

Письма в редакцию

УДК 621.921.34-492.2:620.22-419

А. А. Бочечка, С. Н. Назарчук, Г. С. Олейник (г. Киев)

К получению самосвязанного алмаза

Показана возможность формирования самосвязанного алмазного материала путем спекания при высоком давлении микропорошков алмаза статического синтеза и нанопорошков алмаза детонационного синтеза.

Ключевые слова: самосвязанный алмазный материал, спекание, микропорошки, нанопорошки, статический синтез, детонационный синтез.

В настоящее время известно три подхода к получению самосвязанного алмазного материала. Первые два базируются на применении добавки неалмазного углерода к исходному микропорошку алмаза статического синтеза с целью его превращения в алмаз при последующем спекании при высоких давлении и температуре. При этом неалмазный углерод (стеклоуглерод, графит) используют как в виде добавки к порошку алмаза [1], так и в виде покрытия, нанесенного на частицы алмаза [2]. Однако эти подходы не привели к положительным результатам, поскольку при средних давлениях до 8 ГПа, которые реализуются в промышленно применяемых аппаратах высокого давления (АВД), на контактах алмазных частиц не достигают p , T параметров, необходимых для прямого перехода графита в алмаз. Известен также способ получения такого материала путем связывания частиц алмазного порошка осаждением алмаза из газовой фазы на слой частиц алмаза, помещенных на подложке (металлической или керамической). Далее на осадок алмаза снова наносят слой частиц алмаза, на который также осаждают алмаз. Эти последовательные операции повторяют до 30 раз и после растворения подложки получают объемные образцы с плотностью 3,3—3,4 г/см³. Твердость такого материала достигает 70 ГПа [3], однако он отличается повышенной хрупкостью.

В данной работе представлены результаты исследований, указывающие на реальную возможность получения самосвязанного алмаза на основе алмазного порошка марки АСМ, синтезированного в статическом АВД в присутствии металла-растворителя углерода, и алмазного порошка детонационного синтеза (ДС), полученного при прямом превращении графита в алмаз в ударных волнах. Порошок АСМ имел зернистость 7/5, а порошок ДС состоял из поликристаллических частиц в форме пластин (размер в развитой поверхности 0,3—3,0 мкм) с размером зерен 2—10 нм. Эти частицы содержали кубиче-

© А. А. БОЧЕЧКА, С. Н. НАЗАРЧУК, Г. С. ОЛЕЙНИК, 2010

ский и гексагональный алмаз, содержание последнего не превышало ~ 15 %. Указанные порошки и их смесь (соотношение АСМ и ДС по массе составляло 80:20) спекали в АД типа “тороид” при начальном давлении 8 ГПа. Условия получения — температура T , длительность спекания t и характеристики спеченных образцов — плотность ρ , пористость θ , твердость по Кнупу HKN , твердость по Виккерсу $HV10$, трещиностойкость K_{Ic} приведены в таблице.

Образец	Порошок	Параметры спекания		ρ , г/см ³	θ , %	HKN , ГПа	$HV10$, ГПа	K_{Ic} , МПа·м ^{1/2}
		T , °С	t , с					
1	ДС	1940	20,5	2,83	19,4	7,2	4,7	4,6
2	АСМ 7/5	1600	20,2	2,96	15,7	12,8	14,3	4,0
3	ДС	1490	20,2	3,06	12,8	14,0	18,0	6,7
4	АСМ 7/5 + ДС	1900	60,0	3,28	6,6	21,3	31,7	7,0

Микродифракционными исследованиями обнаружено, что во всех образцах имеется неалмазный углерод. В образцах 3 он содержится только в отдельных микрообластях. Для этих образцов также характерна наиболее однородная зеренная структура (рис. 1), диапазон размеров зерен близок к имеющемуся в исходных частицах.

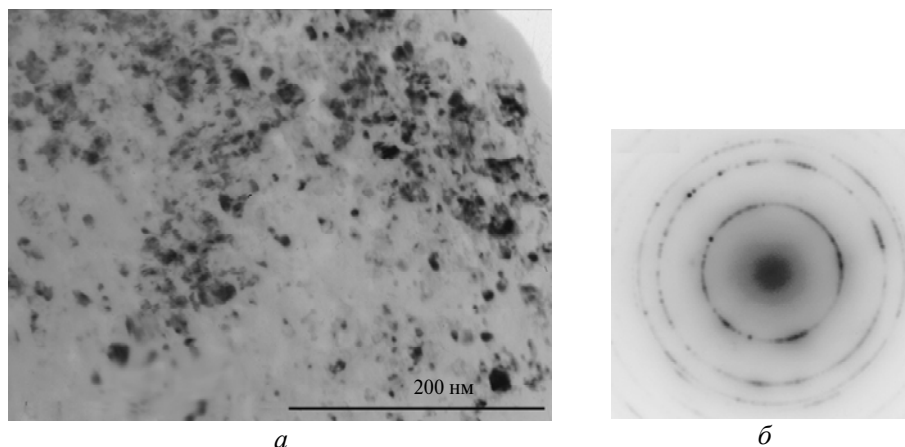


Рис. 1. Типичная зеренная структура образцов 3 (*а*) и микроэлектронграмма от всего участка (*б*).

