

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ АПВ НААН
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**ЗБІРНИК
ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**

*XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди
117-ї річниці від дня народження
доктора технічних наук, професора,
віцепрезидента УАСГН
КРАМАРОВА
Володимира Савовича
(1906-1987)*

«КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ»

*22-23 лютого 2024 року
м. Київ*

УДК 631.17+62-52-631.3

Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ / МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. 505 с.

Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference dedicated to the 117th anniversary of the birth of Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice President of the UAAS Kramarov Volodymyr Savovych (1906–1987), February 22–23, 2024, Kyiv / MES of Ukraine, National University of Life And Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv: Publishing center of NULES of Ukraine, 2024. 505 p.

В збірнику представлені тези доповідей науково-педагогічних працівників, наукових співробітників, аспірантів та студентів НУБіП України, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, в яких розглядаються завершені етапи розробок.

The Proceedings presents abstracts of reports of scientific and pedagogical workers, research staff, graduate students and students of the NULES of Ukraine, leading domestic and foreign higher educational institutions and scientific institutions, in which completed stages of development are considered.

УДК 621.793

Трибологічна надійність і довговічність машин

М. І. ДЕНИСЕНКО, канд. техн. наук, доцент
ВСП «Немішайський фаховий коледж НУБіП України»

О. С. ДЕВ'ЯТКО, канд.техн.наук, доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: mdenisenko317@gmail.com

Одна з самих гострих і складних проблем сучасного машинобудування – знос механізмів і машин – передбачає щорічне зростання витрат на їх відновлення. Значна частина світових енергетичних ресурсів в різних формах витрачається на тертя, 80-90% рухливих спряжень машин виходять з ладу внаслідок зношування. При цьому зменшується (ККД) – коефіцієнт корисної дії, економічність, надійність і довговічність машин, погіршуються динамічні і акустичні характеристики.

Дослідження в царині механіки контактних взаємодій, хімічних та дисипативних процесів у поверхневих та при поверхневих шарах тертьових матеріалів показують, що матеріал у вказаних ділянках в процесі тертя суттєво змінює свій фізичний стан, змінюючи механізми контактної взаємодії. Відомо, що основні явища при терті концентруються у тонкому при поверхневому шарі. Зношування і формування поверхневих шарів трибо контакту – фундаментальні процеси, що властиві будь якому тертю або трибосистемі. На поверхнях тертя, і в прилягаючих до них шарах, одночасно протікають множина процесів. Основні з цих процесів: потоки тепла, потоки речовини, фізико-хімічні процеси взаємодії деталей тертя одна з одним, і середовищем: деформація, структурні, фазові перетворення та інше.

В теперішній час досліджено закономірності розподілення пластичної деформації за глибиною поверхневих шарів металевих матеріалів, кінетика формування вторинної структури, процеси зміцнення, знеміцнення, рекристалізації, фазові переходи, котрі, в свою чергу, залежать від зовнішніх механічних впливів, складу, властивостей тертьових матеріалів та зовнішнього середовища. Інтенсивність руйнування поверхневих шарів матеріалів при терті (знос), як правило, мало залежить від вихідних об'ємних властивостей матеріалів. Структура і фазовий склад у тонкому поверхневому шарі завжди відрізняються від вихідних властивостей матеріалів. Під трибологічною надійністю розуміємо властивість машини зберігати у часі, в установлених межах всі параметри, що характеризують здатність виконувати потрібні функції при її експлуатації в умовах тертя і зношування.

Формування спрацьованої поверхні деталей і робочих органів машин відбувається в результаті підсумування різних за інтенсивністю і видами елементарних руйнувань, зміни механічних і фізико-механічних властивостей поверхні металу під впливом зовнішніх факторів. Трибологічна надійність і

довговічність машин формується та закладається при проектуванні і виготовленні машин, та визначається конструктивними особливостями елементів машин, використаними матеріалами, пристосованістю до ремонту і технічному обслуговуванню. Зношування деталей сільськогосподарських машин обумовлено різними факторами. Серед основних факторів, що впливають на характер та інтенсивність зношування елементів машин треба виділити:

а) конструктивні – характер навантаження; вид тертя робочих поверхонь; сполучення матеріалів деталей спряження; наявність захисних покриттів; [2]

б) технологічні – методи обробки робочих поверхонь; якість збірки спряжень; наявність технологічних засмічень; структура поверхневого шару металу; мікро геометричні показники поверхонь тертя;

в) експлуатаційні – характер проведених робіт та умови використання машини; кліматичні умови технічної експлуатації; стан мастильних матеріалів; види і періодичність технічних обслуговувань та ремонтів.

