

9. Петасюк Г.А. Інтерпретаційні і прикладні аспекти деяких морфологічних характеристик порошків надтвердих матеріалів // Сверхтвердые матер. – 2009. – № 2. – С. 79–94.
10. Богатырева Г. П., Петасюк Г. А., Базалий Г. А., Шамраева В. С. К вопросу однородности алмазных микропорошков по морфометрическим характеристикам // Сверхтвердые матер. – 2009. – № 2. – С. 71–81.
11. Петасюк Г.А. Обобщенная математическая модель процедуры ситовой классификации порошков сверхтвердых материалов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины. – 2007. – Вып. 10. – С. 212–216.

Поступила 28.05.12

УДК 621.891

М. Н. Сафонова¹, канд. техн. наук, **П. П. Тарасов¹**,
А. С. Сыромятникова², канд. физ.-мат. наук, **А. А. Федотов¹**

¹Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова г. Якутск, Россия

²Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова
СО РАН, г. Якутск, Россия

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ФАЗЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОЛОВЯНИСТОЙ БРОНЗЫ

Проанализирована проблема разработки и эксплуатации абразивных инструментов – определение структуры композитных материалов с наполнителями из порошков сверхтвердых материалов. Исследовано влияние добавок алмазных микропорошков на физико-механические свойства порошкового сплава.

Ключевые слова: твердость, плотность, микропорошок, оловянистая бронза, алмазный инструмент.

В настоящее время большой интерес вызывает изучение наноструктурированных материалов, среди которых особое место занимают кластеры углерода.

В Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины разработаны технологические процессы получения из продукта детонационного синтеза фирмы «Алит» нескольких марок синтетических алмазов детонационного синтеза (ДНА) различного функционального назначения [1]. Разнообразие принципиально новых свойств этих материалов позволяет использовать их для качественно новых приложений в различных отраслях промышленности, в том числе при разработке алмазных инструментов.

Одним из перспективных направлений решения этой задачи является применение ДНА для получения металлической матричной композиции буровых коронок, содержащей нанодисперсные алмазы в качестве дисперсно-упрочняющих частиц малого размера [2].

Серийно выпускаемые промышленностью буровые коронки с матрицами, состоят преимущественно из спеченного порошка карбида вольфрама [3]. Несмотря на значительное количество таких коронок, различающихся составом и областями применения, перспективен поиск новых составов матриц, которые будут обеспечивать высокую износостойкость коронок и производительность буровых коронок и алмазных инструментов. К перспективным направлениям относится применение нанодисперсных добавок в качестве дисперсно-упрочняющих частиц малого размера. Введение в материалы небольшого

количества таких добавок позволяет улучшить их механические и эксплуатационные свойства. В то же время механизмы влияния на структуру и свойства композитных материалов ультрадисперсных добавок требуют дальнейшего их изучения.

Актуальность работы заключается в том, что разрабатываемые материалы характеризуются более высокими технико-экономическими показателями по сравнению с показателями обычных материалов без упрочнения с помощью детонационного наноалмаза.

Цель настоящей работы – исследовать влияние добавок алмазных порошков на физико-механические свойства порошкового сплава.

Объекты исследования

При проведении подобных исследований целесообразно применять методы порошковой металлургии. Металлокомпозитные материалы, получаемые методами порошковой металлургии, широко применяют в качестве конструкционных, антифрикционных, абразивных и пр. В частности, использованная в работе оловянистая бронза применена в качестве стандартной связки алмазного инструмента.

Известная композиция для изготовления абразивного инструмента содержит в качестве основы оловянистую бронзу (М1), как абразивный наполнитель – природный технический алмазный порошок, обеспечивая инструменту высокие абразивные свойства и низкий коэффициент трения. Однако этот состав отличается низкой износостойкостью, что снижает ресурс работы инструмента.

Задача исследования заключается в повышении износостойкости и эксплуатационных характеристик композиционного алмазосодержащего материала на основе металлической связки (М1) для изготовления алмазного абразивного инструмента.

