

УДК 621.921.34-2:622.24.05

**Н. В. Новиков**, акад. НАН Украины, **Г. П. Богатырева**, д-р техн. наук,  
**Г. Д. Ильницкая**, **Р. К. Богданов**, **А. М. Исонкин**, **А. П. Загора**,  
**Ю. В. Сирота**, кандидаты технических наук, **М. В. Супрун**

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

## **ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОРОШКОВ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛМАЗА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА**

*The results of influence characteristics of strength and linear sizes on an overall performance of the drilling tools are considered in this report. Application in the drilling tools of powders of diamond homogeneous by strength and linear sizes allow increasing efficiency of the drilling tool.*

### **Введение**

Эффективность работы алмазного породоразрушающего инструмента для бурения геологоразведочных скважин во многом зависит от качества применяемых алмазов. Расширение области применения нового бурового инструмента привело к использованию высокопрочных синтетических алмазов (СА).

При бурении скважин алмазным породоразрушающим инструментом основной износ СА заключается в разрушении хрупких выступающих частей алмазного зерна вследствие развития в нем микротрещин при контакте с породой. Важным фактором, способствующим эффективному разрушению горной породы и выносу из призабойной зоны шлама, является высота выступления алмазов из матрицы буровой коронки. При работе буровой коронки алмазные зерна создают на ее рабочем торце прерывистую режущую кромку. Несмотря на различную степень обнажения отдельных алмазных зерен, средняя высота их выступления из матрицы определяется качеством алмазного сырья конструктивными параметрами коронки, режимами бурения и физико-механическими свойствами разрушаемой породы.

В процессе бурения прилагаемая к алмазной импрегнированной коронке осевая нагрузка не равномерно распределяется по поверхности алмазосодержащей матрицы, а перераспределяется между алмазами, наиболее выступающими из матрицы буровой коронки. Поскольку характер распределения высоты выступления алмазов из тела матрицы соответствует характеру распределения осевых усилий, передаваемых на алмаз в процессе бурения, алмазы с наибольшей высотой выступления нагружаются в десятки раз больше и мгновенно разрушаются. Уменьшить усилия на алмазы можно при обеспечении равных высот их выступления из тела матрицы за счет применения алмазов, однородных по прочности и линейным размерам зерна [1].

В связи с изложенным цель настоящей работы – изучить влияние прочностных и геометрических характеристик зерен алмаза на работоспособность породоразрушающего инструмента при бурении крепких горных пород.

### **Методика эксперимента и исходные материалы**

Методика эксперимента заключалась в следующем. Порошки алмазов марки АС80 зернистостью 250/200 с помощью адгезионно-магнитной сортировки разделяли по дефектности поверхности на несколько продуктов [2; 3]. Полученные алмазы разных марок для повышения их однородности по линейным размерам дополнительно классифицировали на ситах R-20 [4; 5].

Дефектность поверхности полученных порошков алмаза оценивали по коэффициенту поверхностной активности  $K_a$  [6]. При этом определяли такие физико-механические характеристики алмазов, как статическая  $P$  и динамическая  $F_i$  прочности [7]. Термостабильность порошков оценивали по коэффициенту термостабильности  $K_{СТ}$  [8]. Кроме того, определялся

состав алмазных порошков по прочности и линейным размерам единичных зерен и рассчитывали коэффициенты однородности по прочности  $K_{\text{одн.пр}}$  и линейным размерам  $K_{\text{одн.л.р.}}$  [9, 10]. В порошках по [7] определяли средний размер  $d_{\text{ср}}$ , коэффициент формы зерен  $K_{\text{ф}}$  и определяли содержание основной фракции.

Отсортированные алмазы использовали для изготовления алмазных импрегнированных буровых коронок.

#### Результаты и их обсуждение

В результате адгезионно-магнитной сортировки алмазов марки АС80 зернистости 250/200 получили порошки, различающиеся по дефектности поверхности  $K_{\text{а}}$  от 0,05 % до 1,11 %. Их прочностные характеристики приведены в табл. 1.

Таблица 1. Прочностные характеристики порошков алмаза зернистостью 250/200

Продукт раз-деления	$P$ , Н	$F_i$ , усл.ед.	$K_{\text{СТ}}$ , усл.ед.	$K_{\text{одн.пр}}$ , %	Марка
1	165	115	0,91	75	АС125
2	127	92	0,78	74	АС100
3	107	78	0,62	68	АС80
4	83	63	0,54	54	АС65
Исходный	95	84	0,75	23	АС80

Из данных табл. 1 следует, что после сортировки получены порошки алмаза, различающиеся прочностью и соответствующие маркам АС125, АС100, АС80 и АС65 с высокой однородностью по прочности от 75 % до 54 %.

