

УДК 636.085:6.004.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОГО ИЗНАШИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ, УПРОЧНЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ СПОСОБОМ

канд. техн. наук В.А. ЛЮЦКО, Г.В. ПЕТРИШИН, В.Ф. СОБОЛЕВ  
(Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого)

Приведено описание установки и методики исследования абразивно-ударно-коррозионного изнашивания плоских поверхностей деталей машин, упрочненных электромагнитным способом. Показано влияние биополимерной среды и состава ферропорошков на износостойкость электромагнитных покрытий.

**Введение.** Режущие элементы рабочих органов сельскохозяйственных кормоуборочных машин (сегменты жаток, измельчающие ножи, противорежущие брусья, шнеки) подвергаются интенсивному изнашиванию, обусловленному взаимодействием большого количества факторов [1-2]:

- абразивных частиц (кварц, полевой шпат, глинозем);
- почвенного аэрозоля (солей, кислот);
- влаги;
- случайных по величине ударных нагрузок.

Такое комплексное влияние вышеперечисленных факторов на износ режущих элементов кормоуборочной техники (например, КСК-100-2А; «Полесье 250») еще недостаточно полно изучено. Для повышения работоспособности режущих элементов хорошо себя зарекомендовал метод электромагнитного упрочнения [3 - 4]. Исследования триботехнических и физико-механических свойств покрытий из различных ферромагнитных порошков, сформированных в процессе электромагнитной обработки, подтвердили эффективность данного метода для упрочнения деталей кормоуборочной техники [5 - 6]. Однако исследований комплексного влияния абразивно-ударного износа в сочетании с коррозионным на свойства электромагнитных покрытий не проводилось.

**Цель исследований** - изучение влияния полимерной среды и состава ферропорошков на абразивно-ударно-коррозионное изнашивание образцов, упрочненных электромагнитным способом.

**Оборудование и методика исследований.** Исследования проводились на разработанной нами лабораторной установке. Конструктивно установка оформлена как наладка к токарно-винторезному станку модели 16К20 (рис. 1).

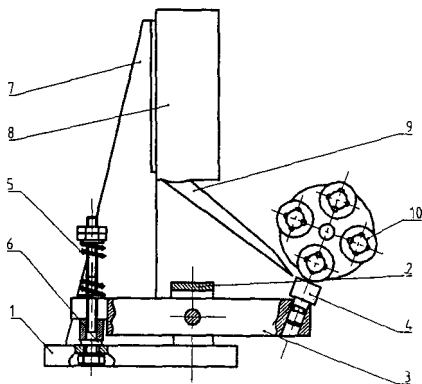


Рис. 1. Схема лабораторной установки

На плите 1, закрепленной в резцедержателе суппорта станка, установлена стойка 2, в которой закреплено коромысло 3. На одном конце коромысла устанавливается испытываемый образец 4 под углом  $\alpha = 30^\circ$ , определенный конструктивно, а на другом - закрепляется пружина 5 на стержне 6, жестко связанного с плитой 1. Пружина 5 является механизмом нагружения испытываемого образца. К плите 1 крепятся стойки 7, на которых устанавливается бункер 8 с лотком 9 для подачи абразивно-полимерной смеси на испытываемую поверхность образца. В патроне станка устанавливается ударный инструмент, выполненный в виде диска с бойками 10. Материал бойков сталь 65Г ГОСТ 1050-88 с 58...62 HRC.

Образцы изготавливались в виде цилиндров с квадратной головкой и размерами 15x15x40 мм из стали 45 ГОСТ 1050-88. Электромагнитные покрытия, на торцовую поверхность образцов наносились на лабораторной установке, смонтированной на базе горизонтально-фрезерного станка модели 6Р82Г, ферромагнитными порошками из ферробора ФБ-10, ФБ-17 ГОСТ 14848-69, феррохромбора ФХБ-1 и специальными порошками на основе серого чугуна СЧ20, легированного В, Cr, Al, Mn, Si (бористый чугун БЧ-1) [6]. Дисперсность частиц порошков 02 - 04 мм. Эталонном служил образец из стали ШХ-15 ГОСТ 801-60 с 62...65 HRC.

Процесс испытаний осуществлялся следующим образом. При вращении диска боек 10 ударяет по торцовой поверхности испытываемого образца 4 и продолжает вращательное движение, увлекая за собой образец. С этого момента скорость движения образца по величине и направлению совпадает со скоростью движения бойка. При ударе абразивно-полимерная смесь шаржируется в испытываемую поверхность, происходит ударный износ в абразивно-полимерной прослойке. При дальнейшем вращении боек

скользит по испытываемой поверхности прижатой к бойку усилием пружины 5, передаваемым через ко­ромысло 3, и происходит процесс микрорезания образца абразивно-полимерными частицами. База испы­таний  $12 \cdot 10^3$  циклов нагружения.

