

ПОДОВЖЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ МАШИНИ З ВТОМНИМИ ПОШКОДЖЕННЯМИ

Nikolay Denisenko, Valeriy Voityuk

National Agrarian University, Ukraine
Geroyiv Oborony Street, 15, Kyiv 03041, Ukraine

Анотація. Подовження ресурсу деталей і вузлів машин з втомними пошкодженнями. У статті розглянуті причини раннього накопичення пошкоджень від утомленості, освіта і розвиток тріщин поверхонь деталей і вузлів с.-г. машин загального використання.

Ключові слова: нікель, молоток, подрібнення, армування

ВСТУП

В статті розглянуто причини раннього накопичення пошкоджень від втоми, утворення та розвиток тріщин поверхонь деталей та вузлів сільськогосподарських машин загального використання.

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

Основною причиною виходу з ладу деталей і вузлів, які працюють в умовах фрикційного контакту, є їх знос та втома [1]. Його інтенсивність залежить від напружено-деформованого стану поверхні, фізико-механічних властивостей матеріалу та кінематики контакту фрикційної пари. На перший погляд механізм поверхневої втоми деталей машин є відносно простий. У випадку втоми пошкодження матеріалу деталей спричиняється знакозмінними напруженнями, тобто руйнування матеріалу виникає під впливом змінних напружень, максимальні рівні яких були б безпечні, якщо діяло тільки розтягнення або стискання [2]. Основними факторами, які обумовлюють це пошкодження, вважають: по-перше, недосконалість атомної решітки, дефекти структури мікроскопічного та макроскопічного характеру; по-друге, стан поверхні.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

В роботі Н.Н. Афанасьєва [3] була запропонована статистична теорія втомного руйнування. Велику увагу в питанні про вплив активного середовища на втому металів представляють роботи Т.В. Карпенка [4,5]. В теперішній час всебічне визнання одержала втомна теорія зносу І.В. Крагельського [6], як теорія одного з найбільш розповсюджених механізмів зносу.

Під терміном «втома» розуміємо особливий тип руйнування, що визивається повторно-діючими циклами напружень, амплітудне значення яких не перевищує межі пружності матеріалу. Загальна картина цього процесу виглядає так: внаслідок шорсткості реальних тіл, їх взаємодія при терті є дискретною, торкання відбувається на окремих ділянках, сукупність яких складає фактичну площу контакту [6]. Втома з точки зору масштабу виникнення та утворення пошкоджень-процес локальний, що призводить до змін в мікрооб'ємах матеріалу.

Втомна теорія зносу одержала широке розповсюдження серед вчених різних країн. В роботах японських вчених К. Endo, Н. Togata та О. Takamia [7, 8] наведені докази на перевагу втомної теорії зношування матеріалів. В якості підтвердження втомної природи зношування в роботі [6] наведені такі результати. «При переході з великого навантаження на менше спостерігається період, на протязі якого знос взагалі припиняється. В цьому явищі вчені бачать аналогію з закономірністю розповсюдження втомних тріщин в об'ємі матеріалу, коли при переході від великого навантаження до меншого, тріщина тимчасово припиняє своє зростання, а потім знову розвивається». Тут автори розкривають, що залежність часу припрацювання від діючого зусилля нагадує зв'язок між діючим напруженням та кількістю циклів до руйнування.

Ця обставина – побічне підтвердження ведучої ролі втомних процесів при зношуванні.

Актуальність та практична доцільність даної роботи пов'язана з існуючою проблемою забезпечення надійності, довговічності та зносостійкості конструкцій деталей робочих органів сільськогосподарських машин, зернозбиральних комбайнів, машин та обладнання для тваринництва та кормо виробництва.

Дана робота присвячена розгляду методів подовження ресурсу та терміну служби деталей робочих органів машин: молоток кормодробарки, Руйнування цих деталей в більшості випадків припадає на втому сталі (рис.1.)

