

УДК 621.891 (043.3)

DOI: 10.18372/0370-2197.4(101).18080

В.Б. ШАМРАЙ¹, О. О. МІКОСЯНЧИК¹, Н.П. ЗАБОЙКІНА²¹Національний авіаційний університет, Україна²Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна

ЗМІЩЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН КОМПОЗИЦІЙНИМИ ПОКРИТТЯМИ ДИСКРЕТНОЇ СТРУКТУРИ

Розглянуто вплив поверхонь робочих органів сільськогосподарських машин з покриттям дискретної структури, що має рельєф у вигляді півсфер, на руйнування та подрібнення зернової сировини. Показано, що робоча поверхня ріжучих та дроблячих елементів з покриттям дискретної структури та з рельєфом у вигляді напівсфер може бути ефективнішою при подрібненні зернової сировини. Наводяться теоретичне обґрунтування і результати експериментів при подрібненні зерна пшениці ріжучими та дроблячими елементами, що мають робочу поверхню з покриттям дискретної структури.

Ключові слова: покриття дискретної структури, твердість, зносостійкість, робоча поверхня

Вступ та стан проблеми. Основними факторами, які визначають вид зношування робочих органів деталей сільськогосподарської техніки та переробної промисловості є: середовище, в якому проходить знос; динаміка і кінематика відносного переміщення тертьових тіл; характер контакту і властивостей матеріалу робочих органів. Перші фактори первинні. Вони характеризують зовнішні умови служби ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості, визначають якісну і кількісну сторону явищ зносу. Через це їх поєднання з властивостями тертьових тіл покладено в основу при визначенні виду зношування.

Процес зношування ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості обумовлений силами на поверхні тертя, які безперервно змінюються, неоднорідністю абразивного середовища як по механічному, так і по хімічному складу, складності динаміки процесів контактування і переміщення часток абразиву. Спочатку в точках контакту абразивних часток з поверхнями тертя ріжучих та подрібнюючих елементів виникає концентрація напруження і відбувається пластична деформація. При цьому деформований шар, який має підвищену активність, вступає в взаємодію з агресивними компонентами середовища, що приводить до утворення окисних плівок. Напруження розтягу, які виникають в поверхневому шарі під дією сил тертя, приводять до руйнування окисних плівок. Таким чином, знос ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості обумовлений корозійно-механічним зношенням [1, 2]. По причині зносу і корозії із ладу вибувають до 80%, а по причині поломок (включаючи руйнування від втоми) – 20-30% деталей сільськогосподарської техніки та переробної промисловості [1, 2]. Їх поломка може виникати не тільки внаслідок великих ударних навантажень, але й від втрати міцності при зносові і корозії.

Вирішення задачі підвищення зносостійкості і довговічності ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості шляхом їх зміцнення базується на кількісних методах оцінки умов їх роботи [1, 2]. Знос ріжучих елементів кормоподрібнюючих машин визначається кінематичними особливостями процесу різання [1]. Авторами роботи [1], були досліджені особливості зносу ріжучих елементів подрібнювача комбайну. Аналіз результатів експлуатаційних іспитів показує, що лезо ножа і протиріжучого елемента зношується неоднаково. Знос робочої частини ножа характеризується зміною товщини ріжучої кромки. Знос протиріжучого елемента характеризується затупленням і зміщенням по висоті ріжучої кромки.

Сучасні високопродуктивні кормозбиральні машини характеризуються більш високим рівнем навантажень на робочі органи подрібнюючого апарату. Це приводить до інтенсифікації процесу зношування ріжучих елементів. Так, згідно даних заводських іспитів, у серійного ножа (сталь 65Г) після напрацювання 1000 т радіус закруглення складає 2,5 ... 3мм.

Характер зносу ріжучих елементів подрібнюючого барабана залежить від способу їх зміцнення. Найвищу працездатність забезпечують схеми, які реалізують ефект самозаточування [1] - здатність леза зберігати в процесі експлуатації достатню по міцності і зносостійкості товщину ріжучої кромки з наявністю оптимального профілю, допустимого для виконання технологічної процесу. При самозаточуванні I роду покриття наноситься на нижню поверхню леза. При цьому гострота ріжучої кромки забезпечується товщиною покриття, яка визначається, в свою чергу, агротехнічними вимогами. Самозаточування II роду дозволяє забезпечити лезу більшу товщину ріжучого шару, так як в цьому випадку покриття наноситься на верхню поверхню ріжучого елемента. При самозаточуванні I роду для PE подрібнюючих барабанів кормозбиральних комбайнів рекомендує товщини покриття 0,3- 0,8 мм при товщині основного металу 7-20 мм.

