

УДК 621.891

**М. І. ДЕНИСЕНКО<sup>1</sup>, О. В. ЗАЗИМКО<sup>1</sup>, В. Ф. ЛАБУНЕЦЬ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup>Національний авіаційний університет

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ГРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН**

*Виконано дослідження поверхонь тертя і склад вторинних структур, які утворюються при абразивному зношування конструкційних матеріалів*

*Ключові слова: абразив, зносостійкість, сталь, леміш, вторинна структура.*

**Загальна постановка проблеми та її зв'язок з науково практичними завданнями.** За розповсюдженням та негативним впливом на ефективність і ресурс роботи машин зношування їх деталей – одна із основних причин, яка затримує розвиток технічного прогресу. Зношування в умовах абразиву, як найбільш поширене та інтенсивне, а часто й катастрофічний вид тертя – це процес механічного руйнування поверхні деталі у результаті різальної або дряпаючої дії на неї твердих частин. Абразивне зношування і пошкодження визначають працездатність робочих органів посівних, ґрунтообробних, садильних, кормозбиральних, та інших сільськогосподарських машин. Слід відмітити, що “чисто” абразивне зношування зустрічається дуже рідко, а особливістю зношування робочих органів зазначених машин є прямий контакт поверхонь тертя безпосередньо з ґрунтом, що призводить до інтенсивного зносу таких деталей як лемешів і полиць плугів, польових дощок лап культиваторів, дисків борін та ін. У зв'язку з цим дослідження механізму зношування і розроблення практичних рекомендацій у напрямку підвищення їх працездатності є актуальним.

**Огляд публікації та аналіз невирішених проблем.** Успішне вирішення проблеми підвищення зносостійкості і терміну служби деталей машин, які працюють в умовах абразивного зношування, у значному ступені залежить від наших уявлень про механізми цього процесу і чинників, що визначають рівень зносостійкості конструкційних матеріалів. [1]

Аналіз механізму абразивного зношування багаточисельних досліджень [2-7 та ін.] показав, що процеси взаємодії твердих абразивних часток з поверхнями робочих органів машин багатофакторні, комплексні і характеризуються значною різноманітністю. На інтенсивність розвитку процесів абразивного зношування окрім фізико-механічних властивостей (міцність, твердість, пластичність та ін.) матеріалу, який зношується, впливає природа абразивних частинок, їх величина, форма, ударна взаємодія, температура, агресивність зовнішнього середовища та ін.

В [8] встановлено, що інтенсивність абразивного зношування деталей робочих органів ґрунтообробних машин залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту. Так, на піщаному ґрунті деталі зношуються по товщині, а на глиняній і суглинній – по ширині. При цьому на піщаному ґрунті деталі зношуються у 8-10 раз швидше ніж на глиняному.

Механічний склад і стан ґрунту впливають не тільки на інтенсивність зношування, але і на його характер. Особливо це видно, на прикладі зносу лемешів, лап культиваторів і дискових борін, котрі були нами досліджувані.

**Мета роботи.** Дослідження поверхонь тертя і складу вторинних структур, що утворюються при абразивному зношуванні конструкційних матеріалів.

**Матеріали і методи дослідження.** Визначення впливу твердих абразивних частинок на зносостійкість конструкційних матеріалів проводили як у лабораторних умовах на зразках із сталі 65Г, так і безпосередньо у польових умовах на лемешах плугів. Абразивну зносостійкість сталі 65Г визначали на установці і за методикою [9]. В якості абразиву використовували кварцовий пісок зернистий 50 мкм.

Дослідження мікроструктури до і після випробувань проводили на мікроскопі NEOFOT-21, субструктуру вивчали на растровому електронному мікроскопі PEM-106I.

При дослідженні вторинних структур використовували JAMP-10S (IEOL). Профілографування поверхонь робочих виконували на профілометрі – профілографі МОДЕЛЬ 201.

**Результати досліджень і їх обговорення.** Для комплексного вивчення специфіки абразивного зношування були вибрані робочі органи ґрунтообробних і посівних сільськогосподарських машин, котрі експлуатувались в абразивній масі (лемеші і передплужники плуга, лапи культиваторів, сошники сіялок, диски борін). Особливістю їх зносу є прямий контакт поверхонь тертя робочих органів безпосередньо з ґрунтом. Що стосується лемешів, то можна відмітити, що їх працездатність залежить від властивостей ґрунту і може бути двоякою. В одних умовах леміш втрачає працездатність, внаслідок затуплення різальної крайки, а в інших - внаслідок утворення наскрізних отворів поблизу носової частини [8]

Слід відмітити, що одне з перших досліджень в польових умовах було проведено А.А.Батурицем в 1938р. Він встановив, що знос лемешів залежить в основному від фракційного складу ґрунту, причому фракції частинок 0,1-0,25 мм (переважно кварц) має найбільш зношувальну дію.