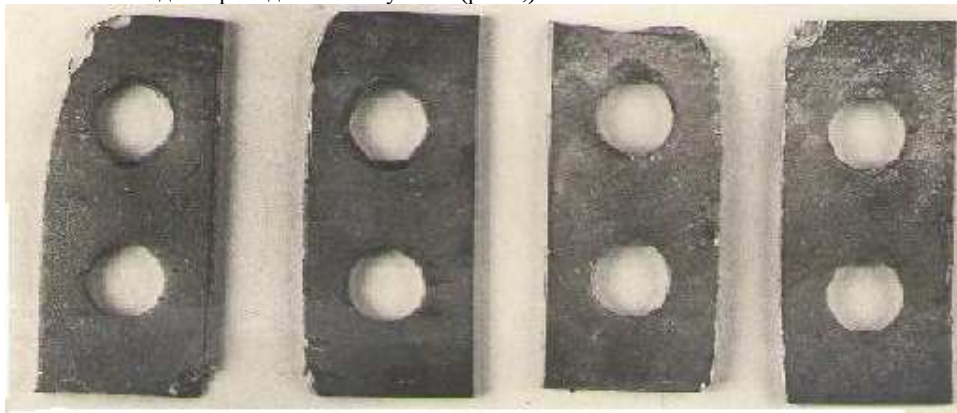


Рис. 1. Характерні типи експлуатаційних пошкоджень молотка кормів після подрібнення 50 – 60 тонн зерна

Fig. 1. Characteristic types of operating damages of hammer of forages after growing shallow 50 – 60 tons of corn

За наявності ударно – вібраційного впливу надмірне активування призводить до посиленого динамічного окислення або схоплюванню – фретинг – втоми. За наявності абразивного середовища при певному співвідношенні твердості абразиву та матеріалу поверхні утворюється механічна форма абразивного зношування. При коченні в результаті силового перевантаження виникають особливі явища зміцнення, знеміцнення, утворення та

злиття пор, утворення та відшаровування основного матеріалу поверхонь тертя – контактна втома [9].

Можна стверджувати, що втомні пошкодження, які виникають при контакті; молоток кормодробарки, зернові суміші суттєво залежать від фактичної структури при поверхневого шару.

Під впливом великої кількості циклів змінного навантаження в найбільш навантаженому або послабленому місці металу зароджується та розвивається тріщина і утворюється дільниця втомного руйнування. За багато циклового навантаження метал деталі більше чутливий до різноманітних концентраторів: дефекти на поверхні, надрізів, дільниць корозії.

Процеси втомних пошкоджень починаються з поверхневого шару вони залежать від стану і властивостей вторинної структури в тому випадку, якщо деталь в умовах роботи сприймає циклічні навантаження, а її поверхня – навантаження тертям [9,11]. У таких умовах працюють багато деталей та вузлів машин і механізмів агропромислового комплексу.

Від умов тертя залежить якість поверхні, фазовий склад, властивості, напружений стан вторинних структур поверхневих шарів та вид протікаючого процесу зношування тертьової пари. Таким чином, умови тертя визначають не тільки зносостійкість, але й втомну міцність матеріалу. Відомо, що всі методи поверхневого зміцнення, які сприяють підвищенню механічних характеристик поверхневого шару, при відсутності концентраторів напружень підвищують втомну міцність сталі [9].

В деталях реальних машин процеси зв'язані з тертям, зносом та втомними пошкодженнями, проходять одночасно, тому знання про можливі зміни втомних характеристик при зношуванні в процесі повторно – змінних навантажень викликають особливу увагу [9,10].

Діагностування видів поверхневого руйнування деталей машин здійснювали за допомогою розробленого і апробованого в практиці науково – дослідницьких робіт методу паспортизації [9,10,11].

Для комплексного вивчення специфіки втомного пошкодження (фретинг – втоми) в роботі досліджено більше 200 деталей та робочих органів машин.

Велика межа плинності сплавів, з яких виготовляються деталі в умовах втомного зношування, забезпечується за допомогою легування і зміцнення їх термообробкою [9,10].

