

УДК 621.921.34-2: 622.24.05

А. М. Исонкин, Г. Д. Ильницкая, Т. М. Дуда, кандидаты технических наук

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БУРОВЫХ ИМПРЕГНИРОВАННЫХ КОРОНОК

Рассмотрены технологические методы повышения эффективности использования синтетических алмазов разной прочности, однородности по прочности и металлизации адгезионно-активными металлами в импрегнированных буровых коронках.

Ключевые слова: синтетические алмазы, прочность, металлизация, износостойкость, буровые коронки.

Современные композиционные алмазосодержащие материалы (КАМ) широко применяются в практике изготовления алмазного бурового инструмента и чаще всего отличаются специфическим фазовым составом и размерами структурных составляющих, наличием износостойких покрытий и наполнителей [1].

Алмазы в таких композициях в зависимости от их зернистости, прочности и концентрации в КАМ занимают на рабочем торце инструмента определенную площадь, воспринимают воздействие горной породы при ее разрушении и образующихся при этом абразивных частиц шлама и защищают тем самым мягкий связующий материал матрицы от абразивного изнашивания [2].

Производительность бурения в значительной мере связана с высотой выступления алмазов из матрицы и глубиной их внедрения в горную породу. Одним из наиболее действенных технологических методов повышения эффективности использования буровых коронок является использование для их оснащения высокопрочных синтетических алмазов.

При этом использование синтетических алмазов более прочных марок способствует увеличению их выступления из матрицы и зазора между ней и горной породой. Как следствие это приводит к снижению вероятности расклинивания частиц шлама между рабочим торцом коронки и забоем скважины, степени их активного воздействия на матрицу, что в совокупности целесообразно не только относительно уменьшения затрат энергии на трение и разрушение горной породы, но и снижения интенсивности изнашивания инструмента [3].

К перспективным технологическим методам повышения высоты выступления и эффективности использования алмазов в КАМ относится также нанесение на поверхность алмазных зерен тонкого металлического покрытия, обеспечивающего повышение прочности закрепления алмазов в связке за счет образования на границе «алмаз – металлическое покрытие» химической связи в виде карбидной фазы. Металлизация адгезионно-активными относительно алмазов металлами играет роль теплопроводной и амортизирующей оболочки и способствует повышению прочности их закрепления в металлической матрице [4–6].

С учетом изложенного в данной работе приведены результаты исследований по установлению влияния прочностных показателей синтетических алмазов и их металлизации на механическую скорость бурения и износостойкость буровых коронок конструкции ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины.

Методика исследований

Шлифпорошки алмазов АСТ 200 зернистостью 355/300 мкм с помощью адгезионно-магнитной сортировки разделяли по дефектности поверхности на шесть продуктов. Согласно методам, изложенным в [7], определяли физико-механические характеристики полученных шлифпорошков в виде статической прочности P . Дефектность поверхности зерен оценивали

по коэффициенту поверхностной активности K_a . Содержание объемных дефектов в зернах алмаза определяли по измеряемой удельной магнитной восприимчивости порошков χ . Термостабильность шлифпорошков оценивали по коэффициенту термостабильности $K_{тс}$. Кроме того, определяли состав шлифпорошков по прочности и рассчитывали коэффициенты однородности по прочности $K_{одн. пр.}$.

Для исследования прочности закрепления алмазов без покрытия и с покрытием никелем в матрице буровых коронок изготовили образцы высотой и диаметром 10 мм на основе шихты ВК6, пропитанной медью марки М1. Алмазы без покрытия и металлизированные алмазы закрепляли с равным выступанием над торцевой поверхностью образцов. Прочность закрепления алмазов в матрице определяли на специальном стенде, позволяющем прикладывать к ним изгибающее или вырывающее усилие до 3000 Н. [8]

Для сравнительных испытаний изготовили две партии коронок типа БС-01 диаметром 59 мм с десятью промывочными каналами и полукруглым рабочим профилем. Объемный рабочий слой высотой 4 мм всех буровых коронок оснащали синтетическими алмазами АС200 зернистостью 315/250 мкм, взятыми из одной партии с одинаковой исходной прочностью. Относительная концентрация алмазов в матрицах буровых коронок составляла 125. В отличие от коронок первой партии, матрицы которых оснащались алмазами без покрытия, для оснащения матриц коронок второй партии использовали алмазы, покрытые никелем.

