

Получение, структура, свойства

УДК 539.2.669.0176:669.018

**В. М. Волкогон, Г. С. Олейник*, Ю. А. Федоран,
С. К. Аврамчук, А. В. Кравчук, А. В. Котко** (г. Киев)

*oleynik@ipms.kiev.ua

**Влияние исходного структурного состояния
вюртцитного нитрида бора
на формирование зеренной структуры
материалов на его основе.
II. Структурные превращения
при формировании микроструктуры
образцов материалов на основе различных
типов BN_v**

Представлены результаты исследования микроструктуры поликристаллов, полученных в интервале 1600–1800 °С при $p = 8$ ГПа из порошков пяти разновидностей вюртцитного нитрида бора. Частицы-пластинки порошков отличались размерами в развитой поверхности, по толщине и субструктурой. Выявлено, что основными факторами, определяющими формирование зеренной структуры и фазового состава поликристаллов, являются толщина исходных частиц и их ориентация, обусловленная формированием морфологической текстуры при уплотнении системы частиц-пластинок в процессе спекания. Указанные факторы влияют на следующие структурные превращения в частицах вюртцитного нитрида бора при спекании: диспергирование исходных частиц при механическом разрушении сколом, их пластическую фрагментацию и, как следствие, развитие в частицах процесса проскальзывания разориентированных фрагментов по границам раздела. В поликристаллах на основе порошков с частицами максимальной толщины формируется наибольший размер зерен и имеет место наименьшая степень фазового превращения вюртцитной фазы нитрида бора в сфалеритную; при минимальной толщине частиц эти характеристики имеют наименьшее и наибольшее значения соответственно.

Ключевые слова: нитрид бора, вюртцитный, спекание, структура, фрагментация, зерно, частица.

ВВЕДЕНИЕ

В [1] представлены результаты исследования структурного состояния частиц порошков следующих типов вюртцитного нитрида бора: полученного в

© В. М. ВОЛКОГОН, Г. С. ОЛЕЙНИК, Ю. А. ФЕДОРАН, С. К. АВРАМЧУК, А. В. КРАВЧУК, А. В. КОТКО, 2014

ударных волнах с добавками воды – $BN_{в-1}$, в ударных волнах без добавок – $BN_{в-2}$ и $BN_{в-3}$, после деформационной обработки $BN_{в-1}$ при высоком давлении ($p = 4$ ГПа) при комнатной температуре – $BN_{в-4}$, после прокатки со сдвигом (четыре прохода) – $BN_{в-5}$.

В представленной работе рассмотрены данные исследований микроструктуры поликристаллов, спеченных из порошков указанных типов $BN_{в}$. Цель работы состояла в выяснении влияния характеристик исходных порошков на механизмы структурных превращений при спекании, формирование фазового состава и зеренной структуры. Для исследования применяли образцы, спеченные при $p = 8$ ГПа в интервале $T = 1400–1800$ °С с изотермической выдержкой при каждой температуре 60 с. Для сравнения исследовали также образцы, полученные на основе смеси порошков $BN_{в-1}$ и $BN_{в-2}$, частицы которых сильно отличались толщиной. Образцы из порошков $BN_{в-1}$, $BN_{в-2}$, $BN_{в-3}$ и смеси ($BN_{в-1} + BN_{в-2}$) получали с применением предварительной набивки порошков в контейнеры. Это обуславливало преимущественную укладку частиц развитыми поверхностями параллельно друг другу и последующее расположение таких поверхностей в поликристалле ортогонально осевой составляющей квазигидростатического сжатия. Порошки $BN_{в-4}$ и $BN_{в-5}$ находились в виде гранул и для получения образцов на их основе осуществляли обычный метод засыпки в контейнеры.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучение микроструктуры образцов проводили методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) в сочетании с микродифракцией, а также с применением рентгенофазового анализа. Объектами для ПЭМ служили тонкие фольги, полученные методом ионного утонения, угольные реплики с естественных поверхностей изломов образцов, разрушенных при комнатной температуре, и тонкие откольные частицы, извлекаемые на реплику.

Как следует из данных [2], в микроструктуре образцов из порошков $BN_{в}$ в зависимости от температуры спекания имеется несколько разновидностей границ раздела:

- границы, возникающие при контактировании исходных частиц по морфологически плоским фрагментам развитых поверхностей, ограненных преимущественно базисными плоскостями;
- внутрочастичные границы между разориентированными фрагментами;
- внутрочастичные когерентные границы между фазовыми составляющими ($BN_{в}-BN_{сф}$, $BN_{в}$, $BN_{сф}$ -многослойные политипы (МП)), представленными в форме тонких пластин, пересекающих фрагменты от границы до границы;
- межфазные композиционные границы между гетерофазными фрагментами и зернами;
- границы межзеренного типа между монофазными ($BN_{сф}$) зернами.

