

PACS: 83.70.Fn

Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницкая, А.Н. Соколов

ПОЛУЧЕНИЕ ТЕРМОСТАБИЛЬНЫХ ПОРОШКОВ КУБИЧЕСКОГО НИТРИДА БОРА ПОВЫШЕННОЙ ОДНОРОДНОСТИ

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

Разработан способ получения высокопрочных и термостабильных порошков кибора марки КТ, включающий совершенную технологию синтеза кристаллов кибора и последующую их адгезионно-магнитную сортировку (АМС). Повышена работоспособность порошков кибора по сравнению с порошком кубонита марки КР в 2 раза и порошков продуктов АМС по сравнению с исходным порошком кибора еще в 2 раза.

Уникальные физико-механические свойства, высокая термостабильность и диффузионная устойчивость, отсутствие химического сродства с железом определили основную область применения кубического нитрида бора (сBN) в качестве инструментального режущего и абразивного инструмента, предназначенного в основном для обработки сталей, закаленных до высокой твердости. Разработка новых инструментальных материалов и создание высокопроизводительных технологических процессов их обработки требуют оснащать предназначенный для этих целей абразивный инструмент высокопрочными и термостабильными шлифпорошками сBN. Высокие физико-механические характеристики этих порошков достигаются прежде всего за счет совершенства кристаллической структуры и низкого уровня примесей и включений.

Благодаря оптимальному сочетанию компонентов, формирующих среду кристаллизации, схемы снаряжения ячейки высокого давления и баротермических параметров синтеза в ИСМ НАНУ разработан способ получения высокопрочных и термостойких шлифпорошков сBN. Этот материал назвали «кибор» [1]. Указанные шлифпорошки состоят преимущественно из монокристаллов и их сростков, большинство из которых имеет четкую огранку. Их цвет от светло-желтого до золотистого. Кристаллы прозрачные, видимые включения практически отсутствуют. Данные рентгеноструктурного анализа и ИК-спектроскопии свидетельствуют о совершенстве внутреннего строения кристаллов, благодаря чему они обладают высокой теплопроводностью,

достигающей $750 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ [2], и термостойкостью. Их прочность после термообработки увеличивается на 10–15% [3], однако кристаллы кибора одной крупности различаются по прочности. Получение шлифпорошков *cBN*, однородных по прочности и термостабильности, является весьма актуальным. Обеспечить такую однородность невозможно только совершенствованием технологии синтеза порошков и их классификацией по зернистости. При исследовании свойств кристаллов *cBN*, синтезированных в одном цикле, отмечается их широкое разнообразие по дефектности поверхности, что создает неэффективную сортировку по форме зерен [4]. На этой основе в ИСМ НАН Украины разработан способ АМС кристаллов *cBN* по дефектности поверхности и прочности [5].

Явление адгезии использовано в процессе разделения зерен кибора по уровню дефектности поверхности, прочности и ряду других свойств. Для этого на поверхность порошков *cBN* наносится покрытие в виде отдельных микро- и наночастиц ферромагнитного порошка, которые адгезионно закрепляются на дефектных участках поверхности кристаллов *cBN*. В итоге у зерен *cBN* возникают приобретенные магнитные свойства, величина которых пропорциональна уровню дефектности поверхности и массе закрепившихся частиц железа. В результате магнитные свойства обеспечивают условия высокоселективного разделения зерен *cBN* в магнитном поле различной напряженности на ряд порошков, различающихся по прочности.

Силу адгезии частиц ферромагнитного порошка к поверхности кристалла *cBN* определяли магнитным методом из соотношения сил адгезии F_{ad} и тяжести зерна кибора P_{cBN} . Сила адгезионного взаимодействия частиц ферромагнитного порошка с поверхностью кристалла F_{ad} превышает силу магнитного притяжения ферромагнитных частиц F_{mag} . Она, в свою очередь, больше силы тяжести кристалла *cBN*, т.е. его веса:

$$F_{ad} > F_{mag} > P_{cBN},$$

$$F_{ad} = m_{Fe}a > P_{cBN} = m_{cBN}g,$$

$$a > \frac{m_{cBN}}{m_{Fe}} g,$$

где a , g – ускорения сил соответственно адгезионного взаимодействия и тяжести; m_{Fe} , m_{cBN} – массы частиц соответственно железа и зерна кибора.