Оценка износостойкости проводилась гравиметрическим методом (по потери массы) взвешиванием образцов и бойков на аналитических весах АДВ-200М с погрешностью  $10^{-7}$  кг через каждые  $1,5 \cdot 10^3$  циклов нагружения. Перед взвешиванием образцы и бойки промывались в ацетоне ГОСТ 2603-71.

Интенсивность изнашивания  $J_m$ , мг/м, определялась по формуле [7]:

$$J_m = \frac{\Delta m}{l}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – потеря массы образца и бойка, мг;  $l$  – длина пути трения, м.

Среднее значение интенсивности изнашивания получали по результатам пяти опытов.

Износостойкость  $\varepsilon$ ,  $\text{м} \cdot \text{мг}^{-1}$ , определялась величиной обратной интенсивности изнашивания:

$$\varepsilon = \frac{1}{J_m}. \quad (2)$$

Относительная износостойкость  $\varepsilon_{\text{отн}}$  определялась отношением износостойкости покрытия к изно­состойкости материала эталона:

$$\varepsilon_{\text{отн}} = \varepsilon / \varepsilon_{\text{эт}}, \quad (3)$$

где  $\varepsilon_{\text{эт}}$  – износостойкость материала эталона,  $\text{м} \cdot \text{мг}^{-1}$ .

В качестве полимерной среды растительного происхождения использовали белок, целлюлозу и крахмал в порошкообразном состоянии. Абразивная составляющая была представлена кварцевым песком ГОСТ 8006-72 и карбидом кремния зеленым марки 63С в равной пропорции, с дисперсностью частиц 02 – 06 мм.

**Результаты исследований.** Установлено, что интенсивность износа образцов (сталь 45 + покры­тие ФБ-17) в абразивно-полимерной среде с увеличением в ней концентрации биополимеров возрастает (рис. 2). Максимальная интенсивность износа наблюдается при содержании в среде 9 – 10 % белков, 15 – 16 % целлюлозы, 15 – 18 % крахмала.

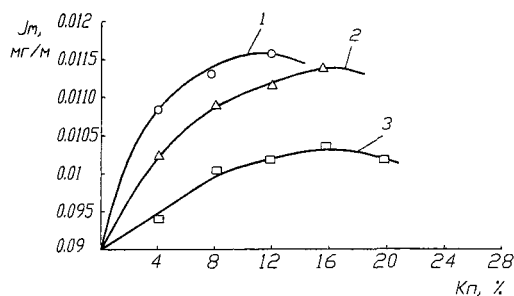


Рис. 2. Интенсивность износа образцов  $J_m$  в зависимости от концентрации  $K_p$  в ней биополимеров:  
1 – белок; 2 – целлюлоза; 3 – крахмал

Интенсификацию износа можно объяснить следующими факторами: абразивно-ударный износ сопровождается пластическим деформированием поверхностных слоев, в сочетании с микрорезани­ем, а продукты механодеструкции полимеров на границе среда – металл уменьшают поверхностную энергию металла, тем самым ускоряют процесс диспергирования его поверхностного слоя. Таким образом, совместное действие абразива и деструк­тируемого полимера приводит к интенсификации износа металла. С учетом полученных результатов (см. рис. 2), в дальнейших исследованиях применя­лась абразивно-полимерная среда следующего состава (в объемных единицах): кварцевый песок – 30 %, карбид кремния зеленый – 30 %, белок – 10 %, цел­люлоза – 15 %, крахмал – 15 %.

Результаты влияния полимерной среды на износ образцов из различных материалов (таблица) показы­вают, что наличие биополимеров увеличивает интенсивность износа испытываемых образцов на 28 – 30 %, а контртела (бойков) на 25 – 28 %.

Интенсивность износа и относительная износостойкость в зависимости от испытываемого материала и среды

Испытываемые материалы	Интенсивность износа $J_m$ , мг/м		Относительная износостойкость, $\varepsilon_{\text{отн}}$	
	Абразивная смесь	Абразивно-полимерная смесь	Абразивная смесь	Абразивно-полимерная смесь
Эталон Сталь ШХ15	0,026	0,035	1,0	1,0
Образец Сталь45 + ФБ-17	0,009	0,0128	2,86	2,03
Боек Сталь 65Г – эталон Сталь ШХ15	0,0338	0,047	0,767	0,74
Боек Сталь 65Г – эталон сталь 45 + ФБ-17	0,0347	0,0465	0,745	0,753

Одновременно наблюдается некоторое увеличение относительной износостойкости бойков, работающих в паре с образцами, упрочненными электромагнитным способом, по сравнению с эталонными (с 0,74 % до 0,753 %). Это объясняется тем, что продукты деструкции полимеров, с одной стороны, интенсифицируют износ, а с другой, заполняя микрократеры на упрочненной поверхности, служа своеобразной смазкой, - улучшают условия трения.

Износ образцов из стали 45 с покрытиями из различных марок ферропорошков в функции пути трения (рис. 3) показывает, что процесс электромагнитного упрочнения позволяет повысить износостойкость в 2 - 4 раза по сравнению с эталоном ( сталь ШХ-15 с 62...65HRC).