Экспериментальная часть

Для достижения технического результата композиционный алмазосодержащий материал дополнительно содержит как ультрадисперсный наполнитель алмазные порошки размерами 3/2; 7/5; и -40 мкм и субмикророшок (УДА). Эти порошки получили из отходов гранильного производства на предприятии ОАО «Сахадаймонд» посредством дробления на мельницах.

В исследовании использовали стандартную связку оловянистой бронзы М1 (20 % олова, 80 % меди) с добавками 1, 2, 3 % (по массе) алмазных порошков размерами 3/2; 7/5; и -40 мкм и субмикророшок (УДА) (рис. 1).

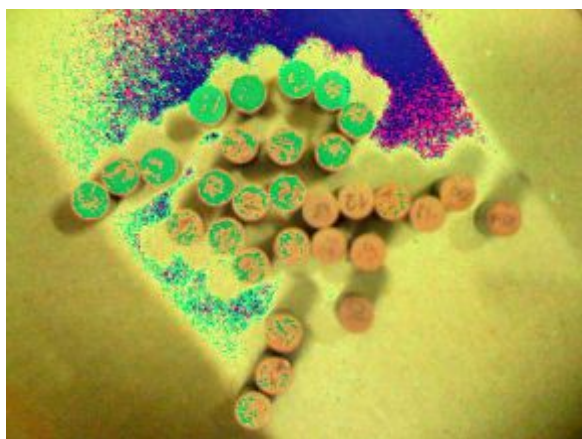


Рис 1. Образцы оловянистой бронзы с добавлением алмазных порошков

Смеси из порошков готовили с помощью смесителя типа «пьяная бочка», смешивали в течении 2 ч с добавлением стальных шариков в количестве 1/3 объема порошка. Для предотвращения расслоения компонентов в смесь добавляли раствор глицерина в спирте в количестве около 0,1 г на 25 г смеси. Предварительно порошки просушивали в вакуумной сушилке СНВС 4,5.4,54/ЗИ1 по следующему режиму: 1,5 ч при температуре 120–140 °С в условиях форвакуума, обеспечиваемого насосом пластинчато-роторного типа.

Компактировали порошковые смеси в стальных жестких пресс-формах с помощью пресса ИП-500 по схеме с плавающей матрицей, когда прессование производится при неподвижном нижнем пуансоне и плавающей матрице, подвешенной на пружинах или гидроцилиндрах.

Исследовали образцы из порошкового сплава М1 с добавками 1; 2; 3 % (по массе) алмазного порошка (табл. 1).

Таблица 1. Состав исследованных образцов

№ образца	Состав	№ образца	образец
1	M1	16	M1+2% АП 7/5
2	M1	17	M1+2% АП 7/5
3	M1	18	M1+2% АП 7/5
4	M1+1% АП 3/2	19	M1+3% АП 7/5
5	M1+1% АП 3/2	20	M1+3% АП 7/5
6	M1+1% АП 3/2	21	M1+3% АП 7/5
7	M1+2% АП 3/2	22	M1+1% АП -40
8	M1+2% АП 3/2	23	M1+1% АП -40
9	M1+2% АП 3/2	24	M1+1% АП -40
10	M1+3% АП 3/2	25	M1+2% АП -40
11	M1+3% АП 3/2	26	M1+2% АП -40
12	M1+3% АП 3/2	27	M1+2% АП -40
13	M1+1% АП 7/5	28	M1+3% АП -40
14	M1+1% АП 7/5	29	M1+3% АП -40
15	M1+1% АП 7/5	30	M1+3% АП -40

Плавающая матрица начинает двигаться самопроизвольно с момента, когда возникающая сила трения порошка о стенки матрицы преодолет сопротивление предварительной нагрузки пружины.

В институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины по собственным методикам исследовали алмазные порошки размерами 3/2; 7/5 и -40 мкм и субмикророшок (УДА) (рис. 2).

