

## **МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ НА ОСНОВЕ ГИБКИХ АБРАЗИВНЫХ ЩЕТОК**

*Студент – Германович Е.Г., 11 рпт, 5 курс, ФТС*

*Научные руководители – Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент;  
Сенчуров Е.В., начальник отдела  
ВНТР НИИ МЭСХ БГАТУ*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический  
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

В настоящее время широко известен и находит свою область применения метод магнитно-абразивной обработки. Среди его основных достоинств можно выделить возможность управления жесткостью режущего инструмента во время протекания процесса. Однако во многом его потенциальные возможности остаются нереализуемыми по ряду объективных причин. Внутренние поверхности среди всех классов занимают особое место, а отделочные операции по их обработке – одна из труднорешаемых проблем в машиностроении.

Одним из первых технических решений, предложенных для обработки труб методом MAO, была обработка их внутренних поверхностей с использованием ферроабразивного порошка, помещенного во вращающееся магнитное поле [1]. Для полирования отверстий немагнитных тонкостенных изделий разработаны устройства, в которых магнитное поле, образованное электромагнитами, удерживает порцию ФАП у поверхности обрабатываемой детали. Однако эти способы обладают слабой интенсивностью и, следовательно, низкой производительностью. Дальнейшие исследования позволили интенсифицировать MAO отверстий путем применения электромагнитных систем (ЭМС) и индукторов на постоянных магнитах (ИПМ).

Как известно, MAO относится к типу отделочных операций, поскольку величины магнитной индукции при помощи ЭМС составляют 1...1,2 Тл. Применение ИПМ на основе оксидно-бариевых магнитов 2БА характеризуется высоким разбросом значений магнитной индукции даже при изготовлении одной партии, а использование редкоземельных элементов Sm, Co, Nd – высокой себе-

стоимостью. Кроме того, у всех постоянных магнитов невысокие значения ударной прочности и коррозионной стойкости.

Практически метод MAO таких материалов, как титановые сплавы, керамика и т.п., можно осуществить алмазосодержащим ФАП. Исследования [2], основанные на традиционной схеме приготовления, показали, что этот вид ФАП отличается низкой стойкостью из-за слабой закреплённости алмазного порошка в магнитной матрице, но характеризуется высокой производительностью в процессе своего воздействия на обрабатываемую поверхность детали по сравнению с такими ФАП, как Ж15КТ и ПолиМAM-Т.

Предлагаемый инструмент для MAO отверстий на основе гибких алмазных щеток состоит из пакета гибких волокон из магнитного материала с нанесенным на них слоем абразивного порошка из синтетических алмазов (рисунок 1).

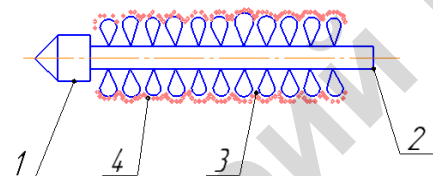


Рисунок 1 – Общий вид инструмента для магнитно-абразивных щеток:  
1 – направляющий конус; 2 – ферромагнитная ось; 3 – ферромагнитные петли;  
4 – абразивные частицы порошка

Данный пакет состоит из жестко закрепленных с одной стороны гибких волокон диаметром 0,1...0,2 мм и зазором между ними 0,01...0,1 мм [3]. Выполнение гибких волокон из магнитного материала обеспечивает намагничивание их полем ЭМС и расположение вдоль магнитных силовых линий с натяжением под воздействием магнитной силы:

$$\vec{F} = -M\vec{v} \times \vec{B}, \quad (1)$$

где  $M$  – намагничённость материала волокна;

$v$  – скорость перемещения пакета волокон в магнитном поле;

$B$  – магнитная индукция, создаваемая ЭМС.

Сборка пакета посредством жесткого закрепления пластинами с одной стороны и зазором 0,01...0,1 мм позволяет сформировать щетку, между волокнами которой просыпается снимаемая с обрабатываемой поверхности стружка. Ее размеры колеблются от 0,001 до 0,008 мм, что предотвращает пакет гибких волокон от засалива-

ния. Изготовление волокон диаметром 0,1...0,2 мм обеспечивает эластичность щетки. Это подтверждается экспериментально, поскольку волокна диаметром менее 0,1 мм не обеспечивают прочности щетки, а диаметр более 0,2 мм приводит к отсутствию гибкости.

