

ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ПОДРІБНЮВАЧІВ

***В.Д. Войтюк, доктор технічних наук
М.І. Денисенко, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
В.А. Маслюк, доктор технічних наук
Інститут проблем матеріалознавства
імені І.М. Францевича НАН України***

В статті розглянуто результати лабораторних та виробничих випробувань зносостійкості молотків кормодробарок, виготовлених із порошкових композиційних матеріалів.

Технологія, виготовлення, знос, композиційний матеріал, подрібнювач.

Постановка проблеми. У процесі експлуатації кормоподрібнювачів відбувається зміна кількісних та якісних показників їх роботи, що пов'язане з інтенсивним зносом їх основних робочих органів (молотків). Актуальність проблеми стверджується і тим, що в Україні щорічно підлягають подрібненню сотні тисяч тонн руди, цементу, цукру, зерна, солі, кісток та ін.). Вібрація, маятникові коливання робочих органів чинять ударний вплив на вузли підвіски та опори агрегатів.

Проблема підвищення терміну служби молотків кормоподрібнювачів залишається актуальною їх зносостійкість є обмеженою, а витрати на технічне обслуговування і запасні частини є дуже високі.

Аналіз останніх досліджень. За твердженнями вітчизняних вчених [1] молотки кормоподрібнювачів схильні до втомного руйнування. На поверхнях тертя деталей спостерігаємо втомні виразки, що виникають внаслідок дії циклічних навантажень (рис. 1).

Мета досліджень. Мета даної роботи є підвищення зносостійкості молотків та забезпечення більш тривалого терміну служби шляхом виготовлення їх із композиційних порошкових матеріалів.

Результати досліджень. Молотки кормоподрібнювачів при обтіканні їх повітряна – зерновим потоком є найбільш навантажені деталі, на них діють сили згину і крутіння.



Рис. 1. Характерні типи експлуатаційних пошкоджень молотка кормодробарки ДБ-5 після подрібнення 50–60 тонн зерна (матеріал молотка – сталь 65Г).

Для цього було використано наступні матеріали та методи зміцнення: точкове зміцнення порошковим дротом ПП-АН 170, мікроплазмова обробка порошковим дротом ПП-АН 148, лазерна обробка, індукційне наплавлення сплавом ПГ-С 27, використання евтектичних покриттів №1, гаряче штампування поруватих заготовок, а також дослідження та розробка порошкових композиційних матеріалів КХЖ-70, КХНФ-15, КХТНФ-25. Дослідження зміцнених молотків проводилися в виробничих умовах експлуатації, на подрібненні зерноsumішей в господарствах Київської, Житомирської областей та в Республіці Білорусь.

Структура та хімічний склад поверхонь тертя вивчали за допомогою скануючого електронного мікроскопа-мікроаналізатора «Cam Scan – 4DV», з системною дисперсного енергетичного аналізу «Link-860».

При вивченні елементного складу поверхневих шарів по глибині від поверхні тертя був використаний Оже-растровий електронний мікроскоп Gamp – 10 S».

За результатами виробничих випробувань побудовано криві спрацювання молотків в залежності від їх наробітку (рис. 2).

