

Key words: rock cutting tool category drillability, mechanical drilling speed, crown, synthetic diamond, superhard materials, hybridayt.

Литература

1. Киселев А. Т. Оценка эффективности вращательно-ударного бурения алмазными и твердосплавными коронками. / Технология бурения геологоразведочных скважин с использованием прогрессивных методов. – М.: ВПО "Союзгеотехника", 1983. – С. 20–35.
2. Техника и технология высокоскоростного бурения. / Г. А. Блинов, Л. Г. Буркин, О. А. Володин и др. – М.: Недра, 1982. – 408 с.
3. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. – СПб.: ООО "Недра", 2000. – 712 с.

Поступила 05.07.16

УДК 621.921.34-2:622.24.05

Н. В. Новиков, акад. НАН Украины, **Г. Д. Ильницкая**, **А. М. Исонкин**, кандидаты технических наук, **И. Н. Зайцева**, **Ю. П. Ущатовский**, **Г. С. Грищенко**

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

ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛМАЗОВ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ В ПРИСУТСТВИИ ФЕРРОСПЛАВОВ, НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ ПОРОДОРАЗРУШАЮЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

Исследовано влияние физико-механических характеристик: прочности, термостойкости, однородности по прочности шлифпорошков алмаза, синтезированных в системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C, на износостойкость буровых коронок. Показано, что при оснащении буровых коронок алмазами после их сортировки по дефектности поверхности повышение прочности, термостойкости и однородности по прочности и размерам зерен алмаза приводят при всех режимах бурения к снижению интенсивности изнашивания.

Ключевые слова: интенсивность изнашивания, буровая коронка, прочность, термостойкость, однородность по прочности.

Введение

Эффективность работы алмазного инструмента в значительной мере определяется характеристиками качества шлифпорошков алмаза их стабильностью и однородностью. Свойства алмазов, как правило, обуславливаются технологиями синтеза, извлечения, классификации по размерам, сортировкой по форме, содержанию внутрикристаллических примесей и включений, а также дефектности поверхности кристаллов алмаза. При этом большое значение имеет однородность свойств порошков алмаза и прежде всего по прочности и размерам зерен как основных характеристик качества шлифпорошков алмаза. Особо важную роль играет однородность по прочности и размерам зерен для алмазного породоразрушающего инструмента, так как видом износа такого инструмента является хрупкое разрушение отдельных выступающих частичек алмазного зерна из-за развития в них микротрещин [1; 2]. Уменьшить усилие на отдельные кристаллы алмаза можно путем обеспечения более равной высоты их выступания из матрицы буровой коронки за счет применения для их оснащения высокопрочных шлифпорошков алмаза, однородных по прочности и размерам.

Серийные шлифпорошки отечественного и зарубежного производства, как правило, являются смесью зерен, существенно различающихся по прочности и размерам зерен [3–5]. В этой связи для повышения однородности шлифпорошков алмаза необходима

дополнительная сортировка алмазов как по прочности, так и размерам зерен с выделением узких классов зернистости.

В Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины разработан и промышленно освоен комплекс методов сортировки алмазов по размерам и форме, содержанию внутрикристаллических примесей и включений. Разработаны также способы разделения кристаллов алмаза по дефектности их поверхности. Так, при адгезионно-магнитном способе твердые микрочастицы с высокими магнитными свойствами наносят на дефектную поверхность алмазов, усиливая их магнитные свойства пропорционально степени дефектности, что позволяет разделять их в магнитном поле разной напряженности на фракции разной дефектности.

В настоящее время синтез прочных и особо прочных кристаллов алмаза с использованием ферросплавов расширяет области применения шлифпорошков алмаза и возможности изготовления из них высококачественного инструмента. Однако при разделении кристаллов алмаза, синтезированных с применением ферросплавов с ярко выраженными магнитными свойствами, снижается их селективность разделения в магнитном поле по дефектности поверхности.