Аналіз літературних джерел та одержані результати дозволяють розглядати використання композиційних матеріалів для деталей ударних робочих органів с/х машин, як фактор зменшення деформації поверхневих шарів і захисту та стримування пошкоджень від втоми.

Армування робочих граней молотків дробарок кормів з недорогої основи (сталь 45, сталь, Ст.3) пластинами із твердих сплавів КХЖ–70, КХНФ-15 (рис.2,3) складається з двох етапів: перший – виготовлення армуючих елементів, другий – паяння (зварювання), клейка на корпус модуль – молотка.

Модульні пластини виготовляються з наступних матеріалів:

1. порошкові суміші карбіду хрому виробництва інституту проблем матеріалознавства; АН України,
2. порошок нікелю,
3. порошок заліза, одержаного карбонільним методом, марки Р10,
4. порошок олов'янисто – фосфорної бронзи.

Порошкові суміші сплавів виготовляли за стандартною технологією, що прийнята на виробництві сумішей з твердих сплавів на основі карбіду хрому. Пресування пластин здійснювали при тиску 100 МПа в сталевій прес-формі з використанням гідравлічного пресу П-125.

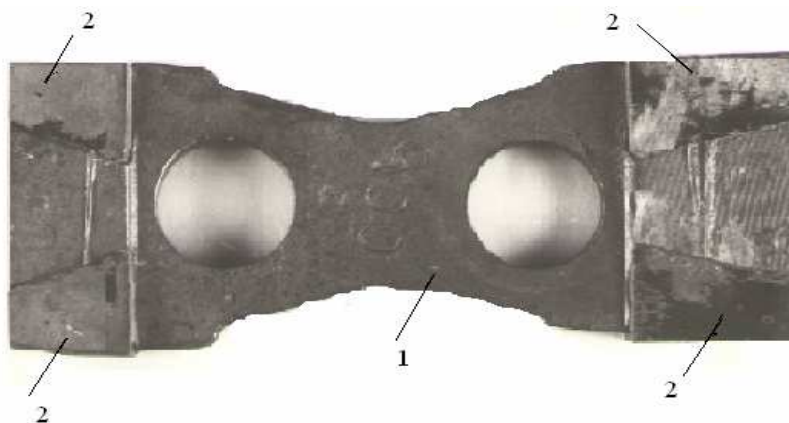


Рис.2. Молоток-модуль (основа 1-сталь, Ст.3, сталь 45; 2-модульні пластини із порошкового композиційного матеріалу КХЖ70, КХНФ15.)

Fig.2. Hammer-module (basis is 1-steel, Ст.3, steel 45; 2-module plates from powder-like composition material КХЖ70, КХНФ15.)

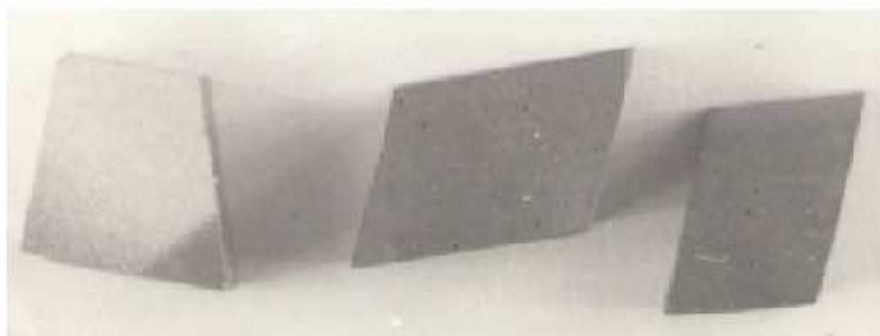


Рис.3. Спечені вставки пластини для молотка-модуля.
(КХЖ70, КХНФ15)

Fig.3. Baked insertions of plate for a hammer-module.
(КХЖ70, КХНФ15)

Потім пластини попередньо спікали в муфельній печі при температурі 1223°K в середовищі водню на протязі 1 години. Остаточне спікання здійснювали в вакуумній печі СШВ.

