

УДК 621.791.92 : 621.81

УЛУЧШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННЫМ УПРОЧНЯЮЩИМ СПОСОБОМ ОБРАБОТКИ

Щурский Д.С., Афанасенко Д.Е., магистранты, Миранович А.В., к.т.н.
(Белорусский государственный аграрный технический университет)

В настоящее время в машиностроительном и ремонтном производствах существует проблема повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей сельскохозяйственной техники, большинство поломок которых происходит в результате их поверхностного разрушения [1, 2].

Следует отметить, что к деталям, подвергающимся интенсивному изнашиванию в результате трения их рабочих поверхностей с обрабатываемой средой, относятся подкапывающие органы картофелеуборочных машин – лемеха. Так, в процессе эксплуатации картофелекопателей в поверхностных слоях их рабочих органов возникают механические и молекулярные взаимодействия, в результате которых происходит износ и изменение конструктивных параметров лемехов [3, 4]. Это обстоятельство достаточно часто приводит к нарушению агротехнических требований по обеспечению технологического процесса уборки картофеля – необходимостью отделения значительной массы почвы, поступающей вместе с клубнями и ботвой, с наименьшей повреждаемостью картофеля [1, 2, 4].

Анализ данных литературных источников [2, 4, 5] показывает, что основными дефектами лемехов картофелекопателей являются: износ по толщине и ширине, приводящий к затуплению лезвий рабочих органов; деформирование или коробление их; возникновение на их рабочей поверхности сколов, зазубрин и трещин.

Для обеспечения износостойкости рабочих поверхностей при изготовлении подкапывающих рабочих органов картофелеуборочных машин находят применение современные способы упрочнения, основанные на использовании концентрированных потоков энергии [3, 4]. Одним из них является магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ), обеспечивающее многослойное нанесение износостойких покрытий из ферромагнитных порошков (ФМП) [5, 6]. Наряду с известными преимуществами этого способа [6], существенными дефектами, снижающими износостойкость формируемых поверхностных слоев, является их шероховатость и разнотолщинность [3, 5].

В целях стабилизации толщины наносимого покрытия и уменьшения его шероховатости предложена технологическая схема для МЭУ ферромагнитным порошком с дополнительным технологическим воздействием – электромеханической обработкой (ЭМО) [5]. При осуществлении этой схемы подача ФМП происходит в составе специальной пасты, предварительно нанесенной на наплавляемую поверхность, что дает возможность локального нанесения покрытия. Специальная паста имеет большую вязкость и низкую

охлаждающую способность по сравнению с применяющимися рабочими технологическими средами. Это позволяет увеличить коэффициент использования ФМП и снизить скорость охлаждения наносимого покрытия. Низкая охлаждающая способность пасты, в свою очередь, уменьшает величину остаточных напряжений и вероятность образования трещин в слое покрытия. Добавление в состав пасты различных легирующих компонентов позволяет в широком диапазоне регулировать структуру и свойства получаемых покрытий [2, 6]. При этом в результате дополнительного воздействия технологического тока и усилия накатывания электрода-инструмента на нанесенные покрытия при ЭМО формируется упрочняемая поверхность детали с регулируемыми параметрами качества (шероховатости и разнотолщинности) [1, 3]

Учитывая, что специфика изнашивания формируемых покрытий проявляется во влиянии структуры, химического состава и физико-механических характеристик упрочненного поверхностного слоя, представляет практический интерес в расширении технологических возможностей и стабилизации процесса комбинированной обработки МЭУ с ЭМО. Для этого и разработано устройство для нанесения износостойких покрытий на плоские поверхности быстроизнашивающихся деталей с их последующей электромеханической обработкой [5, 6]. В этой технологической схеме в качестве упрочняющего материала применяется специальная паста, представляющая собой смесь ферромагнитного порошка и связующего компонента. Легирующим элементом является ФМП – ФБХ-6-2, в качестве связующего для пасты – эпоксидная смола ЭДП (ТУ 2395-001-49582674-99), растворенная в жидком стекле (ТО РБ 02974150 – 015 – 99).

Ферромагнитный порошок ФБХ-6-2 с гранулометрическим составом 200–400 мкм при МЭУ с ЭМО образует мелкодисперсный слой с высокими эксплуатационными свойствами. Железо повышает адгезию покрытия с основой, бор и хром – требуемые прочность и износостойкость формируемого покрытия. При этом содержание ФМП ФБХ-6-2 менее 50 % в составе пасты недостаточно для образования качественного покрытия, так как нарушается стабильность и устойчивость процесса МЭУ из-за небольшого количества образующихся цепочек-микроэлектродов в рабочем зазоре устройства МЭУ. Содержание ФМП более 50 % приводит к увеличению вязкости специальной пасты и, как следствие, нестабильности формирования покрытия. Эпоксидная смола ЭДП, вводимая в состав пасты в качестве связующего элемента, является высокомолекулярным соединением [6] и поэтому энергия активации термодеструкции таких соединений значительно меньше, чем у низкомолекулярных соединений. При поглощении энергии электрической дуги происходит обрыв наиболее слабых связей соединения в пасте, а именно – двойных связей в углеводородном скелете мономера эпоксидной смолы, что приводит к образованию углекислого газа (CO_2) и водорода (H_2), которые образуют экран рабочей зоны, предохраняющий процесс МЭУ от вредного влияния окружающей среды. Жидкое стекло, вводимое в состав пасты для уменьшения вязкости, является источником образования в процессе наплавки легирующего компонента – кремния.

