і ущільнень може призвести до витоків масла або охолоджуючої рідини, ремонт яких може бути дорогим і погіршити роботу двигуна.

Відкладення вуглецю: з часом відкладення вуглецю можуть накопичуватися в камері згоряння, клапанах і поршнях, знижуючи ефективність і потужність двигуна.

Відсутність регулярного технічного обслуговування: нехтування плановими завданнями з технічного обслуговування, такими як заміна масла, заміна фільтрів і планові перевірки, може з часом призвести до різних проблем з двигуном.

Надмірний знос: безперервне використання без належного обслуговування може призвести до загального зносу компонентів двигуна, що впливає на загальну продуктивність і довговічність.

Щоб пом'якшити ці поширені проблеми та забезпечити довговічність і надійність двигунів тракторів, фермери повинні дотримуватися графіка регулярного технічного обслуговування, негайно реагувати на будь-які попереджувальні знаки або незвичні звуки та консультуватися з досвідченими техніками щодо ремонту та обслуговування, коли це необхідно. Регулярне технічне обслуговування не тільки економить час і гроші, але й допомагає гарантувати, що трактор залишається надійною робочою конячкою на фермі, тому переконайтеся, що ви використовуєте якісні запасні частини двигуна трактора.

Інтерпретація диму двигуна: що означають різні кольори

Двигун, що димить, може свідчити про різні основні проблеми, а колір диму може надати цінні підказки про природу проблеми. Дим різного кольору може означати різні проблеми з двигуном. Ось що зазвичай вказує кожен колір диму:

Синій дим

Синій дим часто є ознакою горіння масла. Це означає, що моторне масло потрапляє в камери згоряння і згорає разом з паливом. Це може бути викликано зношеними поршневими кільцями, пошкодженими ущільненнями клапанів або несправністю системи PCV (позитивна вентиляція картера). Спалювання масла може призвести до зниження продуктивності двигуна, збільшення викидів і потенційного пошкодження каталітичного нейтралізатора (якщо він встановлений).

Білий або сірий дим

Білий або сірий дим зазвичай означає, що охолоджуюча рідина або вода потрапляє в камери згоряння та випаровується. Причиною цього може бути здута прокладка головки циліндра, тріщина головки блоку циліндрів або пошкодження

стілки циліндра. Це серйозна проблема, оскільки вона може призвести до перегріву двигуна та значних пошкоджень, якщо її не вирішити негайно.

Чорний дим

Чорний дим є ознакою надто насиченої паливно-повітряної суміші, що означає, що палива забагато порівняно з кількістю повітря в процесі згоряння. Поширеними причинами є засмічення повітряного фільтра, несправна паливна форсунка, несправний датчик кисню або неправильний час. Чорний дим може зменшити ефективність палива, збільшити викиди та призвести до накопичення вуглецю в двигуні.

Надмірний білий дим під час запуску

Якщо помічається білий дим переважно під час запуску та він зникає, коли двигун прогріється, це не обов'язково вказує на проблему. Це може бути звичайний конденсат у вихлопній системі, який випаровується під час нагрівання двигуна. Однак, якщо білий дим не зникає, це все ще може означати, що охолоджуюча рідина потрапляє в камеру згоряння.

Надмірний чорний дим під час прискорення

Раптовий спалах чорного диму під час сильного прискорення може бути нормальним для деяких дизельних двигунів з турбонаддувом. Однак, якщо це відбувається постійно або в умовах невеликого навантаження, це може свідчити про проблему з паливною системою або турбокомпресором.

Важливо негайно усунути будь-який аномальний дим із вашого двигуна. Ігнорування цих ознак може призвести до серйознішого пошкодження двигуна та збільшення витрат на ремонт. Якщо ви помітили незвичайний дим із двигуна, радимо звернутися до кваліфікованого механіка чи техника, який зможе точно діагностувати проблему та виконати необхідні ремонтні роботи, щоб забезпечити безперебійну роботу двигуна.

Перевірка стиснення

Випробування на стиснення – це діагностична процедура, яка використовується для оцінки працездатності та продуктивності двигуна внутрішнього згоряння, наприклад двигунів, які є в автомобілях, вантажівках, мотоциклах та інших механізмах. Він вимірює тиск стиснення в циліндрах двигуна, що є ключовим показником стану двигуна. Випробування компресії зазвичай використовується в діагностиці двигуна для виявлення таких проблем, як зношені поршневі кільця, пошкоджені клапани або проблеми з прокладкою головки двигуна.

Таким чином, належне технічне обслуговування має вирішальне значення для довговічності двигунів тракторів, а своєчасне вирішення типових проблем має важливе значення. Різні кольори диму можуть свідчити про різні проблеми з двигуном. Випробування на компресію та перевірку на герметичність є цінними інструментами для діагностики проблем двигуна, при цьому перевірка на компресію забезпечує загальну оцінку, а перевірка на герметичність дає більш детальну інформацію про стан циліндрів. Вибір між двома тестами залежить від конкретних діагностичних потреб і цілей.

1.5. Найпоширеніші причини руйнування колінчастого валу

Підготовка до подовженого терміну служби колінчастого валу починається з встановлення:

- правильно усуньте будь-які наявні пошкодження на центральній лінії головного підшипника та на шатунах;
- вставте вкладиші підшипників картера і кришку підшипника. Завжди пам'ятайте про цілісність і чистоту масляних отворів, а також про діаметри корінних підшипників і шатунних шийок;
- ретельно очистіть масляні канали в картері за допомогою стисненого повітря;

- ретельно змастіть поверхні ковзання вкладишів підшипників дозволеним маслом;

- встановіть кришки корінних підшипників. Завжди звертайте увагу на нумерацію кришок корінних підшипників. Злегка змастіть гвинти корінних підшипників і затягніть їх із встановленим моментом затягування;

- перевірте, чи колінчастий вал вільно обертається. Перевірте осьовий люфт колінчастого валу і при необхідності відрегулюйте.

Набагато частіше причиною поломки колінчастого валу є (рис. 1.2):

- механічне перевантаження колінчастого валу через ненормальне згоряння, гідроудари тощо;

- раптове заклинювання двигуна через несправність коробки передач, ослаблених противаг тощо;

- надмірні обертові коливання, наприклад, несправні гасники вібрації, несправні маховики або муфти;

- ослаблення матеріалу через попередні пошкодження підшипників або відпалені шийки підшипників тощо;

- ненадійна модифікація підшипника колінчастого валу;

- механічне пошкодження валу перед установкою.

