

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-657-7-14>

THE MECHANISM OF ABRASIVE WEAR OF WORKING PARTS OF SOIL CULTIVATION MACHINES

МЕХАНІЗМ АБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН

Borak K. V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Director
Zhytomyr Agricultural Technical
College
Zhytomyr, Ukraine*

Борак К. В.

*доктор технічних наук, професор,
заступник директора
Житомирський агротехнічний
фаховий коледж
м. Житомир, Україна*

Fedorchuk A. O.

*Lecturer
Zhytomyr Agricultural Technical
College
Zhytomyr, Ukraine*

Федорчук А. О.

*викладач
Житомирський агротехнічний
фаховий коледж
м. Житомир, Україна*

Shevchuk O. A.

*Lecturer
Zhytomyr Agricultural Technical
College
Zhytomyr, Ukraine*

Шевчук О. А.

*викладач
Житомирський агротехнічний
фаховий коледж
м. Житомир, Україна*

Робочі органи ґрунтообробних машин функціонують в одному з найагресивніших трибологічних середовищ – мінерально-ґрунтовому абразивному потоці [1]. Частинки ґрунту різних фракцій, а також тверді включення у вигляді уламків гірських порід, ґрунтових конкрецій, будівельного сміття та залишків металевих предметів створюють умови інтенсивного абразивного зношування поверхні лемешів, лап, доліт, дисків, стояків, котків та інших елементів ґрунтообробної техніки. Внаслідок цього відбувається зміна геометрії ріжучих крайок, збільшення опору руху агрегатів, підвищення витрат пального та зниження якості обробки ґрунту [1].

Сучасні тенденції розвитку землеробства – збільшення робочих швидкостей, зростання ширини захвату машинно-тракторних агрегатів, перехід до ресурсозбережних технологій (No-Till, Mini-Till, Strip-Till) – супроводжуються підвищенням навантажень на робочі органи, що ще більше актуалізує проблему абразивного зношування. Зменшення

довговічності робочих органів призводить до зростання витрат на їх заміну, простоїв техніки та втрат виробництва.

Для цілеспрямованого підвищення зносостійкості необхідне глибоке розуміння механізму абразивного зношування, ролі ґрунтового середовища, характеристик матеріалу інструмента та режимів роботи. Саме механізм визначає, які види руйнування переважають у конкретних умовах: мікрорізання, мікророзкришування, пластичне деформування, втомне розтріскування чи відколювання твердих фаз. Це у свою чергу, дає можливість обґрунтовано вибирати матеріали, легування, термічну та хіміко-термічну обробку, наплавлювальні та напилювальні матеріали, геометрію та орієнтацію робочих поверхонь.

Абразивне зношування визначається як процес руйнування та видалення матеріалу з поверхні внаслідок дії твердих частинок, які рухаються відносно цієї поверхні та здатні спричинити мікрорізання, мікророзкришування або відрив фрагментів металу. Для робочих органів ґрунтообробних машин характерні два базові типи абразивного зношування: двотільне (контакт «метал – абразивна частинка») та тритільне (контакт «метал – абразивна частинка – ґрунтове середовище»).

При двотільному абразивному зношуванні тверді частинки жорстко закріплені в протилежному тілі (наприклад, у верхньому шарі ущільненого ґрунту або кам'янистій влючині), внаслідок чого діють як мікрорізки, що формують борозни та задирки на поверхні металу. Тритільне зношування має місце тоді, коли абразивні частинки вільно переміщуються між двома твердими поверхнями, наприклад, між лемішем плуга та масою ґрунту. У цьому випадку можливе не лише мікрорізання, але й ударне мікророзкришування поверхневого шару, а також «катання» твердих частинок, що спричиняє полірування та пластичне згладжування нерівностей.