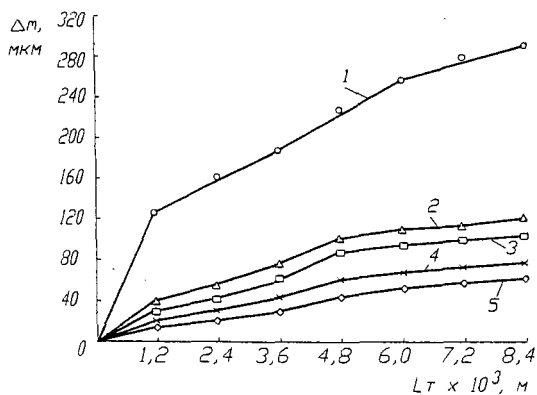


Рис. 3. Износ образцов  $\Delta m$  в зависимости от пути трения  $L_t$  и марки ферропорошка: 1 – эталон (сталь ШХ-15); 2 – Сталь 45+ФБ-10; 3 – Сталь 45+ФБ-17; 4 – Сталь 45+БЧ-1; 5 – Сталь 5 + ФХБ-1

Наименьшему абразивно-ударно-коррозионному износу подвержены образцы из порошков ФХБ-1 и БЧ-1, находящемуся в пределах 70 – 90 мг на пути трения  $L_t = 8,5 \text{ м}$  ( $10 \cdot 10^3$  циклов, время испытаний составит 130 мин при частоте вращения диска  $100 \text{ мин}^{-1}$ ). Износ образцов с покрытиями из порошков ФБ-10 и ФБ-17 в 1,5 – 1,8 раз больше и составляет 120 – 130 мг при тех же режимах испытаний. Высокая износостойкость покрытий из порошков ФХБ-1 и БЧ-1 объясняется особенностями их химического состава, а именно большим содержанием бора и хрома: ФХБ-1 содержит 20 % В и 45 % Сг, а БЧ-1 соответственно 15 % В и 15 % Сг. Из ранее проведенных исследований известно применение этих легирующих элементов в различных наплавочных материалах для повышения абразивной, абразивно-ударной и коррозионной стойкости, упрочненных поверхностей деталей машин.

**Выводы.** Предложено устройство, реализующее процесс абразивно-ударно-коррозионного изнашивания, имитирующее работу режущих элементов рабочих органов кормоуборочных машин. Установлено, что наличие полимеров в абразивной среде увеличивает износ образцов на 25 - 30 %. В порядке увеличения износостойкости покрытий в зависимости от марки ферропорошки располагаются в следующей последовательности: ФХБ-1 → БЧ-1 → ФБ-17 → ФБ-10.

Работа выполнена под руководством чл.-кор. НАН Беларуси, д-р техн. наук, проф. Ф.И. Пантелеенко.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Резник Н.Е. Классификация режущих аппаратов и видов износа лезвийных рабочих органов // Повышение износостойкости и долговечности режущих элементов сельскохозяйственных машин: Материалы второй науч.-техн. конф. - М.; ОНТИ, 1971. - С. 79 - 96.
2. Черненко П.А. Влияние абразива и биополимеров на изнашивание режущих элементов сельскохозяйственных машин // Повышение износостойкости и долговечности режущих элементов сельскохозяйственных машин: Материалы II науч.-техн. конф. - М.; ОНТИ, 1971. - С. 212 -219.
3. Шулев Г.С., Люцко В.А. Упрочнение деталей кормоуборочных комбайнов в электромагнитном поле // Пути повышения технического уровня и надежности кормоуборочной техники: Тез. докл. науч.-практ. конф. - Гомель, 1986. - С. 33 - 34.
4. Повышение долговечности деталей кормоуборочной техники методами магнитно-электрической обработки / М.П. Кульгейко, В.А. Люцко, Е.Н. Демиденко, В.Ф. Соболев // Современные проблемы машиноведения: Материалы междунар. науч.-техн. конф. - Гомель: Гомельский политехн. ин-т, 1998.-С. 103 - 104.
5. Люцко В.А. Исследование динамики износа режущих элементов кормоуборочной техники, упрочненных магнитно-электрическим способом // Современные проблемы машиноведения: Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф. - Гомель: Гомельский гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого, 2002. - 141 с.
6. Люцко В.А. Свойства покрытий сформированных в процессе магнитно-электрического упрочнения: В кн.: Материалы науч.-техн. конф. посв. 30-летию ин-та. - Брест: Брестский политехн. ин-т, 1996. — Ч. 1.-С. 113-114.
7. Пантелеенко Ф.И. Самофлюсующиеся диффузионные-легируемые порошки на железной основе и железные покрытия из них. - Мн.: Технопринт, 2001. - 300 с.
8. Износостойкость и структура твердых наплавов / М.М. Хрущев, М.А. Бабичев, Е.С.Беркович и др.; Под ред. М.М. Хрущева.-М.: Машиностроение, 1971.-95 с.