

УДК 621.43 DOI 10.36910/6775.24153966.2019.68.3

А.А. Дудніков, І.А. Дудніков, О.В. Горбенко, А.О. Келемеш, О.А. Бурлака  
Полтавська державна аграрна академія

### ПРОЦЕС І МЕХАНІЗМ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

*В роботі досліджений процес і механізм абразивного зношування деталей ґрунтообробних машин з метою підвищення їх надійності*

*Ключові слова: процес зношування, механізм абразивного зношування, види зношування, інтенсивність, надійність.*

А.А. Дудников, И.А. Дудников, А.В. Горбенко, А.А. Келемеш, А.А. Бурлака  
Полтавская государственная аграрная академия

### ПРОЦЕСС И МЕХАНИЗМ АБРАЗИВНОГО ИЗНАШИВАНИЯ

*В работе исследован процесс и механизм абразивного изнашивания деталей почвообрабатывающих машин с целью повышения их надежности.*

*Ключевые слова: процессизнашивания, механизм абразивного изнашивания, виды изнашивания, интенсивность, надежность.*

A. Dudnikov, I. Dudnikov, O. Gorbenko, A. Kelemesh, O. Burlaka  
Poltava State Agrarian Academy

### PROCESS AND MECHANISM OF ABRASIVE WEAR

*The work investigated the process and mechanism of abrasive wear of parts of tillage machines in order to increase their reliability.*

*Keywords: wear:wear process, abrasive wear mechanism, types of wear, intensity, reliability.*

**Постановка проблеми.** Актуальність досліджень обумовлена необхідністю дослідження механізму абразивного зношування деталей сільськогосподарських машин з метою розробки і застосування ефективних технологічних процесів їх довговічності.

Тому досить актуальними є питання проведення досліджень по вивченню механізму абразивного зношування поверхонь деталей гальмування (зменшення) деформаційного і сталого процесів зношування.

У зв'язку з цим дослідження процесу протікання абразивного зношування сприяє зниженню зношуваності деталей машин і підвищенню їх надійності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Контакт поверхонь деталей при наявності частинок, внаслідок чого відбувається абразивне зношування, значно відрізняється від контакту при терті шорстких поверхонь.

Абразивні частини сприяють активізації фізичних, фізико-механічних і хімічних процесів, які змінюють властивості і локальні об'єми поверхневого шару матеріалу деталей, як правило, в сторону зменшення міцності[1, 2].

В літературі представлено ряд досліджень [3, 4, 5] про вплив цілого ряду факторів (склад абразивних частинок, напруження в матеріалі деталей, навколишнє середовище та ін.), які в процесі експлуатації ґрунтообробних машин, погіршують їх технічні характеристики і працездатність.

Слід відмітити, що механізм протікання абразивного зношування матеріалу деталей ґрунтообробних машин досі залишається до кінця не реалізованим.

Актуальними є напрямки по дослідженню механізму абразивного зношування деталей ґрунтообробних машин з метою підвищення їх експлуатаційного ресурсу і якості обробки ґрунту.

Тому проведення досліджень процесу і механізму абразивного зношування деталей ґрунтообробних машин, є актуальним для агропромислового комплексу України [6].

**Постановка завдань.** Метою роботи є підвищення довговічності деталей ґрунтообробних машин за рахунок дослідження механізму їх абразивного зношування і використання зміцнюючої технології їх відновлення.

**Викладення основного матеріалу.** Абразивне зношування має широке розповсюдження. Багато робочих органів сільськогосподарських машин (диски копачів бурякозбиральних машин, плужні лемеші, диски сівалок та ін.) виконують свої службові функції в безпосередньому контакті з ґрунтом.

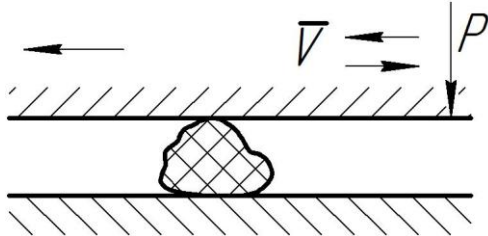
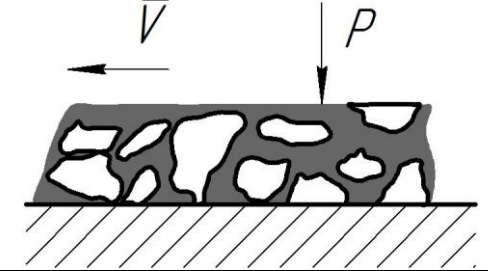
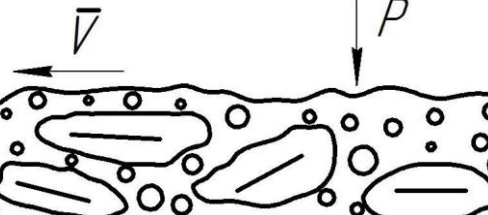
В реальних умовах зношування попадання твердих частин в контакт тертьових деталей і їх участь в розвитку зношування виключити практично неможливо, особливо для сільськогосподарських, будівельних, дорожніх машин.

