

## ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ФАЗЫ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ОЛОВЯНИСТОЙ БРОНЗЫ

© 2012 М.Н. Сафонова<sup>1</sup>, П.П. Тарасов<sup>1</sup>, А.С. Сыромятникова<sup>2</sup>, А.А. Федотов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К.Аммосова, Якутск

<sup>2</sup>Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН, г. Якутск

Поступила в редакцию 23.03.2012

Работа посвящена проблеме разработки и эксплуатации абразивных инструментов – определению структуры композитных материалов с наполнителями из порошков сверхтвердых материалов.

Ключевые слова: *твердость, плотность, 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 разработан ряд технологических процессов 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 и при разработке алмазных инструментов. Одним из перспективных направлений решения данной задачи является, по мнению авторов, применение ДНА для получения металлической матричной композиции буровых коронок, содержащей в своем составе нанодисперсные алмазы в качестве дисперсно-упрочняющих частиц малого размера [2]. Серийно выпускаемые промышленностью буровые коронки изготавливаются с матрицами, состоящими, в основном, из спеченного порошка карбида вольфрама [3]. Несмотря на значительное их количество, отличающееся составом и областями применения, перспективным является поиск новых составов матриц, обеспечивающих высокую износостойкость коронок и повышающих производительность буровых коронок и алмазных инструментов. Одним из таких направлений является применение нанодисперсных добавок в качестве дисперсноупрочняющих частиц малого

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

**Цель работы:** исследование влияния добавок алмазных порошков на физико-механические свойства порошкового сплава.

**Объекты исследования.** При проведении подобных исследований целесообразно применение методов порошковой металлургии. Металлокомпозитные материалы, получаемые методами порошковой металлургии, нашли широкое применение в качестве конструкционных, антифрикционных, абразивных и т.д. В частности, использованная в работе оловянистая бронза используется в качестве стандартной связки алмазного инструмента.

В работе использовались стандартная связка оловянистой бронзы М1 (20% олова, 80% меди) и три вида алмазных порошков с размерами 3/2 мкм, 7/5 мкм и -40 мкм (рис. 1). Смеси из порошков приготавливались с помощью смесителя типа «пьяная бочка», смешивание производилось в течении 2 часов с добавлением стальных шариков в количестве 1/3 от объема порошка. Для предотвращения расслоения компонентов в смесь добавлялся раствор глицерина в спирте количеством около 0,1 г на 25 г смеси. Предварительно порошки подвергали просушиванию в вакуумной сушилке СНВС 4,5.4.54/3И1 по режиму: 1,5 часа при 120-140°C в условиях форвакуума, обеспечиваемого насосом пластинчатого роторного типа. Компактирование порошковых смесей проводилось 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. Плавающая матрица начинает двигаться самопроизвольно с того момента, когда возникающая сила трения порошка о стенки матрицы преодолет сопротивление предварительной нагрузки пружины.

*Сафонова Мария Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры сопротивления материалов. E-mail: marisafon\_2006@mail.ru*

*Тарасов Петр Петрович, заведующий лабораторией физики твердого тела*

*Сыромятникова Айталипа Степановна, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник. E-mail: sas@iptpn.usn.ru*

*Федотов Андрей Андреевич, заведующий лабораторией сопротивления материалов. E-mail: fedot\_andrey@mail.ru*



**Рис. 1.** Образцы оловянистой бронзы с добавлением алмазных порошков

**Экспериментальная часть.** Физико-механические свойства спрессованных и спечённых образцов определяли, руководствуясь соответствующими нормативными документами и ГОСТами. Так, плотность  $\rho$  находили путём обмера образцов микрометром МК 0-25 мм по ГОСТ 6507-78. Взвешивание осуществлялось на лабораторных электронных весах четвертого класса ВЛТЭ-500. Остаточная пористость определялась через фактическую и теоретическую плотности по формуле:

$$P = (1 - \rho/\rho_m) * 100\%,$$

где  $\rho_m$  – теоретическая (расчётная) плотность беспористого материала,  $\rho$  – фактическая плотность исследуемого образца. Теоретическую плотность находили по формуле:

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

где  $C_1$  и  $C_2$  – концентрации алюминия и хрома в порошковой смеси,  $\rho_1$  и  $\rho_2$  – соответственно их плотности.

Относительное изменение объема вычислялось по формуле:

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

где  $V_0$  и  $V_k$  – объем прессовки до и после спекания.

