

**Капун В.Г.,
Гончар В.А.**

Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПАР ТЕРТЯ В СЕРЕДОВИЩІ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА З ДОБАВКАМИ МІНЕРАЛУ САПОНІТ

В сучасних умовах роботи сільськогосподарського виробництва все більшої актуальності набуває проблема створення нових високоефективних кормів з невисокою собівартістю. Дана проблема вирішується шляхом використання метода екструзії сировини на черв'ячних машинах з додаванням мінералів і отриманням кормів високої якості.

Екструдери при переробці фуражного зерна з добавками мінералів працюють в складних умовах при підвищеній температурі (до 169 °С) і тиску (до 10 МПа). В сировині з добавками сапоніт присутні до 1,67 % абразивних частинок розмірами від 250 до 600 мкм, твердістю 1000 - 1200 МПа.[1]

Величина зносу збільшує зазор між шнеком і циліндром, що призводить до прогресуючого зниження таких важливих техніко-економічних показників роботи обладнання як продуктивність праці, приріст питомих витрат енергії, загальній витрат виробництва, якості продукції тощо.[2] Тому підвищення зносостійкості пари шнек-циліндр черв'ячних машин для переробки фуражного зерна з добавками мінералів є актуальною проблемою.

В роботі [3] наведена формула (1) для оцінки зношувальної здатності матеріалів з абразивними наповнювачами в залежності від фізико-механічних характеристик наповнювача, полімерної матриці і матеріалу пари тертя:

$$V = K_0 K_n K_d K_a K_{nm} K_l L_{mp} P \Phi_m / \pi \operatorname{tg} \beta, \quad (1)$$

де V – величина об'ємного зносу;

K_0 – коефіцієнт не уточнених факторів;

K_n – коефіцієнт відносної твердості наповнювача;

K_d – коефіцієнт розміру наповнювача;

K_a – коефіцієнт концентрації наповнювача;

K_{nm} – коефіцієнт контактного модуля механічних втрат полімерної матриці;

K_l – коефіцієнт системи легування зношуваного матеріалу;

L_{mp} – шлях тертя;

P – навантаження;

Φ_m – фактор пружно-пластичних властивостей зношуваного матеріалу;

β – половинне значення кута при вершині модельованого конуса індентора.

Проте в формулі (1) не враховано зношування від хімічної дії сировини при їх переробці. Переробка фуражного зерна супроводжується деструкцією його макромолекул від механічної дії, впливу температури тощо. Розрив молекулярних ланцюгів білків, денатурації білків, декстринізації крохмалю, деструкції целюлозно-легнінних утворень та руйнування інших складних сполук в прості призводить до виникнення активних частинок (вільних радикалів, газовидних і низькомолекулярних продуктів, водяної пари), зміни структури і фізико-механічних властивостей сировини [4]. Продукти деструкції мають високу активність і реакційну здатність по відношенню до металічних сплавів і викликають інтенсифікацію процесу зношування [5].

В безпосередньому взаємозв'язку з дією абразивного і фізико-хімічних факторів при переробці фуражного зерна з добавками мінералів знаходяться технологічні параметри переробки - тиск на матеріал робочих органів, температура, агрегатний стан перероблюваного матеріалу тощо. Встановлено [3, 6], що з підвищенням тиску знос в парі шнек-циліндр зростає лінійно, а температурна залежність зносу має екстремальний характер.

З метою вивчення зносостійкості матеріалів з різними властивостями при експлуатації в середовищі фуражного зерна з добавкою мінералу сапоніту нами розроблена спеціальна експериментальна установка (рис. 1), що моделює умови роботи пари шнек-циліндр даних екструдерів.

На рис. 1 наведена конструктивна схема даної установки, в якій рух від електродвигуна 22 через муфту 21 передається на черв'ячний вал 2, на кінці якого закріплені рухомі зразки 8. Вал опирається на підшипники ковзання 11 - 12 з антифрикційного матеріалу, що розміщені в корпусі 1, в якому кріпляться нерухомі зразки кільця 9. Модельний розчин подається з ємкості 4 в зону завантаження до черв'яка, який при обертанні проштовхує розчин в зазор між рухомими і нерухомими зразками. Після цього розчин по замкнутому каналу повертається в зону загрузки. Величина тиску модельної рідини регулюється гвинтом

18, який частково перекриває січення каналу зворотного руху модельного розчину. Величина тиску вимірюється манометром 19.