Виготовлення молотків із композиційних матеріалів здійснювали сумісно з вченими інституту проблем матеріалознавства АН України. При цьому метою розробки було створення в робочій зоні молотка тришарової структури. Зовнішні шари молотка виготовлялися з матеріалу КХЖ50, що має високу твердість (84HRA) та зносостійкість. Несуча основа молотка виготовлена з матеріалу КХЖ85 з меншою твердістю та зносостійкістю (рис.4).

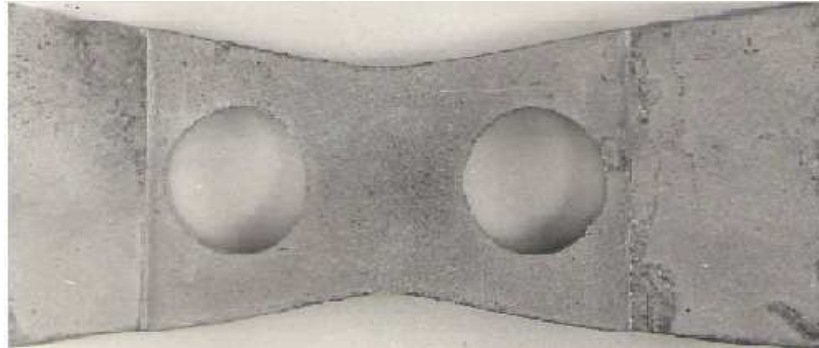


Рис. 4. Молоток дробарки 3-х шаровий, композиційний матеріал (КХЖ50+КХЖ85+КХЖ50)

Fig. 4. Hammer crushers are a 3 th stratified, composition material (КХЖ50+КХЖ85+КХЖ50)

Технологія включає операції пошарового засипання порошкових сумішей в прес – форму, їх сумісного пресування та двостадійного спікання – в повітрі за температури 950°C і в вакуумі при 1230°C та ізотермічній витримці 45 хвилин.

Дифузійна зона порошкового композиційного матеріалу зображена на рис.5.



Рис. 5. Дифузійна зона композиційного матеріалу КХЖ70, x1000

Fig. 5. Diffusive area of the composition material КХЖ70, x1000

Передбачалося, що молотки такої конструкції підвищують ефективність роботи кормодробарок за рахунок створення увігнутого профілю робочих граней молотка.

Із порошкових матеріалів виготовляли молотки методом гарячого штампування поруватих заготовок. Відпрацювання даної технології здійснювалося на ВАТ «Новоград-Волинськільмаш» і на казенному заводі порошкової металургії – м. Бровари, Київська область.

Схема технологічного процесу виготовлення молотків із порошкових матеріалів така: розмелювання сумішей (Cr_3 C_2), змішування вихідних сумішей, пресування

багатошарової заготовки молотка; спікання; нагрівання та гаряче штампування молотків. Для зовнішніх зносостійких шарів готували суміші порошку карбідів хрому в кількості 60 – 70%. Внутрішній несучий шар складається із суміші залізного порошку марки ПЖМ2 з порошком графіту в кількості, що забезпечує утворення структури доєвтектоїдної сталі.

Високостійкими проти спрацювання є композиційні матеріали з нікелевою зв'язкою. Вироби з карбідохромових сплавів одержують із суміші порошоків карбиду хрому ($C_{r3}C_2$) і нікелю пресуванням і спіканням в захисному середовищі при температурі вище $1200^{\circ}C$. Вміст нікелю може становити 5-40%.

На рис.6 відображено залежності спрацювання молотків кормодробарок, виготовлених з композиційного матеріалу КХНФ15 з різними геометричними розмірами структурних компонентів. Мікроструктура сплаву КХНФ15 зображена на (рис. 7). Структура сплаву – двофазна і складається із складного залізохромового карбиду $(Cr Fe)_7 C_3$ з надлишком заліза.

Введення в склад вихідних сумішей лігатури евтектичних сплавів міді, фосфору, нікелю а також скла дозволяє одержати щільний виріб, армуючи шари якого з'єднуються з несучою основою двосторонньою дифузійною зоною, що забезпечує надійне їх з'єднання та сприяє релаксації ударного впливу на молоток у всьому об'ємі пластини. Висота армуючого шару на одній площині може досягати до 30% від загальної висоти молотка.

