

*А.Е. Лисун,
студент 5 курса
напр. «Технические науки»,
e-mail: torlandesx@gmail.com,
науч. рук.: Е.Н. Демиденко,
ст. преп.,
ГГТУ им. П.О. Сухого,
г. Гомель, Белоруссия*

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ БОРИРОВАННЫХ ФЕРРОМАГНИТНЫХ ПОРОШКОВ ПРИ МАГНИТНО- АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ

PROSPECTS OF APPLICATION BORATING FERROMAGNETIC POWDERS FOR MAGNETIC ABRASIVE PROCESSING

Аннотация: согласно названию, в статье описывается эффективность применения современных ферромагнитных порошков, используемые при магнитно-абразивной обработке, в частности, проведены исследования свойств борированных порошков в процессе магнитно-абразивной обработки деталей типа тел вращения с износостойким покрытием.

Ключевые слова: магнитно-абразивная обработка, ферромагнитные абразивные материалы, борированные порошки

Annotation: as the title implies the article describes efficacy of application modern ferromagnetic powders that explotable for magnetic abrasive processing in particular were held researches properties borating powders in during magnetic abrasive processing of details type of rotations bodies with wearproof covering.

Keywords: magnetic abrasive processing, ferromagnetic abrasive material, borating powders

Производительность процесса магнитно-абразивной обработки зависит от характеристики применяемых ферромагнитных абразивных материалов, которые должны

обладать высокой твердостью, режущими свойствами, иметь высокую магнитную проницаемость. Наиболее широкое применение в технологии магнитно-абразивной обработки получили спеченные порошковые материалы, состоящие из ферромагнитной основы и абразивных включений, обеспечивающих процесс съема металла. Однако такие материалы, обеспечивая высокое качество поверхностного слоя обработанной детали, имеют низкую стойкость и требуют замены после нескольких циклов обработки, что значительно повышает трудоемкость процесса и снижает его производительность.

Результаты исследований из монографии Хомича Н.С. [1] свидетельствуют о том, что абразивная способность всех испытанных композиционных порошков является относительно невысокой по двум основным причинам – либо вследствие недостаточной прочности соединения компонентов в гранулах Fe-Al₂O₃, либо из-за невысокой твердости абразивного компонента Fe-(Fe-Mn). Технологический процесс изготовления материалов Fe-MeC, MeB обычный для композиционных порошков и содержит операции смешивания исходных компонентов в необходимой массовом соотношении, прессования брикетов под давлением 600 Н/мм², их спекания при температуре 1473 К в течение 0,5 часа в атмосфере водорода, измельчения спеков в порошок и выделения на ситах проб гранулометрического состава 250... 80 мкм.

Предварительные испытания всех материалов Fe-MeB дали хорошие результаты. При обработке образцов из высокопрочного магниевого чугуна, например, материал Fe-W₂B₅ показал абразивную способность на 20% выше, чем материал Fe-Cr₃C₂ [1].

В США исследовали применение хромистого электрокорунда для центробежной и магнитно-абразивной обработки. В химический состав абразивных зерен входит 84-86% ферромагнитного порошка; 4-6% полуторной окиси хрома, стеарина и олеиновой кислоты; 4-6% косточек фруктов или древесных опилок; от 3% водного раствора триэтаноламинового мыла. В ходе проведения исследований композиционный материал показал удовлетворительные ферромагнитные

свойства. Это дает возможность использования его в центробежных, магнитно-абразивных станках и в комбинированных центробежных магнитно-абразивных станках, на которых достигается низкая шероховатость обработанных поверхностей при сравнительно малых скоростях и низкой интенсивности магнитного поля [2][3][4].

В Южной Корее был проведен эксперимент MAO с использованием порошков из оксида алюминия и карбида кремния при определенных режимах обработки трубы из «нержавеющей» стали (STS304), показанной на рис.1. На рис.2 представлены графики результатов проведенного эксперимента.

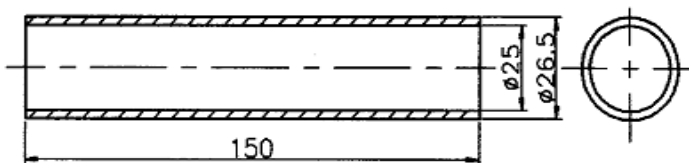


Рисунок 1 – Эскиз обрабатываемой трубы из стали STS304

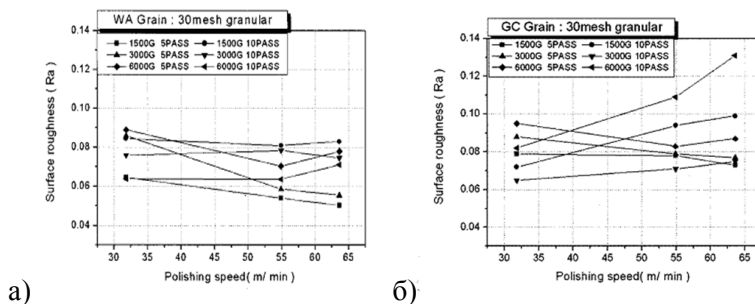


Рисунок 2 – Графики зависимостей шероховатости от скорости обработки обрабатываемой трубы порошками из белого алюминия(а) и карбида кремния(б)