Внутрочастичные границы возникают за счет развития таких процессов структурных превращений как деформация незакономерным поворотом (ротационная пластическая деформация), обуславливающая фрагментацию частиц на разориентированные области, и деформация путем проскальзывания по границам разориентированных фрагментов без нарушения сплошности частиц. По мере развития в разориентированных фрагментах фазового превращения $BN_{в} \rightarrow BN_{сф}$ внутрочастичные границы преобразуются в межфазные композиционные (между зернами составов ($BN_{в} + BN_{сф} + МП$) и обычные межзеренные. Границы последнего типа в образцах формируются только на стадии появления монофазных зерен сфалеритной фазы.

В данной работе определяли размеры эффективных элементов структуры, т. е. разделенных границами между разориентированными областями – это фрагменты частиц и сформированные зерна с композиционными межфазными границами, а также границами межзеренного типа в системе зерен $\text{BN}_{\text{сф}}$. Указанные границы обычно наблюдаются на электронно-микроскопических изображениях на просвет тонких фольг образцов и откольных частиц, а также реплик, полученных с использованием первых отпечатков с естественных поверхностей изломов образцов. Выявление границ на репликах обусловлено тем, что они представляют собой стопоры для трещин, развитие которых формирует микроструктуру излома образца. Для примера на рис. 1 приведено изображение участка реплики с откольной частицей, где видно хорошее совпадение размеров элементов структуры, окаймленных границами, на изображении реплики и в тонкой откольной частице. С учетом изложенного в дальнейшем при описании зеренной структуры использовано только название межзеренные границы.

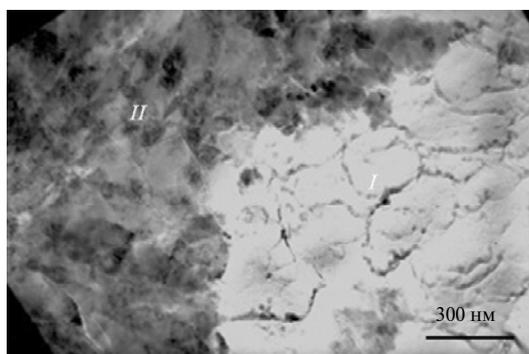


Рис. 1. Электронно-микроскопическое изображение угольной реплики от поверхности разрушения образца на основе BN_b и тонкой откольной частицы, расположенной на поверхности реплики (области I и II соответственно).

Зеренную структуру образцов, полученных на основе BN_b -1 и BN_b -4 при $T = 1600$ °С, исследовали по репликам с откольными частицами, для остальных образцов – по тонким фольгам или откольным частицам с использованием темнопольных изображений. Структурное состояние зерен в образцах определяли по анализу микроэлектроннограмм (МЭГ) и темнопольных электронно-микроскопических изображений. На рис. 2 приведено темнопольное изображение типичного участка микроструктуры образца и типичная МЭГ двухфазных областей состава $\text{BN}_b + \text{BN}_{\text{сф}}$. На МЭГ видны фрагменты рядов $h0l$, которые являются отражениями от зерен с базовой составляющей BN_b . На изображении видны фрагменты частиц и зерна с микродоменной субструктурой. Такая субструктура является характерной для зерен трех структурных состояний:

- BN_b с высокой плотностью базисных дефектов упаковки (ДУ);
- BN_b с ДУ в сочетании с МП;
- BN_b с ДУ и МП, а также сдвойникованный $\text{BN}_{\text{сф}}$.

Идентификацию указанных состояний проводили по анализу МЭГ от отдельных независимых зерен, выявляемых на темнопольных изображениях. МЭГ от зерен вышеуказанных трех структурных состояний характеризуются рядом дифракционных особенностей, выявляемых на рядах $h0l$, что и позволяет их диагностировать (рис. 3). На МЭГ от зерен с субструктурой первого

типа ряды $h0l$ имеют вид сплошных тяжей с узловыми отражениями BN_B . Для зерен второго типа на этих рядах имеются несистематические точечные отражения, а третьего – также и узловые отражения сдвойникового BN_{cf} . Монофазные (BN_{cf}) зерна в образцах идентифицировали сочетанием анализа МЭГ и дифракционного контраста, выявляемого в зернах. Такие зерна, как правило, являются монокристаллическими и окаймлены тонкими границами. Структурное состояние зерен зависит от их количественной доли в поликристалле. На начальном этапе появления групп таких зерен в них содержатся двойники, изгибные контуры, свидетельствующие о наличии напряжений, иногда группы дислокаций. По мере увеличения содержания таких зерен (и соответственно уменьшения количества зерен гетерофазного состава) их дефектность уменьшается. На стадии формирования монофазного (BN_{cf}) состояния в поликристаллах и развития деформации путем ползучести имеет место увеличение дефектности зерен, в них появляются скопления дислокаций, а в приграничных зонах – изгибные экстинкционные контуры.

