

УДК 621.921.34:622.24.051.64

## Оценка перспективности использования композиционного поликристаллического материала на основе микропорошков синтетического и природного алмаза для оснащения породоразрушающего инструмента

Шульженко А. А., Гаргин В. Г., Исонкин А. М., Богданов Р. К.,  
Соколов А. Н.

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

Поступила в редакцию 01.03.11, принята к печати 18.03.11

### **Аннотация**

Исследовано влияние размера природного порошка алмаза на прочность и износостойкость алмазного композиционного поликристаллического материала.

Ключевые слова: порошок алмаза, прочность, износостойкость.

В настоящее время основным способом разведки новых месторождений твердых полезных ископаемых является бурение скважин в горных породах алмазным инструментом. Одним из основных направлений технического прогресса при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых должно быть снижение материальных и трудовых затрат на единицу разведанных запасов. Достигается это, прежде всего, благодаря созданию и применению новых марок сверхтвердых композиционных материалов в буровом породоразрушающем инструменте, разработке его новых конструкций и рациональных технологий применения.

Композиционными обычно называют многокомпонентные материалы, состоящие, как правило, из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями высокой прочности, жесткости и т.п. [1]. Путем подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя можно получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств. При использовании в материале нескольких наполнителей различной природы (гибридных материалов) значительно расширяются возможности регулирования свойств композиционных материалов.

В институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) разработан способ получения гибридного алмазного композиционного материала на основе порошков синтетического и природного алмаза [3]. Этот материал характеризуется высокими физико-механическими свойствами, что позволяет успешно использовать его для оснащения бурового инструмента.

Известно, что прочность материала на основе алмазных составляющих зависит от наличия непрерывного каркаса между зёрнами, то есть формирования связи алмаз-алмаз и образования при этом высокодисперсной зеренной структуры. Основная роль в этом процессе принадлежит пластической деформации алмазных частиц под действием высоких давления и температуры. При давлении 8 ГПа, при котором проходит спекание алмазной массы, среднее давление в зоне контакта зёрен достигает 130 ГПа. Твёрдость материала алмазных частиц при давлении 8 ГПа при температуре 600 °С снижается от 80–100 ГПа до 20 ГПа. Такое уменьшение твёрдости алмаза при давлении 130 ГПа и выдержке при температуре, которая отвечает области спекания алмазов,

создает условия, при которых под действием пластической деформации повышаются площади контакта частичек алмаза.

Повышение износостойкости алмазного композиционного поликристаллического материала достигается за счет оптимального выбора соотношения порошков природного и синтетического алмаза [2].

Зерна микропорошков синтетических алмазов имеют более развитую поверхность. Их удельная поверхность (см. табл. 1) почти в 1,5 раза больше, чем в природных. Это содействует формированию связей алмаз-алмаз и повышению прочности материала.

Использование природных алмазов, которые имеют более высокую абразивную способность, твердость и прочность, позволяет изготовить материал с большей износостойкостью. Кроме того природные алмазы не содержат металлических примесей, что повышает термостабильность материала.

Таблица 1. Свойства микропорошков алмаза [3]

Характеристики порошков	Синтетические алмазы АСМ 28/20	Природные алмазы 28/20
Средний размер зерен, мкм	22,03	22,42
Показатель однородности	0,5105	0,5917
Внешняя удельная поверхность, м <sup>2</sup> /г	0,278	0,253
Полная удельная поверхность, S <sub>ВЕТ</sub> > м <sup>2</sup> /г	1,036	0,681
Общий объем пор, см <sup>3</sup> /г	0,0027	0,0021
Средний радиус пор, А	5,22	6,49
Степень микрошероховатости, S <sub>ВЕТ</sub> S <sub>геом</sub>	3,7	2,69
Прочность, Н	2,3	2,6
Твердость, ГПа	80	100
Абразивная способность, у.е. (г/г), [4]	4,4	5,8

Цель настоящей работы - исследовать влияние размера природного порошка алмаза на прочность и износостойкость алмазного композиционного поликристаллического материала (АКПМ).