- розм'якшення шийок підшипника внаслідок попереднього пошкодження підшипника або неправильної модифікації, наприклад надмірне повторне шліфування;

- використання неправильних вкладишів підшипників, наприклад, звичайних трикомпонентних підшипників, замість напилених підшипників, неправильні або відсутні отвори для масла;

- не було дотримано встановлений зазор підшипників;

- дефіцит мастила під час введення в експлуатацію, оскільки масляна система не була заповнена маслом і попередньо не стиснута;

- після пошкодження підшипника в системі мастила двигуна залишилась стружка;

- масляний радіатор, моторне масло та масляний фільтр не замінювалися;
- діаметри отворів підшипників колінчастого вала в картері не перевірялися та не ремонтувалися через попередні пошкодження;
- корінний підшипник/кришка шатунного підшипника були переплутані або встановлені перекручено.
-

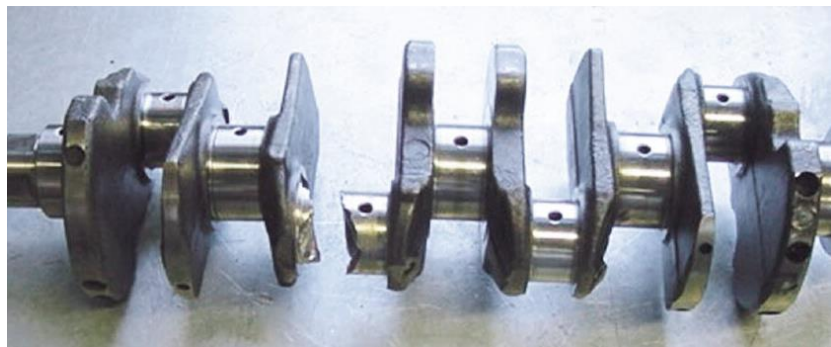


Рисунок 1.2 – Пломка колінчастого вала в результаті втомлювальної міцності [4]

Колінчастий вал, як основна деталь ДВС двигунів, піддається змінному навантаженню, викликаному динамічними силами процесу горіння та його обертання. В результаті навантажуються його поверхневі шари послідовно в розтягуванні і стисканні, що викликає втому матеріалу. Руйнування колінчастих валів - це серйозна проблема в роботі системи внутрішнього згорання двигунів, яка створює серйозні витрати на технічне обслуговування автопарку.

Колінчасті вали виготовлені зі сталей і високоміцних чавунів (чавуни з кульковим графітом) і піддаються до термічної та хіміко-термічної обробки, щоб збільшити втомлювальну міцність і довговічність. Щоправда, в автосервісі промисловості, виявлені численні випадки їх руйнування, що є обов'язковою умовою проведення аварійного ремонту двигуна.

Встановлення причин їх руйнування, а також механізм і кінетика процесу, є предметом багатьох досліджень.

Дослідження проводилося на зламаних колінчастих валах від бензинових і дизельних двигунів, а також поверхні зламу, твердість і місцеві деформації головних цапф і були досліджені шийки шатунів.

Вивчаючи руйнування сталевих колінчастих валів, встановлюються загальні закономірності в механізмі і кінетика руйнування. Первинна тріщина утворюється на поверхні шатунного пальця в секції, призначеній для виходу шліфувального диска при його виготовленні. Це може пояснюється тим, що тут є найменший діаметр при різкій зміні проектного розміру – перехід від основної шийки до шийки кривошипного пальця.

Це викликає концентрацію напружень. При виробництві колінчастих валів у цій площі, на поверхні знаходяться залишкові напруги стиску, які отримані індукційним загартуванням, поверхневим пластичним деформуванням, азотуванням, карбонітрацією та ін. технологічними прийомами. Механізм руйнування можна пояснити поступовим накопиченням розтягуючих напружень до повної релаксації стискаючих напружень, їх поступове накопичення в поверхневих шарах, створення дислокацій і мікродефектів і досягнення межі руйнування матеріалу, з якого виготовлений колінчастий вал. Зародження тріщини відбувається на місці з найбільшою концентрацією напружень і долиною від нерівності від механічної обробки. Тріщина повільно зростає вздовж поперечного перерізу в напрямку перпендикулярно до напрямку розтягуючого навантаження в відповідний напівцикл.

Просування фронту руйнування відбувається повільно, але рівномірно – з кожним циклом навантаження. На переломі, в видно хвилеподібні лінії руху тріщини, які мають радіальний характер відносно вихідної мікротріщини і мають вигляд наближених концентричних дуг.

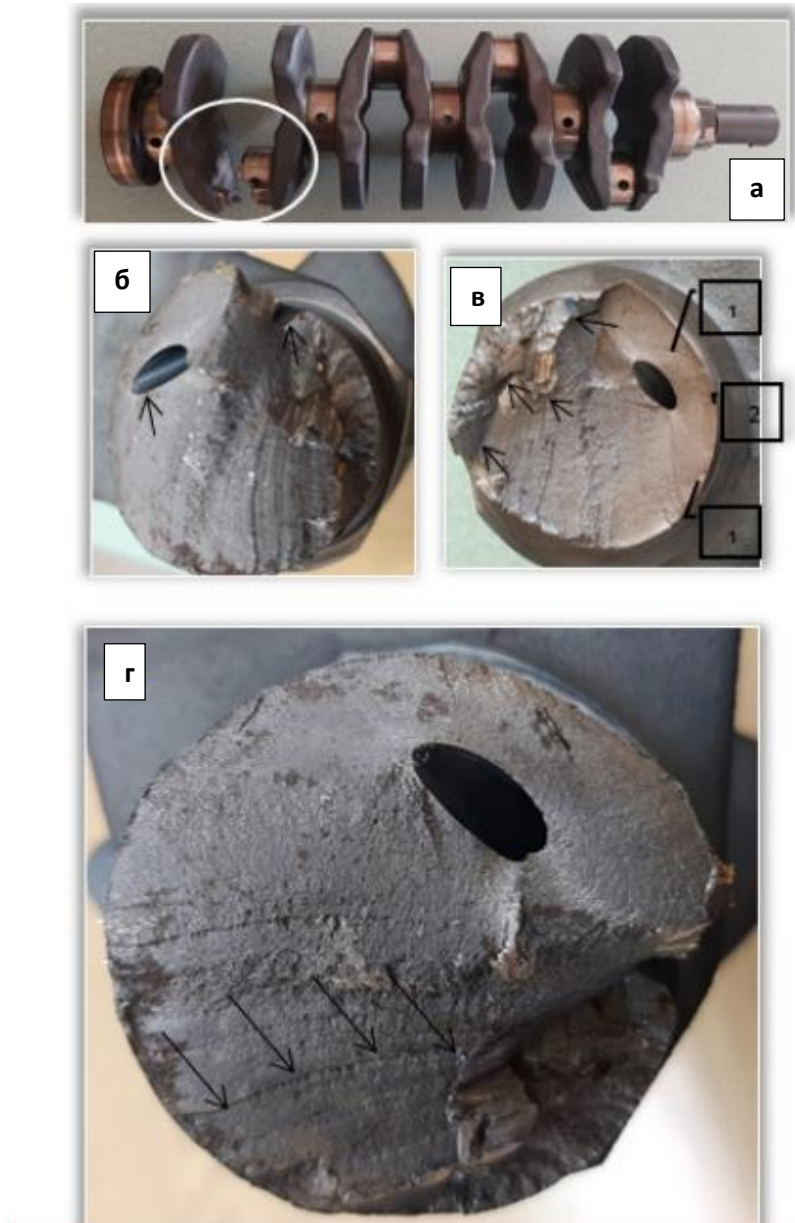


Рисунок 1.3 – Колінчастий вал від автомобіля з пробігом близько 300 000 км:

а) загальний зовнішній вигляд і місце руйнування; б) поверхня руйнування з отвором для мастила; в) руйнування поверхні – 1) знаки течі, 2) походження тріщин, →) тріщини від перевантаження; г) хвильні знаки

Вторинні тріщини розташовані перпендикулярно до тріщини фронт поширення можна спостерігати в зламі **в** оглянув колінчастий вал. Їх виникнення і розвиток може пояснюється особливим навантаженням на вал – вигином і скручуванням. У той час як згинальні напруги сприяють розвитку первинної тріщини, напруги кручення сприяють розвитку вторинних тріщин.

Вторинні тріщини можуть бути «відкритого» і «закритого» типу. Відкриті тріщини починаються з поверхні і розвиваються в глибину, а закриті тріщини починаються і розвиваються повністю в оточенні матеріалу – рисунок 2в. Довжина відкритих тріщин досягає кінця втомної тріщини фронт поширення та початок крихкого руйнування.

Закриті тріщини представляють особливий інтерес (рисунки 2 і 3). Їх появу можна пов'язати зі структурною неоднорідністю матеріалу – наявність неметалевих включення, різні фази або висококутові зерна на межі. Неметалічні включення в сталі і графіт в чавуні є концентраторами напружень.

1.6. Висновки по розділу:

1. Проблема забезпечення довговічності тракторів є надзвичайно актуальною, оскільки старіння машинно-тракторного парку випереджає темпи необхідного технічного переозброєння.

2. Оригінальні (відповідальні) запчастини для тракторів створені для підвищення їх довговічності, забезпечуючи чудову довговічність порівняно зі звичайними або вторинними альтернативами. Вони виготовлені з високоякісних матеріалів, розроблених, щоб витримувати складні умови сільськогосподарського середовища. Ці деталі піддаються суворим заходам контролю якості під час виробництва, гарантуючи, що вони відповідають найвищим галузевим стандартам.

3. Аналіз літературних досліджень показав, що найбільш поширеними проблемами з деталями трактора є: проблеми з шинами, з двигуном, з електрикою, з гальмами, з шасі та рульовим керуванням, з трансмісією, з гідравлічною системою, з охолодженням, з паливною системою, з стрілою екскаватора, з електронним блоком керування, а поширеними причинами зносу є: стирання та удар, корозія, втома і стрес, занедбане обслуговування.

4. Найпоширеніші проблеми з двигунами тракторів це: проблеми з паливною системою, перегрів, витік масла з двигуна або його компонентів, проблеми з вихлопною системою, проблеми із забором повітря, проблеми з електрикою, проблеми з компресією, несправності системи охолодження, протікання прокладок і ущільнень, відкладення вуглецю, відсутність регулярного технічного обслуговування, надмірний знос.

5. Найпоширеніші причини руйнування колінчастого валу це: зниження з часом втомленої міцності, механічне перевантаження, раптове заклинювання двигуна, надмірні обертові коливання, механічне пошкодження перед установкою, використання неправильних вкладишів, не було дотримано встановлений зазор підшипників, дефіцит мастила, стружка в системі мастила двигуна.

1.7. Мета та задачі дослідження

Метою роботи є підвищення довговічності колінчастих валів тракторів, шляхом покращення їх втомлювальної міцності комбінованими методами. Для досягнення поставленої мети в роботі потрібно вирішити декілька завдань:

- проаналізувати умови роботи колінчастих валів тракторів і на підставі досвіду попередніх досліджень спеціалістів в Україні і інших держав запропонувати нову удосконалену технологію підвищення їх довговічності;
- провести порівняльні іспити існуючих технологій з запропонованою.

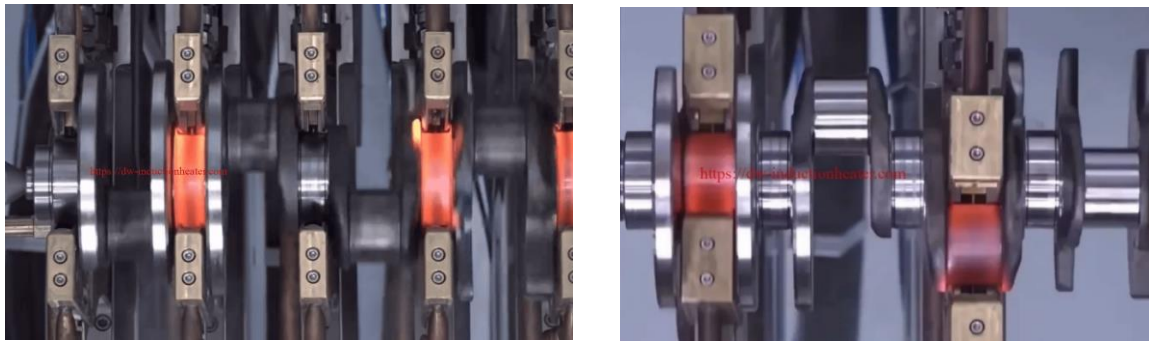
РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ ТРАКТОРІВ

2.1. Технологічні методи підвищення довговічності колінчастих валів

Індукційне загартування

Колінчасті вали є серцем двигунів внутрішнього згорання. Оскільки двигуни піддаються екстремальним навантаженням, забезпечення довговічності колінчастого валу є життєво важливим для довговічності двигуна. Індукційне загартування колінчастого валу (рис. 1.4) — це процес термічної обробки, який забезпечує його довговічність і міцність, що робить його популярним вибором серед виробників двигунів.



а

б

Рисунок 1.4 - Індукційне загартування корінних (а) і шатунних (б) шийок колінчастого валу

Процес передбачає нагрівання колінчастого валу до високої температури, а потім його загартування контрольованим способом. В результаті колінчастий вал має твердий зовнішній шар, що покращує зносостійкість і знижує ризик пошкодження двигуна.

Процес виконується за допомогою спеціальної системи індукційного нагріву, яка подає тепло на колінчастий вал контрольованим і точним способом. Завдяки підвищеній довговічності та перевагам продуктивності, які приносять

індукційне загартування колінчастого валу, не дивно, що він стає популярним вибором як для виробників двигунів, так і для конструкторів високопродуктивних двигунів.

