

Назарук В. В.
Луцький національний технічний університет

ОСНОВНІ КРОКИ І МЕТОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ СПРЯЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ З ТРИБОТЕХНІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Підвищення зносостійкості обертових деталей є складним завданням, і вимагає комплексного підходу, що поєднує в собі матеріалознавство, інженерію та технології обробки. Зносостійкість є ключовою характеристикою для забезпечення тривалої та надійної роботи машин і устаткування. Вибір раціонального методу обробки обертових деталей грає важливу роль у досягненні цієї мети.

Для поліпшення зносостійкості спряжених деталей машин, вивчення взаємодії між поверхнями, які стикаються одна з одною в умовах тертя, зношування та змащення з використанням трибології є важливою задачею в інженерії та машинобудуванні. Вона включає в себе аспекти, пов'язані зі складом матеріалів, рухом та навантаженнями, що допомагає розробляти раціональні рішення для підвищення зносостійкості обертових деталей. Вибір відповідних матеріалів для виготовлення деталей може враховувати їх стійкість до тертя та зношування, правильне змащення деталей та вибір відповідного мастила та системи змащення може покращити роботу обертових деталей.

Застосування спеціальних покриттів (з вуглецевих нанотрубок, кераміка) або обробок поверхонь може покращити зносостійкість. Застосування принципів трибології при проектуванні деталей може допомогти створити конструкцію, яка мінімізує навантаження та тертя на поверхні. Використання різних лабораторних тестів та моделей може допомогти вивчити взаємодію між поверхнями та прогнозувати роботу обертових деталей у реальних умовах.

Ключові слова: обертові деталі машин, зносостійкість, трибологія, покриття деталей, поверхні тертя, змащення деталей.

ВСТУП

Загальна мета використання трибології полягає в забезпеченні оптимальної взаємодії між деталями, що обертаються, з метою підвищення їх зносостійкості та тривалості служби. Раціональний підхід до трибології може допомогти значно зменшити витрати на обслуговування та заміну деталей, а також покращити надійність та продуктивність машин. Ось декілька основних кроків і методів, які можуть бути використані для підвищення зносостійкості обертових деталей:

1. Вибір матеріалу: Один із перших кроків - це правильний вибір матеріалу для виробництва обертових деталей. Різні матеріали мають різну стійкість до зносу. Важливо враховувати умови роботи та навантаження, яким піддається деталь.
2. Термічна обробка: Застосування термічної обробки, такої як закалка, закріплення, азотування тощо, може значно підвищити міцність та зносостійкість матеріалу деталей.
3. Поверхнева обробка: Використання спеціальних методів поверхневої обробки, таких як нанесення покриття (наприклад, покриття з вуглецевих нанотрубок або кераміки), може зміцнити поверхню деталей і знизити знос.
4. Лагодження і змащення: Раціональний підбір та застосування системи лагодження і змащення може підвищити тривалість служби обертових деталей та запобігти надмірному тертю та зносу.
5. Моніторинг та діагностика: Застосування систем моніторингу та діагностики дозволяє вчасно виявляти проблеми з зносом та вживати відповідних заходів для їх усунення.
6. Механічні обробки: Використання високопродуктивних методів механічної обробки, таких як шліфування, фрезерування та точіння, дозволяє створювати більш точні та зносостійкі деталі.
7. Оптимізація конструкції: Проведення аналізу конструкції деталей та їх оптимізація може допомогти зменшити навантаження на деталі та знизити знос.

Вибір конкретного методу обробки залежить від виду деталі, її функції та умов роботи. Важливо враховувати, що кожна деталь може вимагати індивідуального підходу, і вибір методу обробки повинен бути обґрунтованим та оптимізованим з урахуванням певних факторів таких як форма та розмір деталі та робоча функція, що визначає, які вимоги вона повинна виконувати щодо міцності, точності та зносостійкості. Вибір матеріалу впливає на тертя та знос деталі. Різні матеріали можуть вимагати різних методів обробки. Тип системи змащення та температурні умови роботи також важливі для вибору методу обробки, оскільки вони впливають на тертя та знос. Умови експлуатації, такі як час служби деталі та вимоги до обслуговування, також важливі при виборі методу обробки.

