

4. Патент на винахід 53964. Україна, МПК (2006) G01N 33/40. Спосіб оцінки однорідності абразивного порошку / М. В. Новіков, Ю. І. Нікітін, Г. П. Богатирьова, Г. А. Петасюк. – Заявл. 29.03.02; Опубл. 15.02.06. Промислова власність; Бюл. № 2.
5. Новиков Н. В., Никитин Ю. И., Петасюк Г. А. Компьютеризированные методы неразрушающего контроля прочностных свойств алмазных шлифпорошков // Инструмент. світ. –2006. – № 3(31). – С. 4–6.
6. Никитин Ю. И. Технология изготовления и контроль качества алмазных порошков. – К.: Наук. думка, 1984. – 264 с.
7. Устройство для овализации абразивных зерен/ Ю.И. Никитин, А.Н. Бакаленко, Н.В. Цыпин. –А.с. СССР № 304977 от 15.09.70.
8. Аппарат для разделения сыпучих материалов по крупности/ Ю.И. Никитин, С.М. Уман, Е.М. Мошковский. –А.с. СССР № 366891, МКИ<sup>4</sup> В07В 4/08 от 23.01.73; Бюл. № 8.
9. Никитин Ю.И. Порошки из синтетических алмазов // Инструмент. світ.– 1999.– № 4-5.– С. 20–23.
10. Сепаратор для разделения сыпучих материалов по форме зерен/ Ю.И. Никитин, А.Г. Бруква, Г.Д. Сарховский, Г.С. Грищенко. –А.с. СССР № 1279686, МКИ<sup>4</sup> В07В 13/11 от 30.12.86; Бюл. № 48.
11. Порошки и пасты из синтетических алмазов / Ю. И. Никитин, С. М. Уман, Л. В. Коберниченко, Л. М. Мартынова. – К.: Наук. думка, 1992. – 284 с.

Поступила 28.05.09

УДК 621.921.34-2

**Н. В. Новиков**, акад. НАН Украины, **Ю. И. Никитин**,  
**Г. А. Петасюк**, кандидаты технических наук, **В. Г. Полторацкий**

*Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев*

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ШЛИФПОРОШКОВ КУБОНИТА С ВЫСОКИМ СОДЕРЖАНИЕМ ОСНОВНОЙ ФРАКЦИИ И ОДНОРОДНОСТЬЮ СВОЙСТВ**

*The results of studies for development of production process of precision grinding powders from cBN with grit size and strength uniformity and high content of main fraction are presented. Advanced scheme of processing of concentrated synthesis product of cBN developed on the basis of non-standard equipment (designed by ISM NASU) is shown. Equipment succession consists of the following devices: universal rotor impactor of continuous operation, pneumatic and vibration classifiers with sieves of narrow module and round opening for separation of grits by form. Grinding powders of 200/160, 160/125, 125/100, 100/80, 80/50 grit sizes produced by this technology are recommend for production of numerous nomenclature of instrument assigned for lapping and precise finishing of steels and Fe-based alloys including tool steels.*

Использовать для изготовления инструментов продукты синтеза кубического нитрида бора (КНБ, торговая марка - кубонит) после обогащения, в виде друз и в первичном виде, нецелесообразно, поскольку это конгломераты и сrostки крупностью 1-3 мм, которые состоят из зерен различных размеров и форм, имеют различные прочностные и абразивные свой-

ства, специфическое кристаллографическое и морфологическое строение. Синтезируется КНБ нескольких марок по соответствующим режимам [1; 4 – 6].

В целях решения данной проблемы в Институте сверхтвердых материалов НАН Украины (ИСМ) был выполнен комплекс научно-исследовательских работ, обеспечивающих разработку технологии изготовления из продуктов синтеза кубонита шлифпорошков марок К1–К9 различных эксплуатационных свойств, пригодных для использования в шлифовальном инструменте. Разработаны нестандартное оборудование, приборы и способы избирательного дробления обогащенного продукта синтеза алмаза и КНБ, измельчения порошков, корректировки формы зерен, ситовой и гидравлической классификации [2; 3].

