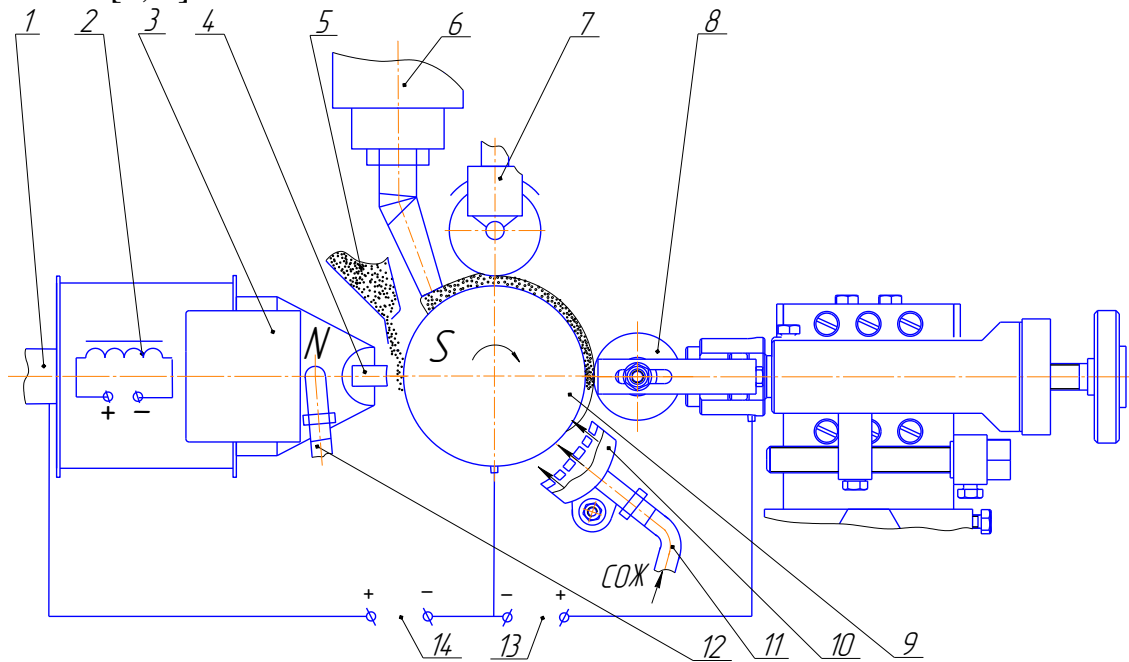


УДК 621.791.92 : 621.81

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ, УПРОЧНЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ

Дзюба М.А., Устиненко И.Ю., студенты, Миранович А.В., к.т.н.
(Белорусский государственный аграрный технический университет)

Известно [1, 2], что металлические поверхности после последовательного проведения магнитно-электрического упрочнения (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП) в составе пасты и термомеханической обработки (ТМО), совмещенных в одной технологической схеме, не обладают такими требуемыми параметрами, как точность размеров, шероховатость поверхности. Поэтому упрочненные поверхности комбинированным способом МЭУ с ТМО на технологическом модуле (рисунок) подвергают механической обработке [3, 4].



1 – сердечник; 2 – источник питания; 3 – электромагнитная катушка; 4 – полюсный наконечник; 5 – бункер-дозатор ФМП; 6 – дозатор пасты; 7 – ролик прикатывающий; 8 – накатник; 9 – заготовка; 10 – спрейер; 11, 12 – трубопроводы подачи СОЖ; 13, 14 – источники технологического тока

Рисунок. – Технологический модуль для магнитно-электрического упрочнения с термомеханической обработкой металлических поверхностей

При выборе режима упрочнения ферромагнитными порошками Fe-5% V, ФБХ-6-2 и Н70Х17С4Р4 металлических поверхностей комбинированным способом, немаловажно оценить возможное влияние структуры на свойства материала покрытия и поверхностных слоев основы. Кроме того, необходимо учитывать то, что МЭУ обеспечивает получение толщины нанесенного слоя в пределах 0,2–0,6 мм, а после ТМО только 0,1–0,5 мм. Поэтому размерная механическая обработка покрытий зависит от соотношения допусков на размеры