Зазвичай, інженери та дослідники використовують інтегрований підхід, щоб врахувати всі ці фактори при виборі методу обробки. Вони можуть використовувати різноманітні аналітичні та чисельні методи для прогнозування зносу та міцності деталі в різних умовах. На основі цих даних виробники можуть визначити найбільш підходящий метод обробки, який забезпечить оптимальну зносостійкість та ефективність деталі в конкретних умовах роботи.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Багатство конструкційних вузлів тертя та їхні особливості перешкоджають створенню загального покриття або набору покриттів, що можуть ефективно вирішувати всі важливі завдання в галузі машинобудування для спряжених деталей обертання. Ця ситуація вимагає розвитку нових підходів до дослідження і розробки детонаційних покриттів, які відзначаються високими триботехнічними характеристиками. Цей процес вимагає вирішення складних наукових завдань та впровадження системного підходу для підвищення стійкості покриттів в різних умовах тертя. Роботи в цьому напрямі є актуальними і мають перспективу як для прикладних досліджень, так і для теоретичних розвідок.

Трибологія вивчає безпосередньо процеси тертя, а триботехніка — їх застосування у вузлах машин. В останні роки в триботехніці отримали розвиток нові розділи — трибохімія, трибофізика і трибомеханіка. Вагомий внесок в розвиток сучасної трибології та триботехніки, дослідження впливу трибохімічних процесів в умовах граничного мащення на явища пристосованості при терті композиційних покриттів, зробили вчені: Д. Гаркунок, М. Буше, В. Боуден, Д. Тейбор та інші. Дослідження з підвищення зносостійкості обертових деталей машин базуються на застосуванні сучасних методів фізико-хімічного аналізу мікроструктур та макроструктур, основ триботехнічного матеріалознавства та математичного моделювання з урахуванням експлуатаційних та технологічних впливів. Це робиться з використанням структурно-енергетичної теорії тертя.

Автор Харченко С.Д. в кваліфікаційній науковій праці «Методи підвищення зносостійкості деталей авіаційної техніки за рахунок використання детонаційних покриттів Cr-Si-B.» визначив хімічний склад розроблених покриттів, їх міцнісні і фізико-механічні властивості та їх вплив на стійкість до зносу в різних умовах експлуатації. Це відкриває можливість використання цих покриттів як конкурентоздатного матеріалу, що конкурує з іноземними аналогами. Метод дослідження трибостійкості покриттів отримав подальший розвиток, дозволяючи встановити закономірності трибофізичних процесів, які призводять до формування захисних поверхневих шарів вторинних структур у зоні контакту, навіть без використання мастильних матеріалів. [1].

Молекулярно-механічна теорія тертя та зносу, яку розробив І.В. Крагельський, набула значного розвитку. В цій теорії передбачається, що контакт тертьових поверхонь є дискретним, а сила тертя складається з суми опорів, що виникають внаслідок молекулярної та механічної взаємодії. При терті газів і рідин з поверхнею твердих тіл виникає так зване "третє тіло", яке суттєво змінює молекулярну складову тертя. Ця взаємодія може бути пов'язана з фізичною абсорбцією або хемосорбцією.

За думкою І.В. Крагельського, основною причиною зносу матеріалів при терті є пружна і пластична деформація, яка в кінцевому підсумку призводить до втомного характеру зносу. Це відбувається через зміни в мікроскопічній будові приповерхневих шарів, подібні до тих, які спостерігаються при втомі матеріалів. Згідно з молекулярно-механічною концепцією, І.В. Крагельським була розроблена класифікація видів зносу на основі трьох послідовних етапів: 1) взаємодія поверхонь під час ковзання; 2) їхні зміни; 3) руйнування поверхонь. [2].