У переробній промисловості при подрібненні зернової сировини в дробарках ударної дії відбувається зіткнення часток, що вільно рухаються, з твердою поверхнею. При цьому процес подрібнення багато в чому залежить від того, наскільки ефективно використовується енергія удару на руйнування. Найбільш доцільний удар близький до прямого, тобто коли вектор відносної швидкості частинки направлений по нормалі до поверхні, що дробить. Це завдання вирішують виходячи з кінематики робочих органів і з умов руху сировини при подачі її у робочу зону. Однак реалізувати умови прямого удару у робочій зоні не вдається. Це пов'язано з формою робочих органів, яка змінюється через зношування у процесі експлуатації. Тим більше не вдається передбачити наслідки рикошетів та повторних ударів. У зв'язку з цим є можливість підвищення ефективності руйнування зерна за рахунок використання регулярного рельєфу робочої поверхні у вигляді покриттів.

Постановка задачі. Існує три основних напрямки підвищення зносостійкості і довговічності ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості [1, 2]:

- вибір конструктивних геометричних параметрів ріжучих та подрібнюючих елементів;
- вибір оптимальних параметрів режимів різання та подріблення;

- застосування зносостійких матеріалів для зміцнення ріжучих та подрібнюючих елементів.

Найбільший ефект підвищення зносостійкості і довговічності ріжучих та подрібнюючих елементів дає використання всіх трьох напрямків одночасно. Доцільно відмітити обмежене використання зносостійких матеріалів та методів нанесення покриттів із цих матеріалів для підвищення зносостійкості ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості.

Таким чином, застосування зносостійких матеріалів і розробка технологічних процесів їх нанесення - актуальний напрямок підвищення зносостійкості і довговічності ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості [1-3].

Опір абразивно-корозійно-механічному зношуванню залежить від природи і кількості твердих зносостійких складових в структурі покриття, які регулюються зміною хімічного складу твердого сплаву або введенням в шихту наповнювачів, які утворюють композитні матеріали [1-4].

Серед способів нанесення зносостійких покриттів переважає наплавлення і напилення [1-5]. Аналіз умов експлуатації і способів зміцнення ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості [1, 2] дозволив сформулювати основні вимоги до технологічних процесів нанесення зносостійких покриттів: висока продуктивність і низька трудоемкість; незначні втрати зміцнюючого матеріалу; невелика зона термічного впливу з метою зниження короблення деталей; нанесення покриттів без використання захисних атмосфер; отримання ріжучих та подрібнюючих елементів необхідної геометрії без подальшої механічної обробки покриттів.

Однак зносостійкі композиційні покриття характеризуються надтвердими поверхневими шарами і мають такий недолік як крихкість. З метою усунення цього недоліку наносять покриття дискретної структури. Заміна шару суцільного покриття на шар дискретної структури підвищує міцність і довговічність системи «деталь – покриття», виключаючи когезійне розтріскування покриття і його адгезійне відшаровування за рахунок обмеження зросту напруження, як в шарі покриття, так і в адгезійному контакті [3, 6]. Принцип дискретної структури дозволяє підвищити граничний стан покриття (контактні навантаження, критичні деформації основи, довговічність) в порівнянні з суцільним покриттям тієї ж товщини, складу і твердості.

Таким чином, розробка і дослідження способу нанесення композиційних покриттів дискретної структури є однією з невирішених задач в проблемі підвищення зносостійкості і міцності ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості.

У переробній промисловості при подрібненні зернової сировини в дробарках ударної дії відбувається зіткнення часток, що вільно рухаються, з твердою поверхнею. При цьому процес подрібнення багато в чому залежить від того, наскільки ефективно використовується енергія удару на руйнування. Найбільш доцільний удар близький до прямого, тобто коли вектор відносної швидкості частинки направлений нормалі до поверхні, що дробить.

