

УДК 621.869.98

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ, ЩО ЗНИЖУЮТЬ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ РІЗАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗЕМЛЕРІЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

Є.С. Венцель, професор, д.т.н., О.В. Щукін, аспірант,
С.В. Онопрієнко, студент, ХНАДУ

Анотація. Показано дію окремих чинників на передчасне зниження довговічності робочих органів. Встановлено й обґрунтовано вплив цих чинників на зносостійкість різальних елементів. Виділено головні з них, які більшою мірою сприяють інтенсифікації протікання процесу зношування.

Ключові слова: довговічність, зношування, різальний елемент, ґрунт, енергія удару, кут різання, навантаження.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, СНИЖАЮЩИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Е.С. Венцель, профессор, д.т.н., А.В. Щукин, аспирант,
С.В. Оноприенко, студент, ХНАДУ

Аннотация. Показано воздействие отдельных факторов на преждевременное снижение долговечности рабочих органов. Установлено и обосновано влияние этих факторов на износостойкость режущих элементов. Выделены главные из них, которые в большей степени способствуют интенсификации протекания процесса изнашивания.

Ключевые слова: долговечность, изнашивание, режущий элемент, грунт, энергия удара, угол резания, нагрузка.

ANALYZING THE FACTORS THAT REDUCE ANTI-WEAR PROPERTIES OF CUTTINGS ELEMENTS OF EARTH-MOVING MACHINES

Ye. Ventsel, Professor, Doctor of Engineering Sciences, A. Schukin, post-graduate,
S. Onoprienko, student, KNAHU

Abstract. Some factors have been shown to affect early decrease in durability of work tools. The effect of these factors on wear resistance of cutting elements has been established and substantiated. Major factors that largely contribute to more intense wear have been singled out.

Key words: durability, wear, cutting element, soil, impact energy, digging angle, load.

Вступ

Значна частка відмов землерійно-транспортних машин (ЗТМ) спричинена виходом з ладу навісного обладнання [1]. При цьому, як свідчать дані [1, 2], до 90 % відмов зумовлено швидким зносом різальних елементів робочих органів. Унаслідок чого відбувається збільшення сили різання на 60–200 %, що, у свою чергу, призводить до втрати продуктивності або до збільшення енерговитрат, а це,

зрештою, сприяє підвищенню собівартості розробки ґрунту [3]. До того ж недостатній термін служби робочих органів ЗТМ зумовлює необхідність постійної заміни різальних елементів, що передбачає значні матеріальні витрати.

Таким чином, експлуатаційні якості ЗТМ значною мірою визначаються довговічністю їх робочих органів. Тому актуальним завданням є аналіз і обґрунтування вибору голо-

вних чинників, які в першу чергу впливають на передчасну втрату працездатності різальних елементів ЗТМ.

Аналіз публікацій

На сьогодні виділяють велику різноманітність чинників, що інтенсифікують процес зношування різальних елементів ЗТМ. Варто відзначити, що у дослідників немає єдиної думки, які ж саме чинники мають найбільший вплив на довговічність робочих органів. Наприклад, такі чинники як вологість, хімічна активність ґрунтів значного впливу на процес зношування не мають, і ними зазвичай нехтують [4]. При цьому основний вплив справляють лише три чинники, до яких відносяться середній розмір частинок, опір зрушенню ґрунтів і властивості матеріалу різальних елементів [4]. Проте і тут у дослідників немає єдиної думки. Автор роботи [5] вважає, що на абразивне зношення робочого органа впливають структура складових металу, розміри і твердість абразивних часток, швидкість взаємодії металу і ґрунту, тиск на абразивну частинку тощо. При цьому є неоднозначні суперечливі думки про вплив кута і швидкості різання на інтенсивність зношування робочого органа. Деякі дослідники вважають [4], що кут і швидкість різання істотної дії на процес зношування не справляють і ними потрібно нехтувати, а інші (наприклад, [6]) – навпаки. Всупереч такому твердженню існує залежність швидкості зношування від швидкості руху самого робочого органа. В результаті досліджень [5] було встановлено, що зі збільшенням швидкості руху підвищується швидкість зношування. До того ж в [5] наголошується, що на процес зношування великий вплив чинять навантаження, які виникають у процесі руху ЗТМ. Ці навантаження є непостійними і носять різний характер (статичний, динамічний та ін.)

Мета і постановка задачі

Визначити та обґрунтувати чинники, які найбільше впливають на процес зношування різальних елементів ЗТМ.

Обґрунтування чинників

Чинники, які впливають на процес зношування різальних елементів робочих органів

ЗТМ, умовно можна розділити на чотири групи [5, 7]:

– фізико-механічні властивості ґрунтів, до яких відносяться питоме зчеплення, гранулометричний склад, щільність, вологість, кут внутрішнього тертя, питомий опір різанню ґрунтів, вміст кам'янистих включень різної міцності тощо;

– параметри взаємодії різального інструменту із ґрунтом, а саме швидкість руху робочого органа, тиск, відстань різання і переміщення ґрунтів, а також кут різання;

– технологічні і конструктивні параметри різальних елементів робочих органів ЗТМ (механічні і хімічні властивості матеріалів, форми і розміри різальних елементів);

– рівень технічного обслуговування і ремонту (відновлення) робочих.