Незважаючи на відмінності в конструкції вузлів тертя в системах двигунів чи інших вузлів автомобілів, а також особливості їхньої технології виробництва, обслуговування, умов експлуатації, питання управління поверхневою міцністю, забезпечення нормального тертя, до останнього часу отримують недостатню увагу. Використання нових матеріалів та впровадження сучасних високопродуктивних технологічних процесів для посилення та відновлення зношених деталей є способом для досягнення підвищення їх якості. Це завдання набуває актуальності в сучасних умовах і може значно зменшити витрати енергії, матеріалів і робочої сили, сприяючи підвищенню продуктивності виробництва та покращенню якості продукції.

Усі процеси взаємодії на поверхні та руйнування є результатом енергетичного та кінетичного впливу або між трибоактивацією та пасивацією, і їх результат має загальну енергетичну природу. Ця природа полягає в двох можливих сценаріях: перше - рівновага між активацією та пасивацією де відбувається нормальне механохімічне зношення, і друге - порушення цієї рівноваги, що призводить до пошкоджень. Взаємодія в трибоспряженнях деталях призводить до вивільнення енергії при їх

взаємодії, призводить до формування нових сполук та нових частинок з підвищеною енергією, включаючи і молекули, атоми, іони, швидкі електрони, фонони і фотони [3].

Для найефективнішої розробки теорії процесів тертя, необхідно вивчити різноманітні явища, особливо на нанорівнях. Слід звернути увагу на наноконтактні процеси на вищому рівні. Першим кроком у цьому напрямку є аналіз характеристик і властивостей окремих наноконтактів. Такий підхід став можливим лише в останні роки завдяки розвитку техніки наноіндентування та наноскрабування. Наступним кроком у розвитку фізичної теорії тертя в системах та агрегатах машин є перехід до досліджень на атомарному рівні [4].

Геометричні величини контактуючих поверхонь тертя обертових деталей машин, або масштабний фактор, мають важливе значення в трибологічних процесах. Один з таких параметрів - це коефіцієнт взаємного перекриття, який впливає на швидкість трибологічних процесів при переході від точкових контактів до лінійних і площинних точкових контактів. У випадку граничного мащення, це призводить до зміни співвідношення процесів утворення, перетворення та руйнування захисних вторинних структур [5].

Сучасний рівень технологічних процесів, що відбуваються в машинобудуванні, вимагає створення нових матеріалів, які мають високу стійкість до зносу. Багато вимог триботехніки можна задовольнити, створюючи гетерофазні структури, які здатні працювати тривалий час без змащення при підвищених температурах та в екстремальних умовах. Особливий клас нових гетерофазних матеріалів є композиційні, які не доступні для жодного традиційного матеріалу, а також можливість налаштувати матеріал відповідно до встановлених вимог. Композиційні матеріали застосовуються як традиційні методи підвищення стійкості до зносу і міцності, використовуючи введення твердих мастил і наномодифікаторів для поліпшення структури матеріалу після термомеханічної обробки.

Композиційні матеріали вирізняються високими характеристиками електропровідності та теплопровідності, великою теплоємністю, здатністю поглинати вібрації та мають високу технологічну ефективність. Крім того, традиційні методи підвищення стійкості до зносу і міцності деталей обертання, такі як використання модифікуючих наповнювачів для поліпшення структури, додавання твердих мастил і застосування термічної та термомеханічної обробки, є ефективними.

Дослідження зносостійкості обертових деталей машин є необхідним і з економічних міркувань, оскільки зношення і витрати, пов'язані з цим, є серйозною проблемою. Згідно зі статистикою, втрати в галузі машинобудування в розвинених країнах становлять до '10% національного доходу через зношення та тертя. Тому дослідження зносостійкості та розробка методів запобігання зношуванню стають надзвичайно важливими завданнями в сучасній техніці і інженерній практиці. У багатьох дослідженнях, таких як ті, що проводилися у Великобританії, ФРН, Канаді, Китаї та інших країнах, було підтверджено значення відсотку економії від валового національного доходу в кожному окремому випадку.

