

УДК 621.791.92 : 621.81

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ И КАЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Ворошухо О.Н., к.т.н., Миранович Н.А., студент
(*Белорусский национальный технический университет*)

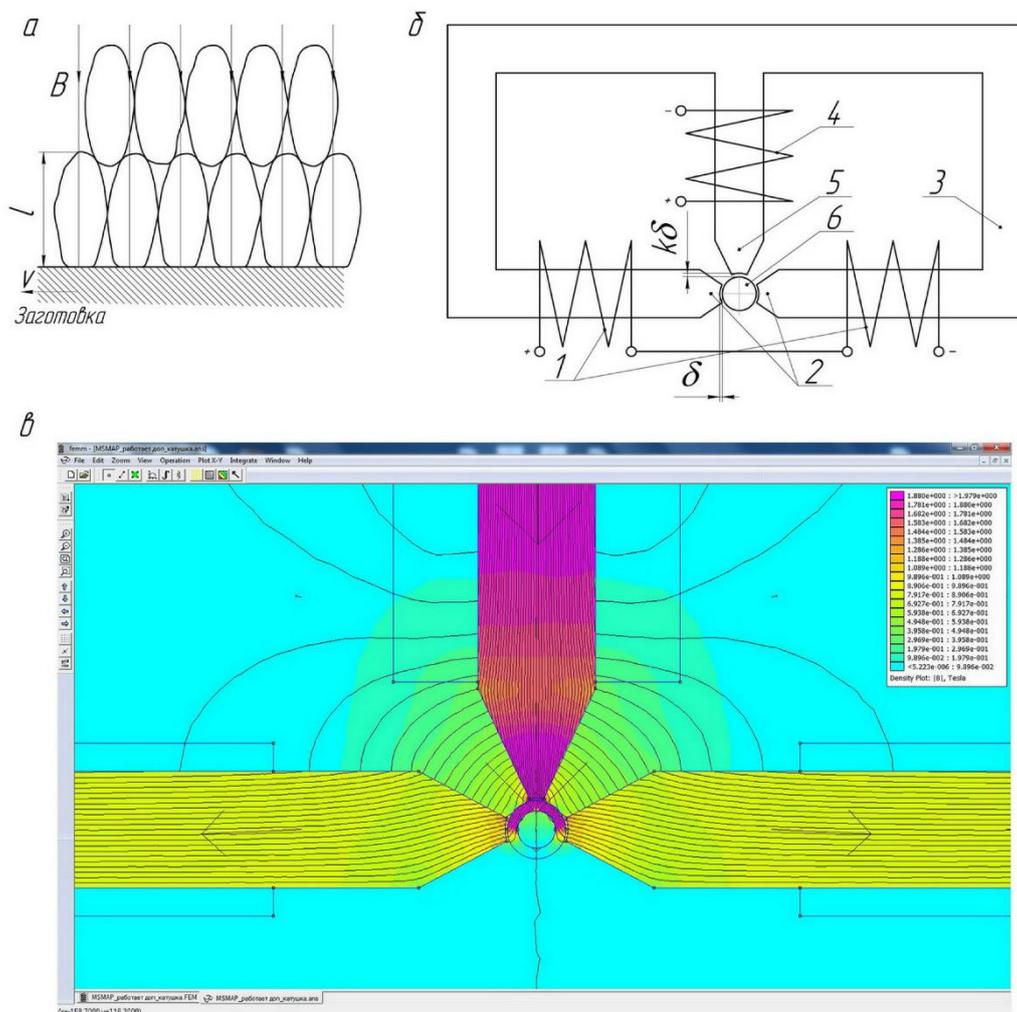
Одной из приоритетных задач сельскохозяйственного машиностроения является повышение точности и качества рабочих поверхностей изделий. Достижение этих целей возможно посредством применения метода финишной обработки – магнитно-абразивной обработки (МАО). Известно [1, 2], что в основе процесса МАО лежит механический или механохимический сьем металла и его окислов с поверхности обрабатываемой заготовки, а также сглаживание микронеровностей путем их пластического деформирования зернами ферроабразивного порошка (ФАП), которые под воздействием магнитного поля увеличивают свою плотность и прижимаются к обрабатываемой поверхности, совершая относительное движение. При этом подача в рабочую зону обработки смазочно-охлаждающей жидкости обеспечивает возникновение процесса электролиза, в результате которого растворяются поверхностный слой металла заготовки и ферромагнитная основа зерен ФАП [2, 3].