В случае потери или искажения правильной геометрической формы применялся метод гидростатического взвешивания. Объем образцов вычислялся по формуле

$$V = (m_1 - m_2) / \rho_{жс},$$

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

Спекание образцов осуществлялось в вакууме  $0,1 * 10^{-3}$  Па. Для этой цели использовалась установка – печь СНВЭ, состоящая из рабочей камеры, куда нагружается партия образцов, трех насосов, постепенное включение которых обеспечивает достаточно высокий вакуум и системы

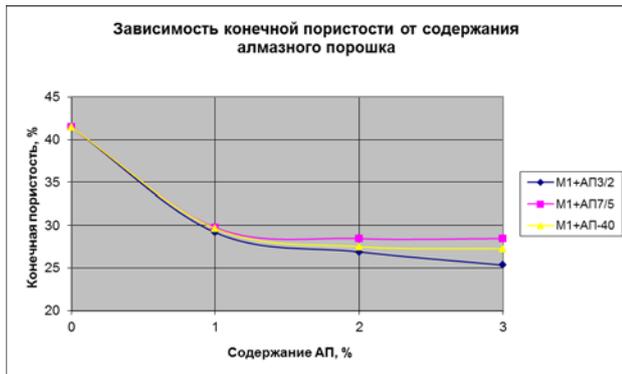
вентилей. Совместное спекание обеспечивало постоянство условий процесса для данной партии образцов. Температура спекания варьировалась от  $550^\circ\text{C}$  до  $600^\circ\text{C}$ . Ниже  $550^\circ\text{C}$  образцы не спекаются, а при  $600^\circ\text{C}$  и выше происходит искажение формы. Опытным путем определили, что оптимальной температурой является  $575^\circ\text{C}$ . Продолжительность спекания составляла от 15 до 60 мин. С целью определения пористости спеченные образцы также подвергались взвешиванию на электронных весах и измерению линейных размеров. Расчет пористости производился по той же формуле, что и сырых образцов. При искажении правильной геометрической формы образцов применялся метод гидростатического взвешивания. В работе исследованы образцы из порошкового сплава М1 с добавками 1, 2, 3 весовых % алмазного порошка.

**Таблица 1.** Исследуемые образцы

№	Образец	№	Образец
1	М1	16	М1+2% АП 7/5
2	М1	17	М1+2% АП 7/5
3	М1	18	М1+2% АП 7/5
4	М1+1% АП 3/2	19	М1+3% АП 7/5
5	М1+1% АП 3/2	20	М1+3% АП 7/5
6	М1+1% АП 3/2	21	М1+3% АП 7/5
7	М1+2% АП 3/2	22	М1+1% АП -40
8	М1+2% АП 3/2	23	М1+1% АП -40
9	М1+2% АП 3/2	24	М1+1% АП -40
10	М1+3% АП 3/2	25	М1+2% АП -40
11	М1+3% АП 3/2	26	М1+2% АП -40
12	М1+3% АП 3/2	27	М1+2% АП -40
13	М1+1% АП 7/5	28	М1+3% АП -40
14	М1+1% АП 7/5	29	М1+3% АП -40
15	М1+1% АП 7/5	30	М1+3% АП -40

Выбор в качестве добавки алмазного микропорошка обусловлен тем, что из проведенных ранее исследований в Институте сверхтвердых материалов НАН Украины известно, 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 были проведены соответствующие эксперименты. Как видно из графика (рис. 2) с увеличением содержания алмазного порошка происходит уменьшение конечной пористости спеченных образцов. Необходимо отметить резкое ее уменьшение у образцов с добавкой по сравнению с образцами, не содержащими микропорошки алмаза (с 42% до 30%). Минимальная конечная пористость наблюдается у образцов с добавкой микропорошка размерности 3/2 мкм. Это можно объяснить высокими аб-

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



**Рис. 2.** Зависимость конечной пористости от содержания алмазного порошка

Измерение твердости производилось на приборе 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 размерности 40 мкм. Это можно объяснить 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 повышается их плотность и твердость, уменьшается пористость материала, что позволяет прогнозировать улучшение эксплуатационных показателей работы алмазного инструмента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новиков, Н.В. Наноалмазы статического и детонационного синтеза и перспектива их применения / Н.В. Новиков, Г.П. Богатырева // 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. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: Монография / П.В. Зыбинский, Р.К. Богданов, А.П. Загора, А.М. Исонкин. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. 244 с.

## INFLUENCE OF STRENGTHENING PHASE ON STRUCTURE AND PROPERTIES OF STANNOUS BRONZE

© 2012 M.N. Safonova<sup>1</sup>, P.P. Tarasov<sup>1</sup>, A.S. Syromyatnikova<sup>2</sup>, A.A. Fedotov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Northeast Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk

<sup>2</sup>Institute of Physical and Technical Problems of the North named after V.P. Larionov SB RAS, Yakutsk

The work is devoted to problem of development and exploitation of abrasive tools – to definition the structure of composite materials with fillings from powders of superfirm materials.

Key words: *hardness, density, stannous bronze, diamond tool*

Mariya Safonova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Materials Resistance. E-mail: marisafon\_2006@mail.ru

Petr Tarasov, Chief of the Laboratory of Solid Body Physics  
Aytalina Syromyatnikova, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Research Fellow. E-mail: sas@iptn.ysn.ru  
Andrey Fedotov, Chief of the Laboratory of Materials Resistance. E-mail: fedot\_andrey@mail.ru