Аналіз розвитку національної економіки України показує, що задача вивчення поверхневої міцності деталей обертання при терті є однією з найскладніших науково-технічних проблем і вимагає поєднання декількох фундаментальних галузей знань. Проте, через складність процесів, які об'єднують в собі широкий спектр механіко-фізико-хімічних явищ, що впливають на поступові зміни розмірів при навантаженні тертям, до цього часу не існує загального погляду або чіткого розуміння щодо природи, характеру та закономірностей цих явищ.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

У машинобудуванні при використанні трибології для навантажених спряжених пар обертання і тертя, виникає актуальна проблема, пов'язана з дослідженням перехідних процесів в зоні контакту робочих вузлів машин і механізмів. Теоретичні основи процесів тертя та зношення ще не мають повноцінного розвитку. В даний час відсутні прості та науково обґрунтовані методи розрахунку і управління цими процесами, а критерії їх оцінки не достатньо обґрунтовані. Також не існують стандартизовані методи дослідження і не вистачає спеціалізованого обладнання, зокрема машин для вивчення трибометрів, яке б не дозволяло створити об'єктивну базу триботехнічних даних.

Ціллю роботи є дослідження розробки системної методики для підвищення критеріїв оцінки для порівняння та аналізу триботехнічних параметрів при терті та зношенні обертових спряжених пар деталей автомобілів. Під час даного дослідження виникають такі завдання:

1. Розробка об'єктивних та надійних критеріїв для оцінки триботехнічних характеристик.
2. Розробка методів для порівняння та аналізу триботехнічних параметрів різних деталей та матеріалів.

3. Вивчення та аналіз впливу різних факторів на триботехнічні властивості, таких як навантаження, швидкість, температура тощо.

4. Розробка системи моніторингу та діагностики стану обертових спряжених пар для попередження несправностей та ремонтних робіт.

5. Розробка методів моделювання та аналізу трибосистем для більш глибокого розуміння їхньої роботи та вдосконалення.

6. Вивчення проблеми зношування та розробка практичних рекомендацій для підвищення довговічності та надійності спряжених і обертових деталей автомобілів.

Ці завдання є важливими для розвитку триботехніки та забезпечення більш ефективного та довговічного функціонування обертових деталей автомобіля та автомобільних систем.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для вирішення завдання підвищення зносостійкості та надійної роботи елементів пар тертя в автомобілях потрібно застосовувати системний підхід, який включає в себе розробку комплексних методик дослідження та кінетичних критеріїв для оцінки процесів. Використання структурно-енергетичного підходу дозволяє оптимізувати пошук оптимальних рішень. Зростання питомої потужності тертя та збільшене теплове та механічне навантаження на пари тертя призводять до негативних наслідків. Для вирішення цієї проблеми ефективними є розробка та дослідження конструкторських рішень щодо підвищення трибологічної надійності пар тертя. Разом з технологічними та експлуатаційними заходами це дозволить створити комплексний підхід, розширити базу трибологічних даних і розробити практичні рекомендації щодо вирішення завдань застосованої триботехніки [6].

Дослідження базуються на попередніх результатах у галузі триботехніки та механіки, щоб ідентифікувати наявні методики та критерії оцінки. Системне дослідження включає розробку теоретичної бази для оцінки триботехнічних параметрів, включаючи взаємодію тертя та зношення, властивості матеріалів, інтенсивність навантаження тощо. На основі зібраних даних та теоретичної бази розроблені об'єктивні та надійні критерії для оцінки триботехнічних характеристик, такі як коефіцієнти тертя, ступінь зношення, та інші параметри. Використовуючи розроблені критерії, можливо провести моделювання та аналіз триботехнічних параметрів для різних деталей та матеріалів.

Дане дослідження має на меті поліпшити науковий підхід до оцінки триботехнічних параметрів у механічних системах, зокрема в автомобільній галузі, і може призвести до покращення якості та тривалості автомобілів через зменшення тертя та зношення обертових деталей машин.