У першому наближенні це завдання вирішують виходячи з умов руху сировини при подачі їх у робочу зону та кінематики робочих органів. Однак повністю реалізувати умови прямого удару у всьому мікрообсязі робочої зони не вдається. Це з формою робочих органів, яка змінюється через зношування у процесі експлуатації. Тим більше не вдається передбачити наслідки рикошетів та повторних ударів.

У зв'язку з цим цікавить можливість підвищення ефективності руйнування зерна за рахунок використання регулярного рельєфу робочої поверхні у вигляді покриттів дискретної структури. При цьому підвищення ефективності руйнування та подрібнення зерна забезпечується як за рахунок підвищення зносостійкості робочих поверхонь подрібнюючих елементів для переробки зернових культур [1], так і оптимізацією геометричних параметрів рельєфу їхньої поверхні.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження способу нанесення композиційних покриттів дискретної структури та його використання для зміцнення і підвищення зносостійкості ріжучих кромek ножів подрібнюючого барабану кормозбирального комбайну та робочих поверхонь подрібнюючих елементів дробарок ударної дії для переробки зернових культур.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні задачі:

- обґрунтування можливості підвищення зносостійкості ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості композиційними покриттями суцільної та дискретної структури;
- дослідження процесу зміцнення та підвищення зносостійкості ріжучих елементів ножів подрібнюючого барабану кормозбирального комбайну та робочих поверхонь подрібнюючих елементів дробарок ударної дії для переробки зернових культур композиційними покриттями дискретної структури;
- визначення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості із дискретними покриттями;
- вибір оптимальних режимів процесу зміцнення та підвищення зносостійкості ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості покриттями дискретної структури.

Результати досліджень. Аналіз умов експлуатації ріжучих та подрібнюючих елементів робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості дозволив зробити наступні висновки:

- робочі органи сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості експлуатуються в умовах абразивного зношування і їх довговічність знаходиться в прямій залежності від здатності протистояти абразивному або корозійно-механічному руйнуванню;
- методи наплавлення композиційних покриттів внаслідок високотемпературного нагрівання і розбавлення наплавленого шару металом ріжучих елементів робочих органів не дозволяють зберегти властивості вихідного матеріалу покриття. Наплавленні ріжучих елементів характеризуються значними термічними деформаціями і вимагають механічної обробки;

- методи напилення композиційних покриттів не забезпечують достатню міцність зчеплення покриття і рівномірну твердість, потребують попередню підготовку поверхні перед напиленням і механічну обробку після напилення, малоефективні при зміцненні поверхонь невеликих розмірів із-за втрати матеріалу, який напилюється, характеризуються шкідливими умовами роботи персоналу під час попередньої підготовки поверхні та при самому напиленні;

- багаточисельні дослідження показали, що найбільш раціональним і економічно доцільним вирішенням проблеми підвищення зносостійкості робочих органів сільськогосподарських машин та машин переробної промисловості є застосування покриттів із композиційних матеріалів дискретної структури. Зносостійкість відновленої або зміцненої дискретними покриттями деталі перевищує зносостійкість деталі без покриття;

- враховуючи локальний характер і нерівномірність зносу робочих органів доцільно дискретне покриття наносити відповідно з епюрою нерівномірного зносу. Диференціальне відновлення і зміцнення може здійснюватися дискретними покриттями змінною суцільності. У основу вибору величини суцільності покладена залежність зносостійкості від суцільності. По критерію міцності і зносостійкості, дискретна структура успішно працює при відновленні великого зносу, тоді як суцільні покриття непрацездатні із-за руйнування і фрагментації при малих деформаціях поверхні ріжучих елементів;

- несуча здатність деталі з покриттям в умовах експлуатації має функціональний зв'язок із товщиною покриття. Залежність товщини покриття, його адгезійної міцності, залишкових напружень, а також експлуатаційних навантажень встановлює граничні значення товщини покриття. При відновленні зношених РЕ прагнуть досягти максимально можливої товщини покриття.

Результати експериментів з подрібнення зерна при ударі об плоску поверхню показали, що ефективність його руйнування істотно залежить від кута падіння. Зокрема, на рис. 1 представлена така залежність для зерна пшениці та кукурудзи.

