

АНАЛІЗ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ, МЕХАНІЗМУ ТА ХАРАКТЕРУ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ У СЕРЕДОВИЩІ ҐРУНТУ

Борак К. В.

к.т.н., заступник директора з навчальної роботи

Житомирський агротехнічний коледж

м. Житомир, Україна

Великий внесок у вивчення явищ, які відбуваються при абразивному зношуванні, зробили М.М. Хрущов [1-2], І.В. Крагельський [3], Б.І. Костецький [4], М.М. Тененбаум [5], В.І. Дворук [6], В.В. Аулін [7] та інші.

На даний час різні дослідники по-різному пояснюють механізм абразивного зношування. Найбільш розповсюджене пояснення зводиться до уявлення абразивного процесу зношування, як результату дряпання металу абразивними частинками, яке викликає мікрорізання поверхні металу. Подібного трактування дотримуються В.Ф. Лоренц, В.Д. Кузнецов, А.К. Зайцев, В.Н. Кащєєв, В.М. Глазков та інші.

Під абразивним зношуванням М.М. Хрущов і М.А. Бабічев розуміють руйнування поверхні металу абразивними частинками мінерального походження [1-2].

Б.І. Костецький запевняв, що руйнування при абразивному зношуванні проходить унаслідок зім'яття й зрізання мікрооб'ємів металу та утворення стружки сколювання й зміцнення поверхневих шарів. Науковою школою Б.І. Костецького теоретично обґрунтовано загальну закономірність процесів тертя і зношування в умовах абразивного середовища, у якій механохімічний фактор посідає одне з основних місць [4].

У реальних умовах роботи обладнання та інструментів при абразивному зношуванні можливі різні схеми зовнішньої силової дії абразиву. Автором [8] систематизовано абразивний вид зношування за характером дії абразивної частинки на контактні поверхні зношування: ковзання по монолітному абразиву; удар по абразиву; кочення по абразиву; дія абразивного потоку; рух у масі незакріплених абразивних частинок.

Проф. Ткачов В.М. [9] виділив окремо зношування при терті з абразивним прошарком. Зношування в незакріпленій абразивній масі найбільш характерне для сільськогосподарської техніки [8].

Проф. М.М. Тененбаумом [5] зазначив, що для сільськогосподарських машин абразивний знос при русі в масі абразивних частинок можливо поділити на два підвиди:

- при переміщенні в ґрунтовій масі й мінеральних добривах;
- при переміщенні в органічній масі, яка вміщує абразивні частинки.

У сільському господарстві абразивному зношуванню найбільше піддаються деталі машин, що працюють в ґрунтовій масі (ґрунті).

Розглянемо схему фрикційного контакту (рис. 1) при переміщенні деталі в середовищі ґрунту [5]. Як показано на схемі (рис 1), з поверхнею деталі

стикаються порівняно слабо зв'язані між собою тверді частинки, з різноманітними механічними властивостями, різною формою й розмірами; на кожную частинку діє визначена для абразивної маси нормальна сила P_i , і кожна з контактуючих частинок здатна витримувати до суттєвої зміни свого положення (щодо сусідніх частинок) деяку силу F_i , направлену паралельно поверхні деталі [5]. Абразивне середовище з такими зв'язками є напівзакріпленим [7].

Контакт твердої частинки з поверхнею деталі здійснюється на площі малої величини, яку в першому наближенні можна вважати сферичною. Радіус цієї сфери R_i загалом не має прямого зв'язку з розміром абразивного зерна (рис. 1).