Найбільш важливою є та обставина, що для робочих органів ЗТМ є характерним такий випадок взаємодії поверхні деталі із ґрунтом, при якому різальні елементи розробляють щільну злежану масу ґрунту. Він є полідисперсною системою глобулярного типу, що складається з наповнювача й абразивних частинок [7]. При цьому останні, що входять до складу ґрунту, в більшості випадків мають округлу форму і різну міцність: вапняк – 1500–2000 МПа, граніт – 2000–8000 МПа, кварцовий пісок – 8000–10000 МПа [5]. Найбільшу міцність мають зерна кварцового піску. При цьому кварц, що входить до складу суглинків і пісків та є їх основою, має твердість 10000 МПа, що в більшості випадків перевищує твердість матеріалу, з якого виготовлено робочі органи ЗТМ. Таким чином, абразивні частинки мають більшу, ніж метал, твердість, що сприяє руйнуванню поверхні контактуючих різальних елементів із такими частинками.

Якщо детальніше розглядати ґрунт, з яким працюють ЗТМ, то можна помітити, що його неоднорідність проявляється, передусім, через виявлення різного роду кам'янистих включень невеликого розміру, що найчастіше мають гострі кромки. Такі кромки при русі ЗТМ стикаються з робочими органами, внаслідок чого щонайменше утворюються мікротріщини і спостерігається інтенсивний розвиток пластичної деформації [8]. У зв'язку з цим необхідно виділити ударно-абразивне зношення як одну з найбільш значущих причин, що зумовлюють передчасну заміну робочих

органів ЗТМ. При цьому робочий орган, рухаючись назустріч закріпленій у ґрунті абразивній частинці, стикається з нею, і відбувається утворення мікротріщин на його поверхні. Якщо локально розглядати деяку елементарну площу різального елемента, спостерігається об'єднання таких мікротріщин і зрештою відбувається відшаровування мікрооб'ємів металу з поверхні. У зв'язку з цим критерієм, що визначає зносостійкість при ударно-абразивному зношенні, є енергія удару абразивної частинки об зношуваний матеріал [8]. Проте якщо удар супроводжується ковзанням, яке в деяких випадках спостерігається при взаємодії абразивних частинок із робочим органом ЗТМ, то необхідно розглядати не тільки енергію удару, а й інші не менш важливі чинники, наприклад, кут різання та твердість матеріалу різальних елементів, враховувати навантаження на робочий орган ЗТМ (опір зрушенню ґрунту).

Дослідження впливу енергії удару на абразивну зносостійкість показують [9], що за невеликих значень питомої енергії удару зносостійкість збільшується пропорційно твердості. Проте за питомих енергій удару $1,47 \text{ Дж/см}^2$ і $3,73 \text{ Дж/см}^2$ твердість не має ніякого впливу на зносостійкість, а за питомої енергії удару $24,52 \text{ Дж/см}^2$ і за значення твердості, рівного 6000 МПа , зменшується з підвищенням твердості. Тому механічні властивості сталі при ударі і ковзанні не можуть однозначно вплинути на її зносостійкість на усьому проміжку руйнування (в'язкого і крихкого). Таким чином, зносостійкість різальних елементів ЗТМ при ударно-абразивному зношенні знаходиться у складнішій залежності від їх властивостей, ніж при абразивній безударній дії [9].

До того ж важливим є вплив на процес зношування кута різання. Відомо, що зі збільшенням останнього зростає інтенсивність зношення. Такий факт пояснюється тиском ґрунту на нижню грань різального елемента [6]. Ґрунт при взаємодії з робочим органом піддається пластичній і пружній деформації, а тиск ґрунту на нижню грань різального елемента в умовах малих негативних значень заднього кута, що спостерігається при $\alpha \geq 22,5^\circ$, визначається пружними властивостями самого ґрунту [6]. За збільшення швидкості різання спостерігається запізнювання відновлення пружної деформації. Це, у свою чергу, призводить до зниження питомого тиску ґрунту на нижню грань різального еле-

мента, а значить і до зниження інтенсивності його зношення. У зв'язку з цим встановлено рекомендований кут різання для ЗТМ, який складає $\alpha = 30 - 60^\circ$ [6].

Крім усього іншого, дуже важливим є вибір матеріалу для виготовлення різальних елементів робочих органів ЗТМ [5, 10, 11]. Адже в більшості випадків саме цей чинник зумовлює довговічність (та, як результат, зносостійкість) деталей машин, що працюють в умовах підвищеного зносу. Довговічність різальних елементів ЗТМ, в першу чергу, залежить від фізико-хімічних властивостей матеріалу, отримуваних внаслідок застосування тієї або іншої обробки деталі. Ресурс ножів бульдозерів, виготовлених із різних матеріалів, за даними [5] приведено в табл. 1. При цьому, як видно з даних табл. 1, швидкість зношування ножів залежить не лише від матеріалу робочого органа, але і від застосування відповідного виду обробки, який забезпечує необхідний набір фізико-механічних властивостей.