Зі збільшенням відсоткового вмісту великих частинок абразивність ґрунту різко збільшується; особливо швидко зношуються лемеші на на кам'янистих ґрунтах.

Рельєф поверхні тертя і мікроструктури поверхневих шарів, досліджуваних за допомогою візуального огляду, профілографування, оптичної та електронної скануючої мікроскопії (рис.1-2) свідчить про те що, абразивна здатність ґрунту залежить від розміру абразивних частинок, їх форми, твердості, питомого навантаження на них, а також його хімічної активності.

Зв'язок між частинками ґрунту не є жорстким, а в деяких випадках частинки повністю ізольовані одна від іншої. Це виявляє відмінність характеру дії на поверхневий шар нерівностей спряженої поверхні і посторонніх твердих частинок.

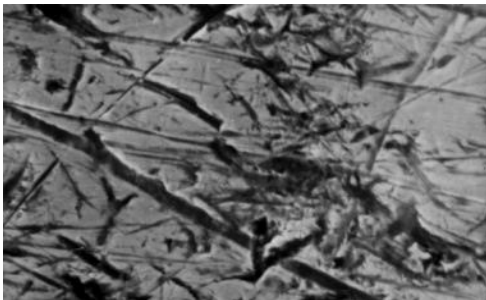


Рис. 1. Структура поверхні тертя лемеша плуга після експлуатації

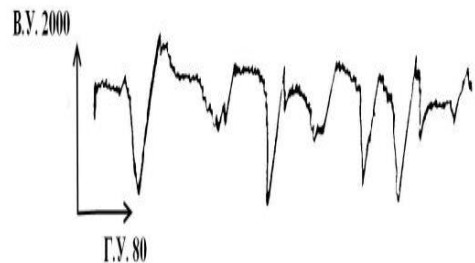


Рис. 2. Профілограма поверхні тертя лемеша плуга

Разом з тим, поведінка цих частинок при прикладенні навантаження істотно відрізняється від поведінки мікронерівностей монолітного твердого тіла, звычай металічного. Контактуючі з поверхневим шаром частинки в більшості випадків мають мінеральне походження, не зміцнюються при механічній дії (на відмінну від більшості конструкційних металічних сплавів); їх руйнування носить переважно крихкий характер. Все це визначає специфічність процесу зносу, в яких основну роль відіграють тверді частинки.

В процесі роботи на поверхнях тертя безперервним потоком переміщуються абразивні частинки ґрунту, деформуючи поверхню і збільшуючи реакційну здатність мікрооб'ємів металів зони конаткту. Активний метал поверхневих шарів миттєво взаємодіє з хімічно активними елементами середовища – киснем повітря та іншими окисниками. На поверхнях тертя спонтанно формується плівки вторинних структур (ВС).

Провідним видом зносу цих деталей (робочі ограні) є механокорозійна форма абразивного зносу.

Розподіл хімічних елементів по глибинній поверхневого шару лемеша плуга показано на рис. 3

Вміст досліджуваних елементів (в атомних процентах) змінюється зі збільшенням часу травлення поверхневих шарів деталі. Характерний ОЖЕ-спектр хімічного складу поверхневого шару лемеша плуга на ділянці I (зона ВС) показаний на рис 4. В спектрі присутні лінії відповідні залізу, кисню, водню, кремнію. Інші елементи, що складають менше 0,5 ат.% не виявлені. Особливістю експлуатації ґрунтообробних, посівних і кормозбиральних машин являється прямий контакт поверхонь тертя їх робочих органів безпосередньо з ґрунтом або з продуктами рослинництва. Виявляються плями пластичної деформації і ознаки текучості металу за напрямком переміщення при абразивному тертю (рис.1) На поверхнях тертя робочих органів досліджених машин спостерігалися ефекти полірування.