Полученные порошки алмазов марок АС125, АС100, АС80 и АС65 для выделения однородных порошков по линейным размерам дополнительно классифицировали на ситах ряда R-20 для выделения узкой зернистости 250/220. После классификации определяли  $d_{\text{ср}}$ ,  $K_{\text{ф}}$  порошков содержание узкой фракции 250/220 и  $K_{\text{одн.л.р.}}$  (табл. 2).

Таблица 2. Геометрические характеристики порошков алмаза зернистостью 250/200

Марка порошка	$d_{\text{ср}}$ , мкм	$K_{\text{ф}}$ , усл.ед.	Содержание основной фрак- ции 250/200, %	$K_{\text{одн.л.р.}}$ , %
АС125	233	1,11	95	75
АС100	235	1,15	85	70
АС80	234	1,21	83	64
АС65	231	1,34	81	59
Исходный АС80	225	1,24	71	24

Как видно из данных табл. 2, дополнительная классификация и выделение узкой фракции 250/200 обеспечили повышение содержания основной фракции порошков алмазов марок АС125 – АС65 на 34÷14 % и увеличение коэффициента однородности по линейным размерам этих порошков более чем в 2,5 раза по сравнению с исходным порошком марки АС80.

Для лабораторных испытаний изготовили буровые коронки, оснащенные алмазами марок АС125, АС100, АС80 и АС65 с высокими коэффициентами однородности по прочности и линейным размерам. Лабораторные испытания проводили при бурении коростышеского гранита с частотой вращения 800 мин<sup>-1</sup> и углублением за оборот 60 мкм. Работоспособность буровых коронок оценивали по средней высоте выступания алмазов из матрицы  $h_{\text{В}}$  и интенсивности изнашивания коронок  $I$ .

Результаты лабораторных испытаний буровых коронок, оснащенных алмазами марок АС125, АС100, АС80 и АС65 приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты лабораторных испытаний буровых коронок, оснащенных алмазами марок АС125, АС100, АС80 и АС65

Марка алмаза	Средняя высота выступания алмазов из матрицы, $h_B$ , мкм	Интенсивность изнашивания коронок, $I \cdot 10^{-4}$ , мм/м
АС125	72,4	0,156
АС100	67,2	0,195
АС80	62,7	0,216
АС65	56,4	0,254
АС80 исходные	53,7	0,249

Данные испытаний (табл. 3) показывают, что оснащение буровых коронок алмазами с высокими коэффициентами однородности по прочности и линейным размерам способствует повышению работоспособности буровых коронок. Так, оснащение коронок алмазами марки АС80 после сортировки по сравнению с исходными порошками алмаза той же марки, позволяет увеличить среднюю высоту выступания алмазов из матрицы на 14,4 % и тем самым снизить интенсивность изнашивания коронки на 18,6 %.

Влияние прочностных характеристик (прочности  $P$  и коэффициента однородности по прочности  $K_{одн.пр.}$  на среднюю высоту выступания алмазов из матрицы и интенсивность изнашивания коронки исследовали для алмазов марки АС125, АС100, АС80 и АС65, полученных после сортировки по дефектности поверхности зерен порошков алмаза марки АС80. Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы  $h_B$  (кривая 1) и интенсивности изнашивания коронки  $I$  (кривая 2) от прочности зерен порошков алмазов показаны на рис. 1.