Досліджувані зразки, що являють собою рухомі і нерухомі кільця товщиною 5 мм (рис. 2), виготовляються з різних матеріалів з різними фізико-механічними властивостями і фазовим складом поверхонь тертя. Діаметри поверхонь тертя кілець в процесі досліджень вимірювались в двох взаємно перпендикулярних площинах на мікроскопі ІМЦ 100 × 50А з точністю до 1 мкм через кожні 30 хвилин випробувань.

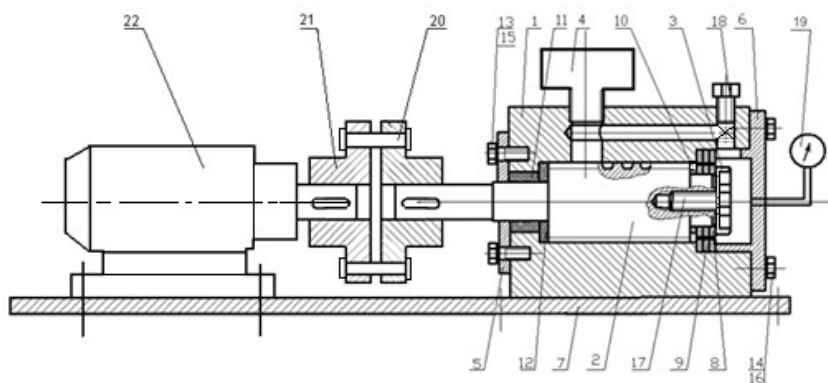


Рис. 1 – Схема установки:

- 1 – корпус; 2 – вал з нарізаними на ньому витками черв'яка; 3 – шайба фіксації зразків;
4 – сміксть з модельним розчином; 5-6 – кришки корпусу; 7 – основа; 8-9 – зразки; 10 – втулка;
11-12 – втулки з антифрикційного матеріалу; 13-14 – гвинти кріплення кришок; 15-16 – шайби;
17 – гвинт фіксації зразків; 18 – гвинт регулювання тиску середовища; 19 – манометр;
20 – штифт муфти; 21 – муфта; 22 – двигун

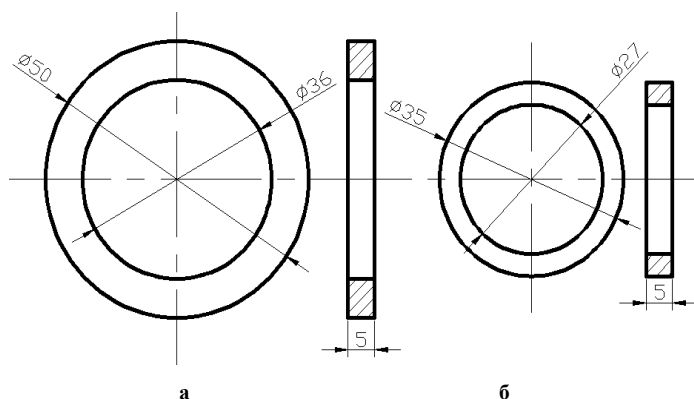


Рис. 2 – Зразки:
а – зовнішнє кільце;
б – внутрішнє кільце

На даній установці проведені порівняльні дослідження на знос зразків із різних сталей (табл.1.), поверхня яких була зміцнена за різними технологічними режимами: іонного азотування, борування, гартування.