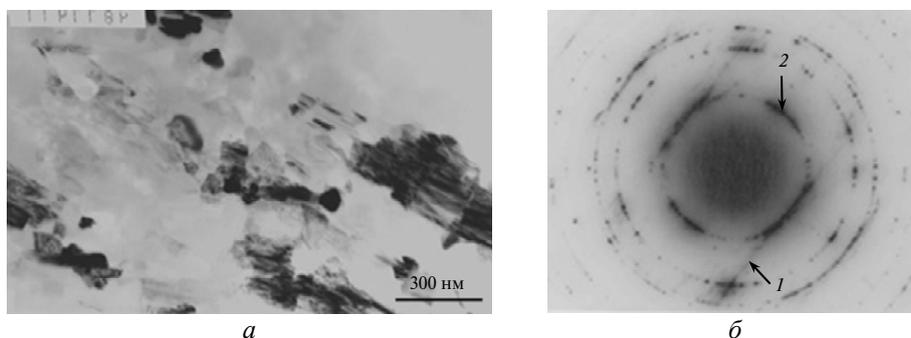


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение типичного участка микроструктуры (темное поле в фрагменте тяжа $10l$) образца, содержащего зерна BN_B в сочетании с ДУ, МП и BN_{cf} (а) и МЭГ от всего участка (тяги $10l$ и $00l$ отмечены стрелками 1 и 2 соответственно) (б).

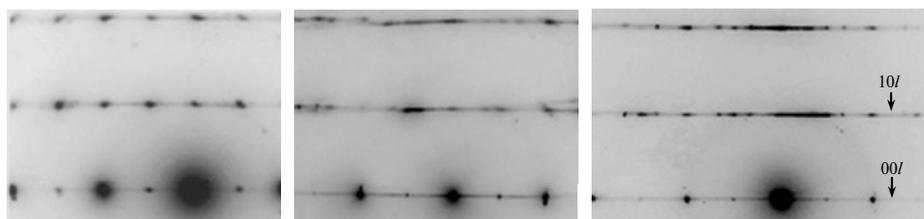


Рис. 3. Типичные фрагменты МЭГ с рядами $00l$ и $h0l$ от сечений $(11\bar{2}0)$ зерен различного структурного состояния BN_B : с ДУ (а), ДУ + МП (б), сдвойниковый BN_{cf} + МП (в).

Как было показано в [1], частицы BN_B -1 и BN_B -2, BN_B -3 значительно отличаются размерами в призматическом сечении: для частиц BN_B -1 диапазон размеров составляет 0,2–0,7 мкм, для частиц BN_B -2 – 0,03–0,1 мкм. Для того, чтобы выявить влияние этого фактора на структурные превращения при спекании непосредственно в одном и том же образце, исследовали образцы на основе смеси порошков BN_B -1 и BN_B -2. Исследовали образцы, полученные при $p = 8$ ГПа и $T = 600$ °С без изотермической выдержки, $T = 1400$ и 1600 °С при выдержке $\tau = 60$ с. Изображения типичных участков микроструктуры образцов приведены на рис. 4.