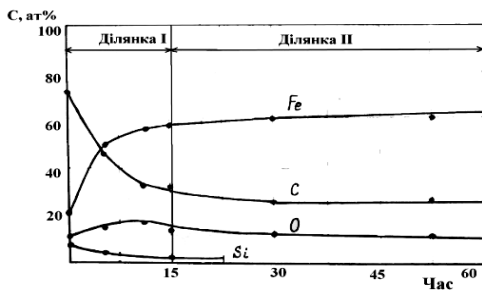


Рис. 3 Розподілення хімічних елементів в поверхневому шарі плуга після експлуатації в залежності від часу травлення

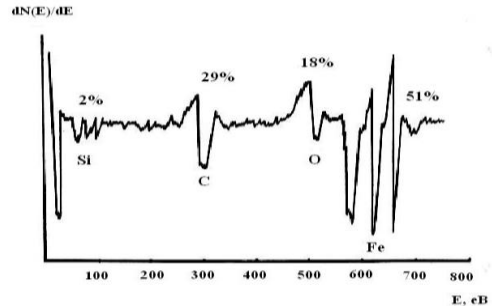


Рис. 4 ОЖЕ-спектр хімічного складу поверхневого шару (ділянка I) лемеша плуга після експлуатації

Елементний зміст поверхневого шару (ділянка I) лемеша плуга (час травлення до 10 хв.) різко відрізняється від змісту основного об'єму сталі, з якої він виготовлений (ділянка II). Ділянка I, глибина якої доходить до 0,1...0,2 мкм, представляє нову трансформовану фазу з різко зміненим елементним складом, утворену в результаті деформації і взаємодії із середовищем в процесі експлуатації. Склад кисню на ділянці I збільшується. На поверхні вміст кисню становить 10%, а на глибині до 0,1мкм збільшується до 18%.

В результаті взаємодії пластично деформованих (текстурованих) поверхневих шарів металу з киснем повітря утворюються хімічно адсорбуючі плівки тве-

рдих розчинів або хімічні зв'язки метала з киснем. Видалення їх з поверхні тертя протікає як термодинамічний процес і відновлення окисидних плівок [10; 11].

Ділянка II (рис. 3) характеризується незначною зміною концентрації кисню і вуглецю. Основою спектру є елементарний зміст сталі з якої виготовлена деталь.

**Висновок.** Головною особливістю механокорозійних процесів при наявності абразивного середовища в зоні контакту є та обставина, що кисень модифікує поверхню тертя у процесі інтенсивної взаємодії твердих абразивних частинок з металевою поверхнею деталі, що обумовлює утворення вторинних структур при безперервному переміщенню абразивних частинок.

### Список літератури

1. Брыков Н.Н. Проблема сопротивления сталей и сплавов абразивному изнашиванию./ Н.Н.Брыков, М.Н.Брыков//Проблемы трибологии.–2006. –№1.–С.93–107.
2. Тененбаум М.М. Сопробивление абразивному изнашиванию/ М.М.Тененбаум. – М.:Машиностроения,1976. –371с.
- 3.Крагельский И.В. Трение и износ / И.В.Крагельский. – М.:Машиностроение, 1968.–420 с.
4. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах/ Б.И Костецкий. –К.:Техника, 1970. –396с.
5. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание/М.М.Хрущев, М.А. Бабичев. –М.:Наука, 1970.–252с.
6. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин/В.Н. Ткачев. –2– изд; доп.–М.:Машиностроение, 1971.–264с.
7. Кашеев В.Н. Процессы в зоне фрикционного контакта металлов/В.Н.Кашеев. – М.:Машиностроение, 1978. –213с.
8. Васильев С.П. Об изнашивающей способности почв/С.П. Васильев, Л.С. Ермолов // Повышение долговечности рабочих деталей почвообрабатывающих машин – сб. науч. трудов. – М.:Машиностроение, 1960. – С.11–15.
9. Лабунец В.Ф.Зносостійкість сталі 65Г в умовах абразивного зношування/ В.Ф.Лабунец, М.І. Денисенко, В.В. Загребельний // Проблеми тертя та зношування. –2015.– С.113–117.
10. Костецкий Б.И.Поверхностная прочность материалов при трении./ Б.И. Костецкий, И.Г.Носовский, Н.Б.Костецкая, В.А.Лешко, М.Ф.Сагач Под общей редакцией доктора технических наук Костецкого Б.И. «Техника», –1976. – 296 с.
11. Костецкий Б.И. О роли вторичных структур в формировании механизмов трения, смазочного действия и изнашивания/ Б.И.Костецкий//Трение и износ. –1980. –Т.1. – №4– С.622–677.

Стаття надійшла до редакції 27.02.2016

*M. I. DENYSENKO, O. V. ZAZIMKO, V. F. LABUNETS*

### INVESTIGATION OF FRICTION SURFACES OF WORKING ORGAN SOIL-CULTIVATING AGRICULTURAL MACHINES

The research was done of friction surface and composition of secondary structures, which formed during the abrasive wear of structural materials.

**Keywords:** abrasive, durability, steel, the ploughshove, secondary structures.

**Денисенко Микола Іванович** – канд. техн. наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

**Зазимко Оксана Володимирівна** – канд.техн.наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України

**Лабунец Василь Федорович** – канд.техн. наук., професор кафедри машинознавства НАУ.