Качество кубонитовых порошков гарантируется разработанными в ИСМ техническими требованиями и стандартами на их производство, где основными показателями являются соответствие нормам зернового состава, прочности зерен, абразивной способности, однородности свойств и примесей [4].

В процессе исследований по изготовлению прецизионных шлифпорошков из кубонита, пригодных для изготовления инструментов доводочного шлифования, был проведен комплекс экспериментов по разработке оптимальных технологических режимов работы разных типов дробильно-классификационного оборудования и контрольно-измерительных приборов. При этом главная задача заключалась в достижении максимально возможного содержания основной фракции зернового состава порошков, изометричной формы зерен и, как следствие, получении порошков однородных зернового и прочностного составов. В результате в ИСМ были разработаны и рекомендованы режимы и схема на основе эффективных аппаратов, реализация которых обеспечивает выполнение поставленной задачи.

Для оценки качества исходных, промежуточных и конечных продуктов применяли разработанные в ИСМ методики определения зернового состава путем ситового анализа, размерных и геометрических параметров алмазных зерен, абразивных, прочностных характеристик, однородности по этим и другим основным характеристикам, а также удельной поверхности, насыпной плотности с утряской и при свободной засыпке, коэффициента текучести [2–6].

В основу разработанного способа и рекомендуемых режимов изготовления прецизионных шлифпорошков положен патент [7], главные идеи которого базируются на том, что определяющими для прохождения зерна сквозь отверстие сита являются его ширина и ее соотношение с высотой. При использовании сит с круглыми отверстиями и модулем, принятыми согласно патенту, обеспечиваются более дифференцированное разделение порошка по критерию ширины проекции зерен, т.е. на фракции, более узкие, чем при использовании стандартных сит [7].

Традиционный и наиболее близкий по технической сути к указанному патенту способ изготовления алмазных шлифпорошков после дробления исходного сырья предусматривает предварительную ситовую классификацию, сортировку по форме зерен на вибрационном столе и окончательную классификацию на ситах. При этом окончательную классификацию проводят на ситах с ячейками в форме квадрата и модулем  $M = 1,26$  [3].

Такой способ изготовления шлифпорошков из сверхтвердых материалов позволяет получать качественные шлифпорошки различных марок и зернистостей в соответствии с требованиями стандартов. Однако возникла необходимость в использовании шлифпорошков из КНБ и алмаза для изготовления прецизионных инструментов (в частности, для доводочного шлифования сталей) более высокого качества, а именно с повышенным содержанием зерен основной фракции, более высокими прочностными и абразивными свойствами, а также однородностью. Решить такую задачу известными методами невозможно. Обусловлено это тем, что сортировка по форме зерен на вибрационном столе и окончательная классификация на стандартных ситах с квадратными ячейками и принятым для них модулем  $M = 1,26$  не позволяют разделить зерна по критерию необходимого отношения ширины проекции зерен к их высоте. Такое соотношение является одним из важнейших факторов, определяющих сте-

пень размерной однородности шлифпорошков из сверхтвердых материалов. Указанные технологические операции не позволяют также выделить из общей совокупности зерна с резкими локальными возмущениями проекции их контура в плоскости параметров: высота проекции зерна – ширина проекции зерна.

Причинно-следственная взаимосвязь совокупности факторов, на которых основан новый способ, и технических результатов, достигаемых при ее реализации, заключается в следующем. Использование сит с принятыми согласно патенту [7] значениями модуля и ячейками круглой формы обеспечивает более дифференцированное разделение порошка по ширине проекции зерен и ее соотношению с высотой, т. е. на более узкие классы (фракции), чем при использовании сит с ячейками в форме квадрата и модулем  $M = 1,26$  [3]. При этом ширина проекции зерен двух сопредельных соседних классов отличается не более чем в  $M$  раз, где  $M$  – модуль комплекта сит. В полученных таким образом классах порошка также уменьшается диапазон изменения длины и высоты зерен, поскольку порошок предварительно подвергается классификации и сортировке по форме зерен на вибрационном столе. Кроме того, использование сит с ячейками круглой формы позволяет исключить из порошка зерна с отдельными локальными выступами в плоскости параметров: высота проекции зерна – ширина проекции зерна. В совокупности это позволяет получить высокооднородные по размеру и форме зерен шлифпорошки из кубонита и других сверхтвердых материалов.