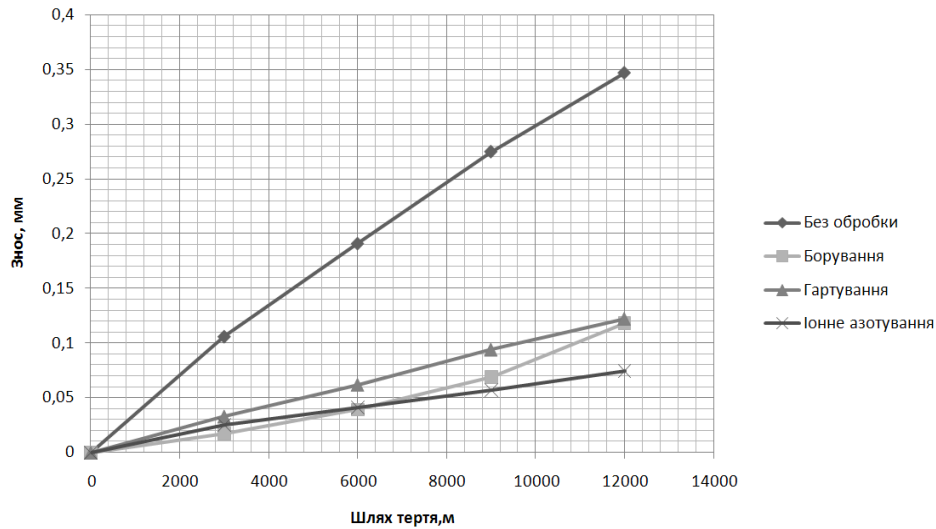
Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики зразків

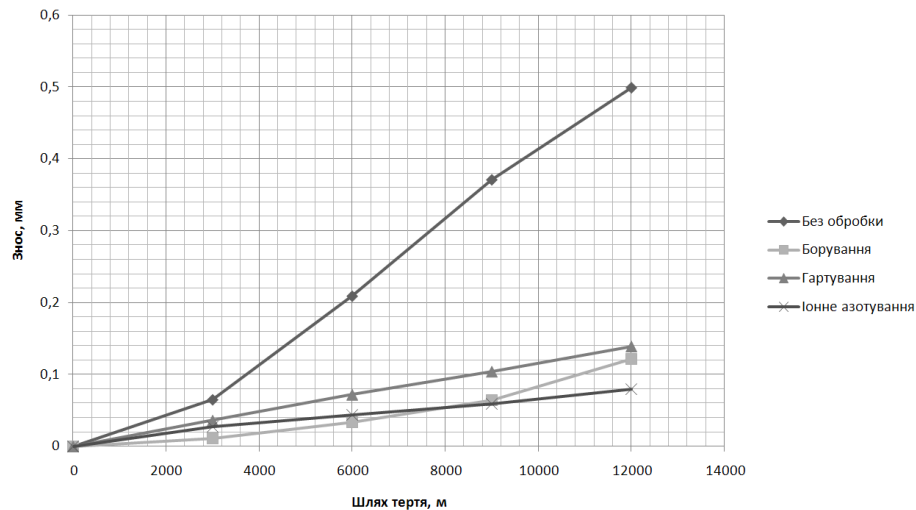
№ з/п	Вид хіміко-термічної обробки (ХТО)	Матеріал зразків	Мікротвердість поверхні Нц, МПа	
			до ХТО	після ХТО
1	Борування	Сталь 45	2500	16560
2	Іонне азотування	38ХМЮА	2690	12050
3	Гартування	Сталь 45	2510	4580
4	Без обробки	Сталь 20	2430	2430

Дослідження проводились в середовищі модельного розчину, що складається з муки, сапоніту та води відповідно в пропорції 9:1:8.

На рис. 3 і табл. 2 наведені результати випробувань зразків (внутрішніх і зовнішніх кілець) з різними видами хіміко-термічної обробки.



а



б

Рис. 3 – Залежність зносу від шляху тертя:
а – зовнішніх кілець;
б – внутрішніх кілець

Таблиця 2

№ з/п		Шлях тертя, м		Результати випробувань							
				Марки сталей і їх ХТО							
				Сталь 45 Борування		38ХМЮА Іонне азотування		Сталь 45 Гартування		Сталь 20 Без обробки	
		Знос, мм	Інтенсивність зносу, 10^{-8}	Знос, мм	Інтенсивність зносу, 10^{-8}	Знос, мм	Інтенсивність зносу, 10^{-8}	Знос, мм	Інтенсивність зносу, 10^{-8}		
Зовнішні кільця											
1	3000	0,017	0,57	0,025	0,83	0,033	1,10	0,106	3,53		
2	6000	0,039	0,65	0,041	0,68	0,062	1,03	0,191	3,18		
3	9000	0,069	0,77	0,057	0,63	0,094	1,04	0,275	3,06		
4	12000	0,118	0,98	0,074	0,62	0,122	1,02	0,347	2,89		
Внутрішні кільця											
1	3000	0,011	0,37	0,019	0,90	0,036	1,20	0,065	2,17		
2	6000	0,033	0,55	0,038	0,73	0,072	1,20	0,209	3,48		
3	9000	0,064	0,71	0,059	0,66	0,104	1,16	0,371	4,12		

