

К. Т. Н. В. В. Непомнящий, К. Т. Н. С. М. Волощенко, К. Т. Н. Т. В. Мосина,
Д. Т. Н. К. А. Гогаев, К. Т. Н. М. Г. Аскеров, К. Т. Н. А. М. Миропольский

Институт проблем материаловедения НАН Украины им. И. Н. Францевича,
г. Киев, Украина

УДК 669.056.9:[666.852:621.94

ФИНИШНАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНЫМИ ПОРОШКАМИ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С КЕРАМИЧЕСКИМИ ТУГОПЛАВКИМИ СОЕДИНЕНИЯМИ (МЕХАНИЧЕСКИЕ СМЕСИ)

Приведены исследования магнитно-абразивных порошков, полученных механическим смешиванием исходных компонентов в присутствии поверхностно-активных веществ и клеящих материалов. Показано, что изготовленные абразивные порошки по своим эксплуатационным характеристикам не уступают известным порошкам, полученным распылением, спеканием, размолотом и другими известными способами.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка (МАО), поверхностно-активные вещества (ПАВ), ЭД-20 — эпоксидная термореактивная смола, суммарные силы резания, режущая и полирующая способность порошков, изометрическая форма частиц, углы резания и радиусы округления режущих выступов.

Несмотря на теоретические и практические результаты, полученные в области магнитно-абразивной обработки (МАО) деталей различных машин и механизмов, необходимо отметить, что в основном эти работы были направлены на изучение кинетики формирования полирующего слоя, исследования влияния магнитно-абразивных порошков на снятие микростружки, а также на разработку различных устройств и приспособлений у станков для МАО. Для исследований использовали порошки, полученные известными методами: сплавлением железа с тугоплавкими соединениями и их распылением, формованием заданных композиций их спеканием, размолотом, рассевом и т. д. Сведения о порошках магнитно-абразивных материалов (МАО), полученных механическим смешиванием задаваемых компонентов, в литературе отсутствуют.

Для решения этой задачи в состав композиционных порошков вводили поверхностно-активные вещества (ПАВ) различной вязкости (типа олеиновой кислоты, трансформаторного масла) и термореактивные эпоксидные смолы (ЭД-20), которые использовали как в отдельности, так и в смеси с ПАВ. Композиционный абразивный порошок с применением ПАВ получали следующим образом: в смеситель загружали расчетное количество железного порошка заданной фракции, в него добавляли олеиновую кислоту, перемешивали до равномерного распределения ПАВ на его поверхно-

сти. В обработанный таким образом порошок железа вводили карбид кремния (или другой тугоплавкий абразив) и перемешивали до получения однородной смеси. Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств в смесь добавляли трансформаторное масло и перемешивали до однородного состояния. В результате происходило приклепление абразива к железному порошку. Соотношение используемых компонентов, мас. %: железный порошок 50–52, абразивный порошок 40–42, олеиновая кислота 2,5–3,0, трансформаторное масло 2,5–3,0. Затем порошок помещали в закрытую емкость и в дальнейшем использовали по назначению.

Получение магнитно-абразивных порошков (МАП) с использованием эпоксидной смолы ЭД-20 осуществлялось по такой же технологической схеме. Порошки помещали на противни для окончательной полимеризации эпоксидной смолы и приклепления абразива к поверхности ферромагнетика. Для улучшения технологических и эксплуатационных свойств в композиционный абразивный порошок вводили олеиновую кислоту. После этого порошок помещали в закрытую емкость и использовали по назначению. Абразивный порошок показан на рис. 1. Полученный порошок представляет собой сыпучую, агрегированную однородную массу с равномерным распределением абразива и других компонентов.

При получении композиционных абразивных порошков путем механического смешива-

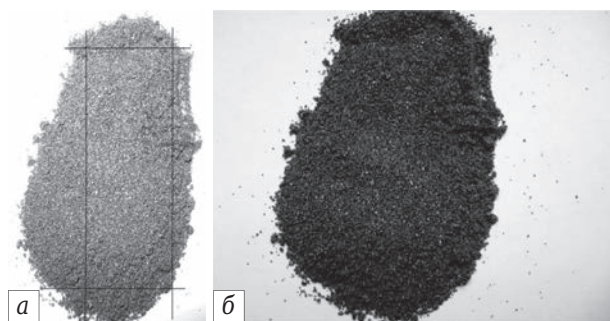


Рис. 1. Абразивные порошки на основе железа с карбидом кремния и органическими присадками: а — олеиновой кислоты; б — эпоксидной смолы