Розробка методів для порівняння та аналізу триботехнічних параметрів різних деталей автомобільного транспорту та матеріалів є важливим завданням у сфері автомобільної техніки. Ці методи допомагають визначити, які матеріали та конструкції найбільш підходять для певних деталей, щоб забезпечити найкращу тривалість та надійність автомобільних систем. Нижче наведено загальну схему розробки таких методів:

Для визначення цільових параметрів спочатку вибираємо які триботехнічні параметри слід порівнювати та аналізувати. Це може включати параметри, такі як коефіцієнт тертя, ступінь зношення, та інші, які є важливими для певних деталей автомобільного транспорту. Для порівняння різних матеріалів і конструкцій, необхідно зібрати дані з лабораторних досліджень та реальних умов експлуатації. Це може включати випробування на тертя, зношення та інші випробування. Використовуючи статистичні методи, аналізуємо отриману інформацію для порівняння різних деталей та матеріалів. Можуть використовуватися методи аналізу дисперсії, кореляції, тесту Манна-Уїтні та інші для встановлення статистично значущих відмінностей.

Аналіз механізмів дисипації зовнішньої енергії та роль хвильової складової сили тертя є ключовими елементами в таких дослідженнях. Це вказує на важливість розуміння явищ, що відбуваються на молекулярному рівні в умовах аномального тертя та зношування. Хвильова складова сили тертя може виникати в результаті різних фізичних процесів, таких як акустичні хвилі, електричні взаємодії та інші. Її відомий вплив на зниження молекулярно-механічної складової тертя може мати практичне значення для розробки нових матеріалів, покриттів та технологій зниження тертя та зношування в різних галузях, включаючи автомобільну промисловість, машинобудування, аерокосмічну промисловість та інші [7].

На основі статистичних результатів розробляються критерії для порівняння триботехнічних параметрів різних матеріалів та деталей. Ці критерії можуть включати показники ефективності,

вартості, тривалості тощо. Використовуючи розроблені критерії, можна провести моделювання та прогнозування, як буде поводитися деталь під певними умовами експлуатації.

Вивчення та аналіз впливу різних факторів на триботехнічні властивості, такі як навантаження, швидкість, температура тощо, є важливим для розуміння поведінки трибосистем та оптимізації їх роботи. Для вивчення цього впливу слід розробити докладну методологію дослідження.

Спочатку визначаємо, які конкретні триботехнічні параметри нас цікавлять, такі як коефіцієнт тертя, ступінь зношення, та інші. Також обираються фактори, які плануємо досліджувати, такі як навантаження, швидкість, температура, мастило в деталях обертання. Розробляємо план дослідження, який включає в себе спосіб вимірювання триботехнічних параметрів та спосіб зміни факторів. Дослідження може проводитися в лабораторних умовах або в реальних умовах експлуатації. Використовуючи статистичні методи, аналізуються отримані дані для встановлення взаємозв'язку між факторами та триботехнічними параметрами. Це може включати аналіз дисперсії, регресійний аналіз та інші методи. На основі результатів аналізу розробляються висновки щодо впливу різних факторів на триботехнічні властивості. З цих висновків можуть виникати рекомендації для оптимізації конструкцій, матеріалів, робочих параметрів тощо.

Розробка системи моніторингу та діагностики стану обертових спряжених пар в автомобілях є важливою для попередження несправностей та ремонтних робіт, що можуть призвести до збоїв та аварій. Для вимірювання вібрації можуть бути використані акселерометри, для вимірювання температури - термопари, для вимірювання ступеня зношення - датчики зношення. Апаратна частина системи буде включати сенсори, мікроконтролери, передавачі та інші компоненти для збору та передачі даних. Розробка програмного забезпечення для збору, обробки та аналізу даних, отриманих від сенсорів може включати в себе алгоритми діагностики та моніторингу.

Встановлення та інтеграція програмної частини системи в автомобіль з інтегруванням її з існуючою електронікою та системами автомобіля дасть можливість вдосконалення системи з часом для підвищення її ефективності та надійності [8].

