

SECTION 3. MATERIALS SCIENCE

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-475-7-6>

INFLUENCE OF SOIL CHARACTERISTIC INDICATORS ON THE CAUSES OF FAILURE OF WORKING BODIES OF TILLAGE AGRICULTURAL UNITS

ВПЛИВ ПОКАЗНИКІВ ХАРАКТЕРИСТИКИ ҐРУНТІВ НА ПРИЧИНИ ВИХОДУ ЗІ СТРОЮ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТООБРОБНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ АГРЕГАТІВ

Zakharov A. V.

*Postgraduate Student
at the O. I. Sidashenko Department
of Service Engineering and Materials
Technology in Mechanical Engineering
State Biotechnological University
of Ukraine
Kharkiv, Ukraine*

Захаров А. В.

*аспірант кафедри сервісної інженерії
та технології матеріалів
в машинобудуванні
імені О. І. Сідашенка
Державний біотехнологічний
університет
м. Харків, Україна*

Основними робочими органами ґрунтообробних агрегатів є: леміш, відвал і польова дошка, лапи культиватора, диски борін, лушпильників і сівалок, зуби фрез тощо. Для виготовлення цих деталей використовують такі матеріали: сталь Л50, сталь Л53, сталь 60, сталь 65Г. Робочі органи ґрунтообробних агрегатів експлуатуються в умовах постійного та інтенсивного абразивного й ударно-абразивного зношування нефіксованою абразивною масою-ґрунтом. Швидкість руху досягає 4 м/с, а тиск на поверхню деталі з боку ґрунтової маси становить 0,1...4 МПа. Процес зношування ґрунторіжучих деталей типовий і підпорядковується певній закономірності. Отже, його можна досліджувати на прикладі будь-якої однієї окремо взятої деталі [1].

Деталі агрегатів, що зношуються в абразивному середовищі, швидко змінюють свої геометричні розміри і форму. Швидкість руйнування робочих органів визначається умовами їх роботи.

Розглядати ґрунт необхідно як тверде тіло з рухомим активним шаром та доволі шорстким. Це пояснюється тим, що не кожне зерно на поверхні тертя здатне вступати в контакт із металом, а швидкість відносного переміщення частинок ґрунту значно менша за поступальну швидкість робочого органу ґрунтообробного агрегату. При цьому, більша частина абразивних ґрунтових частинок має округлу форму

і в процесі руху поверхнею робочого органу займає більш стійке положення по відношенню одна до одної і до поверхні, що зношується [2].

Абразивне зношування – процес поступового руйнування матеріалу деталі, або іншого елемента агрегату, що відбувається під час тертя, або інших видах контакту елемента із зовнішнім середовищем і супроводжується зміною його властивостей (твердості, пластичності, структури, хімічного складу тощо). Знос є результатом експлуатації, що проявляється у вигляді зміни розмірів та інших параметрів деталі, або іншого елемента агрегату. Мікрометричними вимірами було встановлено, що спрацьовування лап культиваторів типу КПС-4 та лемішів плуга ПЛН 4–35 має велику величину та характерні особливості, які зумовлені умовами роботи деталі (рис. 1 та рис. 2).



Рис. 1. Зношені лапи культиватора марки КПС-4



Рис. 2. Зношений леміш плугу марки ПЛН 4-35

Від фізико-механічних властивостей ґрунту залежить характер та інтенсивність зношування. Існує безліч різновидів ґрунтів, що розрізняються механічним складом, а отже, і зношувальним впливом на деталь, яку розглядають. Найпоширенішим мінералом у складі ґрунту є кварц (HV 10,5...12,5 ГПа), що становить 75...85% ґрунту. Далі за ступенем поширення йдуть польові шпати, слюди, рудні мінерали тощо (HV 6,5...7,2 ГПа) [3].

Усі ґрунти за абразивним впливом на деталь поділяються на три категорії, залежно від коефіцієнта зношувальної здатності. Вони характеризують відношення інтенсивності зносу деталі даним ґрунтом до інтенсивності зносу тієї ж деталі еталонним абразивним середовищем за одних і тих самих умов. До першої категорії належать

грунти з коефіцієнтом зношувальної здатності 1,3...3. Зі збільшенням вмісту глинистих частинок коефіцієнт зношувальної здатності такого ґрунту різко зменшується. Під час роботи в цьому ґрунті деталі ґрунтообробних машин зношуються переважно за товщиною [4].

