

В.С. Майборода, д.т.н., проф.¹,
И.В. Слободянюк, к.т.н.¹,
Д.Ю. Джулий, к.т.н.¹,
А.И. Зелинко,²

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»¹,
Отто-фон-Герике университет²*

МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ГОЛОВКАМИ НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ

Актуальной задачей при обеспечении финишной обработки как плоских поверхностей, так и поверхностей с малой кривизной является разработка методов и устройств, которые достаточно мобильны и могут быть использованы на универсальном металлорежущем оборудовании. Одним из перспективных направлений при решении данной проблемы является применение метода магнитно-абразивной обработки (МАО), у которого для формирования магнитно-абразивного инструмента (МАИ) применяют сменные магнитные головки, изготовленные с использованием постоянных магнитов с высокой степенью намагниченности.

Для обеспечения эффективного процесса МАО необходимо выполнение трех основных условий:

- обеспечение равномерного прижима элементов МАИ к обрабатываемым поверхностям,
- наличие достаточной и равномерно распределенной относительно обрабатываемых поверхностей тангенциальной составляющей скорости относительного движения элементов МАИ и обрабатываемой поверхности,
- способность МАИ к постоянному перемешиванию, восстановлению рабочей формы, нивелированию процессов, приводящих к выбрасыванию и вытеснению порошка из зон активной обработки.

При МАО плоских поверхностей реализация выполнения первого условия будет обеспечиваться за счет использования энергии магнитного поля магнитов, особенностей формирования заданного градиента магнитной индукции в рабочем зазоре между обрабатываемой поверхностью и рабочей поверхностью магнитной головки, величиной зазора.

Реализация второго и третьего условий может быть связана с характером движения головки, видом градиента магнитной индукции в зоне обработки, конструкцией и формой рабочих поверхностей корпуса головки, которые принимают непосредственное участие в формировании МАИ и способствуют активному перемещению и перемешиванию частиц МАИ относительно обрабатываемых поверхностей.

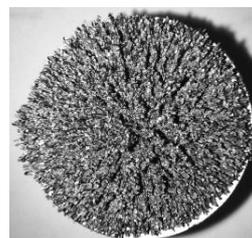
Исследования, выполненные в данной области, показали перспективность применения постоянных магнитов для финишной обработки методом МАО. Общим недостатком известных работ является отсутствие конкретной информации о технологическом процессе и рекомендаций по использованию предлагаемых схем и конструкций.

Целью работы было разработать реальные конструкции магнитных головок и выполнить проверку их работоспособности. В качестве базовых элементов рабочих головок рассматривали возможности использования высокомогущных неодимовых магнитов в виде цилиндра диаметром 40 мм и высотой 18 мм и двумя кольцевыми цилиндрами с аналогичной высотой, вставленными друг в друга так, чтобы они были ориентированы к рабочей поверхности противоположными полюсами. Характерный вид расположения магнитно-абразивного порошка на рабочей поверхности рабочих головок типа торцевых фрез представлен на рис. 1. Условно, головки были названы по внешнему виду формируемого на рабочей поверхности МАИ как полутор и щетка.

На первом этапе было исследовано изменение величины магнитной индукции – B в зависимости от расстояния от рабочей поверхности головок. Полученные результаты приведены на рис. 2. Показано, что с увеличением расстояния от рабочей поверхности величина магнитной индукции снижается по зависимостям близким к линейным. Причем скорость уменьшения величины B для головки типа щетка составляет 0,0228 Тл/мм, а для полутора – 0,0335 Тл/мм. Подобная разница в характере снижения магнитной индукции связана как со степенью намагниченности магнитов, так и с особенностями распределения силовых магнитных линий вблизи торцевой поверхности головок.