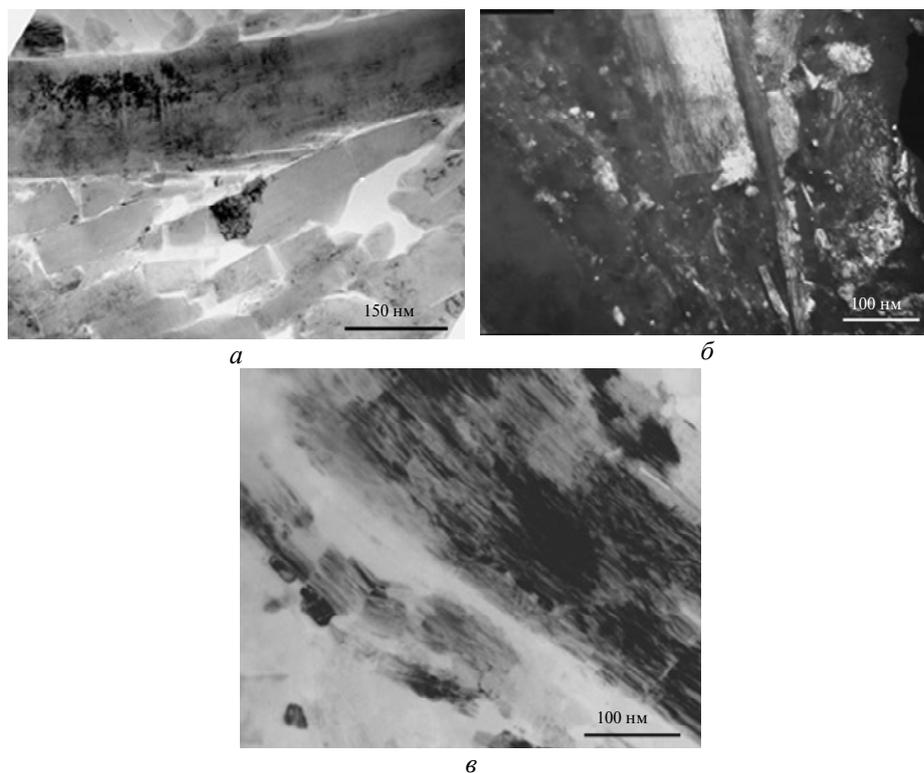


Рис. 4. Электронно-микроскопическое изображение призматических сечений частиц различной толщины в образце, полученном при $T = 600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (а), и темнопольные изображения (в фрагменте тяжа 10 μm – см. рис. 2, б) участков микроструктуры образцов, спеченных при $T = 1400$ (б) и $1600\text{ }^{\circ}\text{C}$ (в).

Как было уже отмечено, образцы отличались способом подготовки исходных порошков для последующего прессования. Проведенными исследованиями выявлено некоторые различия в микроструктуре таких образцов. Установлено, что в случае применения трамбовки порошков только для микроструктуры образцов на основе BN_b-1 наблюдалась морфологическая текстура упаковки частиц развитыми поверхностями параллельно друг другу. В образцах на основе BN_b-2 и BN_b-3 текстура формировалась только при температуре спекания $T = 1600\text{ }^{\circ}\text{C}$. При более высоких температурах проходило ее разрушение. Для образцов из гранулированных порошков BN_b-4 и BN_b-5 только локально по объему наблюдали области, где частицы были расположены развитыми поверхностями параллельно друг другу.

В табл. 1 приведены средние размеры зерен в образцах, полученных при $p = 8\text{ ГПа}$, $T = 1600$ и $1800\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60\text{ с}$. Определение проводили по результатам подсчета не менее 150 зерен. Средние размеры оценивали с учетом коэффициента Мендельсона [3].

Данные о фазовом составе таких образцов, определенном рентгенофазовым анализом, и структурном состоянии сфалеритной фазы приведены в табл. 2. На рис. 5 представлены гистограммы распределения зерен в образцах, спеченных при $p = 8\text{ ГПа}$, $T = 1700\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 60\text{ с}$, а также изображения типичных участков микроструктуры образцов.

Таблица 1. Влияние температуры спекания образцов на основе различных типов исходного BN_B на изменение размера зерен

Температура спекания, °С	Основной диапазон размеров зерен в образцах, мкм				
	Тип исходного порошка BN_B				
	1	2	3	4	5
1600	1–2	0,1–0,3	0,01–0,05	0,3–0,7	0,2–0,3
1800	0,3–0,5	0,03–0,07	0,02–0,05	0,1–0,5	0,1–0,2

Таблица 2. Влияние температуры спекания образцов на основе различных типов исходного BN_B на характеристики их микроструктуры

Температура спекания, °С	Тип исходных BN_B	Фазовый состав BN образцов, % (по массе)			Структурное состояние сфалеритной фазы в образцах
		BN_B	$\text{BN}_{\text{сф}}$	BN_r	
		1600	1	90	
	2	60	40	–	Сдвойникованная в гетерофазных зернах и в виде монофазных малодефектных зерен
	3	50	50	–	Сдвойникованная в гетерофазных зернах и в виде монофазных малодефектных зерен
	4	78	20	2	Сдвойникованная в гетерофазных зернах
	5	70	28	2	Сдвойникованная в гетерофазных зернах
1800	1	68	30	2	Сдвойникованная в гетерофазных зернах
	2	10	90	–	Основная часть в виде монофазных малодефектных зерен
	3	10	90	–	Основная часть в виде монофазных малодефектных зерен
	4	38	60	2	Сдвойникованная в гетерофазных зернах и в виде монофазных малодефектных зерен
	5	33	65	2	Сдвойникованная в гетерофазных зернах и в виде монофазных малодефектных зерен