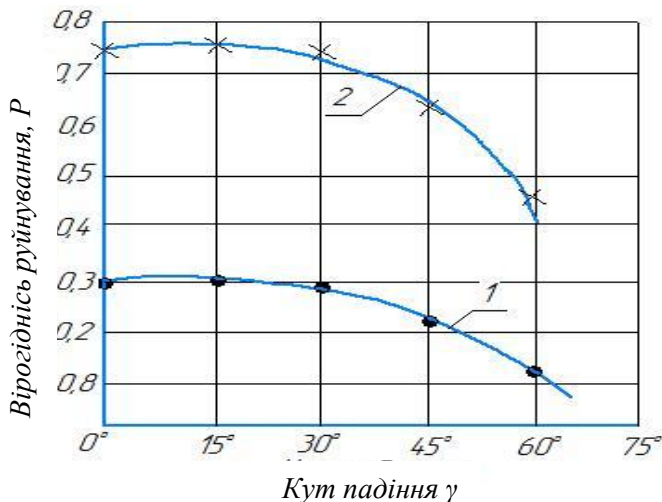


Рис. 1. Можливість руйнування зерна залежно від кута падіння на площину:
1 – пшениця (швидкість удару 60 м/с); 2 – кукурудза (50 м/с)

Як міра ефективності руйнування використана вагова частка зерен, що роздробилися. У разі вузького вихідного фракційного складу зерна, що й забезпечувалося в експерименті, вагову частку можна трактувати як ймовірність руйнування.

Швидкість удару становила 50 м/с для кукурудзи та 60 м/с для пшениці. Як видно з графіків, ефективність руйнування починає падати при кутах падіння β великих $\pi/4$. Якщо напрям вектора швидкості частки при підльоті до робочої поверхні випадково, а швидше за все саме це і має місце в дробарках, тим більше після першого удару, то більшість частинок знаходиться не в оптимальних умовах зіткнення.

Розглянемо можливість оптимізації цих умов з допомогою формування регулярного рельєфу робочих поверхнях. Припустимо, що частинки в дробарці утворюють стаціонарне Пуассонівське поле [2], тобто, мають властивості:

1) ймовірність попадання деякого числа точок у будь-яку область простору залежить від цього, скільки їх потрапило у будь-яку область, не перетинається з даною;

2) ймовірність попадання в елементарну область $\Delta X \cdot \Delta Y \cdot \Delta Z$ двох і більше точок нехтує мало порівняно з попаданням однієї точки.

Вектор швидкості частинок (V) величина випадкова у напрямку із щільністю розподілу $f(V)$. За час dt з частинок, що мають величину швидкості V , поверхні dS досягнуті тільки ті, що знаходяться в обсязі [3]

$$dQ = V \cdot \cos \beta \cdot dS \cdot dt \quad (1)$$

де β - кут між нормаллю до поверхні dS і вектором швидкості V .

Усього частинок, що досягли поверхні в одиницю часу буде

$$N = \lambda \int_D V \cos \beta \cdot f(\vec{V}) \cdot d\vec{V} \cdot dS \quad (2)$$

де λ - середня кількість частинок в одиниці обсягу, D - область інтегрування змінних.

З них руйнуються

$$n = \lambda \int_D \psi(v, \beta, \rho, c) \cdot v \cdot \cos \beta \cdot f(\vec{V}) \cdot d\vec{V} \cdot dS \quad (3)$$

де $\psi(v, \beta, \rho, c)$ - вагова функція, що характеризує ефективність руйнування частинок, яка може залежати від швидкості удару v , локального кута падіння β , радіуса кривизни ρ в точці удару, можливості повторного удару c у разі рикошету.

Таким чином, частка руйнування зерен в одиницю часу в умовах стаціонарного поля частинок визначається із співвідношення

$$P = \frac{n}{N} \quad (4)$$

де N - число частинок, що досягли поверхні в одиницю часу; n - кількість зруйнованих частинок.

Вираз (4) може бути мірою ефективності заданого рельєфу.

У разі невизначеності функції $f(V)$, природно вважати її рівномірної за всіма напрямками, що дозволяє, з симетрії, припускати ефективність використання як елемента рельєфу півсферу.

