

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І**  
**ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**  
**ФАКУЛЬТЕТ КОНСТРУЮВАННЯ ТА ДИЗАЙНУ**



**ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ**  
*міжнародної науково-практичної онлайн конференції*  
*«Сучасні проблеми та перспективи розвитку*  
*машинобудування України»,*  
*присвяченої 20-й річниці з дня створення*  
*факультету конструювання та дизайну*  
*Національного університету біоресурсів і*  
*природокористування України*

**23-24 вересня 2021 року**

**м. Київ**

УДК 621.891.631.3:62

## **КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЗНОСОСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

*Денисенко М.І., к.т.н., доц.*

*ВСП «Немішаївський фаховий коледж НУБіП України, смт. Немішаєве*

*Дев'ятко О.С., к.т.н., доц.*

*Нахамець Р.В., студ.*

*Національний університет біоресурсів і  
природокористування України, м. Київ*

*E-mail: [helene06@ukr.net](mailto:helene06@ukr.net)*

Перша в Україні детальна класифікація видів зношування деталей машин була розроблена професором Української сільськогосподарської академії Б.І.Костецьким [1,2], котрий розподілив їх за службовою ознакою – надійністю, у зв'язку з нормальними і недопустимими умовами роботи і за протіканням тих або інших механічних, фізичних і хімічних процесів у зоні контакту.

При розробці класифікації було сформульовано принципово важливе положення про ведучі і супутні процеси, що утворюються на поверхнях тертя. Б.І.Костецьким запропоновано 9 підвидів зношування, у яких експлуатуються конкретні деталі і пари тертя, робочі органи машин різного функціонального призначення. Основні види зношування при терті: механохімічний нормальний окислювальний знос, механохімічний нормальний знос плівок не кисневого походження, механохімічна форма абразивного зношування, схоплювання I роду, схоплювання II роду, фретинг-процес (схоплювання, динамічне окислювання), механічна форма абразивного пошкодження (різання, дряпання, проорювання), втома при коченні (пітінг), інші види пошкодження (корозія, ерозія, зминання) [2].

Розглянемо деякі аспекти природи зношування з точки зору вибору і ефективності використання того чи іншого методу зміцнення або

зносостійкого покриття з врахуванням реального зносу деталі. Сила тертя і коефіцієнт тертя залежать від різних факторів. На основі розроблених фізико-механічних моделей тертя і зношування у загальному випадку при відносному русі твердих тіл, сила тертя визначається адгезійною і деформаційною взаємодією.

За адгезійної взаємодії у ділянці контакту деталей тертя за рахунок створення ювенільних поверхонь та дії молекулярних сил утворюються «містки зварення» (welding bridges) [3] або забезпечується холодне зварювання (cold welding) [4]. Для зменшення адгезійної складової необхідно у трибоконткті мати матеріали у вигляді покриттів, котрі забезпечать відсутність процесу схоплювання.

З цієї точки зору найбільший інтерес представляють неметалеві матеріали. До відомих неметалевих матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя відносяться, наприклад, графіт і дисульфід молібдену. Дисульфід молібдену, шарова структура якого подібна структурі графіту, також характеризується низьким коефіцієнтом тертя, при цьому у вакуумі його коефіцієнт тертя не зростає.

Для зменшення деформаційної складової необхідно на стадії конструкторської розробки деталей і вузлів тертя закладати у креслення мінімальні параметри шорсткості зношуваних поверхонь (що і робиться для найбільш відповідальних пар тертя).

Існуючі розрахункові моделі зношування можливо умовно розділити на чотири типи: емпіричні, напівемпіричні, енергетичні і кінетичні. Емпіричні моделі представляють собою математичну апроксимацію експериментальних результатів. У них механічні характеристики поєднуються з характеристиками процесу зношування (зносостійкістю, швидкістю зношування) крізь безрозмірні емпіричні коефіцієнти, які не мають певного фізичного смислу.

Залежності мають, як правило, вид лінійної або степеневі функції.

