

- амортизации инструмента // Породоразрушающий и металлорежущий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр., –К. ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – С.31 – 36.
2. Акопов Р. В. Геометрия режущего инструмента при резании камня. –Ереван, Изд-во АН АрмССР, 1956. – 37 с.
  3. Барон Л.И., Глатман Л.Б., Гуюенков Е.К. Критерии и методы измерения износа режущего инструмента для горных пород. –М., 1961. – 56 с.
  4. Линенко–Мельников Ю. П. Аналитические исследования износостойкости горнорезущего инструмента // Физ.–техн. пробл. разраб. полезных ископаемых, 1972. – № 2. – С. 56–61.
  5. Линенко Ю. П., Карюк Г. Г. Исследование формы и размеров режущей кромки инструмента при резании горных пород// Физ.–техн. пробл. разраб. полезных ископаемых, – 1967. – № 1. – С. 72–84.
  6. Справочник по алмазной обработке металлорежущего инструмента. –К. Техника, 1971. – 288 с.
  7. Спивак А.И. Механика горных пород. –М. Недра, 1967. –192 с.
  8. Виноградов В. И., Сорокин Г. М., Албагачиев А. Ю. изнашивание в твердосплавной вставке буровой коронки// Сверхтвердые матер., 2004. – №3. – С. 84–90.
  9. Лисовский А. Ф., Линенко–Мельников Ю. П. Образование дефектов при ударе. –М. Машиностроение, 1982. – 192 с.
  10. Бондаренко В. П., Новиков Н. В., Гнатенко И. А. О перспективах управления состоянием межкарбидных границ в твердом сплаве WC–Co // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр. –К. ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – Вып. 13. – С. 168–173.

Поступила 08.06.11

УДК 622.244

**Г. П. Богатырева**, д-р техн. наук, **В. Н. Ткач**, д-р физ.-мат. наук, **А. М. Исонкин**,  
**Г. Д. Ильницкая**, **Г. А. Петасюк**, кандидаты технических наук

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

### **ВЛИЯНИЕ ВКЛЮЧЕНИЙ В КРИСТАЛЛАХ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ НА ХАРАКТЕР ИХ ИЗНОСА В БУРОВЫХ КОРОНКАХ**

*Исследовано влияние включений в кристаллах синтетических алмазов на их прочностные характеристики и основные виды их износа в буровых коронках. Показаны пути повышения работоспособности алмазного бурового инструмента.*

**Ключевые слова:** алмаз, включение, буровая коронка, износ.

Разные исследователи по-разному определяют характер износа алмазов в алмазно-абразивном инструменте. Так, по мнению М. Сила износ алмазов вызывается тепловыми процессами, приводящими к графитизации алмаза [1]. Т. Н. Лоладзе, Т. В. Бокучава и С. И. Тараканов рассматривают износ алмазов как сочетание нескольких процессов и различают адгезионный, абразивный и диффузионный виды износа в процессе трения, а также хрупкое разрушение в виде микро- и макроскалывания. При этом преобладание одного из этих видов износа определяется качеством обрабатываемого материала и режимом работы алмазного инструмента [2; 3].

Кристаллы синтетических алмазов образуются при высоком давлении и температуре в присутствии сплавов переходных металлов. В процессе роста кристалл алмаза захватывает в виде включений и примесей все побочные фазы, находящиеся в реакционной камере. При этом включения и примеси становятся объемными дефектами, непосредственно влияющими на прочностные характеристики порошков. Известно, что в условиях синтеза за один цикл в реакционном объеме получают зерна алмаза различного размера с различным содержанием внутрикристаллических металлических включений [4].

Как правило, реальный кристалл алмаза отличается от соответствующей идеальной структуры наличием дефектов: от точечных до объемных. Структура реального кристаллического материала –

это соединенные между собой блоки кристаллической решетки, между которыми находятся трещины, посторонние включения, примеси, а непосредственно в самих блоках дислокации, вакансии и другие образования, снижающие прочностные характеристики кристаллов [5].