Переваги: індукційного загартування:

1. Підвищена довговічність і зносостійкість: індукційне загартування створює загартовану оболонку на поверхневому шарі колінчастого валу. Загартована оболонка може протистояти зносу та подряпинам, забезпечуючи тривалу довговічність.

2. Покращена міцність на втому: загартований шар робить колінчастий вал більш стійким до втоми, що може допомогти запобігти поломкам двигуна.

3. Краща продуктивність: індукційне загартування покращує якість поверхні колінчастого валу, зменшуючи тертя та підвищує продуктивність двигуна.

4. Рентабельність: індукційне загартування є економічно ефективним процесом термічної обробки порівняно з іншими методами, що економить гроші виробників, виробляючи високоякісні колінчасті вали.

Підвищуючи довговічність, зносостійкість, ефективність і економічність, цей процес може значно підвищити продуктивність і довговічність двигуна.

Крім того, процес індукційного загартування є екологічно чистим і економічно ефективним.

До недоліків слід віднести дороге і складне оснащення, яке використовують переважно в серійному виробництві.

Ковані колінчасті вали

Ковані колінчасті вали віддають перевагу перед литими альтернативами через їхню підвищену міцність, надійність і здатність витримувати більші навантаження, що значно покращує продуктивність двигуна. Процес кування включає термічну обробку та дробеструйну обробку, які ще більше підвищують довговічність, втомну міцність і стійкість до зносу кованих колінчастих валів, сприяючи їх здатності витримувати умови високого навантаження.

Хоча ковани колінчасті вали можуть мати вищу початкову вартість порівняно з литими колінчастими валами, їх чудова довговічність і продуктивність можуть призвести до зниження загальних витрат через скорочення технічного обслуговування та заміни.

Термічна обробка та мікрополірування

Процес кування не обмежується формуванням колінчастого валу. Він також передбачає термообробку та мікрополірування. Термічна обробка підвищує міцність, довговічність і зносостійкість колінчастого валу, одночасно зменшуючи його пластичність, покращуючи термін служби від втоми.

Після термообробки колінчастий вал піддається мікрошліфуванню. Цей процес покращує поверхню колінчастого валу, усуваючи недоліки та покращуючи обробку поверхні. Мікрополірований кований колінчастий вал забезпечує гладку поверхню, що покращує загальну якість та продуктивність двигуна.

Крім того, він зменшує тертя, усуваючи дефекти поверхні, що призводить до більш гладких поверхонь і кращого потоку масла між колінчастим валом і підшипниками.

Дробеструйне очищення для покращення продуктивності

Іншим важливим етапом у процесі кування є дробеструйна обробка, яка включає вибухову дію сферичного середовища, або «дробу», на металеву поверхню з достатньою силою, щоб викликати пластичну деформацію. Цей процес використовується на кованих колінчастих валах для створення напруги стиснення і підвищення міцності на втому, що робить їх рушійною силою продуктивності двигуна.

Дробеструйне оброблення зміцнює метал, утворюючи дрібні поглиблення, зменшуючи ризик розтріскування та підвищуючи його загальну довговічність, зменшуючи тертя та підвищуючи ударостійкість. Насправді колінчасті вали з дробеструйною обробкою відомі своєю винятковою продуктивністю та довговічною якістю.

Азотування

Науковці, які вивчають поломку різних механічних компонентів, провели серйозний аналіз різних навантажень і дійшли висновку, що найважливішими є ті, які змінюються з часом, тобто втома, а також явища, які виникають під час процесу тертя. Останні в більшості випадків вимірюються величиною зносу та коефіцієнтом тертя. Довговічність таких компонентів визначається поверхневими шарами, які залежно від типу застосованого технологічного процесу можуть мати товщину від 1 мкм до кількох мм. Стан вирішального поверхневого шару має вирішальне значення для стійкості до зношування під час процесу тертя та стійкості до корозії. У випадку механічного навантаження (особливо стійкості до втоми), а також дії корозії (воднева корозія) вирішальну роль відіграє підкладка, її стан і властивості, а також атомарне співвідношення між поверхневим шаром і підкладкою. Саме тому, розглядаючи термін служби вузлів і агрегатів машин, слід враховувати систему: підкладка-поверхневий шар. Атрибутами такої системи є: товщина поверхневого шару - відношення цієї товщини до всього поперечного перерізу, відношення твердості поверхні до твердості серцевини та стан залишкових напружень, зазвичай стискаючих у поверхневому шарі, відносно стану напружень у підкладці, які зазвичай є розтягуючими. Неправильно нанесений поверхневий шар може призвести до утворення структурного дефекту в перехідній зоні шару та може призвести до виникнення тріщин, особливо за механізмом втоми.

Також було зроблено висновок, що втома від вигину, а також властивості зношування сталевих компонентів можуть бути значно покращені, коли на поверхні створюється напруга стиску. Відомо, що колінчасті вали отримують максимальний рівень напруги на радіусі цапфи; тому загартовування цієї ділянки має особливе значення.

З цих причин азотування було відзначено як ідеальна технологія зміцнення поверхні для підвищення продуктивності та довговічності багатьох типів колінчастих валів, що використовуються в промисловості гоночних автомобілів, тракторів, у військовій та авіаційній промисловості для двигунів легких літаків.

Ця думка ґрунтується на тому факті, що процес азотування здійснюється при низьких температурах 480-550° С, що значно нижче температури відпуску сталі.

Слід розуміти, наскільки важливим для довговічності цих колінчастих валів є правильний склад сталі, а також її попередня термічна обробка азотуванням.

На жаль, газове азотування, яке використовувалося в давні часи і проводилося в газоподібному аміаку, не було хорошого методу контролю фізико-хімічних параметрів поверхневих реакцій. Контроль процесу здійснювався за швидкістю дисоціації аміаку. У результаті газове азотування зазвичай створювало шар із надмірною товщиною зони з'єднання (також званий білим шаром), який містив нітриди. Цю зону, через її крихку та пористу структуру, необхідно було зменшити/видалити шляхом шліфування, що значно збільшило вартість виробництва.

Іонне азотування

Розвиток іонно-плазмового азотування в 60-х і 70-х роках відкрив можливість для отримання шарів з обмеженою товщиною зони компаунду. Це стало можливим, оскільки іонне азотування за своєю природою є процесом з «низьким потенціалом азотування» і дозволяє створити шар із тонкою зоною з'єднання або взагалі уникнути його утворення без будь-якого надмірного контролю фізико-хімічних параметрів. Висока конкуренція з боку іонно-плазмового азотування призвела до інтенсивних досліджень у галузі газового азотування, і цей процес був модифікований і перероблений, що дозволяє дуже точно прогнозувати результат і створювати шари з дуже тонкою зоною з'єднання або без неї.

Шари з товщиною складової зони 0,005-0,010 мм тепер можуть бути створені дуже послідовно за допомогою обох методів добре контрольованого газового та іонного азотування, див. рисунки 1.5 і 1.6.