Для повышения эффективности разделения указанных шлифпорошков синтетического алмаза способ адгезионно-магнитной сортировки алмазных шлифпорошков усовершенствовали. В предложенном способе предусмотрена обработка поверхности зерен шлифпорошков алмаза путем нанесения электропроводных тонкодисперсных частиц и адгезионного закрепления их на поверхности зерен порошка в целях усиления электрических свойств алмазов, т. е. создания новых электрических свойств, позволяющих разделять зерна алмаза в электрическом поле. При этом электропроводные тонкодисперсные частицы размером до 1000 нм на поверхность зерен алмаза наносят при концентрации этих частиц не менее 5% [6].

Цель настоящей работы – исследовать влияние физико-механических характеристик алмазов, синтезированных с применением ферросплавов, после их разделения по дефектности поверхности на износостойкость породоразрушающего инструмента.

Методика эксперимента

Для исследования физико-механических характеристик шлифпорошков алмаза изготовили опытные образцы алмазов зернистостью 400/315 разных марок, синтезированные в системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C [6].

Физико-механические характеристики полученных шлифпорошков алмаза определяли в виде статической прочности согласно ДСТУ 3292-95 «Порошки алмазные синтетические» и ТУ У 28.4-05417344-2003 «Шлифпорошки синтетических алмазов марок АС200, АС250, АС300, АС350, АС400» [7; 8]. Термостабильность алмазных шлифпорошков оценивали по коэффициенту термостабильности $K_{ТС}$ [9]. Кроме того, рассчитывали коэффициенты однородности по прочности $K_{одн.пр}$ [10]. Дефектность поверхности порошков оценивали по коэффициенту поверхностной активности K_a [11]. Содержание объемных дефектов в виде внутрикристаллических примесей и включений в зернах алмазных шлифпорошков определяли по удельной магнитной восприимчивости порошков χ [12].

Шлифпорошки алмаза с разными физико-механическими характеристиками использовали для изготовления вставок буровых коронок. Эксплуатационные характеристики алмазного бурового инструмента в лабораторных испытаниях определяли по разработанным критериям оценки при бурении горных пород [13].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате разделения по дефектности поверхности шлифпорошков алмаза зернистостью 400/315, синтезированных в разных ростовых системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C, получили порошки, крайние фракции которых (1-я и 6-я) различаются прочностью. Полученные после сортировки порошки высокотермостойкие и однородны по прочности (рис. 1–3).

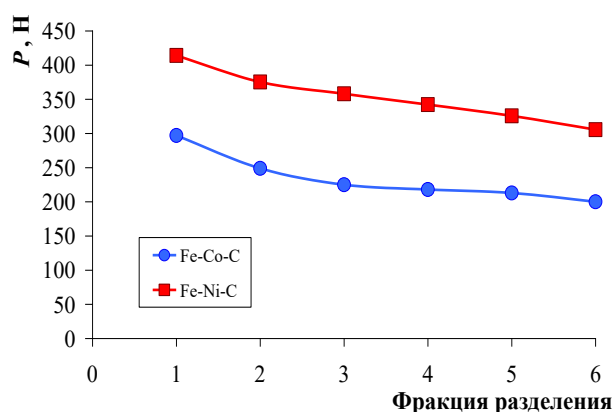


Рис. 1. Зависимости прочности P шлифпорошков алмаза зернистостью 400/315, синтезированных в системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C, от фракции разделения