Цель настоящей работы – исследовать влияние включений в кристаллах синтетических алмазов на их прочностные характеристики, характер износа и работоспособность буровых коронок.

#### Методы исследования

Объектом исследований выбрали алмазные шлифпорошки зернистостью 400/315 марки AC200, исходную партия которых с помощью адгезионно-магнитной сортировки разделяли на три партии [6].

Содержание включений и объемных дефектов в зернах алмаза определяли по измеряемой удельной магнитной восприимчивости порошков ( $\chi$ ) [7].

Общее содержание примесей и включений в порошках алмаза определяли рентгено-флуоресцентным интегральным анализом с помощью растрового электронного микроскопа «BS-340» и энергодисперсного анализатора рентгеновских спектров «Link-860» [8]. Все образцы подвергали термической обработке при температуре 1100 °С в инертной среде. Изучали содержание внутрикристаллических включений и их элементный состав в образцах алмаза. Качественное исследование включений в алмазных шлифпорошках осуществляли с помощью прибора "DiaInspect OSM" [9].

Исследовали механизм износа алмазов с помощью электронного микроскопа-микроанализатора "KANSKAN-4DV" путем изучения отдельных участков рабочей поверхности коронки и поверхности алмазных зерен после бурения.

Оценивали эксплуатационные характеристики бурового инструмента по интенсивности его изнашивания при трении о горную породу [10].

#### Результаты и их обсуждение

Шлифпорошки алмаза марки AC200 зернистостью 400/315 адгезионно-магнитной сортировкой разделили на три партии с различной магнитной восприимчивостью. В каждой партии определяли прочность шлифпорошковдо ( $P$ ) и после ( $P_{то}$ ) термической обработки при температуре 1100 °С, коэффициент термостабильности ( $K_{ст}$ ), удельную магнитную восприимчивость ( $\chi$ ), содержание примесей и включений в кристаллах алмаза ( $\beta$ ). Полученные результаты приведены в табл. 1.

**Таблица 1. Результаты адгезионно-магнитной сортировки высокопрочных алмазов зернистостью 400/315**

Продукты разделения	Характеристики шлифпорошков алмаза					Марка алмаза
	$\chi \cdot 10^{-8}$ , м <sup>3</sup> /кг	$\beta$ , %	$P$ , Н	$P_{то}$ , Н	$K_{ст}$ , у. е.	
Исходный	17,9	–	343,5	281,7	0,82	AC200
1	3,2	0,331	414,2	393,5	0,95	AC250
2	10,2	0,439	358,0	304,3	0,85	AC200
3	17,3	0,617	325,8	260,6	0,80	AC200

Как следует из данных табл. 1, шлифпорошки алмаза продуктов сортировки различаются магнитными свойствами, содержанием в них примесей и включений и как следствие прочностными характеристиками. В результате исследований установили, что образцы алмаза 1 – 3 с разными прочностными характеристиками ( $P$ ,  $P_{то}$ ,  $K_{ст}$ ) различаются магнитными свойствами. Удельная магнитная восприимчивость повышается с увеличением содержания примесей и включений в высокопрочных шлифпорошках алмаза. С повышением удельной магнитной восприимчивости коэффициент термостабильности всех образцов, определяемый как отношение прочности зерен алмаза после высокотемпературного воздействия к исходной, снижается.

С использованием прибора "DiaInspect OSM" выполнили качественные исследования внутрикристаллических включений в образцах алмаза. Функциональные возможности прибора с просвечивающей оптической микроскопией позволили визуально проанализировать включения. Фотографии зерен алмазов партий 1 и 3 показаны на рис.1 и 2. Как видно на рис. 1, у кристаллов алмаза

партии 1 гладкая поверхность граней, не наблюдается видимых дефектов и примесей и они прозрачнее кристаллов из партии 3 с распределенными по объему примесями.