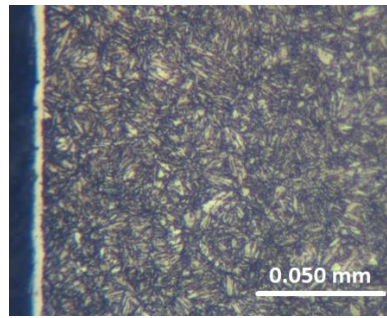


Рисунок 1.5 - Мікрофотографія зразка сталі 45, азотованого іонами. Температура азотування 520° С. Травлення 3% ніталом. Білий шар зліва - нітрид γ' -Fe₄N

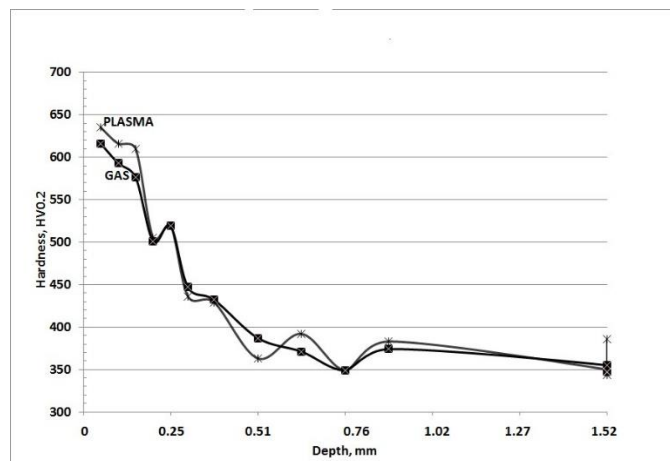


Рисунок 1.5 - Поточкові профілі твердості зразків сталі 45, азотованих плазмою та газом протягом однакового періоду часу при 520° С

Метод іонного азотування вважається багатьма найкращим способом поверхневого зміцнення, який використовується для всіх типів колінчастих валів. Метод дозволяє створювати азотовані шари з нітридом γ' -Fe₄N і має легкість у механічному маскуванні окремих ділянок колінчастих валів, таких як масляні отвори, шпонкові канавки та різьби. Процес здійснюється в камері тліючого розряду вакуумного типу, де деталі мають катодну поляризацію, а посудина анодна. Використовується екологічно чиста атмосфера суміші азоту з воднем. Температуру колінчастих валів вимірюють за допомогою термопари, вставленої в камеру іонного азотування, див. рис. 1.7.

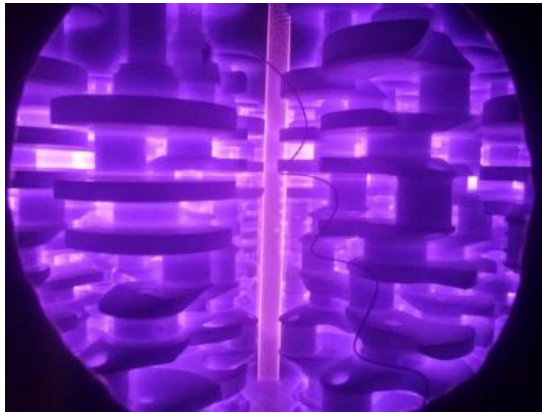


Рисунок 1.7 - Іонне азотування для високопродуктивних колінчастих валів

Недоліками методу іонного азотування є: необхідність захищати ділянки колінчастих валів, які неможна азотувати (різьби, отвори тощо), розміри камери не дозволяють обробляти колінчасті вали великого розміру і декількох одночасно, висока вартість.

2.2. Комбінована технологія наноструктурування методом електроіскрового легування з наступним поверхневим пластичним деформуванням

2.2.1. Наноструктурування методом електроіскрового легування (ЕІЛ)

З метою підвищення довговічності деталей широко використовують технології в яких обробка поверхневих шарів відбувається концентрованими потоками енергії та речовини. До таких методів відносять ЕІЛ [13-15]. Метод ЕІЛ має специфічні особливості, які цікавлять вчених [16-18]: міцне зчеплення покриття з основою, відсутність деформацій деталі, можливість легувати окремі ділянки не захищаючи решту поверхні тощо.

Альтернативою ЕІЛ звичайними електродами є наноструктурування поверхонь деталей. Створені наноструктуровані поверхні мають унікальні властивості, коли на робочих поверхнях металевих деталей поліпшуються фізичні і механічні властивості.

В запропонований новий спосіб наноструктурування методом ЕІЛ, коли на поверхні деталі формується поверхневий шар з рівномірно розподіленими вуглецевими нанотрубками.

Процес наноструктурування методом ЕІЛ здійснюють у три етапи: спочатку металеву поверхню піддають ЕІЛ металевим електродом-інструментом (ЕІ), потім на леговану поверхню наносять попередньо приготоване спеціальне технологічне середовище (СТС), після чого сформоване покриття обробляють тим же ЕІ при таких самих режимах. Як СТС вживають полімер з рівномірно розподіленими дозованими вуглецевими нанотрубками. При цьому деталі можуть бути виготовлені як зі сталі так і з чавуну.

2.2.2. Поверхнєве пластичне деформування [19-21]

Роликове та кулькове обкочування (також відомі як процеси *поверхневої пластичної деформації*) є методами для покращення обробки поверхні металу, твердості поверхні та точності розмірів. Це процеси холодної обробки, які не передбачають видалення матеріалу, і які до певної міри забезпечують робоче зміцнення поверхні деталі. Роликове обкочування застосовується для циліндричних заготовок як на зовнішніх, так і на внутрішніх поверхнях за допомогою інструментів, схожих на роликотідшипники. Основним застосуванням є автомобільні колінчасті вали, внутрішні та зовнішні обойми підшипників, осі візків тощо. У цих випадках роликове полірування виконується на тих самих токарних верстатах, де оброблялися заготовки, як показано в.

Поверхнева пластична деформація (ППД) призводить до того, що вершини шорсткості стікають до долин, створюючи нову топографію. Вигляд кінцевої поверхні стає поєднанням попередньо обробленої поверхні та ефекту полірування. Модель описана в, де розглянуто вплив нормальної сили, механічних властивостей матеріалу та геометричної форми нерівностей на кінцеву шорсткість. Тому головна мета полірування кульок зосереджена на зменшенні шорсткості.

Ще однією метою цього процесу є досягнення залишкових напружень стиску на поверхні заготовки та під нею. Товщина ураженого шару коливається від 2 до 10 мкм.

2.3. Методика проведення досліджень

Для порівняльних досліджень впливу ППД на втомлювальну міцність підшипникових шийок колінчастих валів використовувалася натурні зразки з робочим \varnothing 50 мм з низьколегованої сталі 40Х у покращеному стані з твердістю основи 310 – 320 HV (рис. 1.8). Лиски для затяжки в захватах машини марки «УП-50», на якій проводять іспити на втомлювальну міцність, фрезерували і зміцнювали в зонах закріплення пучковим зміцнювачем.