Для модельних досліджень розглянемо конструкцію поверхні з покриттям дискретної структури, що наноситься у вигляді окремих ділянок (рис. 2). Форма окремої ділянки – півсфера. З метою підвищення зносостійкості матеріал напівсфери повинен мати твердість, що набагато перевищує твердість основного матеріалу. Поєднання в'язкості основного матеріалу і високої твердості ділянок покриття забезпечують довговічність елементів, що дроблять.

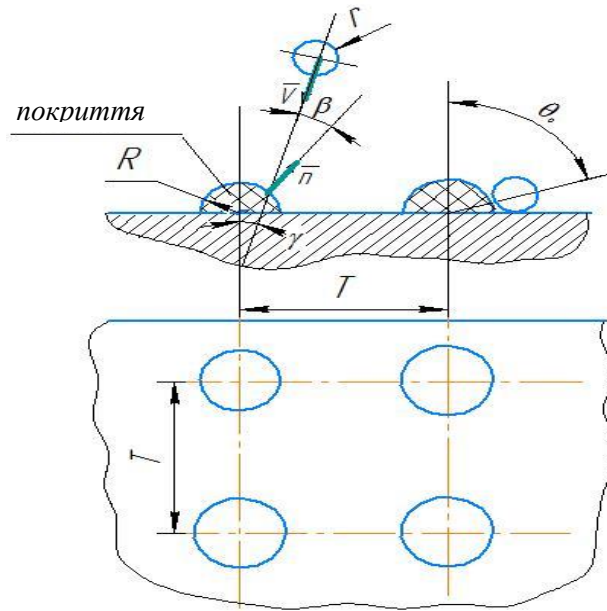


Рис. 2. Модель поверхні з дискретним покриттям

Конструкція поверхні з дискретним покриттям у цьому випадку характеризується радіусом напівсфер R та кроком T (відстанню між центрами основ напівсфер на площині).

У першому наближенні ефективність такої поверхні дорівнюватиме

$$K = (1-M) \Phi + MP_1 \quad (5)$$

де $M = \frac{\pi R^2}{T^2}$ - відносна частина площини зайнята основами півсфер;

Φ - ймовірність руйнування частки на площині (визначається з експерименту);

P_1 - ймовірність руйнування частинок на півсфері.

Вираз (4) у разі детермованого потоку частинок під кутом γ до площини (рис. 2) для напівсфери набуває вигляду

$$P_1 = \frac{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\theta_0} \delta[\phi + c(1 + \phi)] \cdot (\sin \theta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \gamma + \cos \theta \cdot \cos \gamma) \sin \theta d\theta}{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\theta_0} \delta(\sin \theta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \gamma + \cos \theta \cdot \cos \gamma) \sin \theta d\theta} \quad (6)$$

де θ , φ - широта та довгота сферичної системи координат; θ_0 - верхня межа інтегрування за широтою; δ - параметр, який визначає умову фізичного контакту при чисельному інтегруванні ($\delta = 0$, якщо $\cos \beta < 0$ і δ , якщо $\cos \beta \geq 0$; z - коефіцієнт, що враховує рикошети та "залишкову" міцність частинки.

Передбачається, що всі частинки, що не зруйнувалися (рикошетували), мають вектор швидкості з напрямком $\gamma_{1 \geq \pi/2}$, будуть відчувати повторний удар і руйнуватися з ймовірністю C .

Експериментальна оцінка ефективності модельних поверхонь проводилася на установці, описаній у роботі [4].

Для випадку дроблення пшениці із середнім радіусом $r = 2$ мм про модельну поверхню з параметрами $R = 2$ мм, $T = 8$ мм та $T = 6$ мм при різних кутах падіння результати експерименту показані на рис. 3. Дані представлені у відносних величинах (до площини).