Предлагаемый способ иллюстрирует рис. 1, где изображены локальные выступы на контуре проекции зерна (а) в плоскости параметров: высота проекции зерна – ширина проекции зерна, а также сравнительные схемы прохождения зерна через стандартную ячейку [4] в форме квадрата с длиной стороны  $c$  (б) по прототипу и в форме круга диаметром  $c$  (в) согласно указанному патенту.

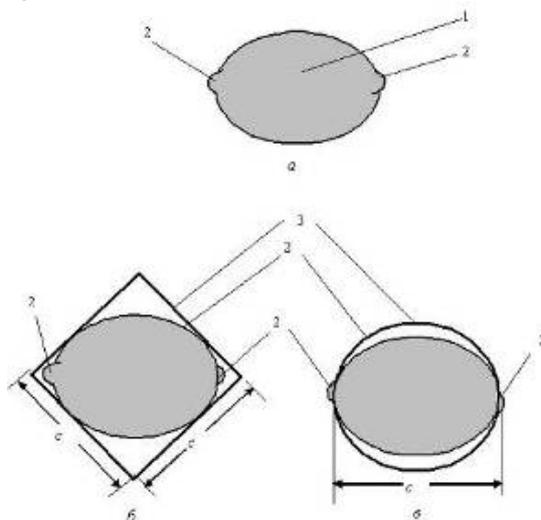


Рис. 1. Иллюстрация способа классификации зерен порошков с использованием сит с ячейками круглой формы и узким модулем: а) – проекция зерна; б) – схема прохождения зерна через ячейку в форме квадрата; в) – схема прохождения зерна через ячейку в форме окружности; 1 – контур проекции зерна; 2 – локальные выступы на контуре проекции; 3 – ячейка сита;  $c$  – длина ячейки сита

Сортировку зерен по форме опытного образца шлифпорошка кубонита КВ 160/125 проводили на вибрационном столе конструкции ИСМ [9]. Эта операция обеспечивает разделение зерен на классы по признаку отношения длины зерна к его ширине, а также ширины к высоте. Именно диапазоном изменения этих отношений и различались классы. Технически это достигается выбором соответствующих режимов сортировки. Для изготовления шлифпорошков по разработанной технологии использовали классы зерен с преобладающими значениями  $n = 1,0-1,3$  и  $m = 1,0-1,4$ . Затем осуществляли окончательную классификацию порошка с помощью сит с ячейками круглой формы и модулем  $M = 1,15$ .

Показатели основной фракции, коэффициент формы зерен (отношение  $a/b$ ) и статическую прочность определяли по современным методикам согласно стандарту [4]. Высоту зерен измеряли прибором Diainspect. OSM фирмы «Vollstadt-Diamant Gmb» (Германия) [8]. Однородность определяли системно-критериальным методом на основании статистических параметров распределения значений анализируемой характеристики [5]. Результаты диагностики характеристик полученных предлагаемым способом шлифпорошков кубонита приведены в табл. 1 (испытание 1). При граничных значениях параметров  $n$  и  $m$  (испытание 2) и выходе их за пределы (испытание 3).

Также изготавливали и исследовали образцы шлифпорошка из кубонитового сырья марки КВ зернистостью 160/125 по традиционной технологии (примеры 4 - 6) в одинаковых условиях.

Результаты сравнительного анализа приведенных в табл. 1 характеристик подтверждают, что однородность шлифпорошков, изготовленных по предлагаемому способу, в 1,3 раза превышает однородность порошков изготовленных традиционным способом. Полученные с применением новой технологии шлифпорошки более качественные, поскольку имеют лучшие показатели по основной фракции (более чем в 1,2 раза) и более высокую (в 1,6 раза) статическую прочность.