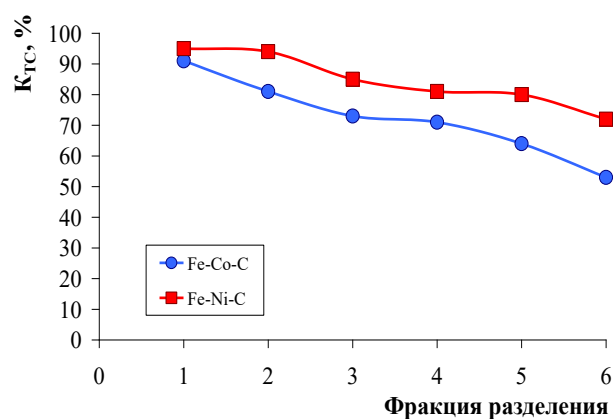
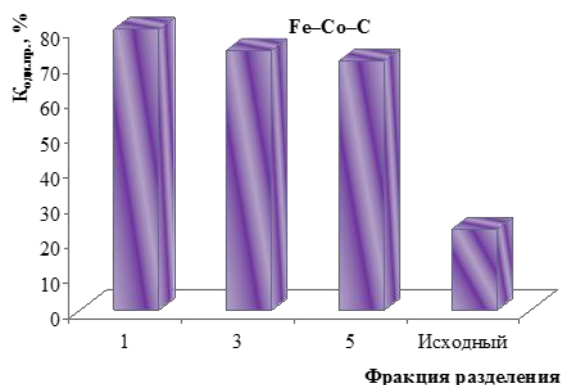
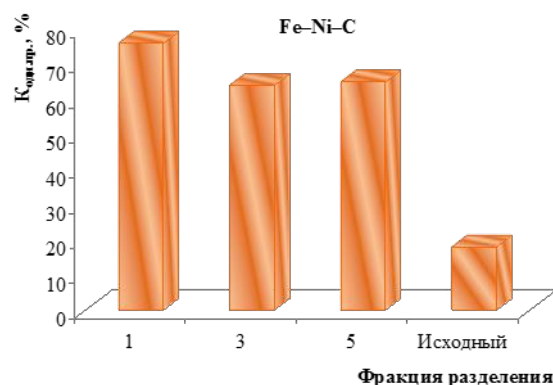


Рис. 2. Зависимости коэффициента термостабильности $K_{ТС}$ алмазов зернистостью 400/315, синтезированных в системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C, от фракции разделения



а



б

Рис. 3. Зависимости однородности по прочности шлифпорошков синтетического алмаза зернистостью 400/315, синтезированных в системе: а – Fe-Co-C; б – Fe-Ni-C, от фракции разделения

Как следует из данных рис. 1, в результате разделения по дефектности поверхности шлифпорошков алмаза зернистостью 400/315, синтезированных в разных ростовых системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C, получены порошки, крайние фракции которых (1-я и 6-я) различаются термостойкостью в 1,3–1,7 раза.

Термостойкость шлифпорошков алмазов снижается от первой к шестой фракции сортировки по дефектности поверхности шлифпорошков алмазов, синтезированных в системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C. При этом термостойкость алмазов системы Fe-Ni-C выше (см. рис. 2).

Однородность по прочности шлифпорошков алмаза зернистостью 400/315, синтезированных в системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C, показана на рис. 3.

Как следует из данных рис. 3, по коэффициенту однородности по прочности шлифпорошки алмазов отличаются по сравнению с исходными порошками системы: Fe-Ni-C – в 4,2–3,5 раза, Fe-Co-C – в 3,5–3 раза. Влияние прочностных характеристик шлифпорошков синтетического алмаза, синтезированных в системах Fe-Co-C и Fe-Ni-C, на интенсивность изнашивания буровых коронок оценивали с использованием опытных буровых коронок БС-54 конструкции ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины.

Для обеспечения чистоты экспериментов все опытные коронки БС-54 диаметром 76 мм конструктивно и технологически выполняли одинаковые – двенадцатисекторные с плоским рабочим торцом и высотой алмазного слоя 6 мм. Матрицу всех опытных коронок выполнили на основе вольфрам-кобальтовой смеси ВК6, пропитанной медью.

С использованием шлифпорошков синтетического алмаза, синтезированных в системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C марки АС250 зернистостью 400/315 мкм с различными прочностными характеристиками, изготовили шесть групп опытных коронок типа БС-54 диаметром 76 мм.