ния компонентов в присутствии ПАВ и других органических соединений, по-видимому, имеет место физико-химическое взаимодействие поверхностей исходных компонентов с органическими соединениями за счет функциональных групп COO и COOH , имеющих в их составе, и кислорода в окисленном и сорбированном состоянии, содержащегося на поверхности ферромагнетика и абразива. Хемосорбционная связь между матрицей и абразивом, а также проявление магнитных, фрикционных, адсорбционных сил, которые возникают при МАО, достаточны для удержания абразивных порошков на обрабатываемой поверхности и осуществления процесса МАО. Присутствие на обрабатываемой поверхности олеиновой кислоты позволяет сделать вывод о ее расклинивающем действии на микротрещины вновь образованной поверхности, т. е. о проявлении эффекта П. А. Ребиндера в процессе МАО [1, 2].

Получаемые порошки МАМ механическим смешиванием с использованием ПАВ по эксплуатационным характеристикам находятся на уровне порошков, изготовленных известными способами. Метод МАО обеспечивает высокий уровень воспроизводимости технологических и эксплуатационных свойств композиционных абразивных порошков. К преимуществам метода следует отнести возможность получения широкого спектра МАП с различными абразивными компонентами по простой технологической схеме, исключить высокотемпературный нагрев, избежать при этом всех сопутствующих твердофазовых реакций. При оптимизации состава порошков в качестве абразивного компонента использовали порошки карбида кремния, а в качестве матрицы применяли восстановленные или распыленные порошки железа. Проведенные исследования позволили подобрать оптимальный состав МАМ (железо 50 мас. %, карбид кремния 40 мас. %, ПАВ и ЭД-20 10 мас. %), который обеспечил значительный уровень режущей способности, рав-

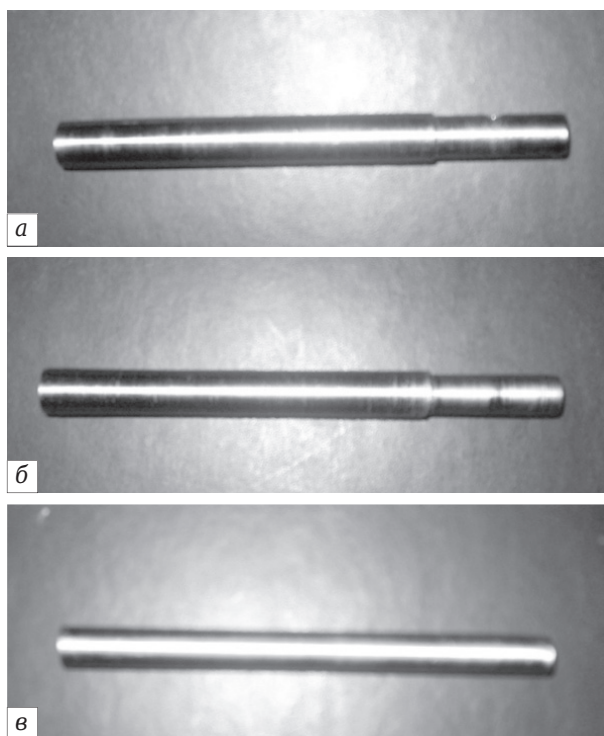


Рис. 2. Образцы после полирования: а — сталь 3; б — сталь 45; в — латунь ЛС 59

ный $9,35 \cdot 10^{-5}$ г/(мм²·мин), и высокую стойкость (25–30 мин). Содержание железа в составе композиционного абразивного порошка менее 30 об. % приводит к снижению индукции насыщения до 0,28–0,32 Тл, что ухудшает условия удержания порошка в рабочем зазоре.

При этом абразивные порошки теряют свои служебные характеристики. Оптимальные значения магнитных свойств, обеспечивающие удержание МАП в рабочем зазоре, могут быть получены при различном объемном содержании железа в абразивных порошках. Минимальное содержание железа в МАП составляет порядка 35 об. %. В магнитно-абразивных станках с открытыми рабочими зазорами максимальные силы резания определяются механической составляющей за счет заклинивания порошка на выходе из зазора [3]. На рис. 2 показаны образцы, прошедшие МАО. Суммарные силы резания по всему рабочему зазору не только определяются механической составляющей, но и зависят от величины магнитного поля, содержания ферромагнетика и количества абразивных частиц в одном зерне, что определяет число режущих центров, приходящихся на единицу площади обрабатываемой поверхности. Образцы, показанные на рис. 2, указывают на то, что предложенные МАП позволяют осуществлять обработку образцов на высоком техническом уровне.

