

5. Оценка качества порошков сверхтвердых материалов. – ч. 2: Практическое применение нового метода оценки характеристик качества / Н. В. Новиков, Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницкая и др. // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 6. – С. 58–67.
6. Пат. на винахід 85284 України, МПК В03С 7/00, В03С 1/00 № 200703805. Спосіб розподілу зернистого матеріалу за дефектністю поверхні зерен / М. В. Новіков, Г. Д. Ільницька, Г. П. Богатирьова, Г. Ф. Невструєв. – Заявл. 05.04.07; Опубл. 12.01.09; Бюл. № 1.
7. ДСТУ 3292-95. Порошки алмазные синтетические. Общие технические условия. Введ. 01.01.96. – К. : Госстандарт Украины, 1995. – 71 с.
8. 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.
9. М 26.8-299:2010. Методика определения коэффициента термостабильности шлифпорошков синтетических алмазов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2010. – 7 с.
10. М 28.5-272:2008. Методика аналитической оценки прочностных характеристик шлифпорошков сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2008. – 14 с.
11. М88 Украины 90.258-2004. Методика определения коэффициента поверхностной активности порошков сверхтвердых материалов. К. : ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 11 с.
12. М88 Украины 90.256-2004. Методика определения удельной магнитной восприимчивости порошков сверхтвердых материалов. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – 9 с.
13. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном инструменте / Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин и др. – Екатеринбург : УГГГА, 2003. – 138 с.

Поступила 25.05.16

УДК 622.24.05: 621.921.34-419

Р. К. Богданов, А. П. Загора, кандидаты технических наук;
А. А. Шульженко, член-кор. НАН Украины; **М. В. Супрун; А. Н. Соколов, В. Г. Гаргин**,
кандидаты технических наук; **Е. А. Загора**

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

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ГИБРИДНОГО СВЕРХТВЕРДОГО МАТЕРИАЛА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА

Приведены результаты лабораторных исследований интенсивности изнашивания гибридного сверхтвердого материала (гибридаита) в зависимости от марки CVD-алмаза, его размеров и состава алмазной оболочки вокруг него.

Показано, что после термообработки в зависимости от марки CVD-алмаза, его размеров и состава алмазной оболочки вокруг него возможно как повышение интенсивности изнашивания гибридаита, так и снижение.

Приведены результаты производственных испытаний буровых коронок, оснащенных вставками гибридаита с различным составом алмазной оболочки из алмазного композиционного термостойкого материала.

Ключевые слова: интенсивность изнашивания, алмазный композиционный термостойкий материал, алмазная оболочка, CVD-алмаз, гибридайт, буровая коронка.

Несмотря на большой объем выполненных работ, возможности совершенствования алмазного породоразрушающего инструмента, в том числе и специального, на научном, конструкторском и технологическом уровне далеко не исчерпаны. Алмазное бурение с использованием как природных, так и синтетических алмазов и их композиций в сложных горно-геологических условиях сопровождается аномальным износом породоразрушающей части инструмента, не всегда приемлемым геологическим качеством работ и недостаточно эффективным использованием подводимой к забою энергии.

Одним из основных направлений технического прогресса при поиске и разведке месторождений полезных ископаемых должно быть снижение материальных и трудовых затрат на единицу разведанных запасов. Решить эту задачу возможно, прежде всего, путем создания и применения новых марок сверхтвердых материалов (СТМ) в буровом инструменте, разработки его новых конструкций, рациональных технологий применения породоразрушающего инструмента.

К наиболее перспективным материалам с повышенной износостойкостью для оснащения бурового инструмента относятся алмазные композиционные поликристаллические гибридные материалы [1, 2], в частности, разработанный коллективами Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины (ИСМ) и Института общей физики им. А.М. Прохорова РАН (ИОФ) на основе армирования алмазного композиционного термостойкого материала (АКТМ) поликристаллическим алмазом, полученным методом осаждения из газовой фазы (CVD-алмазом), гибридный алмазный композиционный поликристаллический материал, которому присвоена торговая марка гибридайт™ [3–5].

Ранее в ИСМ были выполнены исследования по изучению прочности, термостабильности и износостойкости вставок гибридайта.

В связи с тем, что гибридный алмазный композиционный поликристаллический материал гибридайт представляет собой комплекс сложных алмазных компонентов различных производителей и марок, возникает необходимость детального изучения влияния этих компонентов на его эксплуатационные характеристики.