В работе оценку долговечности подкапывающих рабочих органов картофелекопателей осуществляли посредством обработки статистических данных об их износах в реальных условиях эксплуатации. Для этого проводились сравнительные испытания износостойкости лемехов (левого и правого) навесного двухрядного картофелекопателя модели КТН-2В производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Лидсельмаш». Сравнивались лемеха, изготовленные по типовой (заводской) технологии и технологии с комбинированным упрочнением ферромагнитным порошком ФБХ-6-2 в составе пасты из ЭДП, растворенной в жидком стекле.

Магнитно-электрическое упрочнение лемехов (левого и правого) картофелекопателя выполнялось на установке модели УМЭУ-1 на оптимальных режимах (таблица 1) и ЭМО – накатным устройством с роликовым электродом-инструментом (плотность технологического тока $i_{\text{Э}}=100\text{--}110\text{ А/мм}^2$; напряжение $U_{\text{Э}}=2\text{--}6\text{ В}$; усилие накатывания электродом-инструментом $P_{\text{Э}}=0,25\text{--}0,75\text{ кН}$).

Таблица 1 – Оптимальные режимы магнитно-электрического упрочнения

Материал ФМП	Оптимальные значения*				
	i , А/мм ²	δ , мм	S , мм/об	V , м/с	q , г/(с·мм ²)
ФБХ 6-2	1,91	1,50	0,220	0,055	$2,86 \cdot 10^{-3}$

* где i – плотность разрядного тока, А/мм²; δ – величина рабочего зазора, мм; S – скорость подачи, мм/об; V – окружная скорость заготовки, м/с; q – расход ФМП, г/с·мм².

Испытывали две партии лемехов в количестве 6 штук в каждой. Испытания проводились на среднесуглинистых почвах с твердостью до 18–20 кг/см² и средnezасоренных камнями (до 8 т/га), влажностью 20–22 %, при глубине подкапывания 20–22 см с рабочей скоростью 2,0–3,0 км/ч. По результатам испытаний производительность картофелекопателя составила 0,25–0,40 га за час сменного времени при соблюдении агротехнических требований.

Оценка эффективности самозатачивания проводилась измерением радиуса закругления кромки специально изготовленным шаблоном в пяти опорных точках до и после испытаний, а так же визуально по степени износа поверхности лемеха.

Толщина упрочненных поверхностных слоев на лемехах определялась по распределению микротвердости на приборе ПМТ-3М в поперечном сечении при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз. Измерение шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре Mitutoyo SJ-201P.

В результате исследований микротвердости установлено, что незначительные колебания и плавное изменение значений микротвердости по толщине в пределах 571–623 HV_{0,05} для покрытия из ФМП ФБХ-6-2 обусловлены однородностью упрочненных слоев. Установлено, что покрытие из порошка ФБХ-6-2 имеет максимальную микротвердость (623 HV_{0,05}). Данное обстоятельство обусловлено формированием мелкодисперсной структуры слоев в результате их скоростного охлаждения и последующей электромеханической обработкой.

Результаты исследований (таблица 2) показывают, что ЭМО нанесенных покрытий МЭУ при уменьшении средней их толщины в 1,17 раза, позволяет повысить качество упрочненных поверхностей за счет снижения их средней шероховатости в 1,67 раза и средней разнотолщинности в 1,4 раза.

Таблица 2 – Показатели качества упрочненных поверхностей

Материал ФМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм	Средняя шероховатость поверхности, мкм
Магнитно-электрическое упрочнение			
ФБХ-6-2	276	51	10,2
Магнитно-электрическое упрочнение с ЭМО			
ФБХ-6-2	235	36	6,1

Для каждой партии была определена дисперсия параметра износа лемехов картофелекопателя. Анализ результатов сравнительных испытаний показал, что дисперсии партий по параметру линейного износа лемехов серийных и упрочненных комбинированным способом составили соответственно 15 % и 7 %. Разброс экспериментальных данных для МЭУ с ЭМО свидетельствует о том, что процесс нанесения износостойких покрытий с последующей электромеханической обработкой является стабильным.

Установлено, что покрытие, полученное нанесением ФМП в составе пасты и последующей электромеханической обработкой, позволяет сохранить геометрию режущей кромки лемехов картофелекопателя за счет их самозатачивания в процессе работы, а также увеличить износостойкость лемехов сошника в 1,3–1,6 раза по сравнению с лемехами, изготовленными по типовой (заводской) технологии.

Список литературы:

1. Черноиванов В.И. Управление качеством в сельском хозяйстве / В.И. Черноиванов и [др.]. Москва : Росинформагротех, 2011. 341 с
2. Теория и практика восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники : монография / Г.Ф. Бетенья [и др.]. Минск : Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, 2006. 468 с.
3. Восстановление деталей машин : справочник / Ф.И. Пантелеенко [и др.] ; под ред. В.П. Иванова. Москва : Машиностроение, 2003. 672 с.
4. Новиков В.С. Упрочнение рабочих органов почвообрабатывающих машин / В.С. Новиков и [др.]. Москва : МГАУ, 2013. 111 с.
5. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. Полоцк : ПГУ, 1999. 240 с.
6. Акулович Л.М., Миранович А.В. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники. Минск : БГАТУ, 2016. 236 с.