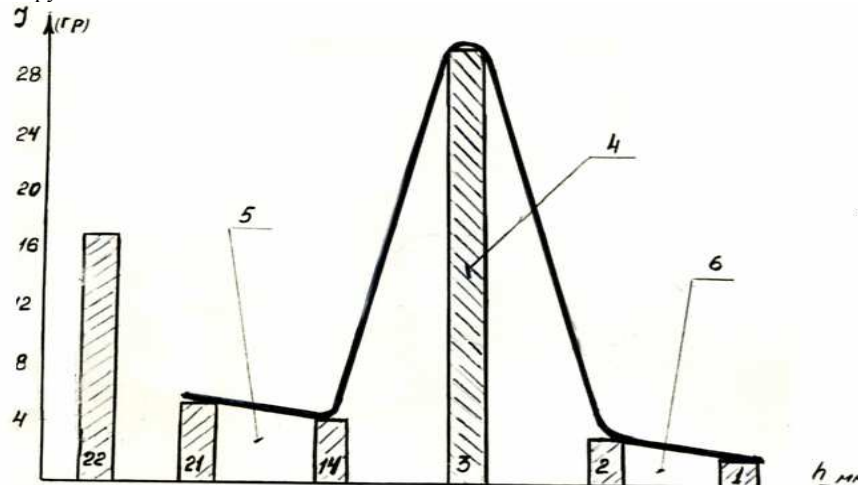


Рис. 6. Зношування молотків кормодробарок, виготовлених із порошкового матеріалу КХНФ-15 з різними геометричними розмірами структурних компонентів:

1) – $1,0 \pm 2,0$; 2) – $0,5 \pm 1,0$ мм; 3) – $0,1 \pm 0,5$ мм; 4) – $0,08 \pm 0,01$ мм;

21) – $0,005 \pm 0,008$; 22) – сталь 65Г (серійний);

4 – діапазон понижуючої зносостійкості;

5-6 – діапазон підвищ еної зносостійкості

Fig. 6. Wear of hammers of forages made from the powder-like material КХНФ-15 with different geometrical sizes of structural components:

1) – $1,0 \pm 2,0$; 2) – $0,5 \pm 1,0$ мм; 3) – $0,1 \pm 0,5$ мм; 4) – $0,08 \pm 0,01$ мм;

21) – $0,005 \pm 0,008$; 22) it is the steel 65Г (serial);

4 - is range of lowering wearproof;