Проведенными в данной работе исследованиями установлено, что структурные превращения при формировании зеренной структуры образцов из всех типов BN_B проходят качественно подобно. Механизмы этих превращений обсуждены в [2]. Общими чертами является то, что формирование микроструктуры образцов в исследованном интервале температур, как и ранее было показано в [2], обусловлено развитием такой последовательности процессов структурных перестроек в каждой независимой частице BN_B : механическое измельчение на стадии уплотнения при комнатной температуре, приводящее к уменьшению размеров частиц, главным образом, в развитой поверхности, пластическая деформация – решеточная и незакономерным поворотом (ротационная). Решеточная деформация базисным скольжением с участием дислокаций Шокли обуславливает кристаллоориентированное фазовое превращение $\text{BN}_B \rightarrow \text{BN}_{\text{сф}}$, ротационная – диспергирование частиц (без нарушения их сплошности) на разориентированные фрагменты и

последующее смещение фрагментов друг относительно друга по границам раздела. Фазовое превращение $\text{BN}_в \rightarrow \text{BN}_{сф}$ осуществляется на всех стадиях ротационной деформации. Между фрагментами возникают композиционные межфазные границы, которые по мере фазового перехода и развития процесса проскальзывания по границам раздела эволюционируют, вплоть до возникновения границ межзеренного типа в системе монофазных ($\text{BN}_{сф}$) зерен.

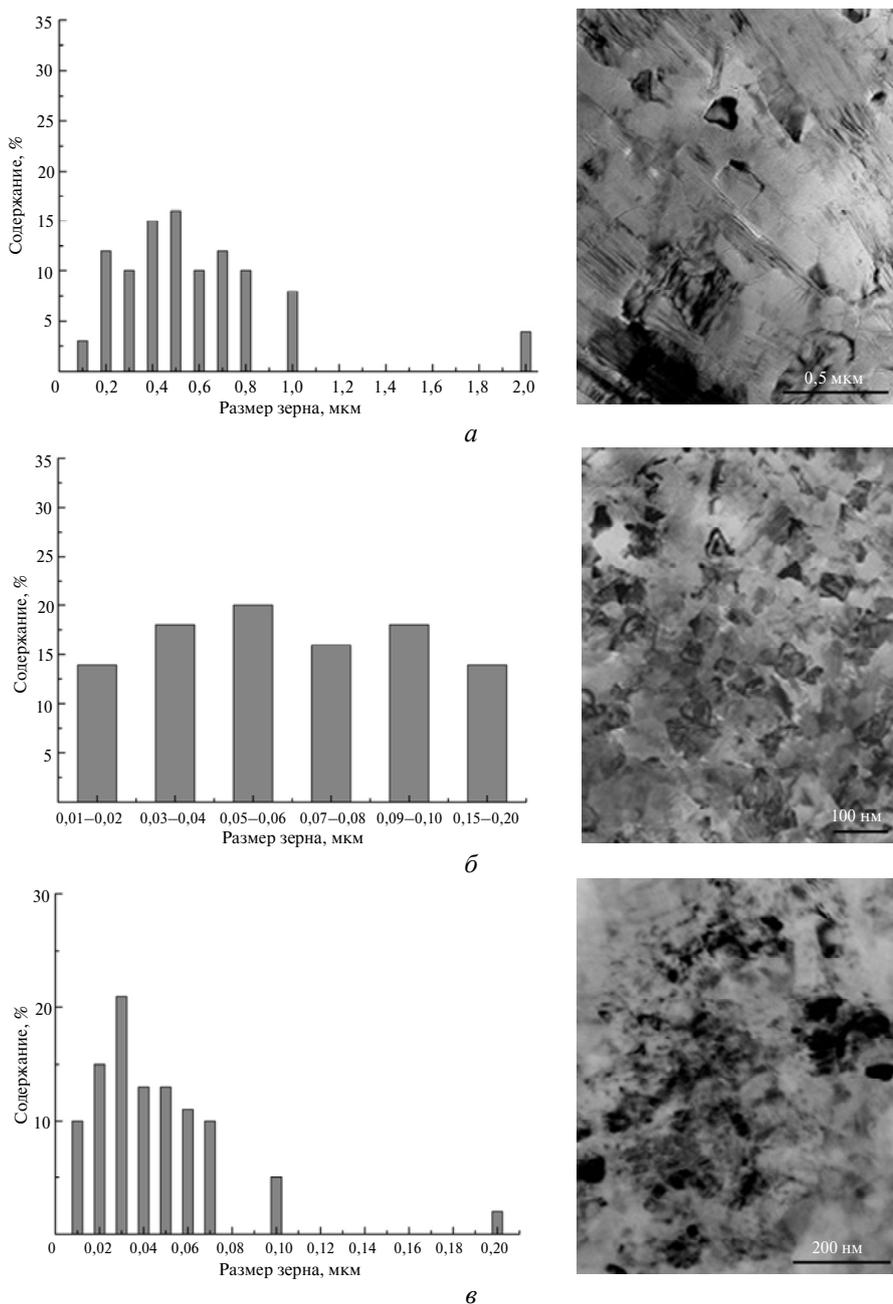
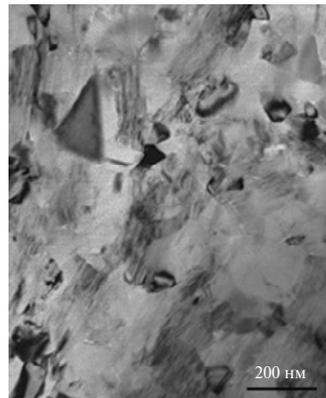
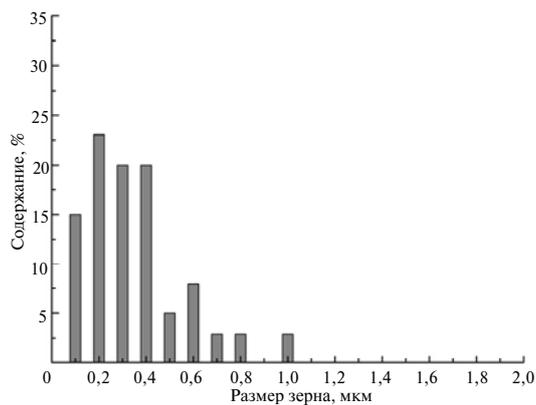
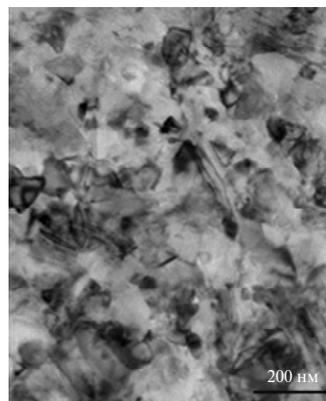
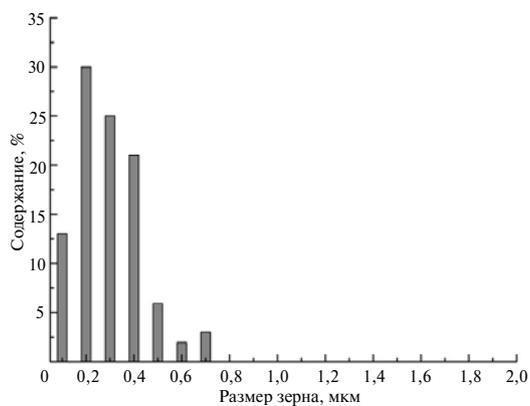