Цель настоящей работы – экспериментально исследовать износостойкость породоразрушающих вставок гибридного поликристаллического материала (гибридайт) в зависимости от марки CVD-алмаза, его размеров и состава алмазной оболочки вокруг него.

Для исследований изготовили цилиндрические вставки гибридайта диаметром 3,5 мм и высотой 3,7 мм, которые различались процентным содержанием и зернистостью алмазной оболочки из АКТМ, а также CVD-алмазом различных марок и размеров: 1) 0,3×0,5×4,0 мм производства ИОФ; 2) 0,8×0,8×4,0 мм производства *Carbon*, КНР; 3) 0,5×0,5×4,0 мм производства *China University of Geosciences*, КНР; 4) 0,8×0,8×4,0 мм марки *CDD* фирмы «*Element Six*».

Как известно [6], чаще всего изготовление бурового породоразрушающего инструмента сопровождается нагревом до температуры 1000–1150 °С. В этой связи для воспроизводства реальных условий изготовления бурового инструмента вставки гибридайта подвергали термической обработке в муфельной печи в токе аргона при температуре $T = 1150$ °С в течение 600 с. Охлаждали образцы печи в токе аргона до температуры 200 °С.

Исследовали износостойкость вставок гибридайтас помощью оборудования и по методике, разработанным в ИСМ [7].

Результаты сравнительных испытаний износостойкости породоразрушающих вставок гибридайта в зависимости от варианта изготовления CVD-алмаза и состава алмазной оболочки из АКТМ приведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительные испытания вставок гибридаита в зависимости от варианта изготовления CVD-алмаза и состава алмазной оболочки из АКТМ

Номер варианта изготов.	Состав вставок гибридаита	Интенсивность изнашивания по массе, мг/км	
		Исходное состояние	После термообработки
1	CVD-алмаз ИОФ, оболочка АСМ 40/28 ИСМ, Украина	2,8	8,7
2	CVD-алмаз ИОФ, оболочка АСМ 40/28 ИСМ, Украина, 60% + природный алмаз 28/20 (40%)	4,7	4,1
3	CVD-алмаз ИОФ, оболочка АСМ 40/28 ИСМ, Украина, 60%+ природный алмаз 40/28 (40%)	3,9	2,1
4	CVD-алмаз Carbon, КНР, оболочка АСМ 40/28 ИСМ, Украина	0,3	0,9
5	CVD-алмаз China University of Geosciences, КНР, оболочка АСМ 40/28 КНР	0,6	1,5
6	CVD-алмаз марки CDD «Element Six», оболочка АСМ 40/28 ИСМ, Украина	3,0	1,8

Результаты сравнительных испытаний вставок гибридаита до и после термообработки при точении коростышевского гранита X категории по буримости показали, что термообработка влияет на износостойкость представленных для испытания образцов поразному (износостойкость, как известно, обратно пропорциональна интенсивности изнашивания). В первом варианте изготовления вставок гибридаита после термообработки износостойкость снизилась в 3,1 раза. Во втором и третьем вариантах износостойкость породоразрушающих вставок повысилась соответственно в 1,15 и 1,9 раза. Очевидно, что износостойкость породоразрушающих вставок в значительной мере зависит от термостойкости CVD-алмаза.

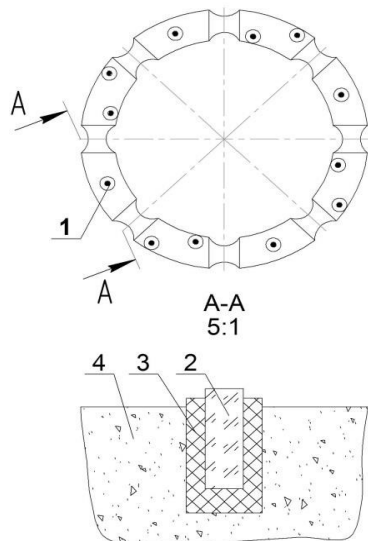


Рис. 1. Схема оснащения породоразрушающей части буровой коронки: 1 – вставка гибридаита; 2 – CVD-алмаз; 3 – оболочка из АКТМ; 4 – алмазоносная матрица

Почти такая же картина наблюдалась при испытаниях элементов четвертого и пятого вариантов изготовления вставок гибридаита, оснащенных CVD-алмазом производства КНР. Износостойкость этих вставок снизилась соответственно в 2,6 и 3,2 раза. В шестом варианте изготовления вставок износостойкость повысилась в 1,65 раза, что также подтверждает влияние термообработки.

В целях проверки результатов лабораторных исследований провели производственные испытания буровых коронок, оснащенных вставками гибридаита с различным составом оболочек из АКТМ.