Ґрунти з коефіцієнтом зношувальної здатності 0,5...1,3 належать до другої категорії. Збільшення вмісту глинистих частинок незначно позначається на коефіцієнті. Ґрунтообробні деталі зношуються здебільшого за шириною, а за наявності великих фракцій, також за товщиною [3].

Третя категорія включає ґрунти з коефіцієнтом зношувальної здатності 0,37...0,65. Зі збільшенням глинистих частинок вона також змінюється несуттєво. Знос деталей відбувається, як правило, по ширині.

Відомо, що найбільш інтенсивно ґрунтообробні деталі зношуються на піщаних ґрунтах. Причому зі збільшенням числа кам'янистих включень інтенсивність зношування зростає. Далі, в порядку зменшення йдуть супіщані, суглинисті, глинисті та важко-глинисті ґрунти. Знос робочого органу на піщаному ґрунті, засміченому камінням, може бути в сім і більше разів вищим, ніж на глинистому, за інших рівно заданих умов.

Великий вплив на інтенсивність зношування деталей робочих органів ґрунтообробних машин має вологість. Зі зміною вологості інтенсивність зношування для різних ґрунтів змінюється в широкому діапазоні. Якщо волога в ґрунті відсутня повністю, то ґрунтові частинки безпосередньо стикаються як із поверхнею, що зношується, так і між собою. Взаємозв'язок між частинками незначний і швидкість їх відносного ковзання невелика. Присутність вологи в ґрунті істотно змінює характер взаємодії абразивних частинок і зношеної поверхні внаслідок адсорбції частинками ґрунту молекул води. Тиск адсорбційних шарів сприяє розвитку мікротріщин, які неминуче виникають під час деформації твердого тіла. Молекули води, що проникли в мікротріщину, розширюють її і не дають зімкнутися, навіть за відсутності зовнішніх сил, значно прискорюючи процес руйнування деталі. Однак присутність вологи знижує міцність частинок абразиву і їхні ріжучі властивості. Тому зниження абразивної здатності частинок ґрунту і прискорення руйнування поверхні деталі відбуваються одночасно.

Результат цих впливів залежить від кількості та якості адсорбційного середовища. Так само залежить від фактичної площі контакту абразивної маси з поверхнею робочого органу. Так, проведеними дослідженнями встановлено, що при збільшенні навантаження зростає загальна кількість плям контакту та їхній розмір. Однак тільки 8...10% абразивних частинок, що перебувають у контакті, зношують метал під час свого переміщення. Значна частина абразиву виходить з контакту в початковий момент руху і завдає подряпини тільки

на дуже короткому відрізку. Глибина окремих подряпин непостійна, оскільки в процесі руху метал, що деформується, заповнює мікротріщини, які мають на поверхні абразивні частинки. Крім того, гострі кромки і виступи абразивних частинок піддаються зламу і подрібненню, унаслідок чого поверхня стає більш гладкою, збільшується опір руху частки абразиву, що призводить до його виглиблення, або повороту [5].

На початкових етапах дослідження механізм абразивного зношування зводився до простого дряпання металу частинками абразиву, які здійснюють мікрорізання поверхні. Процес зношування можливо уявити як суму великої кількості елементарних процесів дряпання і різання з утворенням найдрібнішої, або крученої стружки залежно від типу матеріалу [6].

Також відомо, що за умови впровадження абразивної частинки на достатню глибину може спостерігатися мікрорізання матеріалу. Однак у реальних умовах це явище відбувається нечасто, тому що ґрунт складається здебільшого з заокруглених частинок. Вирізняються три основні види зношування: під час пружного контакту, під час пластичного відтиснення і під час мікрорізання. Інтенсивність зношування пов'язана з фактичною і номінальною площами виступу абразивної частинки, що контактує з поверхнею матеріалу. За певного співвідношення цих величин відбувається перехід від пластичного відтиснення до сколювання металу [7].

Також поряд з вищевказаними процесами відбувається ще й виламування тендітних карбідних елементів структури в міру зношування м'якшого матеріалу матриці. Таким чином зносостійкість металу визначається твердістю зерен карбідів, міцністю зчеплення пластичної основи з карбідами та її зносостійкістю.

Також відомо, що поряд із дряпанням поверхні абразивом спостерігається зношування під час пластичної деформації частинками, що мають заокруглені виступи та грані, а також перекочуються без ковзання. При цьому частинки поділяються на дві групи. Частинки, які в процесі взаємодії з поверхнею деталі долають сили зчеплення матеріалу і безпосередньо здійснюють зношування, належать до першої групи. Абразивні частинки можуть здійснювати мікрорізання поверхні, якщо сила контактних зв'язків частинок між собою перевищує сили внутрішнього зчеплення деталі, що зношується, а навантаження на них забезпечує проникнення вглиб матеріалу.