Рис. 5. Гистограммы распределения зерен и типичные микроструктуры в образцах, полученных при $p = 8$ ГПа, $T = 1700$ °С, $\tau = 60$ с из исходных порошков различных типов $\text{BN}_в$: 1 (а), 2 (б), 3 (в), 4 (г), 5 (д).



2



2

Рис. 5. (Продолжение).

Влияние субструктурных характеристик исходных частиц BN_v (таких как размеры разориентированных в развитой поверхности частиц фрагментов, наличие двойников, локальное отклонение плоскости огранки развитой поверхности частиц от базисной) на механизмы структурных превращений при спекании не обнаружено. Однако по объему образцов в целом структурные превращения в независимых частицах осуществляются неоднородно. Это проявляется в том, что в образцах имеются частицы, отличающиеся степенью пластической фрагментации, фазовым составом, структурным состоянием границ и др. Причем на основе проведенных исследований можно сделать заключение о проявлении следующей тенденции: в образцах, полученных в одних и тех же режимах, с уменьшением толщины частиц BN_v степень указанной неоднородности понижается.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ

В [1] показано, что основные отличия частиц порошков BN_v , использованных для получения исследованных в данной работе поликристаллов, состоят в следующем. Частицы-пластинки имеют различные размеры главным образом по толщине, в меньшей мере в развитой поверхности; отличаются также субструктурой – размерами азимутально разориентированных в базисной поверхности фрагментов (в наибольшей мере это было выявлено для частиц BN_v , полученного с добавками воды и без нее), ориентацией развитой поверхности, т. е. наличием в такой поверхности участков, ограненных небазисной плоскостью, наличием двойников и микрорельефа на развитой по-

верхности (для частиц $BN_{в-5}$). Наибольшее различие в толщине частиц характерно для $BN_{в-1}$ и $BN_{в-2}$, $BN_{в-3}$: для $BN_{в}$ первого типа диапазон размеров составляет 0,2–0,7 мкм, второго и третьего – 0,03–0,15 и 0,01–0,05 мкм соответственно.