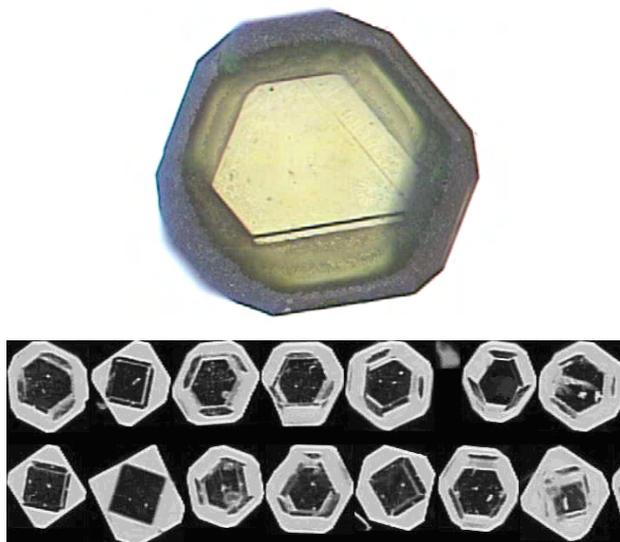


Рис. 1. Общий вид алмазных зерен с минимальным количеством примесей

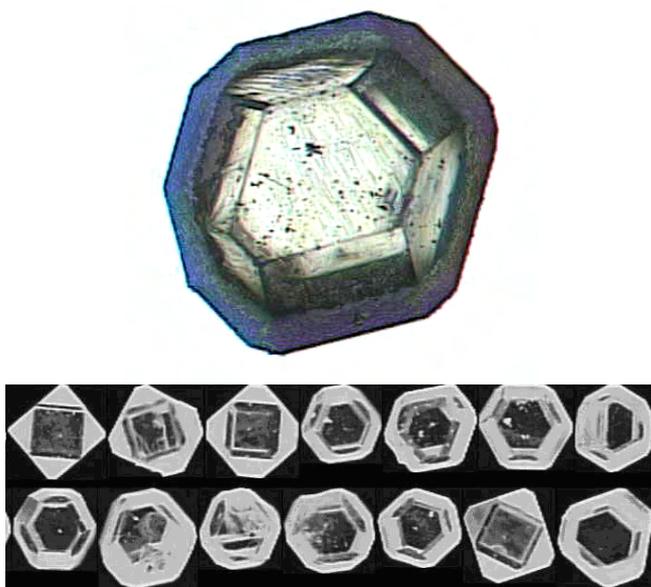


Рис.2. Общий вид алмазных зерен с примесями внутри кристалла

В процессе изучения алмазных зерен после нагревания до температуры изготовления алмазного инструмента (1000–1150 °С) обнаружили большое количество кристаллов с поверхностными трещинами. Эти трещины в алмазах, по мнению исследователей, возникают в результате внутренних температурных напряжений, обусловленных большой разницей КТР алмаза и включений металла-растворителя. Это предположение очевидно, так как из образовавшихся трещин на поверхности некоторых алмазов проступают капли металла-растворителя (рис. 3).

Полученные образцы синтетических алмазов различной однородности по прочности и с различным содержанием примесей и включений использовали при изготовлении опытных буровых коронок. Их сравнительные испытания на износостойкость были проведены посредством бурения коростышевского гранита в лабораторных условиях импрегнированными коронками диаметром 59 мм при частоте вращения 630 мин<sup>-1</sup> и нагрузке 1000 даН.

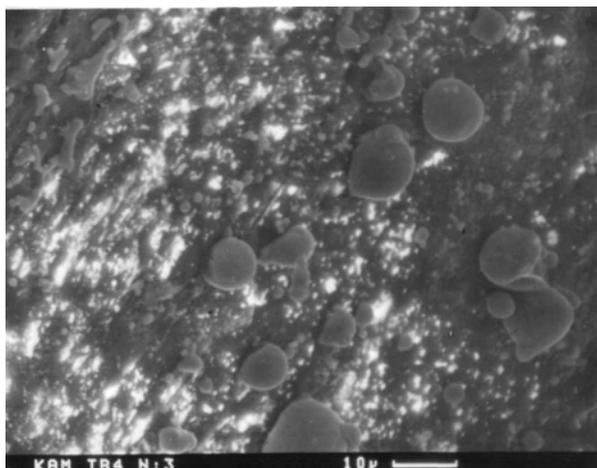


Рис. 3. Общий вид поверхности алмаза с проступившими каплями металла – растворителя