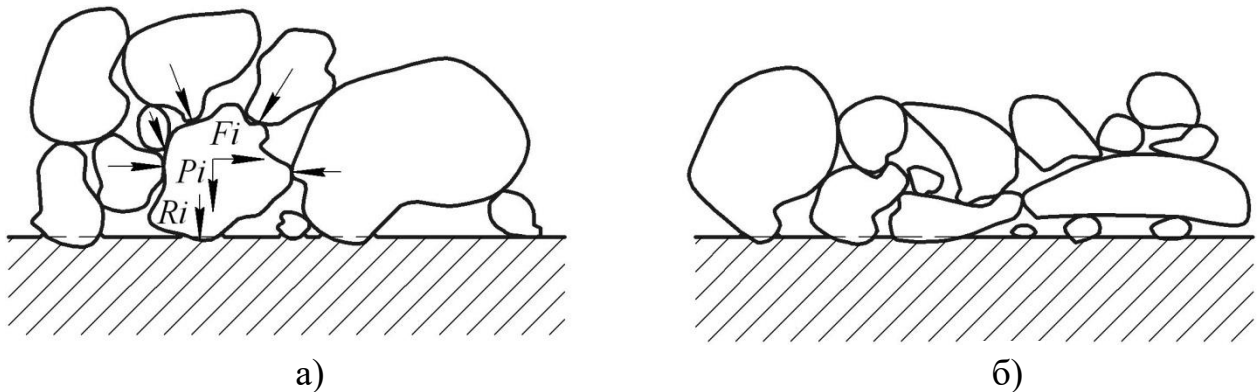


Рис. 1. Схема контакту абразивних частинок із поверхнею деталі: а) – при взаємодії з відносно великими частинками абразиву; б) при взаємодії з відносно невеликими частинками абразиву. R_i – радіус контактної поверхні абразивної частинки, P_i – нормальне навантаження, що припадає на конкретну частинку, F_i – сумарна дотична сила, яка втримує частинку від зміщення по відношенню до сусідніх частинок (така сила визначається ступенем закріпленості абразиву)

На ділянці, де відбувається взаємодія абразивної маси з поверхнею деталі, виникає контактне напруження:

$$\sigma_M = f(R_i; P_i; P_i; F_i), \quad (1)$$

де R_i – радіус контактної поверхні абразивної частинки;

P_i – показник механічних властивостей абразивної частинки (міцність, модуль пружності, коефіцієнт Пуассона);

P_i – нормальне навантаження, що припадає на певну абразивну частинку;

F_i – сумарна дотична сила, яка втримує частинку від зміщення щодо сусідніх абразивних частинок (така сила визначається ступенем закріпленості абразиву).

Залежно від величини виникаючих напружень σ_M механічні процеси, що протікають у поверхневому шарі, який контактує з масою абразивних частинок, можуть бути такими:

- пружне деформування мікрооб'ємів матеріалу; зменшення міцності поверхневого шару при одночасній дії середовища; втомлювальне руйнування об'ємів;

- пластичне деформування мікрооб'ємів матеріалу; зменшення міцності поверхневого шару при одночасній дії середовища; полідеформаційне руйнування мікрооб'ємів матеріалу;

- руйнування мікрооб'ємів матеріалу шляхом зрізу або відриву.

Питаннями переходу від пружного деформування до пластичного деформування й переходу до зрізу займався І.В. Крагельський [3]. Закономірності, встановлені для металічних тіл, не враховують факторів (міцність абразивних зерен, ступеня закріпленості, форма абразиву), характерних для зношування в абразивній масі.

Зокрема, для якісної оцінки форми абразивного зерна (однієї фракції) в роботі М.М. Тененбаума [5] запропоновано критерій, названий коефіцієнтом форми:

$$K_{\phi} = \frac{M(n_i)M(D_i - d_i)}{M(R_i)}, \quad (2)$$

де $M(n_i)$, $M(R_i)$ і $M(D_i - d_i)$ – математичне очікування відповідно для числа вершин, їх радіусів і різниці діаметрів кіл, описаного навколо контура і вписаного в контур зерна.

Перехід до прямого руйнування (зрізу) здійснюється при збільшенні K_{ϕ} , зокрема, коли достатньо велика ймовірність контакту частинки по виступу з малим радіусом кривизни, а форма частинки далека від сферичної.

Проф. М.М. Сєвєрньов [10] встановив, що більшість абразивних частинок у ґрунті мають округлену форму, що виключає можливість процесу зрізу металу абразивами. Дослідженнями проф. В.М. Ткачова [9] встановлено, що в процесі абразивного зношування робочих органів ґрунтообробних знарядь процес мікрорізання поверхні практично неможливий, а процес зношування відбувається за рахунок пластичного деформування поверхні.