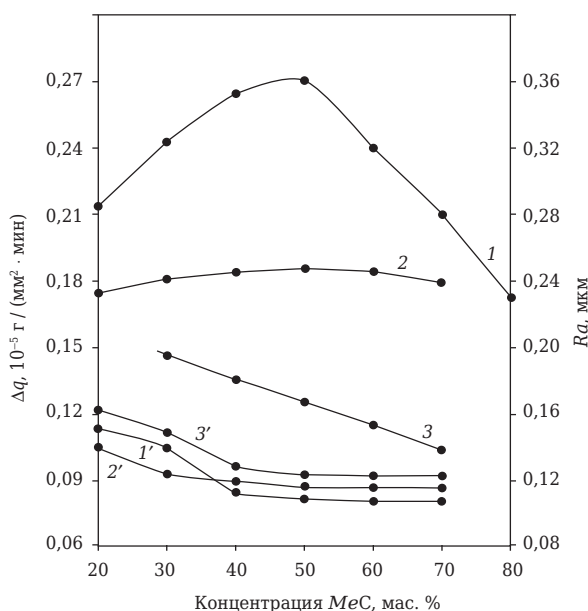


Рис. 3. Зависимости удельного съема q (1–3) материала (сталь 45, HRC 44–45) и его шероховатости Ra (1'–3') от концентрации абразива в механических смесях: 1, 1' – Fe – 40 % SiC; 2, 2' – Fe – 40 % VC; 3, 3' – Fe – 40 % Al_2O_3

Эффективным путем повышения содержания абразива в зерне является уменьшение диаметра частиц. Однако это не всегда оправдано, так как при этом может снижаться съем материала при обработке сравнительно грубых поверхностей за счет уменьшения объема единичных микростружек. При MAO процесс съема материала и формирование нового микропрофиля происходят в результате воздействия на обрабатываемую поверхность частиц абразивного вещества композиционных магнитно-абразивных зерен. Режущая и полирующая способность абразивных частиц определяется их прочностью, твердостью, геометрическими размерами и другими свойствами. В условиях MAO следует ожидать, что эксплуатационные свойства МАМ будут в первую очередь зависеть от параметров геометрии частиц абразивного компонента [4].

В качестве абразивных компонентов использовали стандартные порошки традиционных абразивных материалов: карбида кремния, электрокорунда белого, карбида бора и др. [3]. Из рис. 3 видно, что наибольший съем металла наблюдается при использовании композита на основе железа и карбида кремния; съем вначале растет, потом уменьшается. Это можно объяснить выравниванием профильной поверхности и переходом от микрорезания к диспергированию. В ряду композиций, показанных на рис. 4, видно, как происходит уменьшение индукции насыщения, которое зависит от раз-

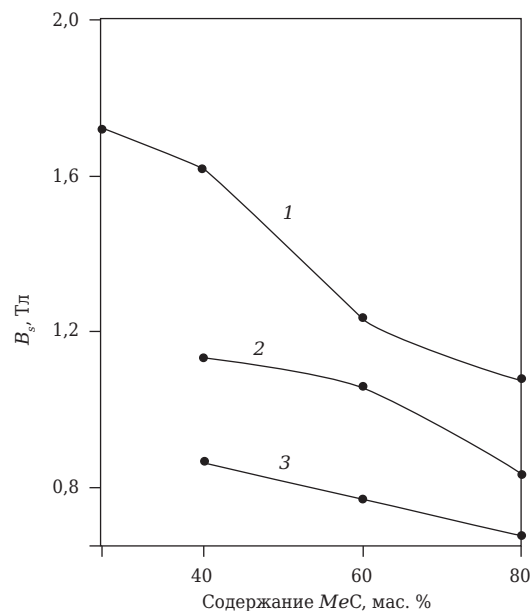


Рис. 4. Изменение индукции B_s от состава: 1 – SiC; 2 – VC; 3 – Al_2O_3

личного содержания абразивов в составе композиций.