4	12000	0,121	1,01	0,079	0,66	0,139	1,16	0,499	4,16
---	-------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------

Відомо [7], що в абразивних середовищах існує кореляційний зв'язок між зносом і твердістю поверхонь тертя, тому інтенсивність зношування зменшується при підвищенні твердості. В нашому випадку середовище є не тільки абразивним, але і хімічно-активним в результаті деструкції сировини та утворення корозійно-активних компонентів середовища. Тому для забезпечення високої зносостійкості поверхні тертя в даному середовищі вона повинна мати крім великої твердості досить високу корозійну стійкість і бездефектну структуру. Борований шар досліджуваних зразків мав велику кількість мікротріщин, що і стало однією із головних причин його низької зносостійкості та інтенсивного руйнування після 7000 м. шляху тертя. На зразках, які були піддані боруванню, після 12000 м випробувань були помітні дефекти в вигляді відшарування та викришування зміцненого шару.

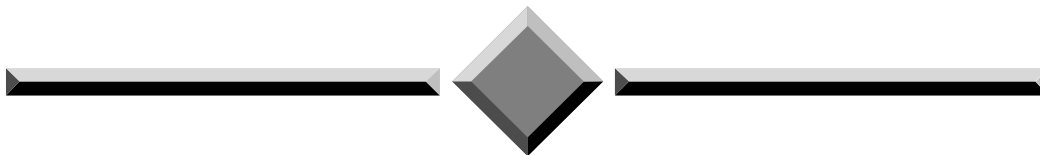
Проведені дослідження показали, що з парі тертя інтенсивність зношування внутрішніх кілець, що обертаються, вища в порівнянні з зовнішніми нерухомими зразками при однакових фізико-механічних характеристиках їх поверхонь. Це пояснюється більш інтенсивним протіканням електрохімічних і корозійних процесів при русі зразків в хімічно активному середовищі [8].

Таким чином, дослідження показали, що при абразивному зношуванні в хімічно активних середовищах на зносостійкість пари тертя крім твердості вплив має якість і фазовий склад поверхневого шару, що забезпечують значну стійкість проти електрохімічних процесів і крихкого руйнування поверхні при зношуванні. Найбільшу зносостійкість показали зразки, що з зміцнювались іонним азотуванням.

Література

1. Каплун В.Г., Гончар В.А. Умови роботи і характер зношування деталей екструдера при виготовленні комбікормів для тваринництва // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – 2008. – № 3. – С. 44-47.
2. Зверлин В.Г. Исследования предельно допустимого износа рабочих органов червячных пресов // Химическое и нефтяное машиностроение – 1982 – № 9. – С. 20-22.
3. Гладченко А.Н. Триботехническое обеспечение долговечности экструзионной техники: Автореферат дис. д-ра техн., наук: 05,02.04. – 1992 – 24 с.
4. Черняев И.П. Технология комбикормового производства. – М.: Агропромиздат. – 1985. – 255 с.
5. Бартенев Г.М., Трение и износ полимеров / Г.М. Бартенев, В.В. Лавретьев – Л.: Химия, 1972 – 240 с.
6. Каплун В.Г. Дослідження зносу і тиску в матеріальному циліндрі термопластавтоматів при переробці пластмас / В.Г. Каплун, П.В. Матвіїшин, В.А. Гончар // Проблеми трибології (Problems of Tribology). – № 3 – 2007. – С. 25-29.
7. Хрущов М.М. Абразивное изнашивание / М.М. Хрущев, М.А. Бабичев. – М: Наука, 1970 – 252 с.
8. Каплун В.Г. Износостойкость азотированной стали 45X в растворе лимонной кислоты / В.Г. Каплун, А.Е. Рудык // Проблемы трения и изнашивания: Республ. межвед. науч.-техн. сб. - Вып. 28.- К.: – 1985 – С. 69-74.

Надійшла 24.01.2011



ЧИТАЙТЕ

журнал

“Problems of Tribology”

во всемирной сети

INTERNET!

<http://www.tup.km.ua/science/journals/tribology/>