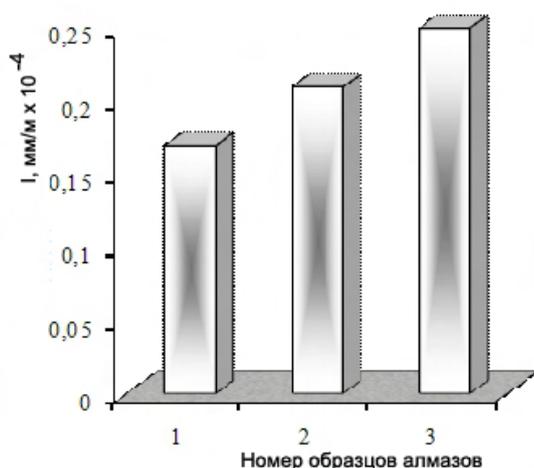


Рис. 4. Интенсивность изнашивания буровых коронок в зависимости от содержания примесей и включений в шлифпорошках алмаза

Зависимость интенсивности изнашивания породоразрушающих элементов буровых коронок, оснащенных шлифпорошками алмаза с различным содержанием в них примесей и включений, показана на рис. 4.

С увеличением содержания примесей и включений в кристаллах алмазов образцов 1 – 3 интенсивность изнашивания коронок, которыми они были оснащены, повышается. При детальном изучении процесса изнашивания буровых коронок нами исследовали состояние находящихся на их рабочей поверхности алмазов после контакта с горной породой.

При нагрузках, не превышающих критические значения, большинство кристаллов алмазных зерен продукта 1 сохраняют свою форму и целостность, что способствует эффективному разрушению горной породы (рис. 5).

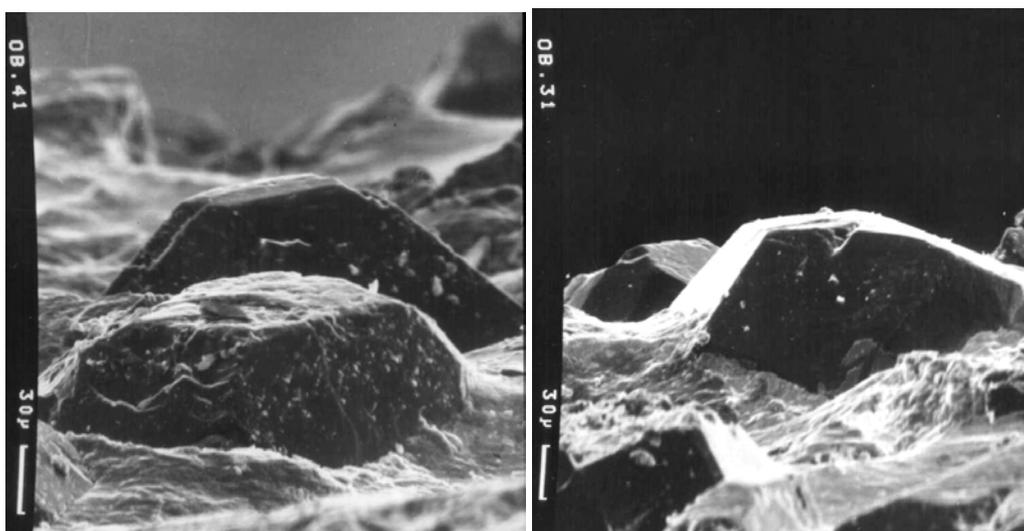


Рис. 5. Состояние зерен алмазов продукта 1

Для алмазных зерен продукта 2 характерно микро- и макроскалывание локального участка по микротрещинам, возникающим в процессе изготовления буровых коронок (рис. 6).