За характером руйнування металу виділяють:

- різальне абразивне зношування, коли тверда частинка входить у контакт із поверхнею під певним кутом, врізається в метал і витісняє його вперед та вбік, утворюючи стружку;

- ударно-крихке зношування, при якому локальні динамічні навантаження викликають розкришування зміцненого шару та відрив мікроб'ємів металу;

- втомне абразивне зношування, пов'язане з циклічними контактними напруженнями, що призводять до зародження та розвитку тріщин у поверхневому шарі з подальшим вивільненням мікрочастинок металу

- зношування шляхом пластичного згладжування, що проявляється в умовах відносно м'якого абразиву, коли домінує пластична деформація мікронерівностей без інтенсивного видалення матеріалу.

Для доопрацювання конструкцій робочих органів важливо встановити, який тип зношування домінує в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах та за конкретного режиму роботи, оскільки це визначає пріоритетні напрямки підвищення зносостійкості.

Робочий орган ґрунтообробної машини, взаємодіючи з ґрунтом, реалізує складний просторовий рух, що включає поступальний рух агрегату, можливе обертання (для дискових та ротаційних робочих органів) та коливання. Трибосистема «робочий орган – ґрунт» характеризується змінними контактними умовами: площа контакту, нормальні та дотичні напруження, швидкість ковзання, наявність або відсутність «мастильного» (водного) шару, температура поверхні тощо.

Рівень контактних напружень і швидкість ковзання визначають потужність, яка витрачається на тертя та зношування. В загальному вигляді питома робота абразивного зношування пропорційна добуткові нормальної сили на шлях ковзання та залежить від коефіцієнта тертя й абразивних властивостей середовища. При цьому локальні напруження в мікроконтактах значно перевищують середні значення і можуть досягати величин, при яких у поверхневому шарі металу виникає інтенсивна пластична деформація, фазові перетворення, локальний нагрів та структурні зміни.

На мікрорівні абразивне зношування робочих органів реалізується через послідовність елементарних актів взаємодії окремих абразивних частинок із мікронерівностями металевої поверхні. Механізм можна умовно розділити на кілька стадій:

1. Первинне формування мікроконтактів. У зоні контакту між металом і ґрунтом формується велика кількість мікроскопічних контактних майданчиків, де тверді абразивні частинки вступають у прямий контакт із металом.

2. Локальне пластичне деформування. Під дією нормальних і дотичних напружень мікронерівності металу спочатку деформуються пружно, а при перевищенні межі плинності – пластично. Утворюються мікровалики деформованого металу, який витісняється з передньої частини контакту.

3. Зародження мікротріщин і відрив частинок металу. При рециркуляції навантажень, зміні напрямку ковзання та додаткових ударних впливах у зоні концентраторів напружень (наприклад, у основі мікроборозен) зароджуються мікротріщини. Їхній розвиток призводить до відколювання мікроб'ємів металу, які приєднуються до абразивного потоку.

4. Формування вторинних поверхонь і поверхневого шару знеміцнення. Унаслідок багаторазового повторення елементарних актів мікрорізання та відриву металу поверхня робочого органа набуває

специфічного мікрорельєфу у вигляді системи борозен, западин та задирок. Частина поверхневого шару зазнає наклепу, але в умовах циклічного навантаження та тертя можливе також знеміцнення, що зменшує опір подальшому зношуванню.

5. Самоорганізаційні процеси мікрорельєфу. У певних умовах формується робочий мікрорельєф, який частково стабілізує процес тертя. Окремі технологічні рішення (створення «позитивного профілю» лемеша, наплавлення зносостійких вставок) спрямовані на керування самоорганізацією мікрорельєфу таким чином, щоб він зменшував інтенсивність подальшого зношування.

Описаний мікромеханізм тісно пов'язаний з характеристиками матеріалу робочого органа – твердістю, пластичністю, в'язкістю, мікроструктурою, наявністю зміцнених фаз та дефектів.

Узагальнена структурна модель механізму абразивного зношування, що враховує трибосистему «робочий орган – ґрунт», систему навантаження, мікромеханізм руйнування й еволюцію поверхневого шару, є ефективним інструментом для прогнозування ресурсу робочих органів і вибору раціональних шляхів підвищення їхньої довговічності.

Література:

1. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.