Вивчення проблеми зношення та розробка практичних рекомендацій для підвищення довговічності та надійності спряжених і обертових деталей автомобілів - це важливе завдання для автомобільної промисловості та безпеки на дорозі. Цей процес може бути поділений на кілька кроків:

1. Аналіз проблеми зношення: Спочатку слід провести докладний аналіз дефектів та зношення, які відбуваються в спряжених і обертових деталях автомобілів. Це включає в себе вивчення факторів, що спричиняють зношення, типові місця виникнення проблем, та наслідки для безпеки та ефективності автомобіля.

2. Визначення критичних факторів, які мають найбільший вплив на зношення деталей. Це можуть бути навантаження, швидкість, типи матеріалів, які використовуються, і т. д.

3. На основі результатів аналізу та досліджень розробляються конкретні рекомендації для вдосконалення конструкції, матеріалів та процесів виготовлення деталей. В цьому можуть бути включені рекомендації щодо вибору матеріалів, дизайну, методів обробки та монтажу.

Цей процес дозволить підвищити довговічність та надійність спряжених і обертових деталей автомобілів, що сприятиме безпеці на дорозі та знизить витрати на обслуговування. На основі отриманих результатів можна розробити рекомендації для вдосконалення триботехнічних характеристик в автомобільних деталях та системах.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Усі процеси поверхневої взаємодії і руйнування являють собою підсумок енергетичної та кінетичної конкуренції трибоактивації і трибопасації, а їхнє саморегулювання має єдину енергетичну природу, суть якої полягає або в рівновазі активації і пасації (при цьому відбуваються нормальне механічне та хімічне зношення. Результати дослідження слід перевірити на відповідність та надійність, можливо, шляхом порівняння з відомими даними або іншими методами оцінки.

Дослідження розробки системної методики для підвищення критеріїв оцінки для порівняння та аналізу триботехнічних параметрів при терті та зношенні обертових спряжених пар деталей автомобілів має на меті поліпшити спосіб оцінки триботехнічних характеристик в механічних системах. Основним завданням такого дослідження є розробка об'єктивних та надійних критеріїв для оцінки цих характеристик. Нижче наведено основні аспекти та кроки цього дослідження:

Розробка системної методики для оцінки триботехнічних параметрів у порівняльному та аналітичному аналізі тертя та зношення обертових спряжених пар деталей автомобілів базується на попередніх результатах у галузі триботехніки та механіки, щоб ідентифікувати наявні методики та критерії оцінки. Системне дослідження включає розробку теоретичної бази для оцінки

триботехнічних параметрів, включаючи взаємодію тертя та зношення, властивості матеріалів, інтенсивність навантаження тощо.

Використовуючи розроблені критерії, можливо провести моделювання та аналіз триботехнічних параметрів для різних деталей та матеріалів. На основі отриманих результатів можна розробити рекомендації для вдосконалення триботехнічних характеристик в автомобільних деталях та системах.

Цей процес дозволяє інженерам та дослідникам визначити оптимальні матеріали та конструкції для підвищення тривалості та надійності деталей автомобільного транспорту, що важливо для автомобільної промисловості та безпеки на дорозі.

Дослідження впливу різних факторів на триботехнічні властивості дозволяє покращити розуміння процесів, що відбуваються в трибосистемах та допомагає вдосконалити конструкції та матеріали, що використовуються в автомобільному транспорті, сприяючи підвищенню їх тривалості та надійності.

Розробка системи моніторингу та діагностики стану обертових спряжених пар допомагає попереджати несправності, підвищує безпеку та тривалість експлуатації автомобілів, а також допомагає вчасно проводити планові обслуговування та ремонтні роботи.

Підвищення зносостійкості спряжених деталей з триботехнічними характеристиками вимагає системного підходу та використання різних методів. Ось основні кроки та методи, які можна використовувати для досягнення цієї мети: використання спеціальних мастил та покриттів, які зменшують тертя та зношування, може покращити зносостійкість деталей; починати з докладного аналізу зношування, яке вже відбувається в спряжених деталях (абразивне, адгезійне, корозійне, тощо); вибір оптимальних матеріалів, які мають кращу стійкість до зношування та відповідають вимогам для конкретних деталей і можуть включати в себе використання більш твердих або зносостійких матеріалів; забезпечення високої якості обробки деталей для усунення нерівностей та інших дефектів, які можуть сприяти зносу.