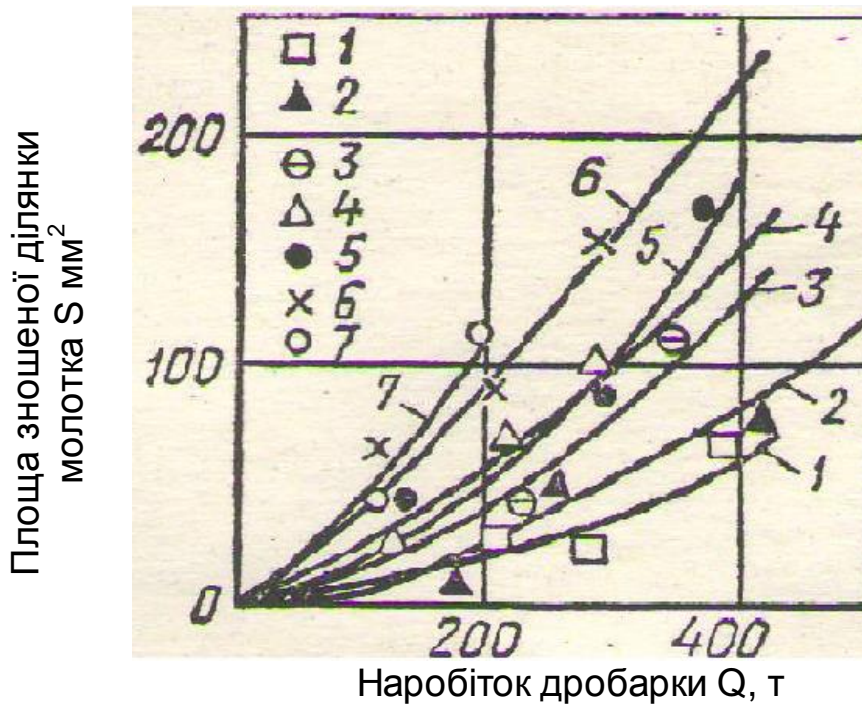


Рис. 2. Залежність зносу зміцнених молотків від напрацювання машин: 1 – Сталь 65 (мікроплазмове зміцнення ПП-АН148); 2 – Сталь Ст3 (модульні пластини КХЖ-70); 3 – Сталь 65Г (точкове зміцнення ПП-АН170); 4 – Сталь 65Г (евтектичні покриття №1); 5 – Сталь 65Г (лазерне зміцнення); 6 – Сталь Ст3 (точкове зміцнення); 7 – Сталь 65Г (серійний).

Так відповідно, одержаним даним, найбільшу зносостійкість мають молотки із сталі 45, зміцненні мікроплазмовою обробкою порошковим дротом ПП-АН148 (рис. 2, крива 1), та молотки, армовані модульними пластинами із композиційних порошкових матеріалів КХНФ-15 і КХЖ-70 (рис. 2, крива 2).

Виробничі випробування показали, що зносостійкість молотків дробарок КДУ-2,0, ДКМ-5,0, ДБ-5 у порівнянні з серійними із сталі 65Г вище у 1,96 рази при точковому зміцненні порошковим дротом ПП-АН170, при зміцненні евтектичними покриттями №1 в 2,5 рази, а при використанні композиційних матеріалів типу КЖХ-70, КХНФ-15, КЖХ-65 в 3–5 разів.

Внаслідок проведених комплексних досліджень розроблені наукові основи створення ударних робочих органів з композиційних матеріалів. Автори вперше в Україні обґрунтували та створили нові матеріали для сільськогосподарських машин методами гарячого штампування поруватих заготовок. Цей метод дозволяє підвищити коефіцієнт використання матеріалів з 50...55 до 95...98%. Відмінною

особливістю порошкових конструкційних матеріалів є їх поруватість, регулюванням якої можливо в широких межах керувати фізико – механічними властивостями виготовлених деталей.

Температурний інтервал гарячого штампування заготовок на основі заліза 900...1300°С. основна технологічна оснастка за гарячого штампування – це штампи. Молотки виготовлюються в вигляді пластини, несуча основа якого із матеріалу на основі заліза, що містить карбід хрому, графіт і скло. Армуючі шари виготовлені із безвольфрамового твердого сплаву на основі карбіду хрому, що містить графіт і лігатуру мідно фосфорного або нікель фосфорного сплавів евтектичного складу.

Сплави на основі карбіду хрому з нікелевою (КХН) і нікель фосфорною (КХНФ-15) зв'язками відрізняються комплексом важливих властивостей.

Рентгеноструктурний аналіз показує, що в вихідному порошку переважає вищий карбід хрому (Cr_3C_2) [2]. В якості вихідних матеріалів використовували порошки заліза (0,8% С) і карбіду хрому Cr_3C_2 (Cr – 86,9 C_{св} – 0,08, C_{зв'яз.} – 13%) [2].