Оценка величины силы адгезии сферической частицы железа диаметром $1 \text{ } \mu\text{m}$ к гладкой поверхности кристалла кибора размером $200 \text{ } \mu\text{m}$ составляет $\sim 10^{-2} \text{ dyn}$, а вес кристалла кибора $\sim 10^{-3} \text{ dyn}$. Следовательно, сила адгезионного взаимодействия превышает силу тяжести кристалла *cBN*. Поэтому поверхностные силы могут эффективно применяться в процессах разделения порошков *cBN*, а закрепившиеся микрочастицы железа будут выступать в роли магнитных носителей. Экспериментально установлено, что ускорение силы адгезии частиц железа в единицах ускорения силы тяжести составляет не менее $(10^8 - 10^{12})g$ (рис. 1).

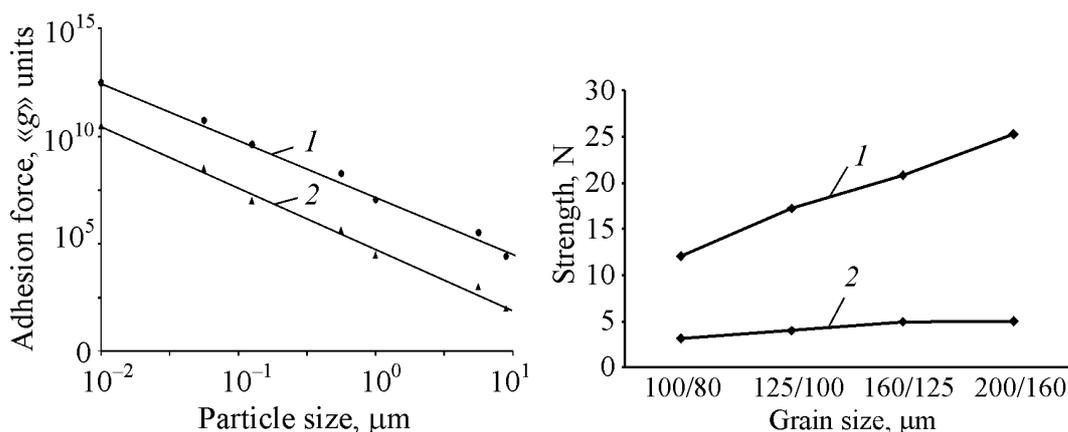


Рис. 1. Зависимость силы адгезии ферромагнитных частиц на поверхности зерен cBN различной крупности: 1 – 200/160, 2 – 80/63

Рис. 2. Прочность порошков различной зернистости cBN марки КТ после АМС: 1 – максимальная, 2 – минимальная

Из анализа приведенных рассуждений следует, что при определенных условиях контактного взаимодействия кристаллов cBN и ферромагнитных частиц возникающие силы адгезионного взаимодействия весьма значительны и реально обеспечивают возможность разделения кристаллов кибора в магнитном поле.

Этот метод сортировки был опробован при разделении зерен порошков кибора разной зернистости. Результаты разделения шлифпорошков зернистости 100/80, 125/100, 160/125 и 200/160 представлены на рис. 2, на котором кривая 1 построена по значениям максимальной прочности полученных фракций разделения, а кривая 2 – по значениям минимальной прочности. Наблюдается эффективное разделение шлифпорошков разной зернистости кубонита марки КТ. Следует отметить, что такая сортировка приводит к повышению термостабильности порошков кибора на 10–15% от пятого продукта к первому.

В таблице приведены результаты АМС порошка кибора марки КТ зернистостью 200/160, разделенного на пять групп. В полученных порошках были определены значения коэффициента поверхностной активности K_a , магнитной восприимчивости χ , статической прочности P и однородности по прочности $K_{str.un}$. Необходимо отметить, что однородность полученных порошков возрастает в 2.2–1.8 раза по сравнению с исходным порошком.

Таблица

Результаты АМС порошка кибора КТ зернистости 200/160

Номер фракции разделения	Выход, %	K_a , %	χ , 10^{-8} m ³ /kg	P , N	$K_{str.un}$, %
1	0.5	0.05	0.32	29.5	33
2	24.0	0.12	0.58	24.5	38
3	35.6	0.38	0.91	17.3	39
4	27.8	0.96	0.94	12.2	39
5	12.1	2.29	1.77	8.3	34
Исходный	100.0	0.71	0.94	16.6	18