Схема оснащения породоразрушающей части буровой коронки показана на рис. 1.

Буровая коронка состоит из корпуса с закрепленной на нем алмазоносной матрицей, разделенной промывочными пазами на секторы, армированные породоразрушающими

вставками гибридаита 1, размещенными в центральной, скважино- и кернаобразующей частях секторов по определенной схеме перекрытия. Твердость CVD-алмаза 2 каждой из породоразрушающих вставок гибридаита превышает твердость материала матрицы 4. Матрица буровой коронки армирована синтетическими алмазами АС 160Т зернистостью 355/300 мкм.

В связи с тем, что все породоразрушающие вставки состоят из двух разных по твердости материалов, при бурении они работают как резцы режуще-истирающего типа. CVD-алмаз, размещенный в центре породоразрушающей вставки гибридаита, под действием осевого усилия создает в массиве буримой породы зону предразрушения. Менее твердый материал оболочки из АКТМ, который его окружает, разрушает уже менее прочную породу, а алмазосный слой матрицы в облегченных условиях завершает разрушение. Предразрушение породы сопровождается бурением весь период работы инструмента.

При наличии в центральной части секторов коронки большого количества вставок гибридаита значительно снижается удельная нагрузка на одну вставку и ее износ в сравнении с износом породоразрушающих вставок, размещенных в скважино- или кернаобразующей частях секторов. В результате породоразрушающие вставки, размещенные в скважино- или кернаобразующей частях секторов, изнашиваются несколько быстрее, чем размещенные в центральной части секторов, поэтому образуется клиноподобная форма профиля, которая позволяет более эффективно предразрушать монолит горной породы при бурении.

Производственные испытания опытных коронок проводили при бурении плановых геологоразведочных скважин в породах IX–XI категории по буримости (гранитогайсы, кварциты, пегматиты, силикат-магнетитовые кварциты, сланцы гранит-амфибол-пироксеновые, магнетит-пироксеновые кварциты, силиминит-биотитовые сланцы, амфиболиты) с использованием одинарного колонкового снаряда. В качестве сравнительной базы приняли буровые коронки типа БС06 диаметром 76 мм, оснащенные только синтетическими алмазами АС 160Т зернистостью 355/300 мкм и серийно выпускаемые ИСМ НАН Украины. При этом использовали следующие режимы бурения:

- частота вращения – 340–576 об/мин;
- осевая нагрузка – 1000–1500 даН;
- расход промывочной жидкости – 19–30 дм³/мин.

Средние показатели бурения опытными и серийными коронками приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние показатели бурения опытными и серийными коронками

Тип буровой коронки	Количество, шт	Средние показатели бурения	
		Механическая скорость бурения, м/ч	Проходка на коронку, м
Опытные	6	2,47	13,70
Серийные БС06	6	1,76	9,60

Приведенные в табл. 2 результаты производственных испытаний при бурении скважин в твердых горных породах IX–XI категории по буримости свидетельствуют, что показатели опытных коронок, оснащенных вставками гибридаита различного состава, превышают показатели серийных коронок БС06, оснащенных только синтетическими алмазами АС 160Т зернистостью 355/300 мкм, по средней проходке и механической скорости бурения – в 1,4 раза.

Детальные результаты сравнительных производственных испытаний опытных буровых коронок и серийных коронок БС06 приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты сравнительных испытаний опытных буровых коронок, оснащенных породоразрушающими вставками гибридаита, и серийных коронок типа БС06

Тип буровой коронки	Состав оболочки гибридаита	Режимы бурения		Показатели бурения	
		Нагрузка, даН	Частота вращения, об/мин	Механическая скорость бурения, м/ч	Проходка на коронку, м
Опытная	АСМ 40/28 ИСМ, Украина,	1000–1500	340–576	2,30	11,20
	АСМ 40/28 ИСМ, Украина, 60% + природный алмаз 28/20			2,50	14,50
	АСМ 40/28 ИСМ, Украина, 60% + природный алмаз 40/28			2,60	15,50
Серийная БС06	–			1,76	9,6

Как следует из данных табл. 3, наилучшую стойкость и среднюю механическую скорость бурения среди опытных инструментов имели коронки, оснащенные вставками гибридаита с алмазной оболочкой из АКТМ в составе АСМ 40/28 60% + природный алмаз 40/28, что подтверждает результаты лабораторных исследований.