Структура сплаву, що містить 70% заліза, двофазна (рис. 3, рис. 4). Вона складається із складного залізо хромового карбіду та включень металевої фази. За даними кількісного аналізу, металева фаза представляє собою вуглецевий ферохром та має наступний атомарний склад, %: 77,9 Fe, 10,9 Cr, 11,2 C. Карбідна фаза містить 36,5 Cr, 25,5 Fe і т38,3% С, що приблизно відповідає формулі $(CrFe)_3C_2$ з деяким надлишком атомів металу [3].

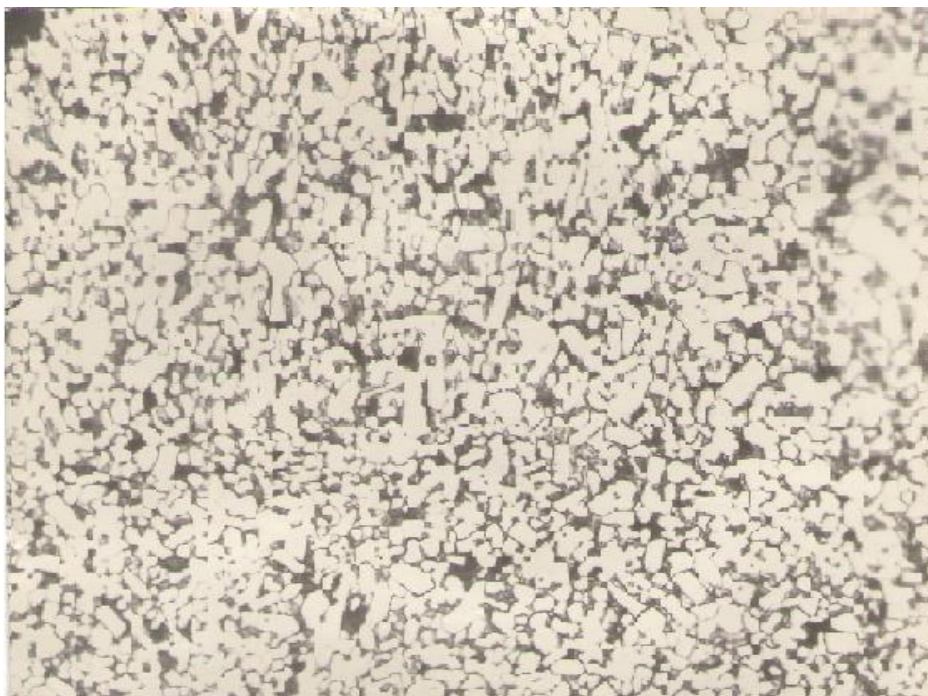


Рис. 3. Мікроструктура сплаву КХНФ-15, х400.

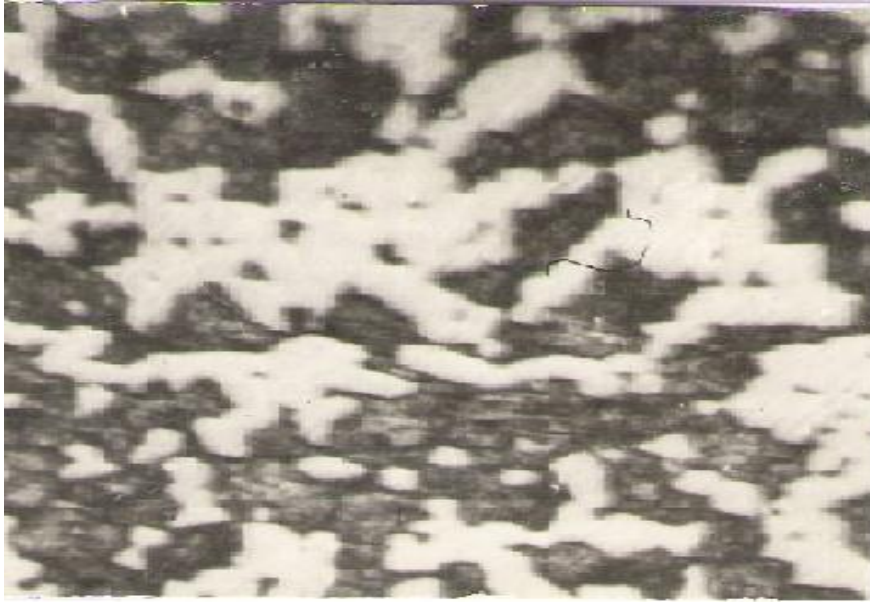


Рис. 4. Мікроструктура сплаву КХЖ-70, х400.