Види зношування на нашу думку визначаються схемою фрикційного контакту, характером діючих сил і зовнішнім середовищем.

В таблиці 1 представлені схеми контактів і види зношування, які характерні для умов тертя при наявності в зоні тертя абразивних частин.

Таблиця 1.

**Схеми контактів і види зношування при наявності абразивних частин**

Схема фрикційного контакту	Зовнішнє середовище	Види зношування при наявності твердих частин
	Газ, рідина	Контактно-абразивне зношування при терті ковзання
	Мінеральні частини + рідина + органіка, + газ	Абразивне зношування при терті в об'ємі твердих частин
	Органіка + мінеральні частини + рідина + газ	Абразивне зношування ковзаючим контактом органічних частин

Оцінку абразивної зносостійкості матеріалів проводили при терті по шліфувальному папері з твердістю частин, що більше твердості матеріалу деталі. При випробуванні отримані дані залежності зносостійкості матеріалів від їх твердості, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2.

**Зносостійкість матеріалів при зношуванні абразивом**

Матеріали	Твердість HV, МПа	Зносостійкість, хв./мм при дослідженні		
		кварц 0,4 мм	корунд 0,2 мм	кварцовий пил
Сталь ст.3	1200	25	9	20
Чавун СЧ 18	1800	23	8	26
Алюмінієвий сплав АЛ 9	1160	8	3	9

В реальних умовах зношування деталей дія абразивних частин створює в поверхневих шарах матеріалу деталей локальні осередки розвитку різних фізичних, фізико-хімічних і хімічних процесів, обумовлених складним напруженим станом мікрооб'ємів матеріалу і дією внутрішнього середовища.

Вказані фактори спонукають до протікання різних процесів: викривлення кристалічної решітки, переміщення дислокацій та ін.[7].

Загальна модель зношування може бути представлена в наступному вигляді:

$$N + F + v_T + R, \quad (1)$$

де  $N$  – нормальна складова сили;  $F$  – сила тертя;  $v_T$  – швидкість ковзання;  $R$  – сила різання.

Знак «+» означає одночасність дії факторів.

Нормальна складова сили  $N_i$  сила  $F$  при швидкості ковзання  $v_t$  створює складний напружений стан у мікрооб'ємах матеріалу, що сприяють розвитку локальних процесів зміцнення, зменшення зміцнення і руйнування об'єму матеріалу, поблизу до ділянок фрикційного контакту.

У виразі (1) вказані основні первинні фактори, що визначають розвиток процесів зношування і механізм руйнування мікрооб'ємів матеріалу.

Слід відмітити, що існують і інші первинні фактори, що впливають на розвиток і інтенсивність зношування (залишкові напруження в поверхневих шарах матеріалу деталі, шорсткість поверхні матеріалу, параметри обробки та ін.).

Абразивні частини при терті створюють в поверхневому шарі матеріалу деталі спектр контактних напружень, що ініціюють різні зміни в мікрооб'ємах матеріалу. Більша частина цих змін послаблює матеріал, що призводить до руйнування матеріалу.

В результаті механічної і викликаних цим теплової дії в матеріалі відбуваються дифузійні процеси, структурні і фазові перетворення, що змінюють щільність дислокацій, викривлення кристалічної решітки грати, створюються значні внутрішні напруги. Ці зміни впливають на характеристики міцності матеріалу деталей, знижуючи їх опір руйнуванню.

Таким чином, кінцевий акт абразивного зношування представляє собою руйнування продуктів взаємодії вихідного матеріалу деталі із зовнішнім середовищем і продуктами, що утворилися в результаті дії всіх факторів, які притаманні відповідному режиму тертя.

Проведені дослідження зносостійкості (табл. 2) показують, що при зношуванні матеріалів кварцовим пилом ряд зносостійкості змінився, що вказує про різний механізм зношування різними абразивними частинами.

Крупні кварцові частини округлених форм не викликають прямого руйнування матеріалів. Під дією цих частин мікрооб'єми матеріалу деталі деформуються пружно і пластично. Найбільш вірогідним процесом руйнування в цьому випадку, на нашу думку, буде багатоциклічне деформування в пластичній ділянці.

