

ного поля. Следовательно, это даст возможность выйти на качественно новый уровень упрочнения деталей машин.

Введение УЗК в рабочий зазор при МАО позволит избавиться от осциллирующего движения детали (полюсного накопника), упростить конструкцию установки и даст возможность расширить область применения метода МАО.

### **Литература**

1. Малыгин Б.В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин. – М.: Машиностроение, 1989. – 112 с.

2. Шиляев А.С. Ультразвук в науке, технике и технологии. – Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2007. – 412 с.

*Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Падаляк В.В.*  
УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», Минск, Беларусь

## **ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФЕРРОАБРАЗИВНЫХ ПОРОШКОВ НА ОСНОВЕ $TiB_2$**

Современные машины и оборудование работают при высоких скоростях, температурах и нагрузках, входящие в их детали должны обладать сложным комплексом физико-механических свойств. Эти свойства формируются путём механической обработки заготовок деталей машин. При этом определяющая роль отводится финишной абразивной обработке, которая по виду закрепления режущего зерна в связке инструмента подразделяется на жесткое, свободное и подвижно-координированное. Процесс магнитно-абразивной обработки (МАО) в этом плане относится к финишным операциям, обладающим третьим типом закрепления, которое позволяет производить сознательное управление съёмом материала в ходе его реализации. Рабочая технологическая среда (РТС), играющая роль комплексного инструмента, включает в себя: во-первых, ферроабразивный порошок (ФАП),

который структурирован энергией электромагнитного поля непосредственно в рабочей зоне, во-вторых, смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС). В настоящее время разработан и создан определённый ряд предварительно структурированного инструмента типа композиционных магнитно-абразивных нитей, гибких стержневых ферроабразивных элементов и т.д. Однако их применение часто связано со сложной геометрией деталей, а форма зависит всякий раз от конкретного характера профиля обрабатываемого изделия. Поэтому универсальность РТС, заключающаяся в способности принимать и максимально интерферировать принятую форму полюсных наконечников электромагнитов и поверхностей деталей, отсутствие вещественной связки и оперативное реагирование на управляющее воздействие электромагнитного поля обуславливает возможность реализации поставленной задачи по достижению требуемых показателей качества и точности обрабатываемых деталей машин. Изготовление ФАП осуществляется по многоступенчатой технологии, что приводит к высокому расходу материалов, топливно-энергетических ресурсов и рост стоимости конечной продукции. Поэтому использование СВС-метода, открытого А.Г. Мержановым и относящейся к экстремальным технологиям получения материалов, позволяет получать разнообразные ФАП для МАО. Так же установлено, что ценовая характеристика изготовления тугоплавких соединений печным способом и вышеуказанным, выражается показателем 4:1. Основными достоинствами СВС-метода являются: отсутствие большой тепло- и энергозатратности при достижении высоких температур ( $T = 2300\text{--}3800\text{ K}$ ), что характерно для сильно экзотермических реакций; простота аппаратуры и оборудования; быстрое протекание реакции (1–1,5 мин). При проведении экспериментов были использованы базовый порошок – FeTiC-15 и две партии ФАП на основе Fe-TiV<sub>2</sub>, полученных СВС-методом и отличающихся тем, что первая была изготовлена из реагентов (аморфные бор, титан, железо), а вторая из смеси ферроборного сплава и титана, с последующим активированием механическим способом путём прокатывания. Испытания были проведены на станке СФТ 2.150.00.00.000. Параметры и режимы процесса МАО: величина магнитной индукции,  $B = 0,9\text{--}1,1\text{ T}$ ; скорость резания,  $V_p = 1,2\text{--}$

1,5 м/с; скорость осцилляции,  $V_0 = 0,12-0,2$  м/с; амплитуда осцилляции,  $A = 1-3$  мм; величина рабочего зазора,  $\delta = 1$  мм; размерность частиц ФАП,  $\Delta = 0,16/0,2$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $K_3 = 1$ ; время обработки,  $t = 60$  с. Образцы для испытаний – кольца  $D \cdot d \cdot L = 36 \cdot 24 \cdot 32$  мм, сталь ШХ-15 ГОСТ801-78, 55–60 HRC и прутковый материал  $\varnothing 35$  мм сталь 35 ГОСТ 1050-88. Исходная шероховатость поверхности образцов:  $Ra 0,8-1,2$ . СОТС-СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5 % водный раствор. Полученные результаты приведены в табл. 1.

Таким образом, экспериментально установлено, что механоактивация порошка Fe-TiV<sub>2</sub> обеспечивает при MAO показатели по производительности и шероховатости поверхности, близкие к тем, что получены при использовании ФАП Fe-TiC-15 и превышающие при использовании Fe-TiV<sub>2</sub> в аморфном виде. Это можно объяснить уменьшением пористости порошка в результате прокатывания.

**Таблица 1 – Показатели производительности MAO и шероховатости обработанных поверхностей при использовании различных ФАП**

Вид ФАП	Удельный массовый объем, мг/см <sup>2</sup> .мин		Шероховатость поверхности, мкм	
	сталь ШХ-15	сталь 35	сталь ШХ-15	сталь 35
Fe-TiV <sub>2</sub> (аморфные бор, титан и железо)	9,02	6,14	0,1-0,3	0,4-0,5
Fe-TiV <sub>2</sub> (смесь ферроборного сплава и титана)	12,38	10,68	0,08-0,15	0,1-0,2
Fe-TiC-15	14,17	12,83	0,05-0,13	0,09-0,14

К тому же затраты на производство ФАП Fe-TiV<sub>2</sub> с использованием промышленных сплавов обходятся на 30–40 % ниже, чем при наличии дорогостоящих отдельных компонентов, находящихся в аморфном состоянии. Проведенные исследования показали увеличение стойкости ФАП на основе TiV<sub>2</sub>, изготовленного из промышленных сплавов. Отсутствие химического контакта между инструментальными и обрабатываемыми материалами обеспечи-

вает эффективность его использования для финишной обработки деталей машин, изготовленных из черных металлов.

*Алеутдинова М.И.* Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, Северск,  
*Фадин В.В.* Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТРЕНИЯ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПОВЫШЕННОЙ ПЛОТНОСТИ**

Разработка скользящих электроконтактов, работоспособных при высокой плотности тока, является актуальной задачей. Обычно в скользящем электрическом контакте типа щётка-коллектор номинальное давление находится в пределах 0,02-0,08 МПа, а плотность тока не превышает  $50 \text{ А/см}^2$  в отсутствие органической смазки. Относительно высокая электропроводность зоны трения достигается за счёт применения материалов, имеющих низкое удельное электрическое сопротивление. По фазовому составу эти материалы являются металлографитами (марки МГ и др.), содержащие большое количество меди.

Трение при плотности тока около  $200 \text{ А/см}^2$  в контакте медь-бронза [1] приводило к сильной адгезии, что проявлялось в увеличении коэффициента трения больше 0,6 и высокому износу. Попытка уменьшения адгезии за счёт применения переработанной стали ШХ15 в качестве основы токосъёмного композита привело к сильному механическому изнашиванию медного контртела [2]. Относительно высокие электропроводность и износостойкость зоны трения при плотности тока до  $200 \text{ А/см}^2$  в отсутствие смазки при скольжении по стальному контртелу показал композит на основе переработанной стали ШХ15 и содержащий 20 об.% меди [3]. Можно предположить, что изменение значения содержания меди в композите будет изменять адгези-