При изготовлении инструмента в качестве перфорированного основания используется гибкая ферромагнитная сетка, через которую прошивают ферромагнитные нити. Они с одной стороны образуют U-образные петли, а на сетку со стороны, противоположной петлям, наносят клеевую композицию, содержащую ферромагнитную составляющую, после чего вырезают рабочий элемент нужной формы и размера.

Использование метода гальваностегии с последующей термообработкой позволяет закрепить до 75 % от всего количества алмазного порошка в подложке на поверхности нитей. Применение ферромагнитного наполнителя приводит к росту магнитной проницаемости рабочего элемента. Термообработка обеспечивает нитям, несущим абразивным частицам порошка, необходимую гибкость.

Инструмент работает следующим образом: на катушки ЭМС подается выпрямленный ток той величины, которая создает магнитное поле 0,4...0,8 Тл у обрабатываемой поверхности, а инструмент приводят во вращение с одновременным продольно-возвратно-поступательным перемещением вдоль оси отверстий. При этом волокна располагаются по магнитным силовым линиям, образуя эластичную щетку, жесткость которой регулируется изменением величины магнитной индукции. Частицы абразивного порошка, нанесенного на волокна, прижимаются к обрабатываемой поверхности под воздействием магнитной силы, рассчитываемой по формуле (1), и осуществляется сьем материала. В зону резания подаются смазочно-охлаждающие технологические средства.

Были проведены сравнительные испытания предлагаемого устройства, в качестве образцов использовали втулки  $D \times d \times l = 45 \times 39 \times 80$  мм в количестве 10 шт. Материал образцов – карбид кремния SiC. Исходная шероховатость  $Ra_1 = 30...40$  мкм. Величина магнитной индукции составила 0,6...0,8 Тл, число оборотов инструмента  $n = 630$  об/мин, число двойных ходов возвратно-поступательного движения  $n_{дв} = 600$  дв.ход/мин, амплитуда осцилляции  $A = 1$  мм; время обра-

ботки  $t = 4$  мин; СОТС-СинМА-1 ТУ 38.5901176-91. В качестве базового ФАП применяется Ж15КТ ТУ 8.06.493-81, зернистость  $\Delta = 200 \dots 315$  мкм.

При обработке образцов на известных устройствах для MAO базовым ФАП Ж15КТ съём материала был минимальным и улучшения качества поверхности осуществить не удалось. Использование гибких щеток позволило получить равномерную по всей поверхности шероховатость  $Ra_2 = 15 \dots 10$  мкм, причем микродефектов не наблюдалось.

Таким образом, разработка и создание такого инструмента для MAO отверстий позволяют расширить технологические возможности метода. Диапазон отверстий, предлагаемых к обработке данным методом, составляет 10...40 мм. Некоторые технические характеристики представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика геометрических размеров инструмента на основе гибких абразивных щеток в зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия (мм)

Диаметр обрабатываемого отверстия, D	Диаметр инструмента, D*	d	A	a	L
17,5	17,6	8	11	0,3-0,7	15
20	20,1	8	12	0,3-0,7	20
23	23,1	8	14	0,3-0,7	25

Список использованных источников

1. Способ внутреннего шлифования: А.с. 55507 СССР, МПК В 24b 37/00 / Н.И.Каргалов; – № 123546/25-8; заявл. 1.04.38; опубл. 2.10.39; Бюл. № 8. – 3 с.
2. Ящерицын, П.И. Алмазно-абразивная обработка и упрочнение изделий в магнитном поле / П.И. Ящерицын [ и др.]. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 272 с.
3. Ящерицын, П.И. Разработка и создание инструмента для магнитно-абразивной обработки отверстий на основе гибких абразивных щеток / П.И. Ящерицын, Л.Е. Сергеев, М.И. Сидоренко // Весці НАН Беларусі, серыя фіз.-тэхн. навук, № 3, 1997. – с. 42-45.