заготовки, детали и покрытия соответственно $\delta_{\text{заг}}$, $\delta_{\text{дет}}$, $\delta_{\text{п}}$. Общеизвестно [5], что возможны три случая: $\delta_{\text{заг}} > \delta_{\text{дет}}$ – при любых значениях $\delta_{\text{п}}$ покрытие подвергают размерной обработке; $\delta_{\text{заг}} = \delta_{\text{дет}}$ – покрытие также подлежит размерной обработке; $\delta_{\text{заг}} > \delta_{\text{дет}}$ – при $\delta_{\text{дет}} - \delta_{\text{заг}} > \delta_{\text{п}}$ исключается размерная обработка покрытия, при $\delta_{\text{дет}} - \delta_{\text{заг}} < \delta_{\text{п}}$ – покрытие подвергают размерной обработке.

Следует отметить, что единой универсальной характеристики обрабатываемости нет. Так, нанесенный металл (сплав), обладающий хорошей обрабатываемостью с точки зрения уровня целесообразных скоростей, не всегда обеспечивает требуемую шероховатость упрочненной поверхности, так как могут возникать слишком большие силы резания и наоборот. При этом допускаемая скорость зависит не только от свойств обрабатываемого материала, но и от качества режущего инструмента. Шероховатость обрабатываемой поверхности тесно связана с геометрическими параметрами инструмента и с условиями резания, в частности со скоростью резания, при уменьшении которых можно получить самые различные результаты.

В связи с тем, что при обработке комбинированным способом в покрытии наблюдаются неоднородные структура и химический состав, колебания твердости и внутренние напряжения, то представляет интерес оценка износостойкости покрытий из различных ферропорошков, обработанных методами механической обработки.

В работе испытания износостойкости образцов с покрытиями из ФМП Fe-5%V, ФБХ-6-2 и H70X17C4P4, полученными МЭУ с ТМО при оптимальных условиях и режимах процессов, проводились в соответствии с требованиями ГОСТ 23.224-86 «Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей» на машине трения модели 2070 СМТ-1 по стандартной методике по схемам «диск-колодка» при сравнительной оценке износостойкости покрытий при трении скольжения. При этом контртела выполнялись из чугуна ХТВ. На образцы из стали 45, подвергнутые нормализации, с наружным диаметром 40,0 мм, внутренним 16,0 мм и высотой 12,0 мм наносились МЭУ покрытия толщиной до 0,6 мм на диаметр и далее последовательно проводилась ТМО. Далее образцы с покрытиями предварительно шлифовались на круглошлифовальном станке модели ЗБ64 до получения шероховатости поверхности $Ra = 0,63$ мкм. После этого покрытия образцов подвергались различным финишным способам обработки – чистовому шлифованию, полированию и магнитно-абразивной обработке (МАО).

Для ускорения процесса изнашивания использовали масляно-абразивную смесь (масло промышленное И-ГН-Е-68 ГОСТ 14479.4-87 с добавками 2 % карбида бора с размерами зерен 4–5 мкм). Такие условия наиболее близки к реальным условиям эксплуатации сопряжений «вал-подшипник скольжения» сельскохозяйственных, дорожно-транспортных и других машин, которые выходят из строя из-за абразивного изнашивания. Образцы после МЭУ с ТМО и финишной механической обработки прирабатывались с колодкой. Режим испытаний: скорость скольжения 1,2 м/с, удельная нагрузка 3,0 МПа. Измерения образцов производили оптическим длинномером ИЗВ-1.

Оценку износостойкости покрытий при сравнительных испытаниях проводили по средней для испытываемых покрытий интенсивности изнашивания I , определяемой по формуле

$$I = \omega/h,$$

где ω – линейный износ на диаметр, мкм; h – путь трения за время испытаний, км, равный

$$h = \pi \cdot D \cdot N \cdot 10^{-6},$$

где D – номинальный диаметр образца, мм; N – общее число оборотов, совершенное образцом.

При испытаниях определяли также момент и коэффициент трения различных пар.

Коэффициент трения скольжения определяли из зависимости

$$f = 2M_{тр} / (D \cdot P),$$

где $M_{тр}$ – момент трения, Н·м; P – нагрузка на образец, Н.