Ці кроки і методи допомагають підвищити довговічність та надійність спряжених деталей з триботехнічними характеристиками, що в свою чергу сприяє безпеці та ефективності автомобілів. Сучасні технологічні процеси і методи зміцнення дають змогу керувати показниками якості формуванням та оптимізацією параметрів поверхонь і приповерхневих шарів, зокрема мікро- та макровідхиленнями; мікротвердістю, глибиною і знаком залишкових напружень.

ВИСНОВКИ

Розробка нанотехнологій та нового класу приладів наноелектромеханічних систем на основі існуючих наукових відкриттів у галузі нанотрибології відкриє нові можливості та конкурентні переваги. Наприклад, шляхом створення трибосистем з використанням гелієвого зношування або мащення новітніми наноматеріалами.

Слід відзначити, що значна частина завдань у галузі триботехніки вирішується малоефективними методами, що призводить до великих витрат матеріальних і енергетичних ресурсів. Важливо відзначити, що параметри трибологічної надійності систем і агрегатів транспортних машин не враховуються на етапах їх проектування та конструювання. Ремонт зношених деталей або їх заміна новими призводить до непередбачених і значних витрат і це пояснюється відсутністю комплексної системної методики дослідження, яка б включала оцінку процесів в зоні фрикційного контакту та універсальні трибомашини. Дослідження фізичного підґрунтя важливо для практичних застосувань, оскільки дозволяє впроваджувати значущі фізичні ефекти в поверхневих шарах матеріалів в системах та агрегатах машин.

Удосконалення сучасної техніки та інтенсифікація робочих процесів в машинобудуванні призводить до ускладнення умов роботи машин. У зв'язку із зростанням вимог до експлуатаційних показників деталей постійно підвищуються вимоги до їх якості. Всі ці чинники визначають перспективність подальших досліджень якості та пошуку нових шляхів його підвищення, як на стадії проектування, так і виготовлення.

Так, підвищення зносостійкості спряжених деталей з триботехнічними характеристиками дійсно вимагає системного підходу та використання різних методів. Це складний процес, який може включати в себе наступні етапи та методи: аналіз проблеми триботехнічних параметрів і факторів, вибір або розробка матеріали, які мають високу стійкість до зношування, оптимізація конструкції, використання спеціальних покриттів та обробка поверхонь для зменшення тертя та зношення деталей, забезпечення оптимальних режимів роботи, контролюючи навантаження та температуру

деталей, моніторинг та діагностика, дослідження та впровадження інноваційні технології, які можуть покращити зносостійкість деталей, такі як наноматеріали, лазерна обробка тощо.

Ці методи дозволяють підвищити зносостійкість деталей з триботехнічними характеристиками, забезпечуючи покращення надійності та тривалості роботи механічних систем.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Харченко С.Д. Методи підвищення зносостійкості деталей авіаційної техніки за рахунок використання детонаційних покриттів Cr-Si-B. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Київ-2019
- 2 Babak V.P. Wear resistance under vacuum of nanocomposite coatings with dry lubricant / V.P. Babak, V.V. Shchepetov, S.D. Nedaiborshch // Scientific bulletin of NMU. – 2016. – № 1. – P.47-52. SCOPUS
3. Аулін В.В. Фізика структурних перетворень матеріалу в зоні обробки концентрованими потоками енергії та тертя і зношування // Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2007. – №2 (44) – С. 57-59.
4. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: монографія. – Кіровоград: Вид. Лисенко В.Ф., 2014. - 370 с.
5. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення. Монографія. – Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2016. 304 с.
6. Каплун В.Г. Трибологічні аспекти експлуатаційної надійності важко навантажених пар тертя / В.Г. Каплун, Б.В. Гупка, А.Б. Гупка, А.О. Оксентюк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Серія: Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві, – Харків, 2012 – №122 – С.26-34
7. В. В. Варваров Про фізичний сенс коефіцієнта тертя в умовах аномально низького тертя і зношування // Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2020, вип. 189 – С.6-13
8. Tarasov V. E. Tarasova V. V. Time-dependent fractional dynamics with memory in quantum and economic physics. Annals of Physics. 2017. August. Vol. 383. P. 579-599.