В результате изменения плотности магнитного потока и скорости шлифования полученная шероховатость порошками из оксида алюминия лучше, чем с использованием порошков из карбида кремния при одинаковых условиях обработки. Величина шероховатости составила 0.09-0.05 мкм с

производительностью обработки 0,62...0,84 мкм/мин [3][4][5].

В КНР описали характеристики и принцип процесса MAO цилиндрической заготовки с использованием абразивного материала из карбида кремния и ферромагнитных частиц из стали X30. Результаты эксперимента указали, что порошок из стальных зерен больше подходит для MAO, чем порошок из карбида кремния. Это объясняется тем, что твердость карбида кремния превосходит твердость стали, а также на рис.3 видно, что зерна карбида кремния имеют форму многогранника, что негативно отражается на получаемую шероховатость[3][4][6].

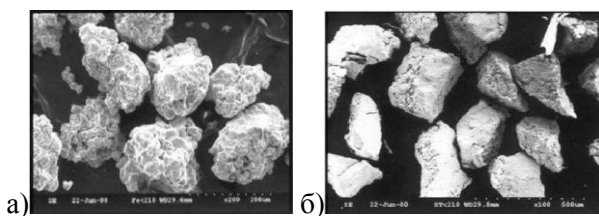


Рисунок 3 – микроструктура ферромагнитных частиц с использованием стальных зерен(а) и зерен карбида кремния(б)

В НИЛ «Упрочняющих, восстанавливающих и родственных технологий» УО ГГТУ им. П.О.Сухого были получены новые диффузионно-борированные материалы на основе отходов металлообработки с частицами неправильной формы[7].

Химико-термическая обработка произведена согласно рекомендациям и техническим условиям, разработанным в рамках проведения эксперимента. Борирование проводилось в порошковой среде карбида бора B_4C , с добавлением 1% активатора AlF . Борируемый порошок смешивали в соотношении 1:4 с насыщающей средой. Смесь помещали в контейнер из жаростойкой стали, сверху засыпали плавкий затвор.

Режимы ХТО и фракция обрабатываемого порошка указаны в табл.1. Кроме этих материалов, при нанесении покрытий различными методами (магнитно-электрическом упрочнении, наплавке ТВЧ, электродуговой наплавке), магнитно-абразивной обработке и исследованиях морфологии,

структуры и свойств использовали ранее полученные порошки сферической и осколочной формы фракций 160 – 200, 200 – 315, 315 – 400, 400 – 630, 630 – 800 мкм.

Таблица 1 – Режимы ХТО порошка из чугуновой колотой дробы

Материал	Обозначение образца	Фракция, мкм	Форма частиц	Время ХТО, мин (часов)	Температура ХТО, °С
Дробь чугуновая колотая	А	500 – 800	Осколочная	90 (1,5)	900
	Б			90 (1,5)	950
	В	180 (3)		900	
	Г	700 – 1000		210 (3,5)	900

Изучение микроструктуры на нетравленных шлифах исследуемых материалов проведена с помощью металлографического микроскопа AXIOVERT 40MAT фирмы METSCO.

После проведения химико-термической обработки частиц порошка различной дисперсности в различных условиях, в первую очередь изменяется морфология частиц – поверхность становится более шероховатая за счет выростания боридных выступов (рис.4). Вследствие этого меняются и технологические свойства, такие как текучесть, насыпная плотность, что влияет на точность дозирования порошка в процессе его дальнейшего использования.

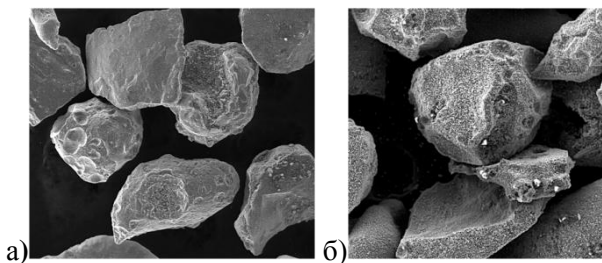


Рисунок 4 – Морфология частиц: исходный порошок(а); после ХТО(б)

Кроме того, наличие в частицах протекающих процессов графитизации подтверждают результаты микродиорометрического анализа: твердость в центральной зоне частиц снижается. Если изначально она составляла от 4 000 до 6 000 МПа, что соответствует твердости перлитно-цементитной структуры, то после 3 часовой ХТО твердость колеблется от 2 100 до 3 300 МПа и в среднем составляет 2 846 МПа, свидетельствуя о понижении количества твердой фазы – цементита. Для наглядности цифры, характеризующие процентное содержание боридных фаз на поверхности исследованных частиц, сведены в табл.2 [4][8].