Експериментально встановлено, що механізм зношування в середовищі ґрунту визначається передовсім співвідношенням твердості металу й твердості абразивних частинок [5]. Здатність абразивних частинок руйнувати поверхню деталей оцінюється співвідношенням мікротвердості матеріалу H_m та абразиву H_a :

$$K_m = \frac{H_m}{H_a}. \quad (3)$$

Дослідним шляхом виявлено, що критичним значенням коефіцієнта є $K_m = 0,5 \dots 0,7$. Якщо $K_m < 0,5$, то можливе пряме руйнування матеріалу (при відповідній формі частинки і достатньому навантаженні), якщо $K_m > 0,7$, то пряме руйнування малоімовірне.

Аналітична перевірка теоретичних положень абразивного зношування показала, що найбільш ймовірним механізмом такого зношування, при взаємодії з частинками ґрунту, є багатократне пластичне деформування одних і тих же мікрооб'ємів металу, в результаті якого спостерігається втомлювальне руйнування поверхневого шару металу.

Дослідники І. Ш. Беліничер, В. М. Гутерман, В. Г. Колесов, М. М. Серпик, М. М. Кантон та інші встановили, що твердість, як механічна властивість металу, не є надійним критерієм для оцінки зносостійкості. На інтенсивність зношування в абразивній масі суттєво впливає хімічний склад, внутрішні напруження та структура металу.

Дослідженнями [9] встановлено, що залежність зносостійкості від твердості матеріалу має прямолінійний характер тільки при мікрорізанні та пластичній деформації.

При збільшенні твердості матеріалу більш ніж на $0,8H_a$ спостерігається нелінійна залежність між зносостійкістю й твердістю:

$$\varepsilon = b_n H_i^n, \quad (4)$$

де ε – відносна зносостійкість матеріалу;

b_n – коефіцієнт пропорційності, який залежить від умов зношування;

H_m – мікротвердість матеріалу;

n – показник степеня, при $H_m < 0,6H_a$, $n=1$ і зростає зі збільшенням мікротвердості матеріалу.

М. М. Тененбаум [5] відзначав, що при зношуванні в реальній ґрунтовій масі можливе виникнення змішаних (хімічних та механічних) процесів зношування зі значною часткою полідеформаційного руйнування. С. О. Сидоров встановив, що кисень, який знаходиться в повітрі, сприяє інтенсифікації полідеформаційного процесу зношування в результаті утворення крихких з'єднань.

В роботах В. М. Ткачова [9] виділені основні фактори, що впливають на інтенсивність зношування в абразивній масі: природа і форма структурних складових сплаву; природа і твердість абразивного матеріалу; ступінь зв'язаності абразивних частинок; тиск на абразивну частинку.

Список використаних джерел

1. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Абразивное изнашивание. Москва : Наука, 1970. 252 с.
2. Хрущов М. М., Бабичев М. А. Исследования изнашивания металлов. Москва : Издательство АН СССР, 1960. 272 с.
3. Крагельский И. В. Трение и знос. М. : Машиностроение, 1962. 382 с.
4. Костецкий Б. И. Трение, смазка и знос в машинах. Київ: Техніка, 1970. 396 с.
5. Тененбаум М. М. Соппротивление абразивному изнашиванию. Москва : Машиностроение, 1976. 271 с.
6. Дворук В. І. Реолого-кінетична концепція абразивної зносостійкості та її реалізація в керуванні працездатністю механічних трибо систем : дис... доктора техн. наук : 05.02.04. Київ, 2007. 471 с.
7. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки : дис. ... д-ра техн. наук : 05.02.04. Хмельницький, 2015. 447 с.

8. Виноградов В. Н., Сорокин Г. Н., Колокольников М. Г. Абразивное изнашивание. Москва : Машиностроение, 1990. 224 с.
9. Ткачев В. Н. Работоспособность деталей в условиях абразивного изнашивания. Москва : Машиностроение, 1995. 336 с.
10. Износ и коррозия сельскохозяйственных машин / под. ред. М. М. Севернева. Минск : Беларус. навука, 2011. 333 с.