

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АЛМАЗНОГО НАНОКОМПОЗИТА

Шульженко А.А., Соколов А.Н., Гаргин В.Г.

Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины,
04074 Киев-74, ул. Автозаводская. 2, Украина, E-mail: kybor@ism.kiev.ua

Спеканием алмазных порошков изготавливается сверхтвердая керамика, являющаяся рабочим элементом резцов, используемых в финишной механической обработке методом точения изделий из цветных металлов и их сплавов.

Известно, что высокий уровень физико-механических свойств определяется высокодисперсной зеренной структурой поликристалла, что, в частности, непосредственно вытекает из экспериментально установленной зависимости твердости и предела текучести от размера зерна (соотношение Холла–Петча) [1]:

$$H_V(\sigma_T) = H_0(\sigma_0) + k_y L^{-1/2},$$

H_V – твердость, σ_T – предел текучести, H_0 – твердость тела зерна, σ_0 – внутреннее напряжение, препятствующее распространению пластического сдвига в теле зерна, k_y – коэффициент пропорциональности, L – средний размер зерна.

Отсюда следует, что перспективным способом получения качественного поликристаллического материала с плотной, однородной, мелкозернистой структурой может служить использование алмазных порошков нанометрического диапазона.

В настоящей работе приведены результаты, полученные при спекании в присутствии тугоплавких активирующих добавок нанопорошков алмазов статического синтеза, предварительно активированных методом холодного изостатического прессования.

В качестве исходного материала использовали нанопорошок алмаза статического синтеза АСМ5 0,1/0. Согласно данным, полученным методами электронной микроскопии, исходный порошок полностью состоит из агрегатов частиц. Общий диапазон размеров частиц в агрегатах 20–250 нм. Основная составляющая – это частицы размером 20–70 нм пластинчатой формы. Для частиц размерами 100–250 нм характерна огранка морфологически плоскими поверхностями, мелкие частицы имеют сильно разрыхленные поверхности огранки (в виде бахромы).

Эксперименты по спеканию при высоких давлениях проводили с использованием аппарата высокого давления (АВД) типа «тороид» с диаметром центрального углубления 13 мм, который обеспечивает спекание при давлениях до 10,0 ГПа. Активацию исходного порошка выполняли методом холодного изостатического прессования при давлениях от 1,1 до 5,0 ГПа. Спекание нанопорошка АСМ5 0,1/0 осуществляли при давлении 8,0 ГПа, температуре 2000 К, продолжительность спекания составляла 20 – 30 с.

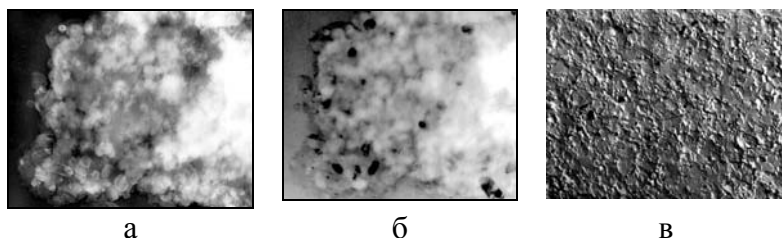


Рис. 1. Типичное электронно-микроскопическое изображение зеренной структуры алмазного наноструктурного композита (а – светлое поле, б – темное поле в фрагменте кольца 111_а, $\times 45000$; в – микрофрактограмма, $\times 37000$).

Полученный в результате спекания алмазный наноструктурный композит, представляет собой материал с равноосной формой зерна и тонкими границами (рис. 1). Сочетание этих особенностей указывает на то, что при спекании происходит процесс рекристаллизации. Тот факт, что в образце имеются только

зерна размерами 30-70 нм, позволяет заключить, что центрами роста зерен являются не исходные частицы, а содержащиеся в них разориентированные фрагменты, то есть фактически имеет место первичная рекристаллизация.

Для полученного алмазного наноструктурного композита характерна однородная нанодисперсная зеренная структура. Она хорошо выявляется как на изображениях на просвет, так и на электронных микрофрактограммах (см. рис. 1).

Особенности микроструктуры полученного алмазного нанокompозита определяют его высокие физико-механические свойства (табл.).

Таблица – Физико-механические свойства поликристаллических сверхтвердых материалов

Материал	Условия получения	Твердость, HV (ГПа), при нагрузке на индентор (Н)			Нано-твердость, HF, ГПа	Трещиностойкость, МПа·м ^{-1/2}
		5	10	50		
Алмазный наноструктурный композит*	p = 8 ГПа; T = 2000 К	64,8	47,0	43,6	71,3	14,5
Поликристалл из АСМ5 0,1/0**	p = 8 ГПа; T = 2000 К	46,2	35,4			6,8
Поликристалл из АСМ5 0,1/0***	p = 8 ГПа; T = 1700 К	38,4				7,3

* получен спеканием предварительно активированной методом холодного изостатического прессования шихты из нанопорошка АСМ5 0,1/0 с активирующей добавкой.

** получен спеканием предварительно активированного методом холодного изостатического прессования нанопорошка АСМ5 0,1/0.

*** применялась предварительная вакуумная герметизация реакционного объема [2].

Таким образом, сочетание предварительной механической активации исходной шихты с введением в нее активирующих добавок позволяет существенно (твердость в 1,7, а трещиностойкость почти в 2 раза) повысить физико-механические характеристики спеченного в условиях высоких давления и температуры алмазного нанокompозита. Этот результат достигнут, прежде всего, за счет однородности микроструктуры спеченного композита и подавления процесса формирования микротрещин благодаря введению активирующих добавок.

Полученные наноалмазные композиты могут быть использованы для изготовления режущего, деформирующего или мерительного инструмента многократного производственного применения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Украинского научно-технологического центра (УНТЦ, проект № 1745).

Список литературы

[1] Андриевский Р.А., Глезер А.М. Физика металлов и металловедение **89**, 1, 91 (2000).

[2] Сверхтвердые материалы. Получение и применение. Т. 1: Синтез алмаза и подобных материалов. Отв. ред. А.А. Шульженко. ИСМ им. В.Н. Бакуля, ИПЦ «АЛКОН», Киев (2003). 320 с.