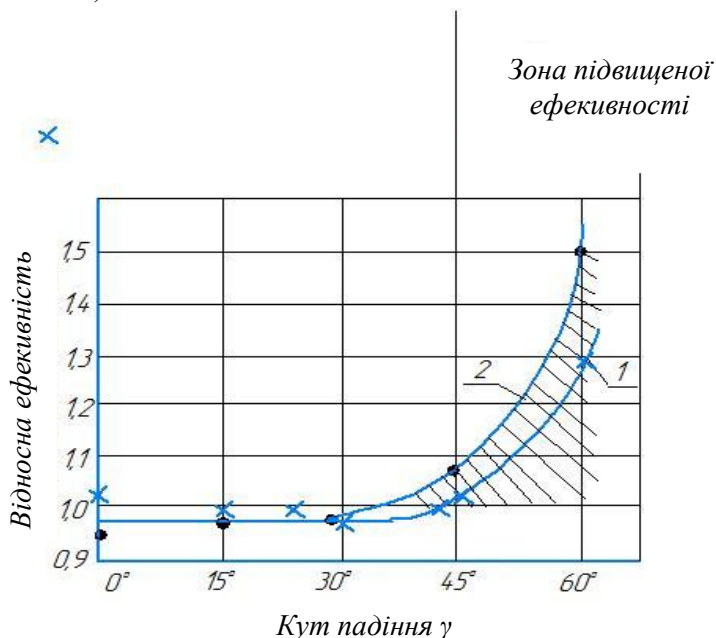


Рис. 3. Відносна ефективність модельних поверхонь залежно від кута падіння (Пшениця, швидкість удару 60 м/с): 1 - $K = 2$ мм, $T = 8$ мм; 2 - $P = 2$ мм, $T = 6$ мм

На рисунку 4 поряд з експериментальними точками на графік нанесена теоретична крива, отримана розрахунком за виразами (5) та (6). Коефіцієнт приймався рівним 0,4, що в середньому відповідає експериментальним даним по повторному дробленню. Як видно, теоретична крива не лише якісно, а й кількісно досить добре описує результати експерименту.

Вплив конструктивних параметрів дискретних покриттів на робочих поверхнях елементів, що подрібнюють, на ефективність подрібнення видно з рисунку 5, де представлена експериментальна залежність ймовірності руйнування

$$\gamma = \frac{\pi}{3}$$

при вуглі падіння від величини M (відносної частини площини, зайнятої основами півсфер). Крім модельних поверхонь з геометричними параметрами, вказаними вище, тут же наводяться дані з випробування рельєфу $R = 8$ мм і $T = 12$ мм.

З графіків слід, що з ефективності подрібнення рельєф, як напівсфер, розташованих на площині, не поступається, а при кутах падіння потоку до площині великих $\frac{\pi}{6}$ і перевершує плоску поверхню. Ефективність подібної поверхні тим більша, чим більша частина площини зайнята основами напівсфер і чим більший кут падіння потоку.

У загальному випадку можна поставити завдання про оптимізацію рельєфу робочих поверхонь подрібнюючих елементів за критерієм ймовірності руйнування частинок при заданих статистичних характеристиках їхнього поля швидкостей та функції ймовірності руйнування, відповідно до виразу (4).

Таким чином, рельєфна поверхня робочих поверхонь подрібнюючих елементів у вигляді покриттів дискретної структури підвищують ефективність подрібнення зернової сировини.

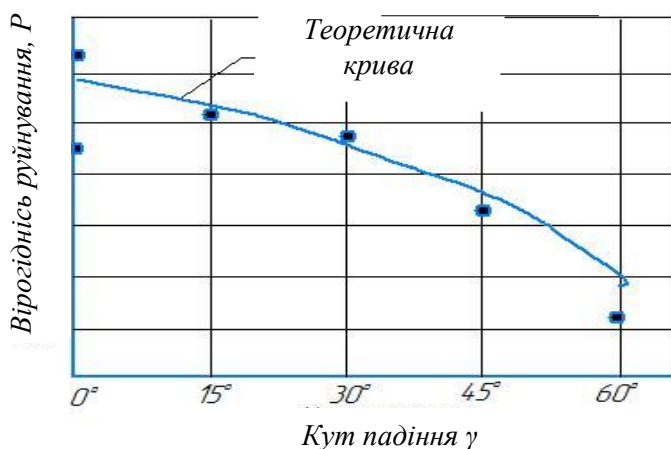


Рис. 4. Теоретична та експериментальна залежність ефективності руйнування пшениці за $V = 60$ м/с на модельній поверхні $R = 2$ мм; $T = 6$ мм