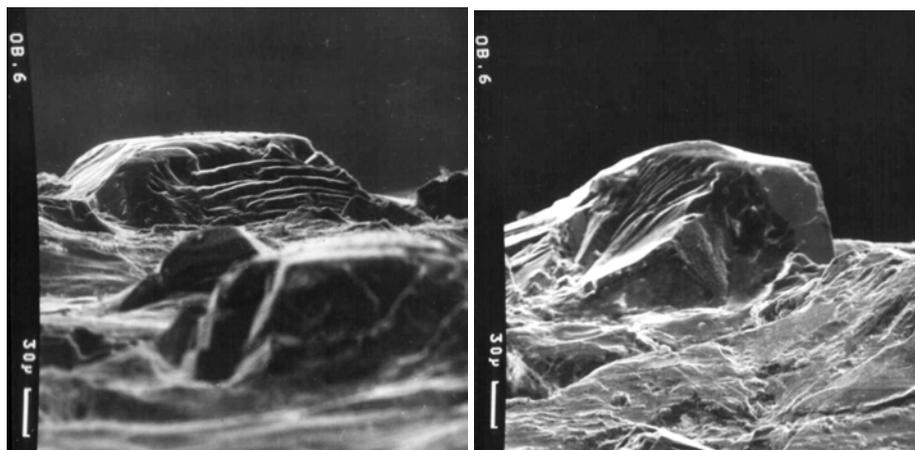


Рис. 6. Микроскалывание локальных участков зерен алмазов продукта 2

Для алмазных зерен продукта 3 со значительным количеством примесей, способствующих развитию в кристаллах микротрещин, характерно макроскалывание их вершин и локальных участков, которые непосредственно контактируют с горной породой (рис. 7).

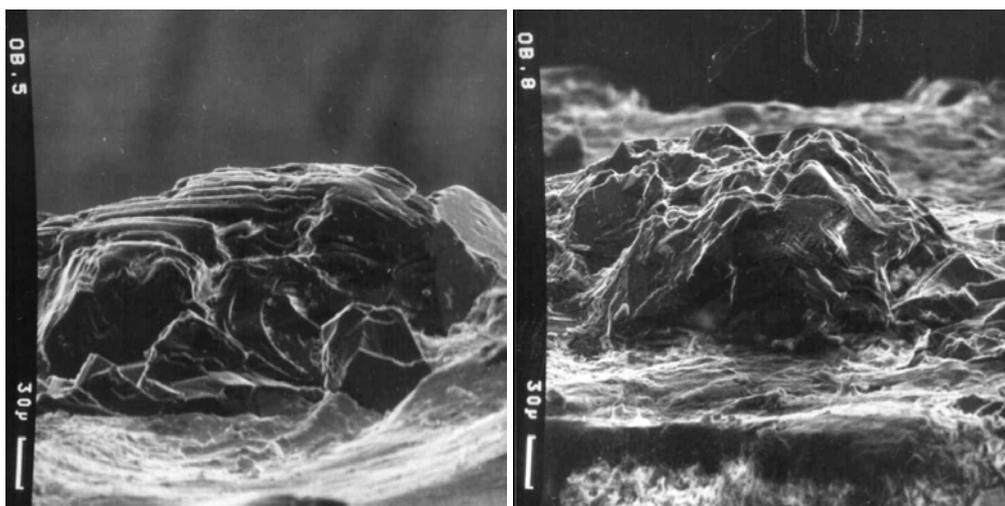


Рис. 7. Разрушение алмазных зерен продукта 3 по микротрещинам

Чем больше алмазы выступают из матрицы в результате её абразивного износа и глубже внедряются в горную породу, тем более увеличивается нагрузка на единичные зерна. При этом напряжения на отдельной части алмазов могут значительно превышать критические. В результате микротрещины на локальных участках поверхности начинают развиваться, что в последствии является причиной скалывания для более прочных алмазов части их зерен или для менее прочных алмазов - их полного разрушения.