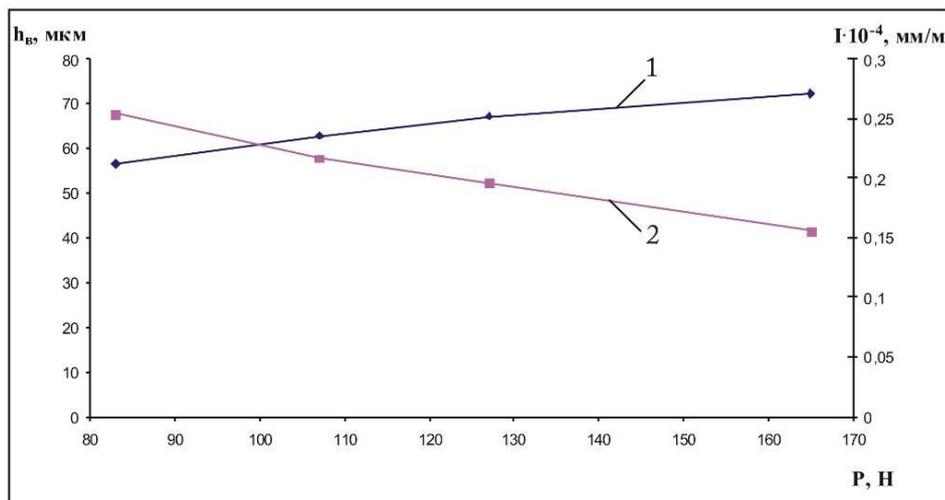


Рис. 1. Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы (1) и интенсивности изнашивания коронки ( $I \cdot 10^{-4}$ , мм/м) (2) от изменения прочности порошков алмазов марок АС125–АС65

Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы  $h_B$  (кривая 1) и интенсивности изнашивания коронки  $I$  (кривая 2) от коэффициента однородности по прочности зерен порошков алмаза марок АС125, АС100, АС80 и АС65 показаны на рис. 2.

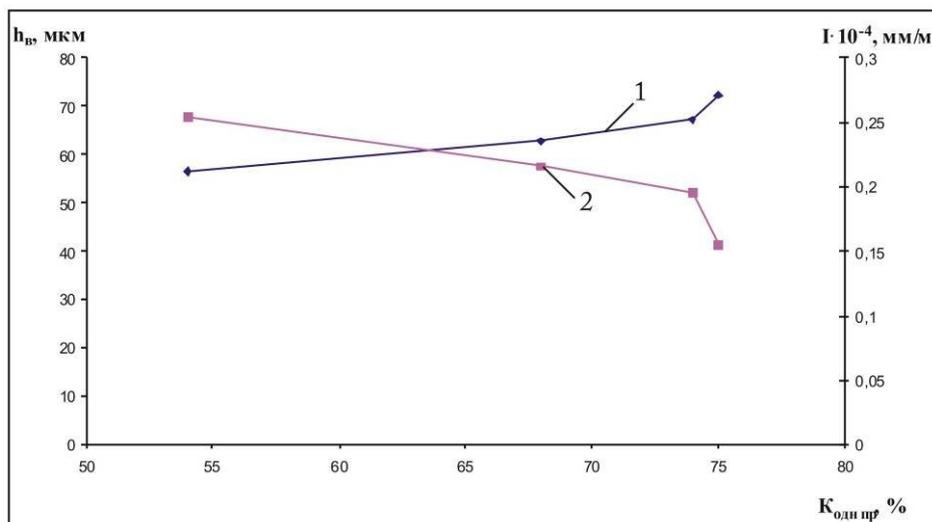


Рис. 2. Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы (1) и интенсивности изнашивания коронки ( $I \cdot 10^{-4}$ , мм/м) (2) от изменения коэффициента однородности по прочности порошков алмазов марок АС125-АС65

Как видим из данных рис. 1 и 2, с повышением прочности порошков алмаза марок АС125 – АС65 и однородности по прочности увеличивается средняя высота выступания алмазов из матрицы. Интенсивность изнашивания коронки при этом снижается с повышением прочности и однородности по прочности порошков алмаза этих марок. В совокупности полученные данные являются очевидным доказательством повышения работоспособности бурового инструмента за счет снижения вероятности расклинивания и степени передавливания частиц шлама под рабочим торцом, т.е. снижения затрат энергии на разрушение горной породы и повышения износостойкости алмазной импрегнированной матрицы.

Влияние геометрических характеристик зерен алмаза марок АС125 – АС65 в виде коэффициента однородности по линейным размерам  $K_{\text{одн.л.р.}}$  и содержания основной фракции ОФ на среднюю высоту выступания зерен алмаза из матрицы  $h_{\text{в}}$  (кривая 1) и интенсивность изнашивания коронки  $I$  (кривая 2) показано, соответственно на рис. 3 и 4.