Результаты исследования структуры образцов из порошков пяти типов $BN_{в}$ свидетельствуют, что определяющее влияние на формирование зеренной структуры и фазового состава в образцах оказывает толщина частиц. Из данных табл. 1, 2 и рис. 5 видно, что с уменьшением толщины частиц размер зерен также уменьшается. Для исследованных образцов, полученных на основе $BN_{в-1}$, является характерным максимальный размер зерен и наименьшая степень фазового превращения. Противоположная ситуация характерна для образцов на основе $BN_{в-2}$ и $BN_{в-3}$ – размер зерен наименьший и наибольшая степень фазового превращения.

На примере исследования образцов, полученных из двух разновидностей $BN_{в}$, частицы которых сильно отличаются толщиной ($BN_{в-1}$ и $BN_{в-2}$), установлено, что толщина частиц оказывает влияние на все процессы структурных превращений в них, определяющих диспергирование. Из рис. 4, а видно, что осуществляемый на стадии холодного уплотнения и начальной стадии нагрева скол частиц большей толщины проходит в меньшей степени по сравнению с частицами меньших толщин. Уже на начальном этапе пластического диспергирования из тонких частиц формируются фрагменты, толщина которых соответствует толщине исходных частиц (см. рис. 4, б). В дальнейшем происходит их смещение друг относительно друга и появление между ними тонких границ. В случае частиц большей толщины их фрагментация происходит локально (см. рис. 4, в). Это определяет тот факт, что при спекании при $T = 1700$ °С в образцах из $BN_{в-1}$ содержатся в основном крупные частицы с базисными дефектами упаковки, а также многослойными политипами (см. рис. 5, а). Как было отмечено в [2], при спекании порошков $BN_{в}$, содержащих сильно неоднородные по толщине частицы, формируются поликристаллы с мелкозернистой матрицей, армированной гетерофазными частицами-пластинками.

Проведенными исследованиями выявлены также различия в структуре образцов из $BN_{в-1}$ и $BN_{в-4}$, исходные частицы которых имеют близкие размеры по толщине: это наличие морфологической текстуры в образцах на основе $BN_{в-1}$, больший размер зерен и меньшая степень фазового превращения в сравнении с поликристаллами на основе $BN_{в-4}$ (см. табл. 1, 2 и рис. 5, а, з). Это позволяет предположить, что важным фактором в процессе формирования поликристаллов из порошков $BN_{в}$ является степень разориентации частиц в объеме образца. Последнее (как ориентационный фактор) определяется их расположением развитыми поверхностями относительно осевой составляющей квазигидростатического сжатия в условиях спекания. Роль этого фактора в структурообразовании определяется двумя причинами: анизотропией решетки вюртцита и кристалломорфологией частиц, а именно: их нахождением в форме пластинок с развитой поверхностью, ограниченной преимущественно плоскостью (0001), являющейся в кристаллах с решеткой вюртцита плоскостью наиболее легкого скольжения. Причем скольжение по этой плоскости определяет развитие фазового превращения $BN_{в} \rightarrow BN_{сф}$. На примере ZnO показано, что при высокотемпературном нагружении кристаллов с решеткой вюртцита скольжение по различным плоскостям в них определяется величиной угла разориентировки (α) между направлением действующей нагрузки и осью [0001] кристаллов [4]. В интервале $0^\circ < \alpha < 67^\circ$ реализуется

преимущественно базисное скольжение, а при $67^\circ < \alpha < 90^\circ$ – призматическое. При совпадении указанных направлений возможно только пирамидальное скольжение, а при пересечении под углом 90° – сочетание призматического и пирамидального.

В условиях расположения частиц BN_b параллельно друг другу развитыми поверхностями и направлении осевой нагрузки по отношению к ним близком к ортогональному подавляется скол частиц. На этот процесс влияет неблагоприятно и толщина частиц. Это подтверждают исследования образцов, спеченных на основе двух разновидностей частиц, отличающихся толщиной (см. рис. 4, а). В таких условиях (т. е. наличия морфологической и кристаллографической текстур в спекаемом образце) в частицах имеет место базисное скольжение и фазовое превращение $\text{BN}_b \rightarrow \text{BN}_{\text{сф}}$, однако процессы фрагментации частиц, активирующие дальнейшее фазовое превращение, а также образование границ между фрагментами, заторможены. На это указывают такие данные аттестации микроструктуры образцов на основе BN_b -1: имеется наибольший размер зерен среди исследованных поликристаллов (см. табл. 1); в микроструктуре содержится значительная доля слабофрагментированных и практически нефрагментированных частиц гетерофазного состава; при этом такие зерна часто сохраняют форму правильных пластин, характерную для исходных частиц (см. рис. 5, а). В образцах на основе BN_b -4 процессы структурообразования проходят в системе хаотически ориентированных частиц, только в гранулах частицы расположены параллельно друг другу развитыми поверхностями [5]. Это обстоятельство обуславливает активацию всех процессов, определяющих как их диспергирование, так и фазовое превращение и формирование границ раздела.