В качестве эталона принимали сталь 45, закаленную с нагрева ТВЧ на глубину 1,2–1,6 мм до твердости 52–54 HRC. Температуры фрикционного разогрева в данном исследовании не измеряли.

Приведенные значения интенсивностей изнашивания, моментов и коэффициентов трения получены как средние из пяти измерений.

Анализовались три способа финишной обработки – чистовое шлифование, полирование и МАО. Результаты сравнительных испытаний триботехнических характеристик приведены в таблице.

Таблица – Триботехнические характеристики упрочненных металлических поверхностей МЭУ с ТМО после различных методов финишной обработки

Материал ФМП	Параметры				
	Интенсивность изнашивания, мкм/км	Момент трения, Нм		Коэффициент трения	
		с маслом	без смазки	с маслом	без смазки
Шлифование					
Fe-5 % V	3,45	0,95	1,51	0,14	0,22
ФБХ-6-2	2,15	0,79	1,02	0,12	0,15
H70X17C4P4	2,65	0,90	1,11	0,13	0,16
Сталь 45 (эталон)	4,10	0,84	1,26	0,12	0,19
Полирование					
Fe-5 % V	3,37	0,96	1,55	0,14	0,23
ФБХ-6-2	2,05	0,75	0,94	0,11	0,14
H70X17C4P4	2,63	0,90	1,14	0,13	0,17
Сталь 45 (эталон)	4,00	0,82	1,29	0,12	0,19
Магнитно-абразивная обработка					
Fe-5 % V	3,12	0,96	1,51	0,14	0,22
ФБХ-6-2	1,87	0,72	0,93	0,11	0,14
H70X17C4P4	2,53	0,91	1,14	0,13	0,17
Сталь 45 (эталон)	3,89	0,81	1,31	0,12	0,19

В результате выполненных исследований выявлены преимущества МАО по сравнению с другими финишными методами обработки (полированием и чистовым шлифованием) упрочненных поверхностей МЭУ с ТМО. Этот способ обработки обеспечивает повышение износостойкости по сравнению с другими соответственно на 2–9 и 5–15%. Так, интенсивность изнашивания упрочненных поверхностей композиционными ферромагнитными порошками Fe-5%V, ФБХ-6-2 и H70X17C4P4, окончательно обработанных МАО по сравнению с полированием и чистовым шлифованием, меньше на 4–6%, 8–11% и 10–15% соответственно. При этом момент и коэффициент трения практически не изменяются.

Показано (таблица), что наибольшей износостойкостью обладают покрытия из порошков ферроборхрома ФБХ-6-2, обработанные МАО. Износостойкость этого покрытия значительно выше износостойкости эталона. Износостойкость покрытий по сравнению с эталоном для H70X17C4P4 больше в 1,15–1,25 раза, а покрытия из порошка Fe-5%V имеют износостойкость почти равную эталону.

Таким образом, в порядке убывания износостойкости покрытий последние можно расположить в последовательности

ФБХ-6-2 → H70X17C4P4 → Fe-5%V → сталь 45 (эталон).

Очевидно, что повышение износостойкости упрочненных поверхностей МЭУ с ТМО после МАО связано с более благоприятным микрорельефом обработанной поверхности, имеющим стохастический характер. Микрорельеф поверхности, полученной после полирования и шлифования, характеризуется наличием отдельных рисок, расположенных в направлении скорости резания. Установлено, что в ходе магнитно-абразивной обработки формируется более благоприятное напряженное состояние в поверхностных слоях образцов для испытаний.

Список литературы:

1. Акулович Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. Полоцк : ПГУ, 1999. 240 с.
2. Акулович Л.М., Миранович А.В. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники. Минск : БГАТУ, 2016. 236 с.
3. Хейфец М.Л., Кожуро Л.М., Хейфец М.Л. Процессы самоорганизации при формировании поверхностей. Гомель : ИММС НАНБ, 1999. 276 с.
4. Кожуро Л.М., Чемисов Б.П. Обработка деталей машин в магнитном поле. Минск : Наука и техника, 1995. 232 с.
5. Справочник шлифовщика / Л.М. Кожуро [и др.] ; под общ. ред. Л.М. Кожуро. Минск : Вышэйшая школа 1981. 296 с.