Рисунок 1.8 - Зразки для порівняльних випробувань на втомлювальну міцність

Обкатка кулькою (ОК) проводилася на токарному верстаті пружинно-штоковим пристосуванням із кулькою \varnothing 10 мм. Максимальне питоме зусилля обкатки кулькою складало 1550 Н.

Іспити вважали закінченими, коли з'являлась втомлювальна тріщина, появу якої відстежували по зміні характеру роботи машини - збільшенні амплітуди коливань при заданій частоті або після роботи без руйнування прийнятої бази іспитів. Межа вимогливості визначалась з точністю до 10 МПа для наступних серій зразків: перша – без зміцнення; друга – ЕІЛ Мо; третя – ЕІЛ Мо + ОК; четверта – ЕІЛ Мо + СТС+ЕІЛ Мо + ОК.

Як матеріал анода для зміцнення підшипникових шийок використовували ЕІ з молібдену (Мо) у вигляді дроту $\varnothing 3$ мм і довжиною 30 мм.

Зразки з сталі 40Х обробляли у три етапи:

1-й етап - ЕІЛ поверхні молібденовим ЕІ при енергії розряду, $W_p = 0,52$ Дж;

2-й етап – нанесення на покриття пасти, що містить наночастинки;

3-й етап – повторне ЕІЛ молібденовим ЕІ при $W_p = 0,52$ Дж.

Обробку зразків проводили на установці ЕІЛ моделі "Елітрон-22А".

2.4. Результати проведення порівняльних іспитів

При випробуванні натурних валів встановлено, що в результаті ЕІЛ шийки підшипника молібденовим ЕІ втомна міцність знизилася в порівнянні зі зразками без покриття в 1,5 рази (з 395 до 255 МПа) (рис. 1.9).

Обкатка кулькою $\varnothing 10$ мм покриття молібденовим ЕІ підвищує втомну міцність натурних зразків з 395 до 432 МПа, тобто на 9 % вище базового варіанту (зразків без покриття). Оскільки місце руйнування зміцнених ППД зразків переміщалося за межі покриття, то збільшення межі витривалості ще більше.

Використання комбінованої технології ЕІЛ Мо + СТС + ЕІЛ Мо + ОК підвищує втомну міцність натурних зразків з 395 до 460 МПа, тобто на 16 % вище базового варіанту.

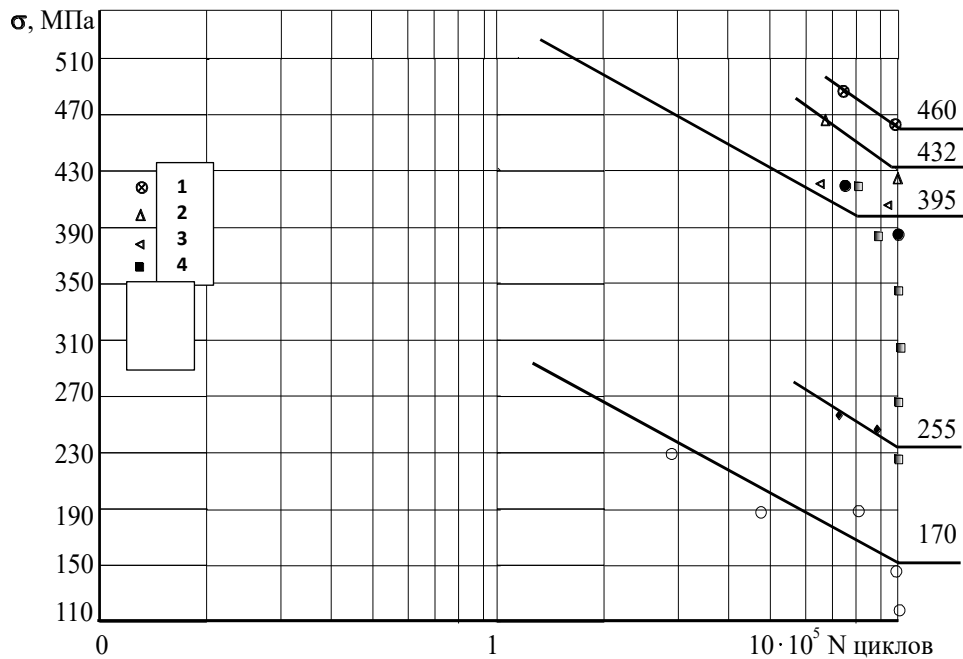


Рисунок 1.9 - Втомлювальна міцність натурних зразків сталі 40Х після:

- 1 - ЕІЛ Мо + СТС+ЕІЛ Мо + ОК;
- 2 - ЕІЛ Мо + ОК;
- 3 - ЕІЛ Мо;
- 4 – без покриття

Збільшення межі витривалості натурних валів за рахунок застосування комбінованого покриття, коли першим шаром методом ЕІЛ наносять молібден, потім СТС у вигляді полімеру з рівномірно розподіленими дозованими вуглецевими нанотрубками, потім також молібден з подальшою обкаткою кулькою Ø 10 мм пояснюється збільшенням у них залишкових напружень стискання.

2.5. Висновки по розділу:

1. Розроблена і запропонована для використання нова комбінована технологія наноструктурування шийок колінчастих валів методом електроіскрового легування з наступним поверхневим пластичним деформуванням.

2. Розроблена методика проведення порівняльних іспитів оцінки впливу поверхневого пластичного деформування на втомлювальну міцність підшипникових шийок колінчастих валів. При випробуваннях використовували натурні зразки з робочим \varnothing 50 мм з низьколегованої сталі 40Х, шийки яких зміцнювали різними методами.

3. При випробуванні натурних валів встановлено, що в результаті нанесення на шийки методом ЕІЛ покриття з молібдену втомна міцність знизилася в порівнянні зі зразками без покриття в 1,5 рази. Наступна обкатка кулькою підвищує втомну міцність на 9 % вище непокритих зразків, а молібденового покриття з рівномірно розподіленими дозованими вуглецевими нанотрубками на 16 % вище базового варіанту.

РОЗДІЛ 3

ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗАХОДИ БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТІ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ЗАВОДІ

3.1. Загальні положення

Реалізація всеосяжного плану безпеки на автомобільному заводі має вирішальне значення для покращення середовища виробництва та безпеки. За даними Бюро статистики праці, працівники автомобільної промисловості отримують вдвічі більше травм, ніж працівники інших галузей.

Працівникам потрібна міцна основа найкращих методів безпеки для виробництва автомобільних деталей, а роботодавці повинні вживати належних заходів безпеки. Кожен працівник повинен дотримуватися цих запобіжних заходів. Підйом важких частин, використання складних інструментів, поводження з небезпечними хімікатами, робота зі зварювальним інструментом і рухомі частини з гострими краями – це лише деякі ризики, з якими вони стикаються щодня.