Для проведения сравнительных лабораторных исследований износостойкости были изготовлены цилиндрические породоразрушающие элементы АКПМ диаметром 3,5 и высотой 3,7 мм. В качестве исходных материалов для изготовления АКПМ использовали алмазные микропорошки синтетического алмаза зернистостью 40/28 и природного зернистостью 40/28, 28/20 и 20/14.

Образцы АКПМ спекали в аппарате высокого давления типа «тороид» с диаметром центрального углубления 30 мм.

Спекание осуществляли в два этапа. На первом этапе содержимое многопозиционной матрицы подвергали баротермической обработке при давлении 8 ГПа и температуре 1170° К в течение 50 с. На втором этапе температуру повышали до температуры плавления кремния при заданном давлении (1570° К) и выдерживали в течение 90 с [5].

После спекания поверхность полученных образцов подвергали химической обработке в целях очищения от остатков графита.

Для определения прочности применяли разрывную машину WPM-1000, при испытании на ней использовали шкалу 0-500 кг. Разрушение осуществлялось между двумя опорами из твердого сплава марки ВК2М.

Скорость приложения нагрузки составляла 40 кг/с.

Состав образцов и показатели их прочности приведены в таблице 2.

Ранее нами было установлено [6], что с уменьшением зернистости синтетических алмазных микропорошков (марки АСМ), используемых для получения композита алмаз-карбид кремния, снижаются значения его плотности, прочности и износостойкости, а также повышается его электросопротивление.

При использовании для получения материала АКПМ смесей синтетического и природного алмаза с уменьшением зернистости порошка природного алмаза наблюдается такая же тенденция, как и в работе [6].

Таблица 2. Состав образцов АКПМ и показатели их прочности

№ образца	Содержание микропорошков в АКПМ, масс. %		Предел прочности при сжатии, ТПа
	Синтетический алмаз марки АСМ (зернистость 40/28)	Природный алмаз марки АП	
1	100	–	2,20
2	60	40 (зернистость 40/28)	1,57
3	60	40 (зернистость 28/20)	1,38
4	60	40 (зернистость 20/14)	1,01

Исследования износостойкости образцов АКПМ проводили путем резания ими цилиндрического керна горной породы с использованием испытательного стенда на базе токарно-винторезного станка IA616, который удовлетворял следующим основным требованиям:

- вид и режимы изнашивания образцов АКПМ в определенной степени соответствовали реальным условиям работы буровых коронок в производственных условиях при разрушении ими горных пород средней крепости;
- условия испытаний были однозначны для всей партии исследуемых образцов;
- была достигнута сопоставимость проведенных в разное время испытаний при постоянстве легко контролируемых и регистрируемых параметров работы испытательного стенда.

В качестве эталонной горной породы для испытаний износостойкости образцов АКПМ был выбран требовленский песчаник с плотностью 2000 кг/м<sup>3</sup>, пористостью 16,1% и твердостью по штампу 350 МПа.

Испытания на износостойкость проводили при отрицательном угле резания 15°, частоте вращения 450 мин<sup>-1</sup>, углублении за единичный опыт 0,1 мм и ширине резания 160 мм.

Величина интенсивность изнашивания  $I$  определялась как отношение потери массы образцов в результате износа к объёму разрушенной ими горной породы

$$I = \frac{m_{исх} - m_{ни}}{0,785(D_{исх}^2 - D_{ни}^2)L}$$

где:  $m_{исх}$  – исходная масса образца, г;  $m_{ни}$  – масса образца после испытаний, г;  $D_{исх}$  – исходный наружный диаметр керна, см;  $D_{ни}$  – наружный диаметр керна после испытаний, см;  $L$  – ширина резания, см.

Потеря массы образцов определялась как разница их исходной массы и массы после проведения экспериментов. Взвешивание образцов до и после проведения экспериментов проводилось на аналитических весах модели АДВ 200М.

Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Анализируя результаты исследований, приведенные в табл. 2 и 3, можно отметить, что, несмотря на снижение прочностных характеристик образцов АКПМ, в состав которых введены микропорошки природных алмазов, наблюдается устойчивая тенденция снижения их интенсивности изнашивания. За счет введения в состав АКПМ микропорошков природных алмазов одинаковой зернистости с микропорошками синтетических алмазов (образцы 1 и 2) интенсивность изнашивания снизилась в 3,36 раза. Последующее уменьшение зернистости вводимых в состав АКПМ природных алмазов способствовало дальнейшему снижению их

интенсивности изнашивания в 7,24–7,27 раз по сравнению с аналогичным показателем для образца №1.

Таблица 3. Интенсивность изнашивания АКПМ разного состава при резании тробовленского песчаника.

№ образца	Диаметр керна, мм		Масса образца, г		Износ по массе, г	Объём разрушенной породы, см <sup>3</sup>	Интенсивность изнашивания, г/см <sup>3</sup> × 10 <sup>-3</sup>
	исходный	после испытаний	исходная	после испытаний			
1	66,3	64,7	1,0877	0,9530	0,1347	26,326	<b>5,112</b>
2	64,7	63,8	1,1167	1,0776	0,0391	25,685	<b>1,522</b>
3	63,8	61,4	0,7885	0,7698	0,0187	26,590	<b>0,703</b>
4	61,4	59,6	0,6852	0,6643	0,0209	27,343	<b>0,706</b>

Образцы №3 и №4 имеют малоотличающиеся значения величины интенсивности изнашивания. Это позволяет нам считать весьма перспективным их использование для оснащения породоразрушающего инструмента и разработку его высокоэффективной конструкции, а также проведение дальнейших исследований, направленных на повышение износостойкости и физико-механических свойств АКПМ с такой композицией синтетических и природных алмазов.

### Библиографический список

1. Справочник по композиционным материалам. Кн.1 / под ред. Дж. Любина; Пер. с англ. А.Б. Геллера. М.М. Гельмонта. - М.: Машиностроение, 1988. -448 с.
2. Пат. на корисну модель № 32235 Україна МПК С01 В 31/06. Спосіб спікання композиційного матеріалу на основі порошків алмазу / О.О.Шульженко, В.Г. Гаргін, Н.О. Русінова та ін. - Опубл. 12.05.08. Бюл. № 9.
3. Богатырева Г.П., Петасюк Г.А., Петасюк О.И., Осипов А.С. / Физикохимические свойства и морфометрические характеристики микропорошков естественного и синтетического алмаза. Сб. научных трудов. Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов. - К. ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины. 2010. - С.128-130.
4. Лошак М.Г., Шульженко А.А., Александрова Л.И и др. Влияние свойств микропорошков алмаза на прочность и долговечность изготовленных на их основе поликристаллических сверхтвердых материалов. Сб. Породо-разрушающий и металлообрабатывающий инструмент - Техника и технология его изготовления и применения. Вып. 11. К. ИСМ им. В.Н.Бакуля.-С 218-221.
5. Патент на корисну модель № 21897 Україна МПК С01 В 31 06. Спосіб спікання композиційного матеріалу на основі порошків алмазу / О.О.Шульженко, В.Г. Гаргін, Н.О. Русінова. -Опубл. 10.04.07. Бюл. № 4.
6. Сверхтвердые материалы. Получение и применение. - Моногр.: в 6 т. Под общ. ред. Н В. Новикова. -Т 1. Синтез алмаза и подобных материалов / Отв. ред. А. А. Шульженко. - К.: Изд-во ИСМ им.В. Н. Бакуля , ИПЦ "АЛКОН", - 2003. - 320 с.

© Шульженко А. А., Гаргин В. Г., Исонкин А. М., Богданов Р. К., Соколов А. Н., 2011.

#### Анотація

Досліджений вплив розміру природного порошку алмазу на міцність і зносостійкість діамантового композиційного полікристалічного матеріалу.

Ключові слова: порошок алмазу, міцність, зносостійкість.

#### Abstract

The influence of the size of natural diamond powder on the strength and durability of diamond composite polycrystalline material.

Keywords: diamond powder, strength, wear resistance.