Таблица 2 – Содержание боридных фаз на поверхности частиц

Обозначение образца	Продолжительность ХТО, мин (часов)	Температура ХТО, °С	Содержание фазы FeB, %	Содержание фазы Fe ₂ B, %
А	90 (1,5)	900	74	26
Б	90 (1,5)	950	97	3
В	180 (3)	900	81	19
Г	210 (3,5)	900	80	20

Ферромагнитная составляющая борированного порошка представляет собой ядра на железной основе сферической или неправильной формы размеров от 0,005 до 0,640 мм, а абразивная составляющая представляет собой борсодержащую диффузионную оболочку ядер, состоящую из боридов железа FeB и Fe₂B, с количеством бора в материале от 1 до 9 мас. %.

Сферическая форма частиц порошка определяет его хорошую полирующую и выглаживающую способность, что позволяет применять его при финишной обработке деталей с высокими требованиями по шероховатости. Ферромагнитный материал с частицами неправильной формы обеспечивает высокую производительность процесса и, в зависимости от размера частиц, может успешно применяться как при черновом шлифовании, так и при тонком шлифовании или полировании.

Порошок с мелкой фракцией (0,005...0,200 мм) может использоваться для полирования и тонкого шлифования ответственных деталей с высокими требованиями по точности и шероховатости. Порошки крупной фракции (0,20...0,640 мм)

могут применяться при черновой магнитно-абразивной обработке деталей, в том числе имеющих сложный профиль. В этом случае обеспечивается высокая производительность процесса обработки.

Содержание бора в материале обусловлено минимальной и максимальной толщиной борсодержащей диффузионной абразивной оболочки ферромагнитных ядер. При превышении количества бора в материале 9,0 мас. % существенно снижаются магнитные свойства порошка, так как в этом случае в материале преобладает фаза FeB и Fe_2B , имеющая слабые магнитные свойства, а также происходит графитизация растворенного в железе углерода, который также снижает магнитные свойства материала. При содержании бора менее 1,0 мас. % толщина боридного слоя столь незначительна, что не оказывает существенного влияния на абразивные свойства материала вследствие быстрого изнашивания этого слоя в процессе обработки.

В результате из таких порошков формируются стабильные качественные ферромагнитные абразивные инструменты, позволяющие производить управляемый размерный съем металла при финишной отделочной обработке либо полировании [7].

Литература и примечания:

[1] Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий: монография / Н.С. Хомич. – Мн.; БНТУ, 2006. – 50-58 с.

[2] Pat. USA 4,451,269, C09K 3/14. POLISHING COMPOSITION FORCENTRIFUGAL MAGNETIC-ABRASIVE MACHINES/ Boris G. Makedonski; Haralampi A. Atanassov, both of Sofia, Bulgaria – Зр. Дата публикации: 29.05.1984.

[3] Магнитно-абразивная обработка труднообрабатываемых материалов / Е. А. Лисун // Беларусь в современном мире: материалы IX Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 19–20 мая и 7 июня 2016 г. / ГГТУ им. П. О. Сухого, Гомел. Епархия Белорус. православ. церкви ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 228 – 231.

[4] Современные материалы, используемые при магнитно-

абразивной обработке труднообрабатываемых материалов / А. Е. Лисун // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления: материалы XVI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 28–29 апр. 2016 г. / М-во образования Респ. Беларусь, ГГТУ им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2016. – С. 142 – 144.

[5] Journal "Transactions on Electrical and Electronic Materials", Vol6, №3 – 128p. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.twirpx.com/file/1044659/> Дата публикации: 05.06.2005

[6] International Journal of Applied Engineering Research, ISSN 0973-4562 Vol. 10 No.35 (2015)

[7] Ферромагнитный абразивный материал Пантелеенко Ф.И., Петришин Г.В., Быстренков В.М., Демиденко Е.Н. [и др.] // Пат. № 116981 Респ. Беларусь, МПК⁷ С 09К 3/14 (2006.01), В 24D 3/34 (2006.01), С 23С 8/68 (2006.01); опубл. 2013.04.30// Афшыйны бюл. /Нац. цэнтр ітэлектуал. уласнасці. – 2013.

[8] Пантелеенко, Е.Ф. Самофлюсующиеся композиционные порошки из борированных отходов стальной и чугуновой дроби для магнитно-электрического упрочнения и восстановления деталей машин: дисс...канд.техн.наук: 05.16.06 / Е.Ф. Пантелеенко; БНТУ – Минск, 2009. – 163 с.

© А.Е. Лисун, 2017