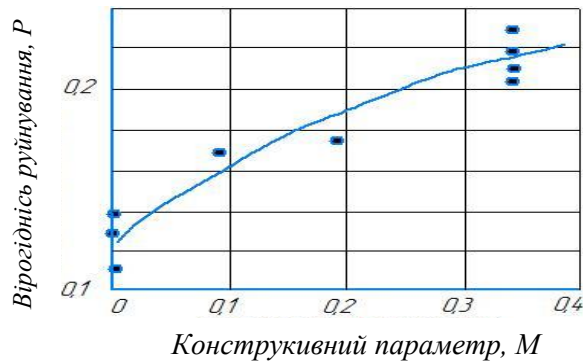


Рис. 5. Вплив конструктивного параметра M (відносна частина площини, зайнята основами півсфер) на ефективність руйнування пшениці при $V=60$ м/с та вугіллі падіння $\gamma=\pi/3$

Висновки. Розглянуто вплив робочої поверхні подрібнюючих елементів з покриттям дискретної структури, що має рельєф у вигляді півсфер, на руйнування та подрібнення зернової сировини при його вільному ударі. Показано, що робоча поверхня подрібнюючих елементів з покриттям дискретної структури і з рельєфом у вигляді півсфер може бути набагато ефективнішою при подрібненні зернової сировини при збільшенні кута падіння зерна.

Для підвищення зносостійкості робочих поверхонь подрібнюючих елементів матеріал дискретного покриття повинен мати твердість, що набагато перевищує твердість основного матеріалу. Поєднання в'язкості основного матеріалу і високої твердості ділянок покриття забезпечує довговічність подрібнюючих елементів.

Підвищення ефективності руйнування та подрібнення зерна забезпечується як за рахунок підвищення зносостійкості робочих поверхонь подрібнюючих елементів для переробки зернових культур, так і за рахунок оптимізації геометричних параметрів рельєфу їхньої поверхні.

Список літератури

1. Черновол М.І., Ворона Т.В. Умови експлуатації і основні причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин Зб. наук. пр. «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». Кіровоград: КДТУ. 2011. вип. № 24. С. 344-351
2. Черновол М.І., Ворона Т.В., Башта А.В. Зміцнення робочих поверхонь деталей машин і апаратів переробної та харчової промисловості. Інженерія поверхні і реновація виробів: матеріали 15-ї міжнародної науково-технічної конференції (1-4 червня 2015, Одеська обл., Затока). Київ, АТМ України. С. 202-206
3. Ляшенко Б.А., Солових Є.К., Лопата Л.А., Підвищення міцності та довговічності деталей машин агропромислового комплексу багатофункціональними покриттями. Механіка де формівного твердого тіла: доп. сесії Наукової ради з проблеми «Механіка де формівного твердого тіла» НАН України (15–16 жовт. 2008, Полтава). Полтава: 2008. С. 15-31.
4. Kharlamov Y., Mamuzi I., Lopata L. The selection and development of tribological coatings. Materials and technology (Materiali in tehnologije), 44 (2010) 5, 283–287.

5. Патент України на корисну модель № 39488, МПК С23С 24/00 Спосіб нанесення зносостійкого покриття. Заявник і патентовласник Інститут проблем міцності АН України / Опубл. 25.02.2009. Бюл. № 4, 2009.

6. Патент України на корисну модель № 38200, МПК С23С 4/00 Спосіб нанесення зносостійкого дискретного покриття. Заявник і патентовласник Інститут проблем міцності АН України. Опубл. 25.12.2008. Бюл. № 24.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2023.

Шамрай Віталій Борисович – аспірант кафедри машинознавства, стандартизації та сертифікації, Національний авіаційний університет, пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 77 70, E-mail: 2825003@stud.nau.edu.ua

Мікосянчик Оксана Олександрівна – д. техн. наук, професор, професор кафедри машинознавства, стандартизації та сертифікації, Національний авіаційний університет, пр. Любомира Гузара, 1, м. Київ, Україна, 03058, тел.: +38 044 406 77 70, E-mail: oksana.mikos@ukr.net.