REFERENCES

1. Kharchenko S.D. Methods of increasing the wear resistance of aircraft parts through the use of Cr-Si-B detonation coatings - Qualification scientific work on the rights of a manuscript. Kyiv-2019.
- 2 Babak V.P. Wear resistance under vacuum of nanocomposite coatings with dry lubricant / V.P. Babak, V.V. Shchepetov, S.D. Nedaiborshch // Scientific bulletin of NMU. - 2016. - No. 1. - P.47-52. SCOPUS.
3. Aulin V.V. Physics of structural transformations of material in the zone of treatment by concentrated energy flows and friction and wear // Problems of tribology. Khmelnytsky. KHNU, 2007 - NO. 2 (44) - PP. 57-59.
4. Aulin V.V. Physical bases of processes and states of self-organization in tribotechnical systems: monograph: Lysenko V.F., 2014. - 370 с.
5. Aulin V.V., Lysenko S.V., Kuzyk O.V., Hrynkyv A.V., Holub D.V. Tribophysical bases of increasing the reliability of mobile agricultural and motor vehicles by tribotechnical recovery technologies. Monograph. - Kropyvnytskyi: Lysenko V.F. Publisher, 2016. 304 с.
6. Kaplun V.G. Tribological aspects of operational reliability of heavily loaded friction pairs / V.G. Kaplun, B.V. Gupka, A.B. Gupka, A.O. Oksentiuk // Bulletin of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. Series: Resource-saving technologies, materials and equipment in repair production, - Kharkiv, 2012 - №122 - P.26-34.
7. Varvarov V. V. On the physical meaning of the friction coefficient in conditions of abnormally low friction and wear // Collection of scientific works of UkrDUZT, 2020, issue 189 - P.6-13
8. Tarasov V. E. Tarasova V. V. Time-dependent fractional dynamics with memory in quantum and economic physics. Annals of Physics. 2017. August. Vol. 383. P. 579-599.

Nazaruk V. V. Basic steps and methods for increasing the wear resistance of mated parts with tribotechnical characteristics

Increasing the wear resistance of rotating parts is a complex task and requires an integrated approach that combines materials science, engineering and processing technologies. Wear resistance is a key

characteristic for ensuring long-term and reliable operation of machinery and equipment. Choosing a rational method of machining rotating parts plays an important role in achieving this goal.

To improve the wear resistance of mating machine parts, the study of the interaction between surfaces in contact with each other under friction, wear, and lubrication using tribology is an important task in engineering and mechanical engineering. It includes aspects related to material composition, motion, and loads, which helps to develop rational solutions to improve the wear resistance of rotating parts. Selecting the right materials for the manufacture of parts can take into account their resistance to friction and wear, proper lubrication of parts and the selection of the right lubricant and lubrication system can improve the performance of rotating parts.

The use of special coatings (carbon nanotubes, ceramics) or surface treatments can improve wear resistance. Applying the principles of tribology to part design can help create a design that minimizes stress and friction on the surface. The use of various laboratory tests and models can help to study the interaction between surfaces and predict the performance of rotating parts in real-world conditions.

Keywords: rotating parts of machines, wear resistance, tribology, parts coating, friction surfaces, parts lubrication.

НАЗАРУК Вадим Володимирович, аспірант кафедри аграрної інженерії, Луцький національний технічний університет e-mail: kuts.nadia86@gmail.com

Vadym NAZARUK, PhD student of the Department of Agricultural Engineering, Lutsk National Technical University e-mail: pred.kuts.nadia86@gmail.com

DOI 10.36910/automash.v2i21.1219