Анализ известных технологических схем и конструкций электромагнитных систем (ЭМС) устройств МАО показал, что недостатком финишной обработки поверхностей является снижение интенсивности «саморегенерации» щетки ФАП в рабочей зоне, что негативно сказывается на стабильности процесса обработки, его производительности и показателей качества (шероховатость, волнистость и др.) обрабатываемых поверхностей крупногабаритных деталей машин [4, 5]. Следует отметить, что в процессе магнитно-абразивной обработки ферроабразивная щетка (ФАЩ) теряет свою режущую способность в результате затупления частиц ФАП и выкрашивания абразивной составляющей [5, 6].

При магнитно-абразивной обработке неоднородность магнитного поля в рабочем зазоре оказывает положительный эффект на процесс самоорганизации ФАЩ. В результате явлений самоорганизации частиц ФАП обработка поверхностей деталей производится постоянно обновляющимися острыми кромками, т.е. на протяжении всего цикла имеет место процесс ориентированного абразивного резания, что в свою очередь увеличивает производительность обработки и качество обработанного поверхностного слоя [4, 6].

По мере засаливания продуктами микрорезания и в результате уплотнения цепочек ФАП (рисунок, а) процесс самоорганизации ФАЩ становится невозможным. Возникает необходимость регенерации ферроабразивной щетки с целью интенсификации МАО.

Для стабилизации процесса МАО, производительности обработки и физико-механических свойств поверхностей усовершенствована установка модели ЭУ-6. При этом использование модернизированной установки для МАО с основной и дополнительной магнитными системами (рисунок, б), с их поочередным включением позволяет восстанавливать режущую способность ферроабразивной щетки за счет перемешивания ФАП в рабочем зазоре.



(V – скорость вращения заготовки, l – длина наибольшей оси ферроабразивной частицы)

Рисунок – Картина уплотнения частиц ферроабразивной щетки (а); схема установки МАО с дополнительной магнитной системой (б); топография магнитного поля при работе дополнительной магнитной системы (в)

Установка для МАО содержит основную магнитную систему, состоящую из катушек индуктивности 1, магнитопровода 3, полюсных наконечников 2 и источника питания (рисунок, б, не показан). Дополнительная магнитная система состоит из катушки индуктивности 4, полюсного наконечника 5 и источника питания (на рис. 4, б не показан). Магнитопровод у основной и дополнительной систем общий. Обрабатываемая деталь 6 находится между полюсами основной магнитной системы. Полюсный наконечник дополнительной магнитной системы установлен под углом 90° к полюсным наконечникам основной магнитной

системы. Рабочие зазоры δ между полюсами основной магнитной системы и обрабатываемой деталью заполняются порцией ферроабразивного порошка.

Установка работает следующим образом: порция ферроабразивного порошка прижимается к обрабатываемой поверхности нормальной силой резания, обусловленной магнитным полем ($B_v=0,9$ Тл) основной магнитной системы, производится обработка поверхности детали на протяжении времени t_o . Затем производится отключение подачи напряжения на катушки основной магнитной системы и включение на катушку дополнительной на время t_d , при этом наблюдается перемещение порции порошка из рабочего зазора основной магнитной системы в зазор $k\delta$ (k – коэффициент $k=1,5-2,0$) дополнительной магнитной системы.

При работе дополнительной катушки в рабочем зазоре $k\delta$ наводится электромагнитная индукция, равная $B_v=1,9$ Тл, и обрабатываемая заготовка подвергается кратковременному воздействию мощного магнитного поля. Топография магнитного поля при работе дополнительной магнитной системы получена в программе Femm 4.2 (рисунок, в). Затем дополнительная система отключается и включается основная. Во время переключения систем происходит перемещение порции ФАП из одного рабочего зазора в другой и его перемешивание. В результате чего осуществляется процесс переориентирования ферроабразивных частиц большей осью вдоль силовых линий магнитного поля, что является затруднительным во время постоянной работы магнитов из-за высокой плотности ферроабразивных частиц в рабочем зазоре.