Результати випробувань механічних властивостей сплавів КХНФ-15 і КХЖ-70 наведені в табл. 1.

1. Основні фізико-механічні властивості сплавів КХНФ-15 і КХЖ-70.

Властивості	КХНФ-15	КХЖ-70
Густина, кг/м ³	6950	7580
Твердість, НРА	84,5	80
Ударна в'язкість, 10 ⁻⁵ Дж/м ²	0,12	0,27
Межа міцності при згинанні, МПа	1200	1270

З табл. 1 бачимо, що сплав КХЖ-70 поступається сплаву КХНФ-15 по твердості, за рахунок меншої кількості карбідів в вихідних матеріалах, але переважає в міцності і особливо в ударній в'язкості (більше, ніж в два рази).

Для забезпечення сумісного штампування несучої основи та армуючих шарів в склад вихідної суміші армуючого шару додається в вигляді лігатури один із евтектичних сплавів міді та фосфору, або нікелю або фосфору, що мають температуру плавлення відповідно 715 і 875 °С, та відіграючи функцію рідкого мастила, а в склад несучої основи – скло, що має температуру плавлення 650–750 °С.

Введення в склад вихідних сумішей лігатур і особливо скла дозволяє одержати щільний виріб, армуючи шари якого з'єднуються з несучою основою молотка двосторонньою дифузійною зоною, яка сприяє релаксації ударного впливу на молоток у всьому об'єму пластини (рис. 5). Технологічний процес виготовлення молотка включає приготування вихідних сумішей порошків для несучої основи та армуючих шарів, засипання шарів в формуючу площину матриці, що ви-

конується в такий послідовності: армуючий шар, несуча основа, формування та гаряче штампування.



Рис. 5. Глибина проникнення хрому (дифузійна зона) в основу молотка, x1000.

Також експериментальні молотки були армовані зносостійкими елементами із порошкового композиційного матеріалу на основі карбідів хрому і титану зі зв'язкою нікелевого сплаву КХТН-25, це нові мікрокомпозиційні матеріали з великим опором та регульованими фізико-механічними властивостями. Оскільки (TiC) має інший тип та параметри решітки ніж карбід хрому, треба очікувати, що його утворення супроводжується зміною розмірів зразка. При використанні в суміші з титаном частинок карбиду хрому, що володіють невеликим вуглецевим потенціалом (частинки менше 20 мкм), у цьому інтервалі температур відбувається дисоціація карбиду хрому та утворення карбиду титану в місцях концентрації вуглецю [4]. Досліджено також спосіб виготовлення модульних елементів із композиційних матеріалів. Модульні пластини із твердого сплаву монтується на сталеву основу (сталь Ст3) молотка декілька способами: пайкою, механічне кріплення за допомогою гвинтів, заклеюванням, заклепками, а також зварюванням. Коефіцієнт термічного (теплового розширення) твердих сплавів КХНФ-15, КХЖ-70, КХЖ-30 практично дорівнює коефіцієнту теплового розширення вуглецевих сталей, тобто тверді сплави добре зварюються з вуглецевими сталями. Також використання електрозварювання для кріплення модульних пластин на сталеву основу молотка (ножа) можливо в польових умовах.

Проведені приймальні випробування комбікормової установки УМК-Ф-2, оснащених молотками з твердими сплавами одержали підвищення зносостійкості молотків в порівнянні з серійними в 20 разів

(по заключенню ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого») та в 100 разів по результатах лабораторних досліджень. Попередні випробування показали, що виготовлення молотків з шаровою робочою частиною забезпечує ефект самозаточування за рахунок регульованої різниці в зносостійкості робочих граней та серцевини.