Таблиця 1 Швидкість зношування сталей, що застосовуються для виготовлення ножів ЗТМ

Сталь	Швидкість зношування, мм/год
110Г13Л	0,055
350ГТ	0,053
15ХСНД	0,039
60С2ХА	0,036
65Г з односторонньою термообробкою	0,031
45 без термообробки	0,127
45 з термообробкою	0,022

Зуби ковша екскаватора, виготовлені з аустенітної марганцевистої сталі, мають швидкість абразивного зношування $0,13 - 12,70 \text{ мм/год}$, а ножі скреперів – $0,13 - 2,54 \text{ мм/год}$ [10].

Експлуатаційні випробування ножів автогрейдерів серійного виробництва з термообробленої сталі 65Г (HRC 38-45) показали, що швидкість зношування ножів складає $1,25 \text{ мм/год}$ [11].

Як відзначалося вище, значний вплив на процес зношування справляють також навантаження при різанні ґрунту (в даному випадку – опір зрушенню ґрунту). Навантаження, у свою чергу, зумовлюють тиск у зоні контакту різального елемента і ґрунту. У зв'язку з тим, що вони можуть бути різними, процес протікання зношування, окрім інших чинників, залежить і від значення навантаження, і

від частоти його зміни. В результаті досліджень встановлено [5], що за зменшення навантаження на 10 % спостерігається зменшення зносу на 20 %.

Таким чином, зношення різальних елементів ЗТМ – достатньо складний процес, який залежить від великої кількості чинників. Слід відзначити, що, на відміну від абразивного зношення, яке раніше вважалось домінуючим при роботі різальних елементів ЗТМ, найбільш характерним для останніх є ударно-абразивне зношення з урахуванням виділених вище чинників. Вплив одночасної дії цих чинників на процес зношування робочих органів ЗТМ вимагає подальшого ретельнішого вивчення.

Висновки

1. Для різальних елементів ЗТМ є характерним такий процес зношування, на який значний вплив має саме енергія удару. Таким чином, необхідно розглядати ударно-абразивне зношення робочих органів з урахуванням виділених головних чинників, яке є найбільш характерним для них.

2. Найбільший вплив на процес зношування справляють такі чинники як твердість і розмір абразивних часток, опір зрушенню ґрунту, кут різання, енергія удару, а також фізико-механічні властивості матеріалу різальних елементів (головним чином, його твердість).

Література

1. Густов Ю.И. Повышение износостойкости рабочих органов и сопряжений строительных машин // Механизация строительства. – 1996. – №5. – С. 15–16.
2. Кравченко И.Н. Износостойкие материалы для восстановления деталей рабочих органов строительных и дорожных машин / И.Н. Кравченко, В.Ю. Гладков, С.В. Карцев и др. // Строительные и дорожные машины. – 2004. – №5. – С. 32–34.
3. Машины для земляных работ: навальный посібник / Л.А. Хмара, С.В. Кравець, В.В. Нічке и др.; за заг. ред. проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. – Рівне–

Дніпропетровськ–Харків [б.в.], 2010. – 557 с.

4. Казаков Ю.Н. Анализ существующих и разработка эффективных схем обработки наплавленного металла / Ю.Н. Казаков, С.Ю. Козин // Восстановление и повышение износостойкости деталей машин : сб. науч. тр. – Саратов: Саратовский ордена Трудового красного знамени политехнический институт. – 1990. – С. 17–23.
5. Рейш А.К. Повышение износостойкости строительных и дорожных машин / А.К. Рейш. – М.: Машиностроение, 1986. – 184 с.
6. Кабашев Р.А. Исследование изнашивающей способности грунтов естественного залегания / Р.А. Кабашев, Н.Т. Хадеев // Строительные и дорожные машины. – 1982. – №9. – С. 25–27.
7. Кириллов Ф.Ф. Сценарии износа режущего инструмента землеройных машин / Ф.Ф. Кириллов, С.П. Осипов // Строительные и дорожные машины. – 2008. – №12. – С. 25–28.
8. Романов В.С. Повышение износостойкости и долговечности ножей бульдозеров / В.С. Романов, В.С. Калинин, А.Ю. Браташевский и др. // Строительные и дорожные машины. – 1987. – №4. – С. 20–21.
9. Хрущов М.М. Закономерности абразивного изнашивания / М.М. Хрущов // Износостойкость: сб. науч. трудов. – М.: Наука, 1975. – С. 5–28.
10. Зорин В.А. Основы долговечности строительных и дорожных машин: учебное пособие / В.А. Зорин. – М.: Машиностроение, 1986. – 248 с.
11. Густов Ю.И. Повышение качества средств механизации строительства / Ю.И. Густов, И.В. Воронин, А.В. Ерохин // Новые материалы и технологии в машиностроении: сб. науч. тр. по итогам международной научно-технической конференции. – 2006. – Вып.6 – С. 112–115.

Рецензент: О.В. Полярус, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 3 травня 2012 р.