Регенерация режущей способности ФАП поочередным включением основной и дополнительной магнитных систем позволяет интенсифицировать процесс МАО.

В результате проведенного эксперимента на модернизированной установке модели ЭУ-6 установлено положительное влияние дополнительной магнитной системы на производительность МАО. Результаты эксперимента приведены в таблице.

Условия проведения эксперимента: магнитная индукция основной магнитной системы $B_{ov}=0,9$ Тл; магнитная индукция дополнительной магнитной системы $B_{dv}=1,5$ Тл; рабочий зазор основной магнитной системы $\delta_o=1$ мм; рабочий зазор дополнительной магнитной системы $\delta_d=1,7$ мм; зернистость ФАП FeTiC $\Delta=+200-315$ мкм; время обработки $\tau_o = 90$ с; скорость главного движения $V=0,9$ м/с; интервал включения дополнительной магнитной системы $u=20$ с; продолжительность цикла работы дополнительной магнитной системы $\tau_d=2$ с. Образцами служили поршневые пальцы $Ddl=25 \times 16 \times 66$ мм, материал – сталь 15Х, твердость поверхностного слоя 58–62 HRC. Выходные показатели: достигаемая шероховатость поверхности деталей, Ra , мкм; массовый съем металла (производительность), Q , мг. Измерение как исходной, так и достигаемой шероховатости поверхности производилось на профилографе-профилометре Mitutoyo SJ-201P. Детали взвешивались на весах Massa-K BK-600 с точностью до 0,01г.

Таблица – Результаты исследования шероховатости поверхности и производительности процесса МАО

№ образца	Условия регенерации	Ra до МАО, мкм	Ra после МАО, мкм	Q, мг
1	Без регенерации	1,14	0,51	80
2	Без регенерации	1,25	0,80	20
3	Регенерация 20×2	1,03	0,50	70

Все образцы обрабатывались одной порцией порошка, смена образцов производилась без отключения напряжения на катушках основной магнитной системы, при этом не разрушалась ФАЩ. Образцы №1 и №2 обрабатывались без регенерации ФАЩ. Обработка образца №3 выполнялась с регенерацией ФАЩ (через каждые 20 с отключалась основная магнитная система и включалась на 2 с дополнительная, $B_{дв} = 1,5$ Тл).

По результатам проведенных экспериментальных исследований выявлено, что дополнительная магнитная система, установленная под углом 90° к основной, позволяет повысить производительность процесса магнитно-абразивной обработки (величину массового съема металла) до 3,5 раз, снизить шероховатость поверхности в 1,1 – 1,6 раза. Установлено, что при использовании одной порции ФАП отработанным переориентированным режущим инструментом обрабатывается несколько деталей без потери качественных показателей поверхностей.

Список литературы:

1. Акулович Л.М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей различного профиля / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. Минск : БГАТУ, 2013. 372 с.
2. Обработка заготовок деталей машин : учеб. пособие / Миранович А.В. [и др.] ; под ред. Мрочка Ж.А. Минск : Выш. школа, 2014. 172 с.
3. Финишная обработка поверхностей / С.А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. Минск : Беларус. навука, 2017. 377 с.
4. Технологические основы обработки изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [и др.]. Минск : Физико-техн. ин-т, 1997. 416 с.
5. Регенерация ферроабразивной щетки при магнитно-абразивной обработке на основе самоорганизации процесса / Л.М. Акулович [и др.] // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2011. Вып. 110. С. 206–211.
6. Акулович Л.М. Особенности магнитно-абразивной обработки с регенерацией контура режущего инструмента импульсным магнитным полем / Л.М. Акулович, М.М. Дечко, О.Н. Ворошуха // Вестник ПГУ. Серия В. Промышленность. Прикладные науки. 2018. Вып. 11. С. 71–77.