Напівемпіричні моделі включають параметри, для кожного з яких встановлений зв'язок з фізико-механічними властивостями матеріалів, характеристиками процесів. Експериментальна оцінка цих параметрів дозволяє здійснювати аналіз реальних фізичних явищ. Розрахункові залежності в напівемпіричних моделях побудовані з фізичних міркувань та з врахуванням розмірностей параметрів.

Енергетичні моделі з'явилися на основі термодинамічного аналізу процесів зношування. Параметрами енергетичних моделей є основні термодинамічні характеристики матеріалу поверхневого шару: ентропія,

температура, енергія пошкодження та інші. Розрахункові залежності цього типу містять у своїй основі рівняння балансу ентропії.

Кінетичні моделі зношування побудовані на основі кінетичної концепції міцності твердих тіл. Характерною особливістю цих моделей є використання фактору Больцмана для опису зв'язку швидкості зношування зі зовнішніми факторами та описом властивостей матеріалу через його активаційні характеристики: енергію активації і структурно-чутливий коефіцієнт.

У відповідності з класифікацією процесів зношування, розробленої професором Б.І. Костецьким, особливе місце займають фізико-хімічні процеси [1,2]. Контактна зона безпосередньо прилягає до поверхні тертя і має глибину декількох десятків або сотень тисяч нанометрів [2]. Ця зона характеризується специфічними механізмами пластичної деформації та орієнтованою ультра дисперсною будовою, що обумовлює аномалію процесів адсорбції, дифузії, хімічних реакцій і руйнування.

За цими ознаками контактну зону треба розглядати як тонко плівковий об'єкт. Одночасно протікаючи структурна і термічна активація при терті не тільки процеси насичення, але й сприяє дифузії практично всіх елементів, що заповнюють зону тертя, незалежно від їх природи, атомних розмірів і таке інше. У результаті досліджень було розроблено ряд методів зміцнення поверхонь тертя (механохімічна цементация, азотування, насичення киснем).

Обґрунтоване використання того чи іншого методу зміцнення можливе за умови правильного поєднання первинних або вихідних показників властивостей поверхневих шарів і умов експлуатації. На сьогодні розроблено близько 120 різноманітних методів зміцнення та відновлення поверхонь тертя деталей машин, технологічного обладнання, інструменту. В теперішній час, у вузлах тертя машин використовують металеві, неметалеві і композиційні матеріали, монолітні і поруваті, які мають як гомогенну, так і гетерогенну структуру. Ці покриття отримують методами литва, порошкової металургії, наплавлення і напилювання.

Підвищення зносостійкості і терміну служби машин агропромислового комплексу можливо досягти наступними методами: високоякісним конструюванням, впровадженням сучасних конструкційних матеріалів, використанням термічної або хіміко-термічної обробки, а також зносостійкого наплавлення.

В матеріалах, що виготовляють методами порошкової металургії, міцність досягається як за рахунок гетерогенізації структури, так і за рахунок отримання оптимальної поруватості. Гетерогенність структури більшості

матеріалів для деталей машин обумовлена вимогами конструкційної міцності.

Аналіз і дослідження матеріалів деталей машин, що працюють в умовах тертя і зношування, виготовлених за кордоном, однозначно вказує на використання поверхневого нанесення покриття методами наплавлення або напилювання. Тому очевидно, що такі деталі більш довговічні. Існує близько двадцяти різновидів технології наплавлення і напилювання.

#### **Список використаних джерел:**

1. Костецкий Б.И. Надежность и долговечность машин [Текст]/ Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, Л.И.Бершадский, А.К.Караулов.-К.: Техніка, 1975. – 408 с.
2. Костецкий, Б.И. Поверхностная прочность материалов при трении [Текст] /Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов, Л.И.Бершадский, Н.Б.Костецкая, В.А.Ляшко, М.Ф.Сагач. – К.: Техніка, 1976. – 296 с.
3. Bowden F.P., Tabor D. The Friction and Lubrification of Solid.-Oxford and Clarendon Press. - 1989. - 374 p.
4. Fox-Rabinovich, G.S. Characteristic features of alloying HSS-based deformed compound powder materials with consideration for tool self-organization at cutting / G.S. Fox-Rabinovich // Wear.206/1997.p.214