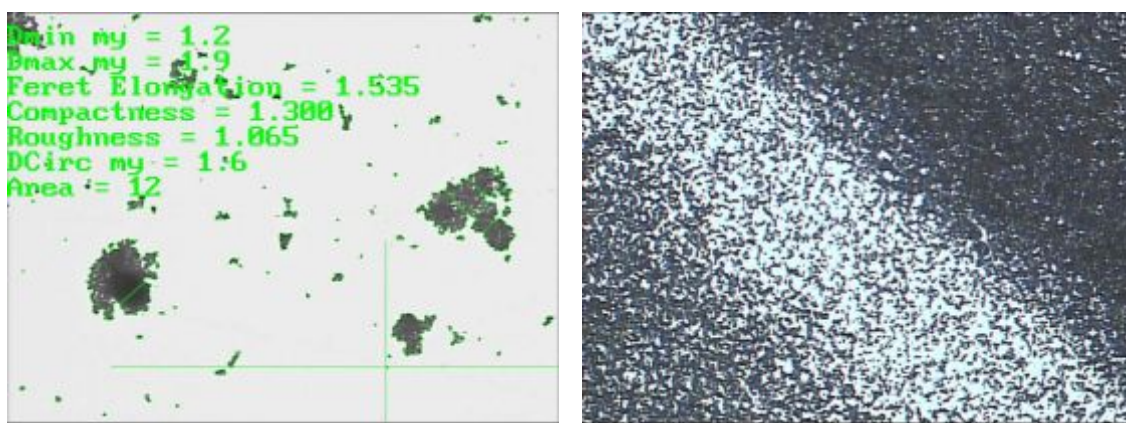


Рис. 2. Фотографии алмазных порошков размерами 3/2 мкм, 7/5 мкм и -40 мкм и субмикророшок (УДА)

Проведен микроскопический анализ зернового состава образцов с помощью микроскопа «Биолам» при увеличении $\times 1350$, измеряли удельную магнитную восприимчивость χ , удельное

электросопротивление ρ , содержание несгораемых примесей (несгораемого остатка – н.о.) и абразивную способность. Полученные данные приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты анализа образцов

Образец	Характеристики				
	Размер частиц, мкм	X, 10^{-8} , м ³ /кг	ρ Ом·м	н.о., %	абразивная способность
Фракция –40	40–0	62,1	$3,1 \cdot 10^9$	5,7	2,86
Фракция 7/5	7–0	4,0	$7,5 \cdot 10^{10}$	не обнаружен	1,9
Фракция 3/2	3–0	737	$5,2 \cdot 10^9$	2,9	0,57
Субмикро-порошок (УДА)	3–0 с преобладанием 1/0 и 0,5/0	538	$8,3 \cdot 10^{10}$	3,1	не обнаружена

Полученные результаты свидетельствуют о том, что исследованные порошки 7/5, 3/2, УДА по зерновому составу и содержанию примесей не соответствуют требованиям стандарта на алмазную продукцию.

Результаты морфометрических исследований с помощью прибора DiaInspect.OSM показали, что в составе порошка преобладают зерна осколочной формы. Такая форма зерен характерна для порошков природного алмаза. В связи с тем, что порошки содержат много посторонних преимущественно металлических примесей, их необходимо очистить и исследовать остальные физико-химические свойства в целях определения оптимальных областей их применения. Содержание металлических примесей не препятствует их использованию в виде упрочняющей фазы в композитных материалах на металлической основе.

Физико-механические свойства спрессованных и спеченных образцов определяли в соответствии нормативными документами и стандартами. Так, плотность ρ находили путем обмера образцов микрометром МК 0–25 мм согласно ГОСТ 6507-78. Взвешивали образцы на лабораторных электронных весах четвертого класса ВЛТЭ-500. Остаточную пористость определяли через фактическую и теоретическую плотности по формуле

$$\Pi = (1 - \rho/\rho_T) \cdot 100 \%,$$

где ρ_T и ρ – соответственно теоретическая (расчётная) плотность беспористого материала и фактическая плотность исследуемого образца.