полутор



щетка

Рис. 1. Расположение порошка на рабочих поверхностях рабочих головок после цикла МАО ферромагнитных деталей

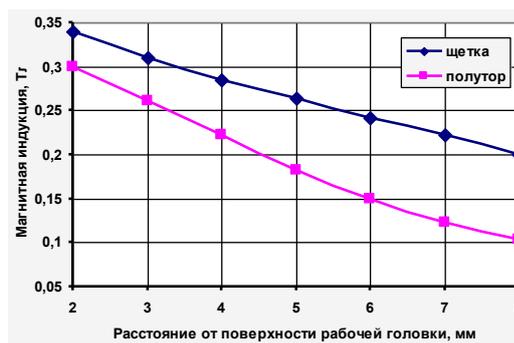


Рис. 2. Изменение величины магнитной индукции в зависимости от расстояния от рабочей поверхности головок

На втором этапе проведены испытания головок с гладкой рабочей поверхностью с МАИ вида полутор и щетка при рабочих зазорах (высоте МАИ) 2 и 3 мм. Оценку эффективности процесса МАО выполняли по величине абсолютного $\Delta Ra = Ra_{исх} - Ra_{кон}$ и относительного $\delta Ra = Ra_{исх}/Ra_{кон}$ изменения параметра Ra .

Испытания рабочих головок выполняли при частоте вращения головок 900 об/мин, величине подачи 10 мм/мин. В качестве магнитно-абразивного порошка использовали Ферромап с размером частиц 630/400 мкм. В качестве обрабатываемого материала использовали предварительно фрезерованную Сталь 45 до Ra 0,9–1,0. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Наблюдения за особенностями поведения МАИ при реальной обработке показали, что не выполняется второе основное условия для обеспечения эффективного МАО – отсутствует достаточное относительное перемещение МАИ и обрабатываемой поверхности. Для обеспечения выполнения второго основного условия эффективного МАО предложено использовать различные формы рабочей поверхности магнитных головок (рис. 2). Результаты экспериментальных испытаний представлены в табл. 2.

Таблица 1 – Изменение параметра Ra после МАО головками с МАИ различной высоты и разной магнитной индукцией в рабочем зазоре

Тип МАИ	Высота МАИ, мм	Магнитная индукция в зазоре, Тл	$Ra_{исх}$, мкм	ΔRa , мкм	δRa
полутор	3	0,26	0,95	0,17	1,22
	2	0,30	0,90	0,16	1,22
щетка	3	0,305	1,00	0	1,00
	2	0,34	0,99	0,02	1,02

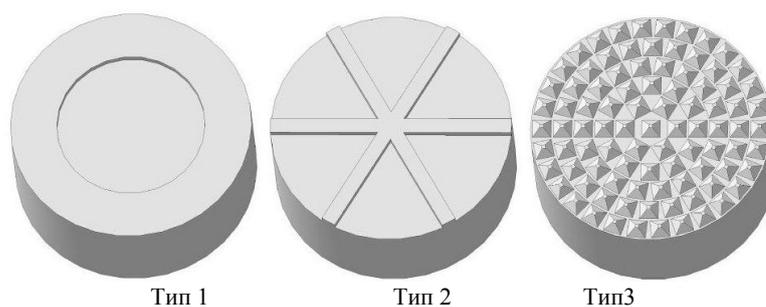


Рис.3. Конструкции рабочих поверхностей магнитных головок

Таблица 2 – Изменение параметра Ra после МАО различными магнитными головками

Тип рабочей поверхности головок	Тип МАИ	Высота МАИ, мм	$Ra_{исх}$, мкм	ΔRa , мкм	δRa
1	полутор	4	0,89	0,75	6,36
		3	0,95	0,85	9,50
	щетка	4	0,83	0,74	9,00
		3	0,72	0,57	4,80
2	полутор	4	1,24	0,62	2,00
	щетка		1,29	1,10	6,80
3	полутор		0,67	0,19	1,39
	щетка		1,57	1,42	10,50

			0,77	0,70	9,60
--	--	--	------	------	------

Полученные результаты показали, что наиболее перспективным направлением в создании конструкций головок будут головки с нанесенными на рабочую поверхность выступов различной формы. При этом такие головки будут эффективны в случае когда $\delta Ra > 5$.