#### **Выводы**

Результаты исследований подтвердили существенное влияние примесей в зернах алмазов на их исходную прочность и прочность после нагревания при изготовлении буровых коронок. Возникающие в зернах алмазов поверхностные микротрещины в результате внутренних температурных напряжений, обусловленных существенным различием  $K_{ТР}$  алмаза и металлорастворителя, способствуют снижению прочности алмазов и показателей работоспособности буровых коронок.

*Досліджено вплив включень у кристалах синтетичних алмазів на їх характеристики міцності та основні види їх зносу у бурових коронках. Наведені шляхи підвищення працездатності алмазного бурового інструмента.*

**Ключові слова:** алмаз, включення, бурова коронка, знос.

*The effect of inclusions in synthetic diamond crystals on their mechanical properties and the main types of wear in the drill bit. Showing ways to improve the efficiency of diamond drilling tools.*

**Key words:** diamond, inclusion, drill bit, the wear.

### Литература

1. Сил М. Трение и износ алмаза // Сб. докл. Лондон. конф. по смазке и износу. – М., 1959. – С. 57–61.
2. Лоладзе Т. Н., Бокучава Т. В. Износ алмазов и алмазных кругов – М.: Машиностроение, 1967. – 112 с.
3. Тараканов С. И. Теория работы мелкоалмазной кольцевой коронки на забое // Матер. совещ. по алмаз. бурению. – Апатиты, 1966. – С.12–18.
4. Влияние структуры кристаллов алмаза на физико-механические свойства алмазных порошков. Богатырева Г.П., Ильницкая Г.Д., Невструев Г.Ф. и др. // Физика высоких давлений, –2 009. – 19. – № 2. – С. 20–25.
5. Природные и синтетические алмазы / Бокий Г. Б., Безруков Г. Н., Клюев Ю. А. и др. –М.: Наука, 1986. – 221 с.
6. ТУ У 28.4-05417344-2003. Шлифпорошки синтетических алмазов марок АС200, АС250, АС300, АС350, АС400. Технические условия. Введ. 01.09.03. – К.: Госстандарт Украины, 2003. – 10 с.
7. О связи между содержанием включений в синтетических алмазах и их магнитными свойствами. / Г. П. Богатырева, В.Б. Крук, Г. Ф. Невструев и др. // Синтетические алмазы. – 1977. – Вып. 6. – С. 14–19.
8. Loubser J. H. N., Wik J. A. Electron spin resonance in the study of diamond // Rep. Progr. Phys. – 1978. – 41. – P. 1201–1248.
9. List E., Frenzel J., Vollstadt H. Industrial diamond review, –1. –42. 2006.
10. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В. Н. Бакуля, –К.: Наук. думка, 1978. – 232 с.

*Поступила 19.05.11*

УДК 622.24

**А. А. Украинцев, студ., В. И. Пилипец, канд. техн. наук**

*Донецкий национальный технический университет (ДонНТУ), г. Донецк, Украина*

### РАЗРАБОТКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПАКЕРА ДЛЯ УСТАНОВКИ В СКВАЖИНЕ ПОГРУЖНОГО ГИДРОНАСОСА

*При выполнении научной работы подобрана методика расчета рабочих параметров усовершенствованного пакера. Выбраны конструктивные и рассчитаны рабочие параметры пакера. Выполнен сборочный чертеж разработанного пакера. Разработана технология проведения откачки жидкости погружным гидронасосом с использованием разработанного пакера.*

**Ключевы слова:** гидравлический пакер, гидронасос, скважина.

При проведении откачек жидкости погружными насосами (гидропоршневыми или эжекторными) используются различные схемы их установки в скважине в зависимости от требуемых условий эксплуатации.

Проведенный анализ различных схем показал, что наиболее часто используются схемы с подъемными трубами, на нижнем конце которых устанавливается специальное седло, в которое герметично устанавливается хвостовик погружного насоса (рис.1, а).