Указанные буровые коронки обрабатывали при скорости вращения 400–800 мин⁻¹. Эти коронки наиболее широко применяют при высокооборотной технологии алмазного бурения. Достижимая в результате этого механическая скорость бурения 1,5–4,8 м/ч соответствовала аналогичному показателю в производственных условиях. За счет поддержания постоянного углубления за оборот (63, 80 и 100 мкм) механическая скорость бурения была одинакова в рамках одного цикла опытов для всех шести групп экспериментальных коронок. Превышение углубления коронки за один оборот до 125 мкм на стадии предварительного цикла экспериментов приводило к переходу бурения в «критический» режим, характеризующийся резким скачкообразным повышением затрачиваемой при бурении мощности и интенсивности изнашивания.

Результаты изменения интенсивности изнашивания опытных коронок типа БС-54 диаметром 76 мм, оснащенных шлифпорошками алмазов, синтезированных в разных ростовых системах, при постоянном углублении за оборот 63 мм, приведены в таблице.

Результаты изменения интенсивности изнашивания опытных коронок типа БС-54 диаметром 76 мм, оснащенных шлифпорошками алмазов зернистостью 400/315, синтезированных в системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C, при постоянном углублении за оборот 63 мм

Продукт разделения	Интенсивность изнашивания, I , 10 ⁻⁵ мм/м, при скорости вращения, мин ⁻¹		
	400	600	800
Fe–Co–C			
1	1,77	2,61	3,87
2	1,64	2,45	3,22
3	1,44	2,25	3,12
4	1,31	2,15	3,08
5	1,19	1,94	2,81
6	1,05	1,83	2,68
Fe–Ni–C			
1	2,47	3,94	6,12
2	2,38	3,78	5,95
3	2,06	3,27	5,48
4	1,96	3,04	4,87
5	1,87	2,84	4,13
6	1,72	2,51	3,78

Анализируя данные таблицы, можно отметить, что при повышении скорости вращения усиливается интенсивность коронок, оснащенных алмазами разных ростовых систем.

В результате проведенных испытаний в первую очередь необходимо отметить одинаковый характер изменения интенсивности изнашивания коронок, оснащенных алмазами с различными физико-механическими свойствами при различной скорости

вращения. Это дает основание полагать, что полученные в исследовании закономерности не случайны.

Следует отметить, что при снижении прочностных характеристик шлифпорошков алмаза, используемых для оснащения опытных коронок (рис. 4–6), интенсивность изнашивания инструмента повышается.

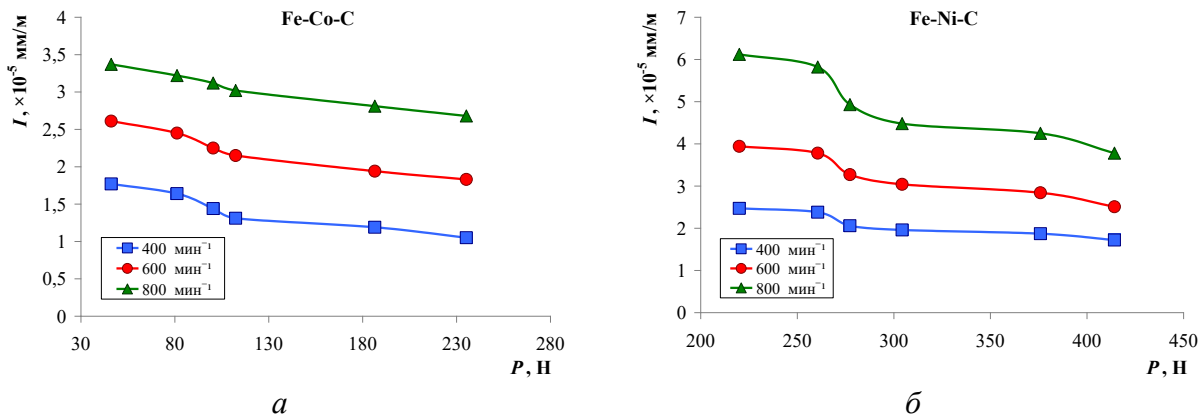


Рис. 4. Зависимости интенсивности изнашивания коронок БС-54 от прочности алмазных зерен шлифпорошков, синтезированных в системе: а – Fe–Co–C; б – Fe–Ni–C, при различной скорости вращения и углублении за один оборот на 63 мкм