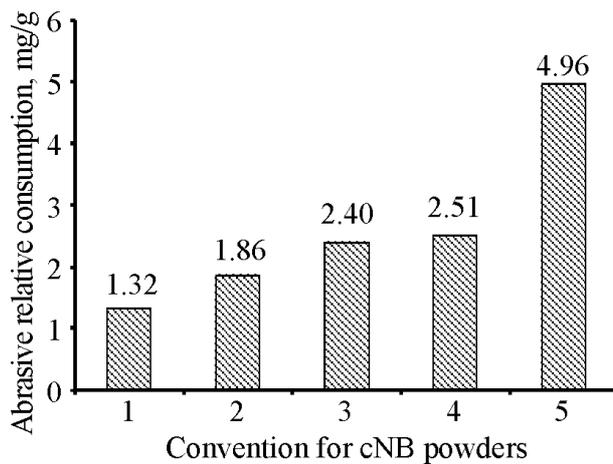


Рис. 3. Работоспособность порошков cBN марок КТ и КР: 1, 2, 3 – продукты сортировки порошков КТ; 4, 5 – исходный порошок соответственно КТ и КР

Создание термостабильных кристаллов кибора в сочетании с современным способом АМС обеспечило возможность получения шлифпорошков кибора одной зернистости, но с разными прочностью и термостабильностью, которые могут использоваться в различных областях применения.

Работоспособность инструмента, оснащенного испытываемыми порошками cBN зернистостью 100/80 – кибора марки КТ и кубонита марки КР, проверяли на примере шлифования быстрорежущей стали Р6М5 при производительности до $1200 \text{ mm}^3/\text{min}$. Сравнительный расход порошков кибора марки КТ и кубонита марки КР зернистостью 100/80 представлен в виде гистограммы на рис. 3. Испытания показали, что относительный расход исходных порошков кибора (образец 4) в 2 раза ниже расхода кубонита марки КР (образец 5). Работоспособность кругов, оснащенных порошками кибора (образцы 1, 2 и 3), полученных АМС, значительно выше по сравнению с исходным порошком кибора (образец 4). При этом относительный расход кибора уменьшился до 1.32–2.40 mg/g. Следовательно, работоспособность каждого из порошков кибора с высокой однородностью и разной прочностью после АМС выше работоспособности инструмента, оснащенного исходным порошком кибора с более низкой однородностью.

Таким образом, повышение работоспособности инструмента, оснащенного шлифпорошком cBN, достигается за счет улучшения качества используемого порошка, т.е. за счет повышения его прочности, термостабильности и увеличения однородности по прочностным характеристикам.

1. А.А. Шульженко, Н.В. Новиков, П.С. Кислый, А.И. Прихна, А.Н. Соколов, *Сверхтвердые материалы* № 3, 17 (1980).
2. Т.Д. Оситинская, А.П. Подоба, *Промышленная теплотехника* 3, № 1, 43 (1981).
3. А.А. Шульженко, С.А. Божко, А.Н. Соколов и др., *Синтез, спекание и свойства кубического нитрида бора*, Наукова думка, Киев (1993).
4. В.Г. Алешин, А.А. Смехнов, А.Н. Соколов и др., в сб.: *Влияние высоких давлений на структуру и свойства сверхтвердых материалов*, ИСМ АН УССР, Киев (1985), с. 32–36.

5. Пат. 4408 України, МПК В 03 С 1/00, Спосіб магнітної сепарації зернистого матеріалу з різною шершавістю поверхні, Г.Ф. Невструев, Б.А. Олейніков, Г.Д. Льницька, М.О. Давидов, В.І. Мельник (СРСР), № 1312811; Заявл. 01.07.85; Опубл. 27.12.94, Бюл. № 6-1.

G.F. Nevstruyev, G.D. Il'nitskaya, A.N. Sokolov

PRODUCTION OF THERMOSTABLE CUBIC BORON NITRIDE POWDERS OF IMPROVED HOMOGENEITY

A method of production of high-strength and thermostable KT kabor cubic boron nitride powders has been developed. The method includes perfect technology of kabor crystals synthesis and successive adhesion-magnetic classifying. The serviceability of kabor powders is 2 times higher in comparison with cubic boron nitride grade KP and serviceability of AMC product powders is again 2 times higher in comparison with initial kabor powder.

Fig. 1. Adhesion force of ferromagnetic particles on the surface of grains of cBN of various sizes: 1 – 200/160, 2 – 80/63

Fig. 2. Strength of the KT cBN of various grain sizes after AMC: 1 – maximum, 2 – minimum

Fig. 3. Serviceability of cBN powders grades KT and KP: 1, 2, 3 – products of KT powder sorting; 4, 5 – initial powders, KT and KP, respectively