Створена експериментальна дільниця по виготовленню молотків дробарок із композиційних матеріалів на Новоград-Волинському заводі сільгоспмашин, та на Броварському заводі порошкової металургії [5].

Висновки

Розроблена технологія виготовлення зносостійких елементів із порошкових композиційних матеріалів для робочих органів подрібнювачів. Одержано матеріал із без вольфрамового твердого сплаву для роботи в умовах ударно-абразивного спрацювання. Обґрунтовано високу ефективність використання технології виробництва робочих органів методами порошкової металургії, яка базується на використанні порошків, одержаних із вітчизняної сировини і не містить таких дорогих та дефіцитних компонентів, як вольфрам, кобальт, нікель.

Отримані результати складають науково-методичну основу для розв'язання питань подрібнення кормів робочими органами із композиційних матеріалів.

Список літератури

1. *Бойко А.И.* Графоаналитический метод износа молотковых рабочих органов / *А.И. Бойко, Н.И. Денисенко* // Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства. – К.: ВНИИживмаш, 1987. – Вып. 12. – С. 124–132.
2. *Денисенко Н.И.* Спекание, структурообразование и свойства порошковых материалов системы карбид хрома-железо / *Н.И. Денисенко* // Порошковая металлургия. – 1986. – №1. – С. 39–44.
3. *Денисенко Н.И.* Структура и свойства электрофоретических карбидохромовых покрытий со связкой никель-бор эвтектического состава / *Н.И. Денисенко* // Порошковая металлургия. – 1983. – №11. – С. 83–87.
4. *Денисенко Н.И.* О структурообразовании при спекании композиции Т₁-карбид хрома / *Н.И. Денисенко* // Порошковая металлургия. – 1977. – №11. – С. 22–25.
5. *Бойко А.И.* Исследования долговечности упрочненных молотков кормодробилок / *А.И. Бойко, Н.И. Денисенко* // Исследование и конструирование машин для животноводства и кормопроизводства. – К.: ВНИИживмаш, 1987. – Вып. 12. – С. 71–75.

В статье рассмотрены результаты лабораторных и производственных испытаний износостойкости молотков кормодробилок, изготовленных из порошковых композиционных материалов.

Технология, изготовление, износ, композиционный материал, измельчитель.

The paper discusses the results of laboratory and production tests of wear resistance of corn crusher hammers manufacture of powder composite materials.

Technology, manufacture, wear, composite material, fodder shredder.

УДК 631.361.022

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНУ РУХУ ПОРЦІЇ ХЛІБНОЇ МАСИ

**В.С. Ловейкін, доктор технічних наук,
А.П. Ляшко, аспірант***

Представлені дослідження руху порції хлібної маси в зазорі молотильний барабан-підбарабаня. Було встановлено рівняння руху порції хлібної маси, а також побудовано графік залежності зміни кутової швидкості порції хлібної маси від кута повороту молотильного барабана зернозбирального комбайна.

Молотильний барабан, підбарабаня, порція хлібної маси, рівняння руху.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день ефективність всіх робіт, пов'язаних зі збиранням зернових культур залежить від зернозбирального комбайна – основної збиральної машини. Головною частиною кожного зернозбирального комбайна є молотильно-сепаруючий пристрій, від дієздатності якого залежить ефективність роботи машини. Під час руху хлібної маси в зазорі молотильно-сепаруючого пристрою, на неї діють різні сили від яких залежить якість обмолоту.

Тому в даній роботі в основу теоретичних досліджень покладено вирішення задач пов'язаних зі знаходженням рівняння руху порції хлібної маси в зазорі молотильний барабан-підбарабаня.

Аналіз останніх досліджень. Рух хлібної маси між молотильним барабаном та підбарабаням було досліджено багатьма авторами [1–5]. Авторами було встановлено, що хлібна маса піддається дії: нормальній сили стискування, сили тертя, що виникає у зоні

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, А.П. Ляшко, 2015