Для образцов 4 характерно однородное распределение нанодисперсной связующей фазы алмаза ДС синтеза по границам крупных зерен алмаза АСМ (рис. 2, *а, б*). Основной диапазон зерен связующей составляющей — 5—20 нм, однако встречаются и агрегаты зерен до 100 нм. В области локализации таких агрегатов микродифракционными исследованиями выявлен неалмазный углерод. Крупные зерна алмаза деформированы — в них наблюдаются пересекающиеся двойники и группы дислокаций в приграничных участках (см. рис. 2, *а*). Анализ электронных микрофрагтограмм образцов, разрушенных от удара при комнатной температуре (см. рис. 2, *в*), свидетельствует о преимущественном разрушении зерен алмаза статического синтеза сколом, что является диагно-

стическим признаком достаточно высокой прочности границ сопряжения крупных зерен алмаза и нанодисперсной алмазной связки.

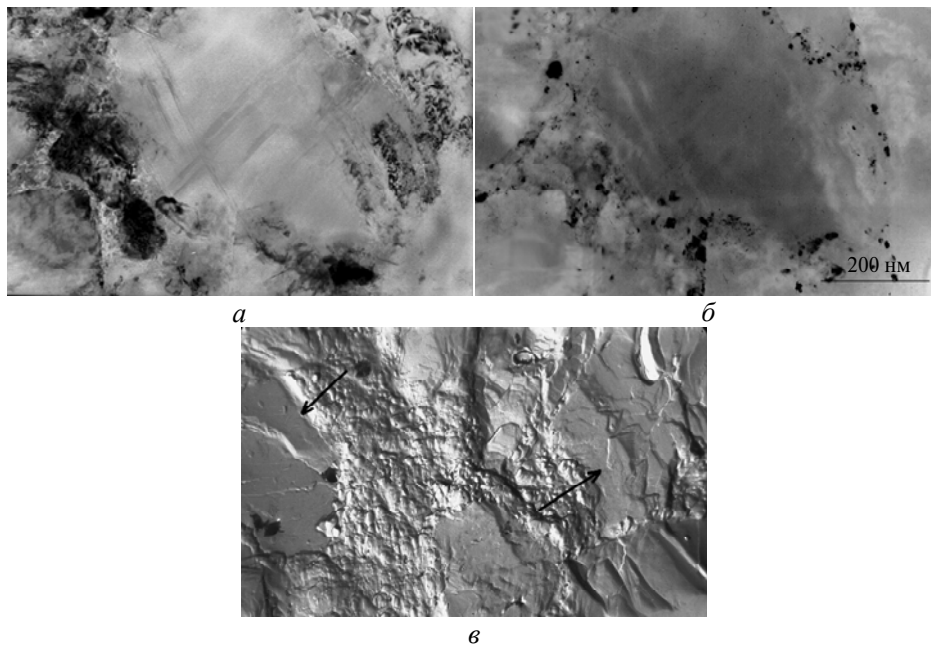


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение типичного участка микроструктуры самосвязанного алмаза: *a* — светлопольное изображение; *b* — темнопольное изображение во фрагменте кольцевого отражения 111 нанодисперсного алмаза; *v* — электронная микрофрактограмма образца (выделена область, где проходит разрушение по границе крупное зерно—нанодисперсная алмазная составляющая), стрелками указаны поверхности скола алмазных зерен.

Таким образом, показана возможность получения высокоплотного состояния в образцах поликристаллов, спеченных из алмазного порошка детонационного синтеза, с реализацией в них повышенной вязкости разрушения, а также формирования самосвязанного алмазного материала из порошков алмаза статического и детонационного синтеза. Однородность распределения нанодисперсной составляющей ДС в таком материале, его высокая плотность, а также высокая прочность границ сопряжения между составляющими различной дисперсности указывают на перспективность дальнейших исследований по разработке самосвязанного алмазного материала на основе смеси порошков алмаза статического и детонационного синтеза.

Показано можливість формування самозв'язаного алмазного матеріалу шляхом спікання при високому тиску мікропорошків алмазу статичного синтезу і нанопорошків алмазу детонаційного синтезу.

Ключові слова: самозв'язаний алмазний матеріал, спікання, мікропорошки, нанопорошки, статичний синтез, детонаційний синтез.

Possibility of formation of self-bonded diamond material by high pressure sintering diamond micropowders of static synthesis and diamond nanopowders of detonation synthesis has been shown.

Keywords: self-bonded diamond material, high pressure sintering, micropowders, nanopowders, static synthesis, detonation synthesis.

1. *Kitanata K., Akaishi M., Fukunaga O.* High-pressure sintering of diamond by glassy carbon addition // *Int. J. Refract. Met. Hard Mater.* — 1991. — **10**, N 1. — P. 27—30.2.
2. *Дерягин Б. В., Федосеев Д. В.* Рост алмаза и графита из газовой фазы. — М.: Наука, 1977. — 116 с.
3. *Заявка 61-163164 Япония, МКИ С 04 В 35/52, С 01 В 31/06.* Способ получения алмазных спеченных изделий / Маримото Синго. — Оpubл. 23.07.86.

Ин-т сверхтвердых материалов
им. В. Н. Бакуля НАН Украины
Ин-т проблем материаловедения
им. И. Н. Францевича НАН Украины

Поступило 05.10.10