Відмови машин, що визначаються трібологічними процесами, можуть бути такі події, як: руйнування деталі від зносу; досягнення допустимої зміни маси або товщини металу під впливом процесу зношування; утворення плями від зносу на поверхні тертя; перевищення допустимого рівня швидкості зношування. Процес зношування – складний випадковий процес. Схеми напружено-деформованого стану при об'ємному і поверхневому руйнуваннях цілковито різні. Теорія тертя базується на трьох теоретичних положеннях.

Перше - сила зовнішнього тертя має фізико-хімічну природу, N .

$$F = v_1 F_d + v_2 F_a \quad (1.1)$$

поверхонь тертя в залежності від їх хімічного складу; F_d – деформаційна складова сили тертя, N ; v_2 – коефіцієнт, який враховує зміни хімічного складу поверхонь тертя або міцність їх адгезійного зчеплення; F_a – адгезійна складова сили тертя N .

Друге (по Б. І. Костецькому), засноване за першим законом термодинаміки, формулює, що робота зовнішнього тертя A_F витрачається на утворення теплоти і поглинання енергії, Дж:

$$A_F = A_Q + \Delta E \quad (1.2)$$

де A_Q – частина роботи зовнішнього тертя, що перетворюється в теплоту, Дж; ΔE – кількість енергії, що поглинається поверхневими шарами тертьових деталей, Дж.

Третє (про сталі процеси тертя) – за сталого тертя відбувається знос деталі і динамічне саморегулювання утворення і руйнування вторинних структур (ВС) [3]. Механо хімічні процеси формування вторинних структур на поверхнях тертя обумовлені зовнішніми механічними впливами, природою матеріалів тертя та складом робочих середовищ. Розміри, геометрія розташування, внутрішня будова, хімічний і фазовий склади вторинних структур можуть бути різні.

При заданих матеріалах, умовах їх взаємодії, і утворюється зона зміни режиму тертя, у котрій інтеграл відношення енергії до роботи сил тертя по деформованому об'єму приймає мінімальне значення:

$$\int \frac{\Delta E(V)}{A} dV \rightarrow \min \quad (1.3)$$

де V – об'єм, який сприймає навантаження тертям, м^3 .

Розглянувши основні положення теорії зовнішнього тертя твердих тіл, можливо обґрунтовано керувати процесами зношування деталей машин, і досягнути максимальну зносостійкість машин. Одним із шляхів підвищення надійності і довговічності машин являється оптимальне припрацювання їх деталей. У процесі припрацювання забезпечується оптимальні мікрогеометрія, склад, структура і фізико-механічні властивості поверхневих шарів. Динамічна рівновага процесів у парах тертя та оптимізація утворення вторинних захисних структур здійснюється узгодженням швидкостей процесів активації та пасивації, і забезпеченням максимальних властивостей міцності цих структур.

Оксидні плівки - вторинні структури, що утворюються в результаті пасивації при терті ковзання у діапазоні нормального зношування, екранують поверхні та попереджають схоплювання. Існує необхідність одночасно розглядати поверхневий шар як поверхню розділення фаз (мембрана), і в той же час, як макро об'єкт – об'ємне -деформоване тверде тіло. При опису процесу накопичення пошкоджень у матеріалі поверхневого шару доцільно переходити на мікрорівень, де треба вивчати конкретні види дефектів кристалічної решітки металів та їх властивості.

У відкритій термодинамічній системі, якою являється будь яка трібосистема, неможливо досягти рівноважного стану. Відповідно, у неї завжди будуть утворюватися потоки енергії і речовини, що визивають розсіювання енергії та зміну ентропії, тобто зміну термодинамічного стану системи. Представляється корисною розробка і реалізація комплексної програми забезпечення надійності вузлів тертя на стадії проектування, що включає в себе створення конструкцій, вибір конструкційних і мастильних матеріалів, оптимальної технології виробництва і експлуатації.