Теоретическую плотность получали по формуле:

$$\rho_T = 100 / (C_1/\rho_1 + C_2/\rho_2),$$

где C_1 , C_2 – концентрация в порошковой смеси соответственно алюминия и хрома; ρ_1 , ρ_2 – плотность соответственно алюминия и хрома.

Относительное изменение объема определяли по формуле

$$\Delta V/V_0 = (V_k - V_0)/V_0 \cdot 100\%,$$

где V_0 , V_k – объем прессовки соответственно до и после спекания.

В случае потери или искажения правильной геометрической формы применяли метод гидростатического взвешивания. Объем образцов (прессовки) рассчитывали по формуле

$$V = (m_1 - m_2)/\rho_{ж},$$

где V – объем прессовки; m_1 , m_2 – масса соответственно на воздухе и в воде; $\rho_{ж}$ – плотность жидкости.

Спекали образцы в вакууме $0,1 \cdot 10^{-3}$ Па. Для этого использовали установку – печь СНВЭ, состоящую из рабочей камеры, куда загружали партию образцов, трех насосов, постепенное включение которых обеспечивает довольно высокий вакуум, и системы вентиляей.

Совместное спекание обеспечивало постоянство условий процесса для исследуемой партии образцов. Температуру спекания варьировали в интервале 550–600 °С. Ниже температуры 550 °С образцы не спекаются, а при температуре 600 °С и выше их форма искажается. Опытным путем определили оптимальную температуру – 575 °С. Продолжительность спекания составляла 15–60 мин. В целях определения пористости спеченных образцов их взвешивали на электронных весах и измеряли линейные размеры. Пористость рассчитывали по формуле определения пористости сырых образцов. При искажении правильной геометрической формы образцов применяли метод гидростатического взвешивания.

Выбор в качестве добавки алмазного микропорошка обусловлен тем, что в результате проведенных ранее исследований в Институте сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины выявили, что добавление наноалмаза в сплав повышает физико-механические свойства сплава. Для выявления характера повышения физико-механических свойств порошковых тел с алмазными порошками в зависимости от содержания добавки и температуры спекания

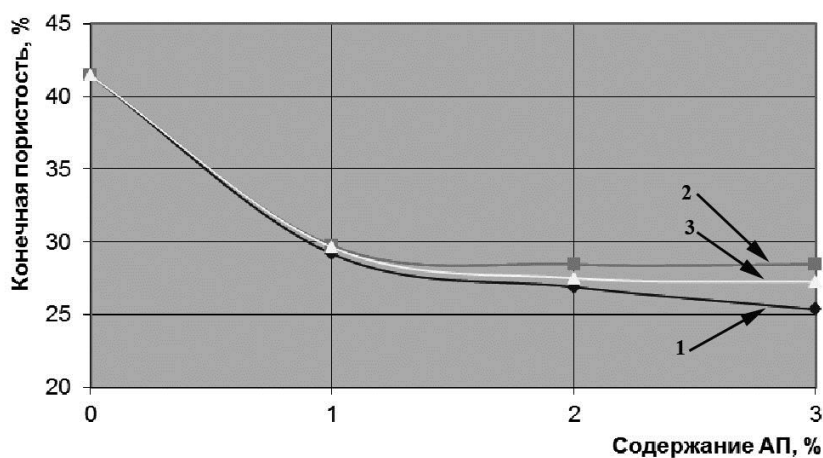


Рис 3. Зависимости конечной пористости образцов от содержания в них алмазного порошка: 1 – М1 +АП 3/2; 1 – М1 +АП 7/5; 1 – М1 +АП -40

проведены соответствующие эксперименты. Как следует из данных (рис. 3), с увеличением содержания алмазного порошка уменьшается конечная пористость спеченных образцов. Особо резко снижается пористость образцов с добавкой по сравнению с образцами, не содержащими микропорошки алмаза (42%–30%).