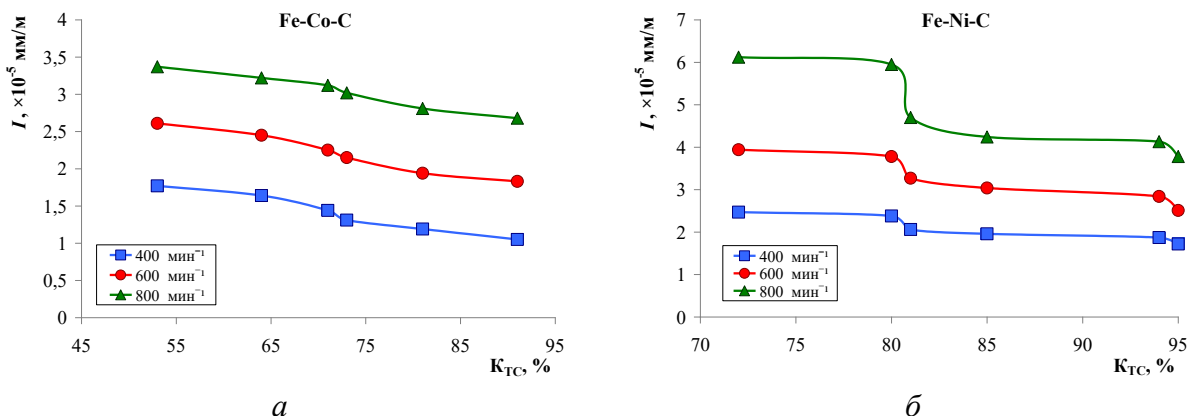


Рис. 5. Зависимости интенсивности изнашивания коронок БС-54 от термостойкости алмазных зерен шлифпорошков, синтезированных в системе: а – Fe–Co–C; б – Fe–Ni–C, при различной скорости вращения и углублении за один оборот на 63 мкм

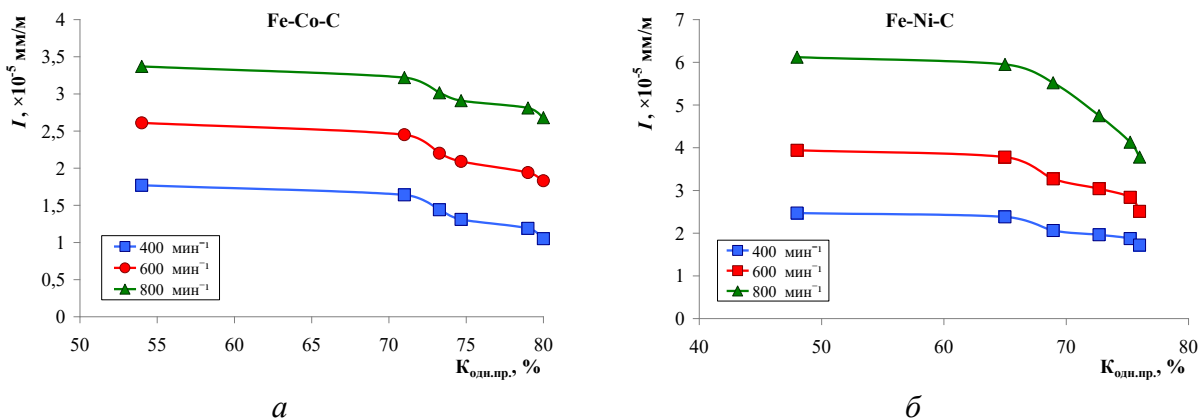


Рис. 6. Зависимости интенсивности изнашивания коронок БС-54 от однородности по прочности алмазных зерен шлифпорошков, синтезированных в системе: а – Fe–Co–C; б – Fe–Ni–C, при различной скорости вращения и углублении за один оборот на 63 мкм