Несмотря на то что продукты синтеза кубонита марок КО, КР, КВ существенно различаются по своим физико-механическим и эксплуатационным свойствам, их можно перерабатывать по единой схеме цепи аппаратов благодаря универсальности применяемого оборудования, обеспечивающего возможность изменения параметров их работы в широком диапазоне значений [2;3].

Таблица 1. Результаты диагностики характеристик шлифпорошков кубонита, изготовленных на основании патента Украины № 4821, и стандартных шлифпорошков.

Объект испытаний	Номер испытания	Интервал значений отношения $n$	Интервал значений отношения $m$	Содержание основной фракции порошка, %	Однородность	Статическая прочность, Н	Модуль сит М	Примечание
Новая схема	1	1,00-1,10	1,00-1,20	95	0,972	7,8	1,15	Наиболее высокие однородность, показатели по основной фракции и статическая прочность
	2	1,00-1,30	1,00-1,40	80	0,754	5,6		Высокие однородность, показатели по основной фракции и статическая прочность
	3	1,00-1,67	1,00-1,45	74	0,623	3,2		Невысокая однородность, высокие показатели по основной фракции и статическая прочность

Традиционная схема	1	1,00-1,10	1,00-1,20	75	0,714	5,4	Однородность, показатели по основной фракции и статическая прочность ниже, чем по предлагаемому способу
	2	1,00-1,30	1,00-1,40	65	0,512	2,9	
	3	1,00-1,67	1,00-1,45	61	0,471	2,1	

Схема изготовления шлифпорошков из кубонита с высоким содержанием основной фракции, высокой однородностью и статической прочностью показана на рис. 2.

Исследованиями установлено, что наиболее эффективным аппаратом для дробления сверхтвердых материалов при производстве шлифпорошков является дробилка роторного типа. С учетом недостатков применяемых ранее роторных дробилок в ИСМ разработана и изготовлена универсальная дробилка непрерывного действия для дробления и корректировки формы зерен синтетических и природных алмазов, КНБ и других твердых хрупких материалов [2; 3; 8].

Исследованиями установлены также оптимальные параметры работы роторной дробилки при избирательном дроблении исходного кубонитового сырья, которые практически совпадают с режимами дробления синтетических алмазов [3] (производительность – 80 000 кар./ч, 3000 об./мин).

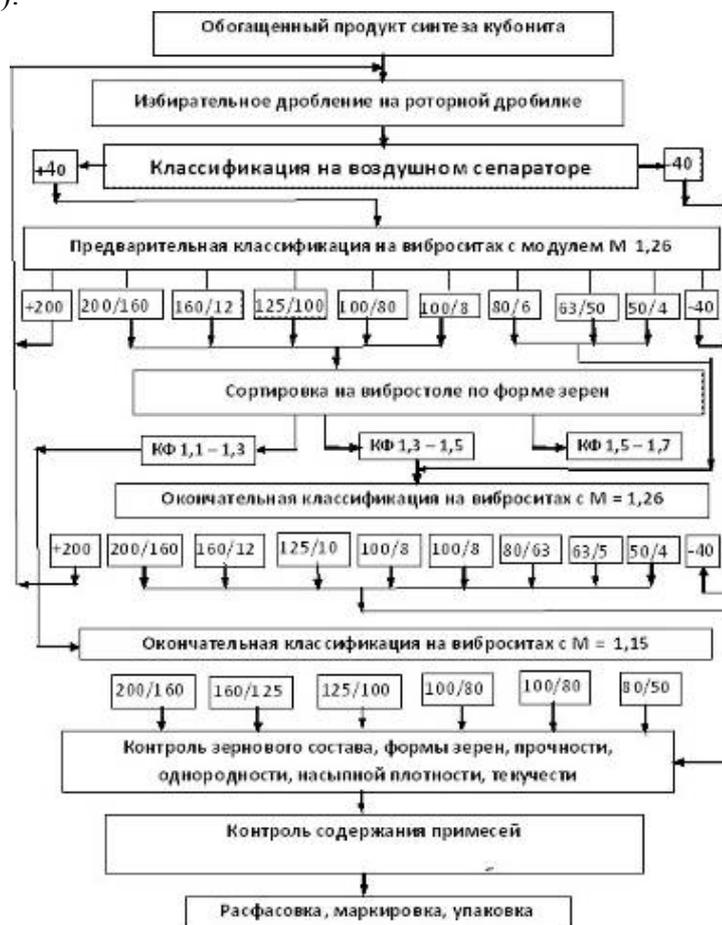


Рис. 2. Схема изготовления шлифпорошков из кубонита с высоким содержанием основной фракции и однородным зерновым составом