Минимальную конечную пористость имели образцы с добавкой микропорошка размером 3/2

мкм, что обуславливается высокими абсорбционными характеристиками алмазного микропорошка. Порошковый брикет состоит из огромного количества покрытых окисной пленкой частиц, абсорбированных газов, паров, следов органических веществ (смазки и т.д.), попавших в него на разных стадиях технологической цепочки начиная с получения порошков и заканчивая формованием и спеканием. При этом такое свойство микропорошков зависит от их удельной площади поверхности, т. е. дисперсности микропорошка. Более высокое значение конечной пористости при размере добавки микропорошка 7/5 мкм по сравнению с порошком размером -40 мкм обусловлено наличием в последней марке более мелких частиц алмаза.

Твердости измеряли спомощью прибора FR-3e фирмы «Лесо» согласно стандартной методике (индентор – шарик диаметром 3,174 мм, нагрузка –588,4 Н (60 кг) по шкале HRH).

Максимальная твердость достигается при введении в состав сплава микропорошка размером -40 мкм, что обуславливается упрочнением структуры за счет наличия крупных (около 40 мкм) частиц алмаза и уплотняющим действием более мелких частиц путем поглощения выделяющихся при спекании газов.

Выводы

Введение в состав шихты алмазного микропорошка приводит к более равномерному распределению компонентов сплава по объему прессовки. Использование мелкодисперсных алмазных частиц в небольшом количестве в виде добавок в образцы металлической матрицы положительно влияет на качество получаемых композиционных материалов. В результате повышаются их плотность и твердость материала, снижается пористость, что позволяет прогнозировать улучшение эксплуатационных показателей работы алмазного инструмента.

Проаналізовано проблему розробки та експлуатації абразивних інструментів - визначення структури композитних матеріалів з наповнювачами з порошків надтвердих матеріалів. Досліджено вплив добавок алмазних мікропорошків на фізико-механічні властивості порошкового сплаву.

Ключові слова: твердість, щільність, мікропорошок, олов'яніста бронза, алмазний інструмент.

This work is devoted to a problem of working out and exploitation of abrasive tools for definition of structure composite materials with fillings from the powders of super firm materials. Researches of influence of additives natural diamond micropowders on physico-mechanical properties of powder alloy were done in this work.

Key words: hardness, density, micropowders, straight bronze, diamond tool.

Литература

1. Новиков Н. В., Богатырева Г. П. Наноалмазы статического и детонационного синтеза и перспектива их применения // Сверхтвердые материалы – 2008. – № 2. – С. 3–12.
2. Долматов В. Ю. Ультрадисперсные алмазы детонационного синтеза. Получение, свойства, применение. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 344 с.
3. Зыбинский П. В., Богданов Р. К., Загора А. П., Исонкин А. М. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: Монография. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.

Поступила 07.06.12

УДК 621.762

В. С. Панов, д-р техн. наук; **Л. В. Мякишева**, **В. В. Басов**, кандидаты технических наук

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва, РФ

«ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ» МАТЕРИАЛ ДЛЯ АТОМНОЙ ТЕХНИКИ

Исследовано влияние различных прочных агрегатов в уплотненных порошках диоксида урана на сжатие топливной гранулы и спекания с целью улучшения качественных и эксплуатационных характеристик топливных таблеток (компонентов топливных элементов на АЭС). Установлено, что агрегаты не разрушаются в процессе приготовления пресс-порошка и прессования таблеток, образуя при спекании внутри таблетки участки повышенной пористости. Изучено влияние некоторых факторов на плотность подготовленных гранул и были рекомендованы пути увеличения плотности.

Ключевые слова: таблетка, прессование, спекание, пресс-порошок, пористость, плотность, объемная доля.

В настоящее время, как и в обозримом будущем, широкое применение ядерной энергетики как альтернативного источника энергии – неизбежный технически, экономически и экологически целесообразный путь энергообеспечения мировой экономики.

В России, как и большинстве промышленно развитых стран, все больше внимания уделяется вопросам развития ядерной энергетики. Соответствующая федеральная программа предусматривает достижение объема выработки электроэнергии на АЭС в общем объеме ее генерации до 20–25 % к 2020 г. и до 25–27 % к 2030 г. при обеспечении безусловной безопасности работы АЭС.