Частинки, тиск яких на площу контакту доводить до межі плинності зношуваний матеріал, належать до другої групи. Вони прискорюють процес руйнування багаторазовим деформуванням однієї й тієї самої ділянки поверхні (полідеформаційне руйнування). Ці частинки залишають слід, утворений витисненням металу у відвали, у вигляді

риски. Витіснення металу – перший етап руйнування. Під час руху сусідніх абразивних частинок поблизу раніше утворених відвалів відбувається вторинне передеформування, переорієнтація металу відвалів у бік риски, або його остаточне відділення від поверхні зношування шляхом одночасного розвитку різних деформацій. Цей процес супроводжується окисленням поверхневих об'ємів і подальшим механічним руйнуванням утворених плівок [8].

Завдяки проведеним дослідженням було встановлено, що абразивне зношування відбувається, якщо твердість абразиву (H_a) перевищує твердість матеріалу (H_m), з якого виготовлено робочу поверхню деталі, яку піддавали процесу зношування. Існує залежність між зносостійкістю матеріалу $\epsilon_{\text{від}}$ і співвідношенням твердостей (H_a/H_m). При цьому існує три характерні області, що розрізняються характером зв'язку між цими параметрами.

У першій області, де діє умова $H_a/H_m < 0,7$, абразивне зношування не відбувається. У цій області здійснюється втомне зношування, яке має невисоку інтенсивність. Друга область характеризується співвідношенням $0,7 < H_a/H_m < 1,1$ і в ній відбувається абразивне зношування, залежне від співвідношення твердостей абразиву і матеріалу. У третій області твердість абразиву значно перевершує твердість зношуваного матеріалу. У цій області знос буде великим і стабільним, і не залежатиме від співвідношення H_a/H_m . Ця залежність справедлива тільки для структурно однорідних матеріалів.

Висновки: робочі органи ґрунтообробних агрегатів виходять з ладу внаслідок абразивного зношування, інтенсивність якого залежить від механічного складу ґрунту, вологості, співвідношення твердості абразиву і матеріалу деталі, що зношується та структури матеріалу робочої поверхні деталі.

Література:

1. Shakhov V., Semjons Ivanovs S., Uchkin P., Ushakov Y. Studies in coatings for working bodies of deep-rippers recovered by plasma surfacing. 18th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development. Jelgava : Latvia. P. 44–49. URL: <https://doi.org/10.22616/erdev2019.18.n031>
2. Lemecha M., Napiórkowski J., Konat L. Analysis of wear and tear of working elements with a replaceable cutting edge in an abrasive soil mass. *Tribologia*. 2017. 273(3). P. 101–109. URL:DOI:10.5604/01.3001.0010.6144
3. Evaluation of the stress state of a cultivator blade in production and operation / T. Skoblo, I. Rybalko, A. Tihonov, T. Maltsev. *Research in*

Agricultural Engineering. 2020. 1. Vol. 66, Issue 2. P. 60–65. DOI: 10.17221/8/2020-RAE

4. Evaluation of the wear of the duckfoot sweep cultivator blades and the technology of their hardening / T. S. Skoblo, I. M. Rybalko, O. V. Nanka, O. V. Saychuk. *Problems of Tribology*. 2021. V. 26, No 2/100. P. 6–18. DOI: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2021-100-2-6-18>

5. Ремонт машин та обладнання : підручник / О. І. Сідашенко та ін. ; за ред. проф. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка. Київ : Агроосвіта, 2014. 665 с.

6. Singh J., Chatha S. S., Sidhu B. S. Effect of Surface Alloying on Wear Behaviour OF En-47 Steel. *Materials Today: Proceedings*. 2020. Vol. 21, Part 2. P. 1340–1349. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.01.172>

7. Skoblo T. S., Rybalko I. M., Nanka O. V., Saychuk O. V. Evaluation of the wear of the duckfoot sweep cultivator blades and the technology of their hardening. *Problems of Tribology*. 2021. V. 26, No 2/100. P. 6–18. DOI: <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2021-100-2-6-18>

8. Jiang W. Bio-inspired self-sharpening cutting tool surface for finish hard turning of steel. *CIRP Annals*. 2014. Vol. 63. P. 517–520. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.03.047>