Роботодавці можуть мінімізувати ці ризики за допомогою періодичних перевірок, щоб переконатися, що всі машини працюють належним чином і що працівники ними правильно керують. Вони повинні забезпечити адекватні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) і пройти ретельне навчання.

3.2. Поради до небезпеки

Автомобільна промисловість є частиною більш важливої екосистеми охорони здоров'я та безпеки:

- Працівники повинні дотримуватися різноманітних правил і норм для автомобіля;
- Вивчення процедур безпеки може зайняти деякий час; однак вартість незабезпечення належного навчання є вищою;
- ЗІЗ та інші протоколи безпеки необхідні для захисту людей від небезпек на робочому місці;
- Одягайте засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, фартух, рукавички, засоби захисту органів слуху, органи дихання) під час роботи з корозійними хімічними речовинами, нафтовими розчинниками, водою під високим тиском, очищення паром та стисненим повітрям;
- Тримайте стиснене повітря та воду під високим тиском подалі від тіла;
- Використовуючи хімікати та розчинники, працюйте в добре провітрюваному приміщенні;
- Дотримуйтеся рекомендованих процедур першої допомоги, якщо ви контактуєте з корозійними хімікатами.

3.3. Небезпека при роботі з двигунами

Робота з двигунами транспортних засобів може становити низку потенційних небезпек, включаючи контакт з рухомими частинами, ураження електричним струмом, опіки та отруєння чадним газом. Нижче запропоновані поради щодо безпеки під час роботи з двигунами:

- Перед початком роботи зніміть каблучки, металеві годинники, браслети та будь-який вільний одяг.
- Зав'яжіть назад довге волосся.
- Тримайте руки подалі від усіх рухомих частин.
- Будьте дуже обережні з вентиляторами двигуна, оскільки вони можуть вдарити вас, підкинути предмети, несподівано запуснитися або зачепити звисаючі дроти чи мотузки.

- Уникайте торкання гарячих частин двигуна.
- Не запускайте двигуни в закритих або закритих приміщеннях.

Завжди остерігайтеся отруєння СО.

- Уникайте ураження електричним струмом від батареї або системи запалювання.

- Дайте двигуну охолонути принаймні одну годину, перш ніж відкривати кришку радіатора. Навіть тоді будьте вкрай обережні. Покладіть ганчірку на ковпачок і повільно ослабте його до першого упору або зупинки, щоб дозволити випустити залишковий тиск і пару. Зачекайте, доки не вийде весь тиск, перш ніж повністю знімати кришку.

3.4. Інші заходи безпеки

Бюро статистики праці веде облік статистичних даних, які впливають на здоров'я та безпеку працівників. Частинки пилу можна вдихнути або потрапити в очі, якщо працівник не розуміє, як користуватися засобами безпеки. Іншим прикладом є випадки травмування працівників, коли різні інструменти зсуваються та падають під час виконання робіт у небезпечній зоні.

Загальне прибирання може зменшити ризики, спричинені звичайними небезпеками та необережною поведінкою на робочому місці. Це включає наявність процедур безпечного зберігання та поводження з легкозаймистими газами та рідинами. Однак, якщо мова йде про незвичайні забруднення або викиди, може знадобитися отримати професійну думку консультанта з безпеки у відповідній галузі.

Дотримання належних протоколів безпеки під час виробництва транспортних засобів допомагає забезпечити ефективні процеси та якість продукції на виробничій лінії.

РОЗДІЛ 4

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЇ ЗМІЦНЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

4.1. Розрахунок вартості матеріалів для зміцнення шийок колінчастих валів (ШКВ) методом електроіскрового легування (ЕІЛ)

Матеріали та устаткування для ЕІЛ сталених поверхонь (ШКВ) зведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість необхідних матеріалів та устаткування

Устаткування та матеріали	Ціна, тис. грн
Установка «Елітрон – 22»	25.000
Сталь 40Х, 1кг	0,400

4.2. Розрахунок вартості робіт

Вартість без покриття 1 ШКВ

$$C_{\text{баз}} = 160 \text{ грн.}$$

Час праці 1 ШКВ без покриття:

$$T_{\text{баз}} = 2,0 \text{ р.}$$

Вартість витрат для покриття 1 ШКВ складає:

$$C_{\text{мат}} = 15,0 \text{ грн.}$$

Тоді повна вартість буде:

$$C_{\text{нов}} = C_{\text{баз}} + C_{\text{мат}} = 160 + 15 = 175 \text{ грн} \quad (4.1)$$

Враховуючи, що покриття 1 ШКВ буде працювати в 2,5 рази довше, то

$$T_{\text{нов}} = T_{\text{баз}} \times 2 = 2,0 \times 2,5 = 5,0 \text{ років.} \quad (4.2)$$

4.3. Розрахунок економічної ефективності розроблення

$$E = C_{\text{баз}} : T_{\text{баз}} - C_{\text{нов}} : T_{\text{нов}} = 160 : 2,0 - 175 : 5 = 45,0 \text{ грн} \quad (4.3)$$

4.4 Підрахунок окупності капітальних трат

Окупність капітальних вкладень (Фок) можна визнати наступним чином

$$\text{Фок} = C_{\text{об}} : E = 25\,000 : 45,0 = 556 \text{ шт. ШКВ,} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{об}} = 25000$ грн (див. табл. 4.1)

Згідно того, що два працівники за добу відновлюють приблизно 50 ШКВ, то добова ($T_{\text{доб}}$) окупність буде:

$$T_{\text{доб}} = \text{Фок} : 50 = 556 : 50 \sim 11 \text{ діб.}$$

Таким чином, економічна ефективність розробки складає 45,0 грн на відновлення 1 шийки колінчастого валу, а окупність обладнання ~ 11 діб.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ:

1. Проблема забезпечення довговічності тракторів є надзвичайно актуальною, оскільки старіння машинно-тракторного парку випереджає темпи необхідного технічного переозброєння.

2. Найпоширеніші причини руйнування колінчастого валу це: зниження втомленої міцності, механічне перевантаження, раптове заклинювання двигуна, надмірні обертові коливання, механічне пошкодження, використання неправильних вкладишів, дефіцит мастила, стружка в системі мастила двигуна.

3. Розроблена і запропонована для використання нова комбінована технологія наноструктурування шийок колінчастих валів методом електроіскрового легування з наступним поверхневим пластичним деформуванням.

4. Розроблена методика проведення порівняльних іспитів оцінки впливу поверхневого пластичного деформування на втомлювальну міцність підшипникових шийок колінчастих валів. При випробуваннях використовували натурні зразки з робочим \varnothing 50 мм з низьколегованої сталі 40Х, шийки яких зміцнювали різними методами.