Продукты дробления классифицировали с помощью воздушного сепаратора с применением псевдооживления ВК-100 на класс +40 мкм и –40 мкм [3].

После классификации класс +40 мкм подвергали классификации на виброситах конструкции ИСМ или фирмы «HAVER UWL» с модулем  $M = 1,26$  в целях разделения на наиболее дефицитные зернистости 200/160, 160/125, 125/100, 100/80, 80/50. Для классификации шлифпорошков, пригодных для достижения поставленной цели, по зернистости применяли вибросита конструкции ИСМ, в которых вибрация осуществляется с помощью эксцентрикового механизма. При использовании сит с модулем  $M = 1,26$  загрузка на верхнее сито комплекта составляет 2000 кар., продолжительность классификации – 12 мин.

В соответствии со схемой цепи аппаратов (см. рис. 2), после предварительной классификации на ситах шлифпорошки каждой зернистости сортировали на вибрационном столе на три фракции со следующими значениями коэффициента формы  $K_{\phi}$ : 1,1–1,3; 1,3–1,5; 1,5–1,7. Угол наклона дека вибростола - 10 – 15° в поперечном относительно направления колебаний, напряжение вибростола дека - 90–100 В, напряжение, подаваемое на вибратор питания, - 70–90 В. Фракцию с  $K_{\phi} = 1,3–1,5$ , которая направляется на окончательную классификацию с модулем  $M = 1,26$ , можно использовать для изготовления шлифпорошков из кубонита согласно ТУ 88.090.018-98, фракцию с  $K_{\phi} = 1,5–1,7$  – для изготовления инструментов с ориентированными зёрнами или последующего дробления, измельчения и изготовления микропорошков. Фракция с  $K_{\phi} = 1,1 – 1,3$  подвергается окончательной классификации на виброситах с модулем сит  $M = 1,15$  и контролю зернового состава на ситах с модулем сит  $M = 1,26$ . В результате достигаются высокая однородность шлифпорошков приведенных зернистостей, высокое содержание основной фракции, высокая прочность, максимальная насыпная плотность и площадь внешней удельной поверхности. Показатели работы по рекомендуемым способу и схеме приведены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-механические характеристики шлифпорошков из кубонита марки КВ.

№ п/п	Зернистость, мкм	Содержание основной фракции, %	Однородность	Прочность, Н	Удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>		Коэффициент текучести
						без утряски	с утряской	
1	200/160	95	0,92	9,6	0,028	1,72	1,98	0,88
2	160/125	93	0,88	8,2	0,032	1,74	2,01	0,91
3	125/100	92	0,81	7,3	0,041	1,80	2,05	0,93
4	100/80	90	0,79	6,5	0,051	1,82	2,08	0,94
5	80/50	88	0,66	5,1	0,062	1,84	2,12	0,95

Результаты серии экспериментов на предусмотренных предложенной схемой типах оборудования, по подбору оптимальных параметров переработки различных партий исходного кубонитового сырья и всестороннего анализа качественных показателей полученной конечной продукции – прецизионных шлифпорошков из кубонита марки КВ с высоким содержанием основной фракции и однородностью свойств свидетельствуют о пригодности применения указанных шлифпорошков для изготовления инструментов для доводочного и финишного шлифования сталей и сплавов на основе железа, в том числе инструментальных сталей, а также других материалов.

#### Литература

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: Моногр. в 6 т. Т. 4. Инструмент и технологические процессы в прецизионной финишной обработке. Под общ. Ред. Н. В. Новикова.– К.: Изд-во ИСМ, 2006.