Режущая и полирующая способность порошка может изменяться в зависимости от вида и дисперсности абразивного компонента ($Q_{y4} = 30$ мин) для выбранных условий испытаний и зернистости МАМ (100/80 и 200/160). Очевидно, что режущая и полирующая способность МАМ в значительной степени зависит от геометрических параметров частиц абразивного компонента (радиусов округления и углов режущих выступов). Уменьшение твердости обрабатываемого материала однозначно определяет съем при полировании, хотя при этом растут глубина резания и в то же время ее критическое значение, при котором происходит переход от пластической деформации к диспергированию. В зависимости от того, какой из этих процессов превалирует, съем может увеличиваться или уменьшаться [5]. В таблице приведены данные об удельной способности МАП в зависимости от составов.

Известно, что абразивные частицы тугоплавких переходных металлов 4–6-й групп Периодической системы имеют более изометрическую форму с несколько большими углами резания и радиусами округления режущих выступов, чем на основе ионных соединений (корунды) или ковалентных карбидов, нитридов кремния, алюминия и др. Для быстрого получения минимальной шероховатости абразивный компонент должен обеспечить МАМ режущую способность, при которой происходят эффективное удаление следов предшествую-

Состав	Исходная шихта, мас. %	Характеристика МАМ	
		удельная режущая способность, 10^{-5} г/(мм ² · мин)	удельная полная абразивная способность, 10^{-4} г/мм ²
1	SiC — 20, Fe — 70 (ПЖ4МЗ), ПАВ — 10	1,781	0,713
2	SiC — 20, Fe — 70 (ПЖ4МЗ), ЭД-20 — 10	2,134	1,054
3	SiC — 20, Fe — 70 (ПЖ4МЗ), ПАВ, ЭД-20 — 10	2,515	1,256

щей обработки и формирование нового микропрофиля полируемой поверхности с малой высотой неровностей.

Благодаря достаточно высокой стойкости и возможности широкого варьирования режущей и полирующей способности за счет использования необходимого количества абразивного компонента и выбора его дисперсности МАМ, полученные механическим смешиванием с использованием ПАВ различной вязкости и клеящих органических веществ, могут быть рекомендованы для решения широкого круга технологических задач.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технологическая схема формирования механических смесей с использованием ПАВ и органических клеящих веществ обеспечивает достаточно высокий уровень эксплуатационных характеристик и не ограничена выбором компонентов системы. ПАВ и органические клеящие материалы прикрепляют абразивные частицы к ферромагнитной основе за счет хемосорбционной связи. При МАО возникают магнитные, фрикционные и сорбционные силы, которые способствуют закреплению абразивов на поверхности матрицы и обрабатываемой поверхности и обеспечивают высокий уровень эксплуатационных характеристик МАМ.

При получении композиционных МАМ оптимальным компонентом шихты, образующим

матрицу, являются восстановленные, распыленные порошки железа. Оптимальное содержание компонентов в МАМ, обеспечивающее высокую абразивную способность и стойкость, составляет: абразивный компонент — 40 % (63,5 об. %), железо — 50 % (33,4 об. %), ПАВ и ЭД-20 — 10 % (3,1 об. %). Магнитно-абразивные материалы обладают высокой полирующей способностью в сочетании с высоким удельным съемом при использовании широкой гаммы абразивных компонентов и могут найти широкое применение.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Гороховский, Г. А.** Полимеры в технологии обработки металлов / Г. А. Гороховский. — Киев : Наукова думка, 1975. — 224 с.
2. **Хейникес, Г.** Трибохимия / Г. Хейникес. — М. : Мир, 1967. — 582 с.
3. **ГОСТ 3687–80.** Материалы шлифованные.
4. **Кашеев, В. Н.** О мгновенной абразивной способности минерального зерна / В. Н. Кашеев // Изв. вузов. Физика. — 1957. — № 1. — С. 167–174.
5. **Гридасова, Т. Я.** Методы исследования магнитно-абразивных порошков / Т. Я. Гридасова, А. Ф. Жирняк, В. Е. Оливер [и др.] // Порошковая металлургия. — 1981. — № 4. — С. 73–79. ■

Получено 09.07.13

© В. В. Непомнящий, С. М. Волощенко,
Т. В. Мосина, К. А. Гогаев,
М. Г. Аскеров, А. М. Миропольский, 2013 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ



г. Бильбао, Испания

**WORLD FOUNDRY CONGRESS 2014 —
71-й Всемирный литейный конгресс**

19–21 мая 2014 г.