

СИНТЕЗ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НАНОСТРУКТУРНОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ КНБ ИЗ ГЕКСАГОНАЛЬНОГО BN ПОСЛЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕХАНО-ХИМИЧЕСКОГО МОДИФИЦИРОВАНИЯ

Сенють В.Т.¹, Витязь П.А.¹, Хейфец М.Л.²,
Валькович И.В.¹, Колмаков А.Г.³

- 1) ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»,
- 2) ГНПО «Центр» НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь;
- 3) ФГБУН «Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН», Москва, Российская Федерация

Сверхтвердые поликристаллические материалы (ПСТМ) на основе кубического нитрида бора (КНБ, cBN) в настоящее время широко используются в лезвийном инструменте для предварительной и окончательной обработки чугунов, получистой и чистовой обработки закаленных сталей, твердых и труднообрабатываемых сплавов взамен традиционных твердосплавных и минералокерамических инструментов [1]. В то же время, чистота и точность обрабатываемых деталей зависит от размеров применяемых в инструменте зерен алмаза и кубического нитрида бора. Чем меньше абразивное зерно, тем выше чистота обрабатываемой поверхности. Получение инструмента, обеспечивающего чистоту поверхности после обработки резанием выше 9 класса, является чрезвычайно актуальной задачей.

Реализация перечисленных тенденций возможна за счет применения инструмента из поликристаллических сверхтвердых наноматериалов, т.к. переход от микронного диапазона размера частиц или кристаллитов к субмикронному и нанометровому предполагает значительное повышение физико-механических свойств синтезируемых материалов [2].

Практика использования инструментов показывает, что наноструктурные сверхтвердые материалы (СТМ) в виде компактов, содержащие частицы СТМ в матрице, либо в виде поликристаллических блоков позволяют повысить эффективность процесса механической обработки деталей машин. В этой связи особую актуальность приобретает разработка технологических основ синтеза наноструктурных СТМ и их последующего компактирования со связующим и без него для производства лезвийного и абразивного инструмента [3].

В настоящей работе для получения наноструктурного PSTM на основе cBN в качестве исходного материала использовали микропорошок графитоподобного BN (hBN) производства ПАО ЗАИ (Украина), который подвергался механоактивации (МА) в планетарной шаровой мельнице (ПШМ). Как показали ранее проведенные исследования, в результате МА hBN на его основе формируется порошковый материал, представляющий собой агрегаты размерами 0,5–2 мкм, состоящие из отдельных частиц полиэдрической формы с размерами 50–200 нм [4].

Последующая химическое травление порошка после МА в расплаве NaOH с дополнительной обработкой в соляной кислоте HCl практически полностью позволяет удалить графитоподобный BN, при этом масса остатка желтоватого цвета, характерного для cBN, составляет от 5 до 20 мас. % в зависимости от параметров МА и условий (температура, время) травления. При этом удельная поверхность порошка BN существенно возрастает от 16–18 м²/г после МА до 100–120 м²/г после травления.

Рентгенофазовый анализ очищенного порошка показал, что интенсивность рефлекса (002) hBN значительно ниже, чем у неочищенного порошка BN после МА. Рентгенографически регистрируется гало в области 43°21', соответствующее рефлексу (111) cBN. Рефлексы (220), (311), (331) cBN, находятся на уровне фона, что связано с образованием cBN с дефектной аморфно-нанокристаллической структурой. Морфология частиц порошка BN после МА в ПШМ и очистки представляет собой плотные конгломераты округлой формы размером 0,5–1 мкм, собранные в рыхлые агрегаты до 3 мкм.

Спекание порошков BN после МА и химической очистки осуществляли в аппарате высокого давления наковальня с лункой при давлениях в диапазоне 5,0-6,0 ГПа и температурах 1400–1900 °С. Перед спеканием осуществляли химико-термическое модифицирование порошков алюминием [5]. В качестве связующего использовали также добавки нанопорошка вюрцитного BN в количестве 10-50 об.%.

В результате спекания под давлением синтезирован материал, в основном состоящий из кубической модификации BN с размером кристаллитов порядка 50 нм. Превышение температуры спекания сверх оптимальной приводит к рекристаллизации cBN и появлению зерен cBN с размером 1–10 мкм.

1. Инструменты из сверхтвердых материалов / Под. ред. Н.В. Новикова и С.А. Клименко. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2014. – 608 с.
2. Витязь, П.А. Синтез и применение наноструктурных сверхтвердых материалов инструментального назначения / П.А. Витязь, В.Т. Сенюць // Известия НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. 2015, № 3. – С. 60–76.
3. Витязь, П.А. Производство инструментов из наноструктурных сверхтвердых материалов для лезвийной и абразивной обработки / П.А. Витязь, В.Т. Сенюць, М.Л. Хейфец // Инструментальний світ. – 2012. – № 3-4. – С. 9-13.
4. Сенюць, В. Т. Исследование структурных особенностей нитрида бора после механоактивации в атриторе и планетарной мельнице с последующим спеканием в условиях высоких давлений и температур / В.Т. Сенюць, С.А. Ковалева, Т.В.Гамзелева, Т.Ф. Григорьева // Химия в интересах устойчивого развития. –2016.–Т.24, №2.– С. 169–175.
5. Витязь, П. А. Получение алюмоматричного композиционного материала, модифицированного наноструктурным кубическим нитридом бора [Текст] / П.А. Витязь, В.Т. Сенюць, М.Л. Хейфец, А.Г. Колмаков // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук.– 2018.– Т. 63.– № 3. – С. 271–279.