Забойкіна Наталія Павлівна – асистент кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного університету, пр. Університетський, 9, 1, м. Кропивницький, Україна, 25006, тел.: +38 0522 390 4 33, E-mail: nataliazaboykina@gmail.com.

V. B. SHAMRAI, O.A. MIKOSIANCHYK, N.P. SABOYKINA

STRENGTHENING AND INCREASE OF WEAR RESISTANCE WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINERY

The influence of the surfaces of the working organs of agricultural machines with a discrete structure coating, which has a relief in the form of hemispheres, on the destruction and grinding of grain raw materials is considered. It is shown that the working surface of cutting and crushing elements covered with a discrete structure and with a relief in the form of hemispheres can be more effective when grinding grain raw materials. The theoretical rationale and results of experiments in grinding wheat grain with cutting and crushing elements having a working surface covered with a discrete structure are presented. The article discusses the influence of the working surface of crushing elements with a coating of a discrete structure having a relief in the form of hemispheres located on a plane on the destruction and grinding of grain raw materials during its free impact. It is shown that the working surface of crushing elements coated with a discrete structure with a hemispherical relief, not yielding to a plane in a direct impact, can be much more effective in grinding grain raw materials if the angle of incidence of grain is increased. The theoretical justification and experimental results are given for grinding wheat grain by crushing elements with a working surface with discrete structure coatings. It is justified that in order to increase the wear resistance of the working surfaces of the grinding elements, the material of the discrete coating must have a hardness that is much higher than the hardness of the main material. The combination of the viscosity of the base material and the high hardness of the coating areas ensures the durability of the grinding elements.

Keywords: coating of a discrete structure, hardness, hardness, working surface, composite coatings, wear-resistant materials

Referenses

1. Chernovol M.I., Vorona T.V. Umovy ekspluatatsii i osnovni prychny vykhodu z ladu rizhuchykh elementiv robochykh orhaniv silskohospodarskykh mashyn Zb. nauk. pr. "Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia". Kirovohrad: KDTU. 2011. vyp. № 24. S. 344-351
2. Chernovol M.I., Vorona T.V., Bashta A.V. Zmitsnennia robochykh poverkhnon detale i mashyni aparativ pererobnoi ta kharchovoi promyslovosti. Inzheneriia poverkhni i renovatsiia vyrobiv: materialy 15-i mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii (1-4 chervnia 2015, Odeska obl., Zatoka). Kyiv, ATM Ukrainy. S. 202-206
3. Liashenko B.A., Solovykh Ye.K., Lopata L.A., Pidvyshchennia mitsnosti ta dovhovic hnosti detalei mashyn ahropromyslovoho kompleksu bahatofunktsionalnymy pokryttiamy. Mekhanika de formivnogo tverdoho tila: dop. sesii Naukovoii rady z problemy «Mekhanika de formivnogo tverdoho tila» NAN Ukrainy (15–16 zhovt. 2008, Poltava). Poltava: 2008. S. 15-31.
4. Kharlamov Y. Mamuzi I., Lopata L. The selection and development of tribological coatings. *Materials and technology (Materiali in tehnologije)*, 44 (2010) 5, 283–287.
5. Patent Ukrainy na korysnu model № 39488, MPK S23S 24/00 Sposib nanesennia znosostiikoho pokryttia. Zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut problem mitsnosti AN Ukrainy // Opubl. 25.02.2009. Biul. № 4, 2009.

6. Patent Ukrainy na korysnu model № 38200, MPK S23S 4/00 Sposib nanesennia znosostiikoho dyskretnoho pokryttia. Zaiavnyk i patentovlasnyk Instytut pr oblem mitsnosti AN Ukrainy. Opubl. 25.12.2008. Biul. № 24.

Shamrai Vitaliy Borusovich - graduate student of the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, 1 Lubomyra Huzar Ave., Kyiv, Ukraine, 03058, E-mail: 2825003@stud.nau.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-1746-5213>

Mikosianchyk Oksana Oleksandrivna - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Applied Mechanics and Materials Engineering, National Aviation University, 1 Lubomyra Huzar Ave., Kyiv, Ukraine, 03058, E-mail: oksana.mikos@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-2438-1333>

Zaboikina Nataliia Pavlivna - assistant of the department of operation and repair of machines of the Central Ukrainian National University