5. При випробуванні натурних валів встановлено, що в результаті нанесення на шийки методом ЕІЛ покриття з молібдену втомна міцність знизилася в порівнянні зі зразками без покриття в 1,5 рази. Наступна обкатка кулькою підвищує втомну міцність на 9 % вище непокритих зразків, а молібденового покриття з рівномірно розподіленими дозованими вуглецевими нанотрубками на 16 % вище базового варіанту.

6. Розроблені заходи з охорони праці робітників, що займаються виготовленням машин і тракторів,

7. Економічна ефективність технології зміцнення шийок колінчастих валів складає 45,0 грн на 1 шийку колінчастого валу, а обладнання окупиться за 11 діб.

8. По результатам досліджень опубліковані дві наукові роботи.

Література:

1. OECD. Standard code for the official testing of agricultural and forestry tractor performance. Code 2. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, 2022.
2. VARUN K.R., HARISH G. Comparative study of waste cooking oil with diesel for performance and emission analysis. *J. Emerg. Technol. Innov. Res.* 8 (10), 111, 2021
3. AL-GHAFIS A., BASHA M.S. Experimental trails on diesel engine performance and emission characteristics of waste cooking oil combinations at varying injection pressures. *Am. J. Appl. Sci.* 18 (1), 15, 2021.
4. Abuselidze, G., Kotlyarov, V., Petrychuk, S., Danylevska-Zhugunisova, O., and Mogilevska, O. (2022). Research into structural imbalances in agricultural machinery. *E3S Web of Conferences* , 363, article number 01037. doi: 10.1051/e3sconf/202236301037 .
5. Техногенна безпека АЕС: Навч. посібн.; Ч. II / Д. О. Чалий, А. Б. Тарнавський, Р. Ю. Сукач, Р. Б. Веселівський; Держ. служба України з надзвичайних ситуацій; Львів. держ. ун-т безпеки життєдіяльності. – Львів: Каменяр, 2020. – 340 с.
6. Boltyansky, O.V., and Boltyanska, N.I. (2020). Main trends in the development of agricultural technologies and agricultural machinery . In the book . Technical progress in animal husbandry and feed production: V and II All-Ukrainian scientific and technical conference: Conference proceedings (pp. 20-22). Hlevakha-Kyiv.
7. Durchak, K., Ekelsky, A., Kozlovsky, R., Zhelazinsky, T. and Pilarsky, K. (2020). A computer system supporting decisions on the purchase of agricultural machinery and tractors. *Heliyon*, 6(10), article number e05039. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e05039.
8. European Union. (j). Retrieved from <https://ec.europa.eu/eurostat> .
9. Ремонт тракторів і автомобілів : навчальний посібник : у 2-х кн. – Кн.1 / [Д. П. Домуці , А. М. Яковенко, П. І. Осадчук та ін.] . – Одеса : ТЕС, 2020. – 191 с.

10. Проблеми безпечної експлуатації компресорного та насосного обладнання в сучасній промисловості: монографія/ В.С. Марцинковський, В.Б. Тарельник, та ін.; за ред. В. Б. Тарельника, Є.В. Коноплянченка. - Суми: Видавництво «ФЛП Литовченко Е.Б.», 2020.- 410 с.- Українською мовою.
11. O. Umanskyi, M. Storozhenko, G. Baglyuk, O. Melnyk, V. Brazhevsky, O. Chernyshov, O. Terentiev, Yu. Gubin, O. Kostenko, I. Martsenyuk. *Powder Metallurgy and Metal Ceramics*, 59, №7-8: 434–444 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11106-020-00177-y>
12. M. Bembenek, P. Prysyzhnyuk, T. Shihab, R. Machnik, O. Ivanov, and L. Ropyak, *Materials*, 15, No. 14: 5074 (2022); <https://doi.org/10.3390/ma15145074>
13. B.O. Trembach, M.G. Sukov, V.A. Vynar, I.O. Trembach, V.V. Subbotina, O.Yu. Rebrov, O.M. Rebrova, and V.I. Zakiev, *Metallofizika i Noveishie Tekhnologii*, 44, No. 4: 493 (2022); <https://doi.org/10.15407/mfint.44.04.0493>
14. I. Ivasenko, V. Posuvailo, H. Veselivska, and V. Vynar, *International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies*, 2: 9321900 (2020); <https://doi.org/10.1109/CSIT49958.2020.9321900>
15. M. Bembenek, M. Makoviichuk, I. Shatskyi, L. Ropyak, I. Pritula, L. Gryn, and V. Belyakovskiy, *Sensors*, 22, No. 21: 8105 (2022); <https://doi.org/10.3390/s22218105>
16. M. Bembenek, M. Makoviichuk, I. Shatskyi, L. Ropyak, I. Pritula, L. Gryn, and V. Belyakovskiy, *Sensors*, 22, No. 21: 8105 (2022); <https://doi.org/10.3390/s22218105>
17. A.D. Pogrebnjak, A.A. Bagdasaryan, P. Horodek, V. Tarellyk, V.V. Buranich, H. Amekura, N. Okubo, N. Ishikawa, V.M. Beresnev, Positron annihilation studies of defect structure of (TiZrHfNbV)N nitride coatings under Xe¹⁴⁺ 200 MeV ion irradiation, *Materials Letters*, Volume 303, 2021, 130548, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.130548>.
18. Спосіб обробки поверхонь сталевих деталей : пат. 121343 України на винахід, МПК (2020.01) В23Н 1/06 (2006.01) В23Н 9/00 С23С 12/02 (2006.01) / Тарельник В. Б., Марцинковський В. С., Гапонова О. П., Коноплянченко Є. В.; Тарельник Н.

В., Думанчук М. Ю., Гончаренко М. В., Антошевський Б., Кундера Ч.; заявл. 29.05.2018; опубл. 12.05.2020, Бюл. № 9. 5 с.

19. Спосіб алітування сталевих деталей: пат. 153741 України на корисну модель, МПК (2006): В23Н 9/00, В23Н 1/00, С23С 8/60 (2006.01), С23С 10/48 (2006.01) / Гапонова О.П., Тарельник В.Б., Жиленко Т.І., Тарельник Н.В., опубл. 23.08.2023, Бюл. № 34.

20. V. B. Tarel'nyk, O. P. Gaponova, N. V. Tarel'nyk, and O. M. Myslyvchenko, Aluminizing of Metal Surfaces by Electric-Spark Alloying, *Progress in Physics of Metals*, 24, No. 2: 282–318 (2023) <https://doi.org/10.15407/ufm.24.02.282>

21. V.B. Tarel'nyk, O.P. Gaponova, V.B. Loboda, E.V. Konoplyanchenko, V.S. Martsinkovskii, Yu.I. Semirnenko, N.V. Tarel'nyk, M.A. Mikulina, and B.A. Sarzhanov, *Surf. Engin. Appl. 2 Electrochem*, 57: 173 (2021); <https://doi.org/10.3103/S1068375521020113>

ДОДАТКИ