ВЫВОДЫ

Результаты сравнительного исследования микроструктуры поликристаллов на основе исходных порошков BN_b , частицы-пластинки которых отличаются толщиной и характеристиками субструктуры, позволяют сделать следующее заключение. Основными факторами, оказывающими влияние на масштаб зеренной структуры и фазовый состав поликристаллов, являются толщина исходных частиц и ориентационный фактор, т. е. формирование морфологической и, соответственно, кристаллографической текстур в процессе уплотнения порошков. Для образцов на основе BN_b -1 (толщина частиц – 0,2–0,7 мкм) при всех температурах спекания является типичным максимальный размер зерен и наименьшая степень фазового превращения, а на основе BN_b -3 (толщина частиц – 0,01–0,05 мкм) наоборот – наименьший размер и наибольшая степень соответственно. Толщина частиц и ориентационный фактор оказывают значительное влияние на развитие процессов структурных превращений, определяющих формирование зеренной структуры. Это – диспергирование при механическом разрушении сколом и пластической деформации, развитие проскальзывания по границам фрагментов и формирование границ между ними.

Представлено результати дослідження полікристалів, одержаних в інтервалі 1600–1800 °С при $p = 8$ ГПа на основі порошків вюрцитного нітриду бору п'яти різновидів. Частиці-пластинки порошків відрізнялись розмірами в розвиненій поверхні, товщиною та субструктурою. Виявлено, що основними факторами, що обумовлюють формування зеренної структури і фазового складу полікристалів, є товщина вихідних часток та орієнтаційний фактор, обумовлений створенням морфологічної текстури при ущільненні часток-пластинок. Вказані фактори впливають на наступні структурні перетворення в частках BN_b при спіканні: подрібнення вихідних часток при механічному руй-

нунанні сколом, їхня пластична фрагментація та розвиток в частках процесу проковзування фрагментів по межах розділу. В полікристалах на основі порошків з частками максимальної товщини формується найбільший розмір зерен та має місце найменша ступінь фазового перетворення вюрцитної фази в сфалеритну; при мінімальній товщині часток ці характеристики мають найменше та найбільше значення відповідно.

Ключові слова: нітрид бору, вюрцитний, спікання, структура, фрагментація, зерно, частка.

The microstructure of polycrystals obtained at a pressure of 8 GPa in the temperature range 1600–1800 °C from powders of five types of wurtzite boron nitride has been studied. The powder particles (plates) varied in size along the developed surface and thickness, and substructure. It was established that the main factors which determine formation of grain structure scale and phase composition of polycrystals are the thickness of initial particles and orientation factor. Herein the latter is determined by morphological structure which is formed via densification of the system of particles-plates under sintering. These parameters affect the evolution of structure transformations in BN_w particles under sintering, including dispersion of initial particles resulted from mechanical chipping, plastic fragmentation and, thus, evolution of particle fragment slipping along the boundaries. The biggest grain size and the smallest degree of phase wurtzite-to-sphalerite nitride boron transformation are observed in polycrystals based on powder particles with maximal thickness. For minimal particle thickness, these parameters are the smallest and the biggest, respectively.

Keywords: boron nitride, wurtzite, sintering, structure, fragmentation, grain, particle.

1. Олейник Г. С., Волкогон В. М., Федоран Ю. А. и др. Влияние исходного структурного состояния вюрцитного нитрида бора на формирование зеренной структуры материалов на его основе. I. Структурные характеристики частиц исходных порошков BN_w // Сверхтв. материалы. – 2013. – № 6. – С. 3–13.
2. Олейник Г. С. Структурные превращения при формировании сверхтвердых материалов на основе исходных порошков вюрцитного нитрида бора // Там же. – 2012. – № 1. – С. 3–26.
3. Mendelson M. J. Average grain size in polycrystalline ceramics // J. Am. Ceram. Soc.–1969. – 52, N 8. – P. 443–446.
4. Funk W., Sochel Y. G. Glide systems in the wurtzite structure and their interaction in high temperature deformation studied with ZnO single // Sci. Ceram. – 1977. – 9, N 1. – P. 519–526.
5. Волкогон В. М., Олейник Г. С. Влияние предварительной обработки прокаткой порошков BN_w на фазовое превращение вюрцит \rightarrow сфалерит при спекании гексанита-Р // Сверхтв. материалы. – 2003. – № 1. – С. 22–31.

Ин-т проблем материаловедения
им. И. Н. Францевича НАН Украины

Поступила 15.07.13