Выводы

В зависимости от марки CVD-алмаза, его размеров и состава алмазной оболочки вокруг него термообработка вставок гибридаита приводит как к снижению интенсивности их изнашивания, так и повышению.

Производственными испытаниями подтверждены результаты лабораторных исследований. Так, опытные коронки, оснащенные вставками гибридаита, алмазная оболочка из АКТМ которых состояла из АСМ 40/28 ИСМ, Украина, (60%) + природный алмаз 40/28 (40%), показали проходку в 1,1–1,4 раза выше, чем опытные коронки, оснащенные вставками гибридаита с другими характеристиками алмазной оболочки из АКТМ.

Буровые коронки, оснащенные вставками гибридаита с различным составом алмазной оболочки, в среднем превышают серийные коронки типа БС06 по проходке и механической скорости бурения в 1,4 раза.

Наведено результати лабораторних досліджень інтенсивності зношування гібридного надтвердого матеріалу (гібридаита) в залежності від марки CVD-алмазу, його розмірів і складу алмазної оболонки навколо нього.

Показано, що після термообробки залежно від марки CVD-алмазу його розмірів і складу алмазної оболонки навколо нього може відбуватися як підвищення інтенсивності зношування гібридаита, так і зменшення.

Наведено результати виробничих випробувань бурових коронок, оснащених вставками гібридаита з різними складом алмазної оболонки з алмазного композиційного термостійкого матеріалу.

Ключові слова: інтенсивність зношування, алмазний композиційний термостійкий матеріал, алмазна оболонка, CVD-алмаз, гібридайт, бурова коронка.

INFLUENCE OF STRUCTURE OF HYBRID SUPER HARD MATERIAL ON THE PERFORMANCE OF DRILLING TOOL

The results of laboratory tests of the wear rate elements of a hybrid super hard material (hybridayt) depending on the brand of CVD-diamond, its size and composition of the diamond shell around it.

It is shown that after the heat treatment, depending on the brand of CVD-diamond, its size and composition of the diamond shell around it can occur as an increase in the wear hybridayt and reduction.

The results of the production tests of drill bits equipped elements of hybridayt with different composition of the diamond shell of diamond composition heat-resistant material.

Key words: wear rate, diamond composition heat-resistant material, diamond shell, CVD-diamond, hybridayt, drill bit.

Литература

1. Эффективность разрушения горных пород элементами из гибридного алмазного поликристаллического материала / А. А. Шульженко, Р. К. Богданов, А. П. Загора и др. // Инструмент.світ. – 2012. – № 1. – С. 8–11.
2. Пат. на корисну модель № 45291 Україна МПК С04 В 35/5831, С04 В 35/80. Надтвердий матеріал / О. О. Шульженко, О. М. Соколов, В. Г. Гаргін та ін. – Опубл. 10.11.09; Бюл. № 21.
3. Пат. № 89732 Україна МПК С04 В 35/00. Надтвердий матеріал / О. О. Шульженко, О. М. Соколов, В. Г. Гаргін та ін. – Опубл. 25.02.10; Бюл. № 4.
4. Пат. № 2413699 Россия МПК С04 В 35/528, С04 В 35/5835. Сверхтвердый материал / Е. Е. Ашкинази, В. Г. Ральченко, В. И. Конов и др. – Опубл. 10.03.11; Бюл. № 7.
5. Свідоцтво України на знак для товарів і послуг № 158183. – Гібридайт. – Опубл. 10.07.12; Бюл. № 13.
6. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: монография / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин. – Донецк : Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
7. Гибридный алмазный композиционный поликристаллический материал и его свойства / А. А. Шульженко, Е. Е. Ашкинази, Р. К. Богданов и др. // 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. 214–223.

Поступила 19.05.16

УДК 622.24 (085)

А. М. Исонкин, канд. техн. наук

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

ВЛИЯНИЕ ПРОЧНОСТИ СИНТЕТИЧЕСКИХ АЛМАЗОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНОЙ ПОРОДЫ БУРОВЫМИ КОРОНКАМИ

Оценено влияние параметров микрогеометрии рабочей поверхности алмазной буровой коронки, получаемых в зависимости от прочности применяемых синтетических алмазов, на показатели, характеризующие процесс разрушения горной породы: энергоёмкость разрушения горной породы и гранулометрический состав образующегося шлама.

Ключевые слова: синтетические алмазы, прочность, удельная поверхность, интенсивность изнашивания, импрегнированная буровая коронка.

Введение

При всех видах механического разрушения твердых тел, в том числе и горных пород при бурении, физическая природа тела остается неизменной, а изменяется только площадь