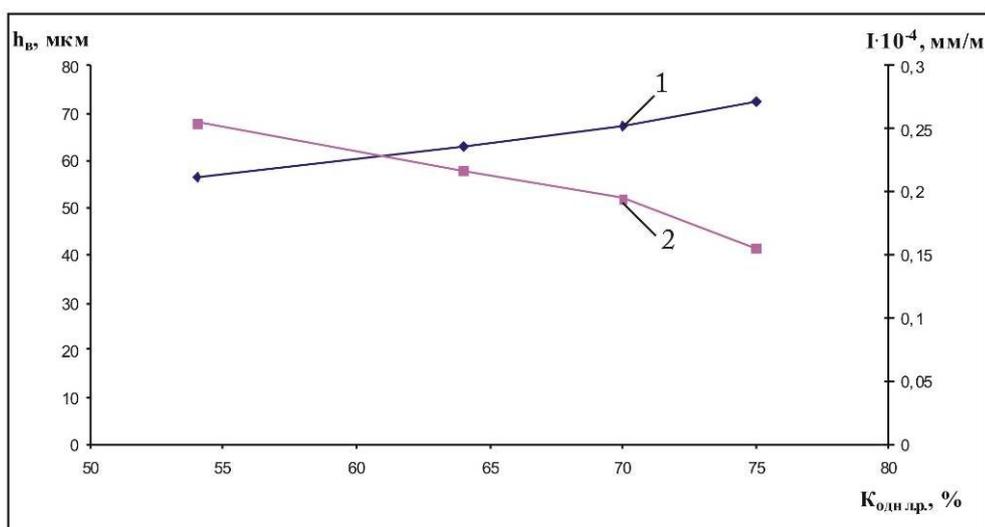


Рис. 3. Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы (1) и интенсивности изнашивания коронки ( $I \cdot 10^{-4}$ , мм/м) (2) от изменения коэффициента однородности по линейным размерам порошков алмазов марок АС125-АС65

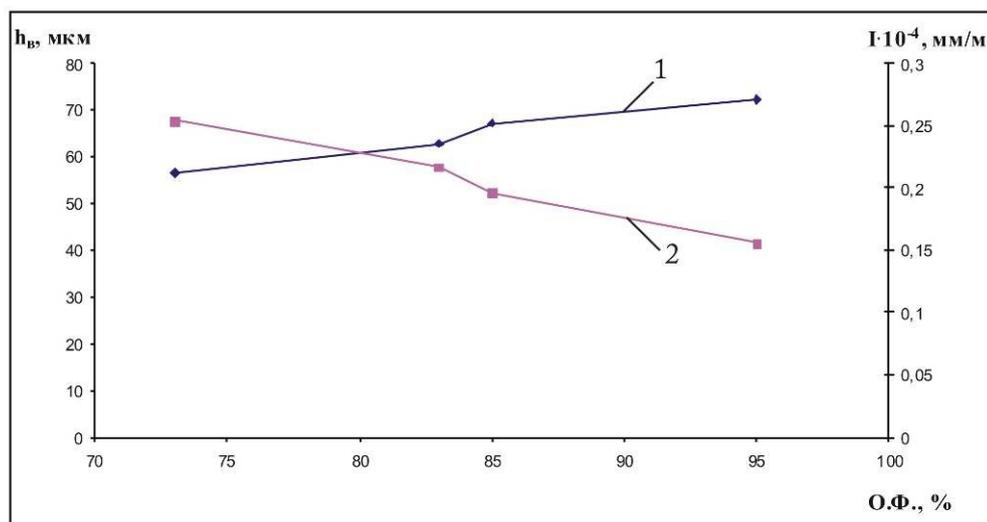


Рис. 4. Зависимости средней высоты выступания зерен алмаза из матрицы (1) и интенсивности изнашивания коронки ( $I \cdot 10^{-4}$ , мм/м) (2) от содержания основной фракции (ОФ) порошков алмазов марок АС125-АС65

Из данных рис. 3 и 4 следует, что с увеличением коэффициента однородности по линейным размерам и повышением содержания основной фракции алмазов марок АС125 – АС65 увеличивается средняя высота выступания зерен алмаза из матрицы. При этом интенсивность изнашивания коронок снижается с увеличением коэффициента однородности по линейным размерам и содержания основной фракции порошков алмаза этих марок. Это обусловлено тем, что при повышении однородности линейных алмазов и содержания основной фракции алмазов, марок АС125 – АС65 количество зерен алмазов, активно вступающих в контакт с горной породой в одной линии резания, значительно увеличивается. Удельная нагрузка на алмаз снижается, при этом уменьшается износ алмазосодержащей матрицы и повышается работоспособность инструмента в целом.

Таким образом, в результате проведенных исследований подтверждено, что средняя высота выступания алмазов является одним из основных параметров, характеризующих рабочее состояние торца буровой коронки. От высоты выступания алмазов зависит эффективность внедрения зерен алмазов в горную породу и скорость удаления промывочной жидкостью образующегося шлама с призабойной зоны без дополнительного его переизмельчения под торцом коронки, что способствует снижению интенсивности изнашивания матрицы.