2. Порошки и пасты из синтетических алмазов / Ю. И. Никитин, С. М. Уман, Л. В. Коберниченко, Л. М. Мартынова. – К.: Наук. думка, 1992. – 284 с.
3. Никитин Ю. И. Технология изготовления и контроль качества алмазных порошков. – К.: Наук. думка, 1984. – 264 с.
4. ДСТУ 3292-95. Порошки алмазні синтетичні. Загальні технічні умови. Увед. 01.01.96. – К.: Держстандарт України, 1995.
5. Патент на винахід 53964. Україна, МПК (2006) G01N 33/40. Спосіб оцінки однорідності абразивного порошку / М. В. Новіков, Ю. І. Нікітін, Г. П. Богатирьова, Г. А. Петасюк. – Заяв. 29.03.02; Опубл. 15.02.06. Промислова власність, Бюл. № 2.
6. Новиков Н. В., Никитин Ю. И., Петасюк Г. А. Компьютеризированные методы неразрушающего контроля прочностных свойств алмазных шлифпорошков // Инструмент. світ.- 2006. – № 3(31).– С. 4–6.
7. Деклараційний патент на корисну модель 4821. Україна, МПК C01B 31/06. Спосіб виготовлення шліфпорошків із надтвердих матеріалів / М. В. Новіков, Ю. І. Нікітін, Г. П. Богатирьова, Г. А. та ін.- Заявл. 27.04.04; Опубл. 15.02.05 Промислова власність, Бюл. № 2.
8. List E., Frenzel J., Vollstadt H. A new system for single particle strength testing of grinding powders // Industrial diamond review. – 2006. - № 1. – С. 42 – 47.
9. Новиков Н. В., Шепелев А. А.: Современные технологии обработки и инструменты из сверхтвердых материалов ИСМ НАН Украины в машино- и приборостроении // Инструмент. світ.– 2001.– № 10 –1 1. – С. 10 – 16.

Поступила 15. 05. 2009 г.

УДК 621.921.34:621.921.34–413:621.923.4:662.23.05

**А. А. Шульженко**<sup>1</sup>, член-кор. НАН Украины, **Е. Е. Ашкинази**<sup>2</sup>, **А. Н. Соколов**<sup>1</sup>,  
**В. Г. Гаргин**<sup>1</sup>, кандидаты технических наук, **В. Г. Ральченко**<sup>2</sup>, канд. физ.-мат. наук,  
**В. И. Конов**<sup>2</sup>, член-кор. РАН, **Л. И. Александрова**<sup>1</sup>, **Р. К. Богданов**<sup>1</sup>, **А. П. Загора**<sup>1</sup>, канди-  
даты технических наук, **В. Н. Ткач**<sup>1</sup>, канд. физ.-мат. наук, **Н. И. Заика**<sup>1</sup>; **И. И. Власов**<sup>2</sup>,  
**И. А. Артюков**<sup>3</sup>, **Ю. С. Петронюк**<sup>4</sup>, кандидаты физико-математических наук

<sup>1</sup>Институт сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля НАН Украины, г. Киев

<sup>2</sup>Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, г. Москва

<sup>3</sup>Физический институт им. П. Н. Лебедева РАН, г. Москва

<sup>4</sup>Институт биохимической физики им. Н. М. Эмануэля РАН, г. Москва

## НОВЫЙ УЛЬТРАТВЕРДЫЙ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЙ КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

*A new ultrahard polycrystalline diamond-based composite material (UHM) has been developed using a combination of high-pressure high-temperature (HPHT) sintering technique and chemical vapor deposition (CVD) of diamond. The CVD diamond rods incorporated in a sintered polycrystalline matrix form the reinforced material. The hardness of HPHT-treated ( $p = 8 \text{ GPa}$ ,  $T = 1570 \text{ K}$ ) polycrystalline CVD diamond is found to strongly increase up to 140 GPa from initial (for virgin sample) value of 77 GPa. Drilling tools made of UHM showed 6–14 times less wear rate against the korostyshev grainite (XI drilling category) in comparison with standard AKTM tools.*