Через великі розміри кварцових частин (0,4 мм) в пластичну деформацію втягуються значні об'єми матеріалу, в яких можуть протікати процеси деформування, що призводять до крихкості і наступного руйнування матеріалу.

При більших об'ємах матеріалу, що деформується механізм його кришення і руйнування може бути суттєво різним. Це визначається різною природою ендогенних процесів, що розвиваються в поверхневому шарі матеріалу.

Ми вважаємо, що існує суттєва різниця між процесом і механізмом зношування.

При всіх видах зношування процеси руйнування мікрооб'ємів матеріалу в феноменологічному відношенні аналогічні: одноактні процеси руйнування в'язкого або крихкого характеру; багатоциклічні процеси руйнування – полікристалічний при пластичному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу або втомлюваний при пружному деформуванні мікрооб'ємів поверхневого шару матеріалу деталі.

Цього недостатньо для розуміння природи зношування оскільки процеси руйнування в залежності від властивостей матеріалів, що зношуються і умов тертя мають різні механізми: пряме руйнування може бути інтеркристалічним і транскристалічним.

Особливо різноманітні механізми руйнування мікрооб'ємів матеріалу при багатоциклічних процесах зношування, в тому числі при дії абразивних частин.

Загальне нагрівання поверхневого шару і деформування матеріалу прискорюють хімічні реакції, створюючи умови для дифузії зі швидкістю значно більшої, ніж при звичайних умовах.

Кожний матеріал по-своєму реагує на комплекс зовнішніх факторів, в зв'язку з чим багатоциклічний процес зношування може мати різний механізм руйнування матеріалу, оскільки поєднання матеріалів і умов зношування по всім зовнішнім факторам не має кількісних меж.

При абразивному зношуванні всіх видів суттєве значення має зменшення міцності матеріалів, що викликане дифузійно-активним воднем.

В умовах тертя, що характерні для деталей і робочих органів сільськогосподарських машин, відбувається інтенсивне наводнення їх поверхневих шарів.

При терті між металом і вологим ґрунтом або між різним матеріалом рослинного походження утворюється дифузійно-активний водень, що легко проникає в глибину металу.

Інтенсивність наводнення залежить від вологості ґрунту.

Водень є одним із найбільш агресивних агентів абразивного зношування деталей і робочих органів сільськогосподарських машин.

Диференціація понять про види, процеси і механізм абразивного зношування допомагає в рішенні деяких триботехнічних завдань.

Розгляд абразивного зношування як складного процесу дозволяє отримати об'єктивні дані про зносостійкість матеріалу і вести пошук нових композицій (табл. 3).

Таблиця 3.

**Система досліджень матеріалів і деталей сільськогосподарських машин**

Категорія досліджень	Об'єкти досліджень	Умови досліджень	Призначення досліджень	Результати досліджень
1. Імітація	Деталь, її фрагмент	Імітація фрикційної взаємодії деталей або фрагментів (з ґрунтом заданого механічного складу або із штучного середовища, подібного до ґрунту	Аналіз впливу конструктивних, матеріальних і технологічних факторів на формозміну леза; оцінка результатів	Характер формозміни леза; епюри зносу; динаміка зношування; енергетичні показники; умовна конструкційна зносостійкість; умовний ресурс
2. Натурні	Деталь, складальна одиниця	Реальні умови роботи деталі, складальної одиниці	Оцінка ресурсу деталі, складальної одиниці і енергетичних показників роботи	Конструкційна зносостійкість, енергетичні показники; якість виконання агротехнічних вимог; особливості формозміни в різних ґрунтово-кліматичних умовах; характеристика граничного стану

**Висновки.** Оцінку абразивної зносостійкості матеріалів потрібно виконувати в умовах, які забезпечують відтворення видів і механізмів зношування, що мають місце в реальних умовах роботи деталей.

**Список використаних джерел:**

1. Дудніков А.А., Келемеш А.О., Семчук Г.І., Єфремов С.Г., Забезпечення якості поверхні деталей при обробці тиском. Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха. Вип. 98. Т.2. 2013. 590 с.
2. Погорілий Л. Перспективні конструкції ґрунтообробних машин. Сільськогосподарська техніка України. 1988. №2. С.6-12.
3. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин. Тернопіль : ВАТ «ТВПК», 2003. 323 с.
4. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. М. : Машиностроение, 1991. 264 с.
5. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1. Машини та обладнання для обробітку ґрунту. Харків : Око, 2001. 444 с.
6. Білоусько Я.К., Бурилко А.В., Галушко В.О. Проблеми реалізації технічної політики в агропромислового комплексі. Київ : ННЦ ІАЕ, 2007. 16 с.
7. Громов Н.П. Теория обработки металлов давлением. М. : Металлургия, 1987. 340 с.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2019