Получение порошков алмаза, однородных по прочностным и геометрическим характеристикам, позволяет значительно повысить работоспособность алмазного породоразрушающего инструмента при бурении крепких горных пород.

### Выводы

1. В результате разделения порошков алмаза марки АС80 зернистостью 250/200 по дефектности их поверхности получены порошки марок АС125, АС100, АС80 и АС65, различающиеся между собой по статической и динамической прочности, термостабильности и с высокой однородностью по прочности при статической нагрузке разрушения.

2. Дополнительная классификация и выделение узкой фракции 250/220, обеспечили повышение содержания основной фракции порошков марок АС125 – АС65 на  $34 \pm 14$  % и увеличение коэффициента однородности по линейным размерам этих порошков более чем в 2,5 раза по сравнению с исходным порошком.

3. Показано, что с повышением прочности порошков марок АС125 – АС65 и их однородности по прочности в совокупности с увеличением коэффициента однородности по линейным размерам и повышением содержания основной фракции алмазов интенсивность изнашивания коронок снижается.

4. Оснащение буровых коронок алмазами с высоким коэффициентом однородности по прочности и линейным размерам позволяет значительно повысить работоспособность алмазного породоразрушающего инструмента при бурении крепких горных пород.

### Литература

1. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении. Монография / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора и др. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
2. Ильницька Г.Д., Богатырева Г. П., Невструев Г.Ф. Получение высококачественных алмазных шлифпорошков // Синтез, спекание и свойства сверхтвердых материалов: Сб. науч. тр. – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2005. – С. 63-71.
3. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен.// В. Новіков, Г. П. Богатирьова, Г. Д. Ильницька, Г. Ф. Невструев Пат. 25515 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 200703803; Заявлено 05.04.2007; Опубл. 10.08.2007. Бюл. № 12.
4. Патент 69947 А Україна, МКИ В03С7/00, В03С1/00. Спосіб одержання шліфпорошків вузької зернистості / Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницька – Опубл.15.09.2004. Бюл. № 9.
5. Патент 69949 А Україна, МКИ В03С7/00. Спосіб одержання абразивних шліфпорошків вузької зернистості / Г.Ф. Невструев, Г.Д. Ильницька – Опубл.15.09.2004. Бюл. № 9.
6. Пат. 65129 А Україна, МКИ G01N27/12. Спосіб оцінки дефектності зерен порошкового матеріалу / Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницька. – № 2003065196; Заявл. 05.06.2003, Опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3.
7. ДСТУ 3292–95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К.: Госстандарт Украины, 1995. – 71 с.
8. СТП 28.5-05417377. Метод определения коэффициента термостойкости шлифпорошков сверхтвердых материалов. Стандарт предприятия. – Впервые; Введ. 01.05.2005. – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2004. – 11 с.
9. Г. П. Богатырёва, В. И. Куш, Г. Д. Ильницька, Г. Ф. Невструев, Р. К. Богданов, А. М. Исонкин, А. П. Загора, И. Н. Зайцева Оценка прочностных характеристик алмазных порошков для бурового инструмента /Резание и инструмент в технологических системах/. Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: Изд-во НТУ «ХПИ», 2008. – Вып. 75. – С. 26-41.
10. М 28.5 – 271:2008 «Методика оценки линейных размеров зерен порошков сверхтвердых материалов (СТМ)». – К.: Изд-во ИСМ НАН Украины, 2008. – 17 с.

Поступила 18.06.10

УДК 546.26.27

**В.И. Бугаков**, д-р. техн. наук; **А.А. Поздняков**, **В.В. Давыдов**, кандидаты техн. наук;  
**Н.Ф. Боровиков**, канд. физ-мат. наук; **Е.Г. Миронов**

*Институт физики высоких давлений им. Л. Ф. Верещагина РАН, г. Троицк, Россия.*

### ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ МИКРОПОРОШКОВ АЛМАЗА, КОБАЛЬТА, НИКЕЛЯ И ИХ БОРИДОВ

*The work deals with the synthesis of diamond polycrystalline materials at temperatures  $T = 1100–1300$  °C and pressures  $P = 4,5–5$  GPa with the use of cobalt, nickel and their borides. It is found that the properties of obtained materials depend on the fractional composition of the initial diamond powder. The strength characteristics of the investigated polycrystalline materials are superior to those of the diamond powders AC20 and APB1 of grain size 400/315.*

Одним из путей получения алмазного поликристаллического материала, является спекание алмазного порошка в условиях высокого давления и температуры. Спеченные алмаз-