В результате испытаний доказано, что при снижении прочности опытных коронок шлифпорошков алмазов, синтезированных в системах Fe–Co–C и – Fe–Ni–C, приблизительно в 2 раза при любом режиме бурения интенсивность изнашивания повышается в 1,42–1,86 раза. При снижении термостойкости (K_{TC}) и однородности по прочности ($K_{одн.пр}$) интенсивность изнашивания усиливается в 1,5 раза.

Анализ данных, приведенных в табл. 1 и показанных на рис. 4, 5, свидетельствует о том, что наименьшая интенсивность изнашивания, т. е. наибольшая износостойкость, при любой скорости вращения коронок и любом углублении за оборот присуща буровым коронкам, оснащенным наиболее прочными, термостойкими, однородными по прочности зернам алмазов, синтезированных в различных ростовых системах Fe–Co–C и Fe–Ni–C. При любой скорости вращения с увеличением значений прочностных характеристик алмазов интенсивность изнашивания снижается в большей степени, чем при низкой скорости вращения.

Выводы

Впервые установлено, что при оснащении буровых коронок алмазами, синтезированными в различных ростовых системах, после их сортировки по дефектности поверхности при повышении прочности, термостойкости, однородности по прочности и размерам зерен алмаза более чем в 1,5 раза при всех исследованных режимах бурения и скорости вращения 400–800 мин⁻¹ интенсивность изнашивания снижается в 1,42–1,86 раза.

Досліджено вплив фізико-механічних характеристик: міцності, термостійкості, однорідності за міцністю шліфпорошків алмазу, синтезованих у системах Fe–Co–C і Fe–Ni–C, на зносостійкість бурових коронок. Показано, що при оснащенні бурових коронок алмазами після їх сортування за дефектністю поверхні підвищення міцності, термостійкості і однорідності за міцністю та розмірами зерен алмазу призводить за всіх режимів буріння до зниження інтенсивності зношування.

Ключові слова: інтенсивність зношування, бурова коронка, міцність, термостійкість, однорідність за міцністю.

EFFECT OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF DIAMOND SYNTHESIZED IN THE PRESENCE OF FERROALLOYS, TO WEAR RESISTANCE ROCK CUTTING TOOL

Influence of hysicomechanical characteristics is investigated: strength, thermostability, and uniformity on strength of the grinding powders diamond, synthesized in systems Fe–Co–C and Fe–Ni–C, on wear resistance of the drilling bits. It is shown, that at equipment of the drilling bits by diamonds after their sorting on deficiencies of a surface, increase of strength, thermostability and uniformity on strength and the sizes of grains of diamond, results on all investigated modes of drilling in reduction of intensity of wear process.

Key words: intensity of wear process, drilling bit, strength, thermostability, uniformity on strength.

Литература

1. Применение синтетических сверхтвердых материалов для бурения геологоразведочных скважин / Н. В. Новиков, В. П. Бондаренко, Р. К. Богданов и др. // Обзор ВНИИ экон. минерал. сырья и геол.-развед. работ. – М. : ВИЭМС, 1990. – 45 с.
2. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин. – Донецк : Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
3. Однородные термочные алмазные шлифпорошки для бурового импрегнированного инструмента / Н. В. Новиков, Г.П. Богатырева, Р. К. Богданов и др. // Сверхтвердые матер. – 2003. – № 4. – С. 73–80.
4. Оценка качества порошков сверхтвердых материалов. – ч. 1: Теоретические основы метода оценки характеристик качества / Н. В. Новиков, Г. Ф. Невструев, Г. Д. Ильницкая и др. // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 5. – С. 74–83.

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, гибридаит, буровая коронка.