5-6 – promote a range certain wearproof

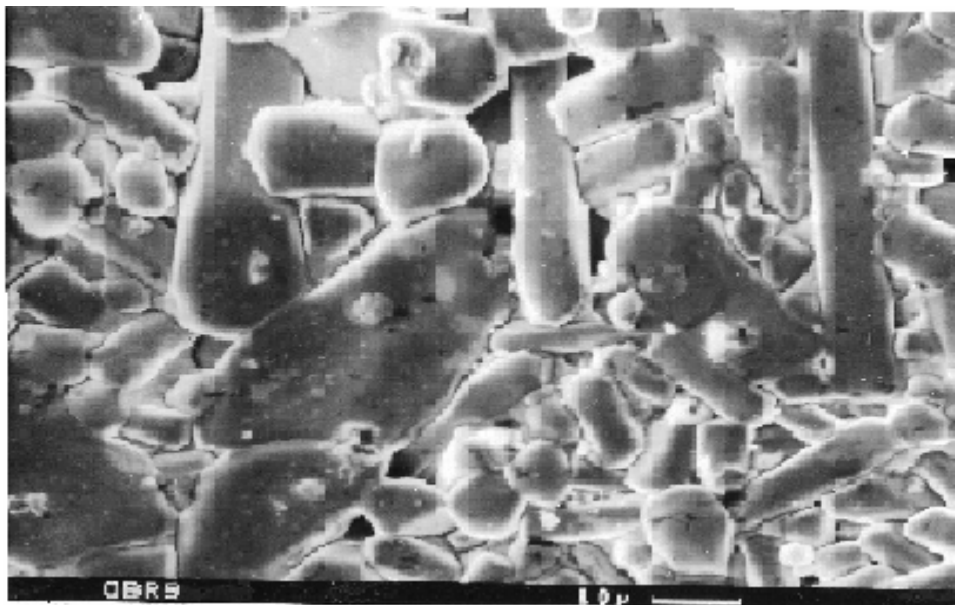


Рис.7. Мікроструктура порошкового , композиційного матеріалу
КХНФ-15, x1000

Fig.7. Microstructure of powder-like, composition material
КХНФ-15, x1000

Стійкість деталей із шарового матеріалу досягає максимального значення тільки після перекристалізації карбідної фази армуючого шару при нагріванні струмами високої частоти до 1180° , що дозволяє одержати в структурі мілко зернистого твердого сплаву. Нагрівання струмами високої частоти здійснюємо після гарячого штампування деталей.

ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструкції ударних робочих органів кормоприготувальних машин, які відповідають вимогам підвищення їх стійкості, втомної міцності та ефективності процесу подрібнення.
2. Досліджено процес виготовлення багатошарових (композиційних) матеріалів із змінними по перерізу механічними властивостями. Оптимальна товщина армованого шару 1,5 мм; визначено оптимальні, з точки зору зносостійкості, розміри твердих включень карбіду хрому (Cr_3C_2) в межах 20...50 мкм.

ЛІТЕРАТУРА

- Костецкий Б.И.: Сущность явлений трения и износа в деталях машин.
Тр. II конференции по трению и износу Т.4.М., Изд-во АН СССР, 1951. с. 201-208.
Х. Чихос.: Системный анализ в трибонике. Москва «Мир», 1982, С. 104-105.

-
- Афанасьев Н.Н.: Статистическая теория усталости металлов, Изд-во АН УССР, К., 1953, с. 164-165.
- Карпенко Г.В.: О влиянии состояния поверхности на адсорбционную и коррозионную усталость стали, т. Сб. «Некоторые вопросы усталостной прочности стали с учетом влияния активной среды», Изд-во АН УССР, К., 1959.
- Карпенко И.В. Непомнящий Е.Ф., Харач Г.М.: Усталостный механизм и краткая методика аналитической оценки величина износа поверхностей трения при скольжении. М., Изд-во АН СССР, 1967, 19с.
- Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С.: Основы расчета на трение и износ. М., «Машиностроение», 1977, с. 286-287, 284-285.
- Endo K., Fukuda Y.: A role of Fatigue in Wear of Metals. Proc/ 8 the Jap. Congr. Test. Mater., 1964, Kyoto Soc. Mater. Sci. Jap., 1965, p. 69-72.
- Endo K., Fukuda Y., Takamia O.: Influence of Internal Stress on the Wear of Steel. Bull. JSME, vol. 4, 1965, h. 17-18.
- Endo K., Fukuda Y., Togata H.: The Wear of Steel in Lubricating Oil under Varying Load. Bull. JSME, vol. 12, № 51, 1969, h. 539-547.
- Надежность и долговечность машин. Костецкий Б.И. и др. К., «Техника», 1975, 408 с.
- Поверхностная прочность материалов при трении. /Под ред. Б.И. Костецкого – Киев: Техника, 1976.-292 с.
- Фундаментальные закономерности трения и износа.
- Костецкий Б.И.: Общество «Знание» Украинской ССР, К.: 1981 г. /Машиностроение/.

LENGTHENING OF RESOURCE OF DETAILS AND KNOTS OF MACHINE WITH TIRELESS DAMAGES

Summary. The article deals with the increase of resource of details and knots of machines with the fatigue damages. The reasons of early accumulation of fatigue damages, formation and development of cracks of surfaces of details and knots of agricultural machines have been considered.

Keywords: nickel, hammer, growing shallow, reinforcement

Reviewer: Timoshevskiy B.G., Prof. Sc. D. Eng.