Бурение осуществляли по коростышевскому граниту X категории буримости на специально оборудованном буровом стенде, оснащенный измерительной аппаратурой, в соответствии с методикой, изложенной в работе [8].

Эксплуатационные характеристики бурового инструмента оценивали по интенсивности изнашивания его породоразрушающих элементов (I , мм/м) как отношению линейного износа по высоте к проходке на коронку и по удельной работе разрушения коростышевского гранита ($A_{уд}$, дж/м³).

Результаты исследований

Качественные показатели алмазных порошков с заданными свойствами, в свою очередь, обуславливаются технологиями синтеза, классификации по размерам и форме и сортировки по физико-химическим свойствам.

В результате совершенствования и использования в ИСМ НАН Украины сортировки синтетических алмазов были получены отдельные партии шлифпорошков, характеристики которых представлены в табл. 1.

Используя алмазы с разными прочностными характеристиками, изготовили 6 групп опытных коронок типа БС-06 диаметром 76 мм. Указанные буровые коронки обрабатывали при бурении коростышевского гранита X категории.

Таблица 1. Результаты адгезионно-магнитной сортировки высокопрочных алмазов зернистостью 355/300

Продукт разделения	Выход, %	Характеристики шлифпорошков алмаза						Марка
		$\chi \cdot 10^{-8}$, м ³ /кг	K_a , %	P , Н	$P_{то}$, Н	$K_{одн. пр.}$ %	$K_{тс}$	
1	2,0	1,6	0,04	349,4	335,4	82	0,96	АС250
2	11,2	3,5	0,10	336,1	319,3	74	0,95	АС250
3	30,6	4,9	0,14	312,4	281,2	58	0,90	АС200
4	33,5	6,6	0,16	288,4	248,0	56	0,86	АС200
5	10,7	7,2	0,20	276,0	234,6	52	0,85	АС200
6	12,0	7,9	0,25	259,0	204,6	40	0,79	АС200
Исходный	100	7,6	–	291,1	244,5	18	0,84	АС200

Результаты лабораторных исследований бурения гранита импрегнированными коронками, изготовленными из различных по прочности и зернистости шлифпорошков, полученных после сортировки алмазов, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты лабораторных испытаний буровых коронок, оснащенных алмазами зернистостью 355/300, при углублении в породе 60 мкм/об

Технологические характеристики алмазов			Эксплуатационные характеристики коронок			
Марка	$P, Н$	$K_{одн пр, \%}$	Частота вращения, $мин^{-1}$	Удельная работа разрушения $A_{об}, кДж/см^3$	Усилие резания, $P_z, Н$	Интенсивность изнашивания, $мм/м \cdot 10^{-2}$
АС200	259,0	40	750	4,07	2270	9,14
АС200	276,0	52		3,89	2172	8,39
АС200 исх.	291,1	18		3,03	1685	7,42
АС200	288,4	56		3,68	2057	7,88
АС200	312,4	58		2,74	1526	6,87
АС250	336,1	74		2,51	1405	6,02
АС250	349,4	82		2,12	1186	5,04
АС200	259,0	40	1180	2,93	1615	12,76
АС200	276,0	52		2,84	1564	11,38
АС200 исх.	291,1	18		2,18	1221	10,2
АС200	288,4	56		2,65	1490	10,8
АС200	312,4	58		1,98	1205	9,45
АС200	336,1	74		1,81	1016	8,87
АС250	349,4	82		1,52	859	7,39

Как видим, с повышением прочности шлифпорошков алмаза удельная работа разрушения породы ($A_{об}$) снижается, что свидетельствует о более эффективном разрушении породы таким инструментом. При этом снижается усилие резания породы (P_z) и это может свидетельствовать о том, что при использовании высокопрочных алмазов снижается вероятность скола их вершин, разрушающих горную породу.

Подтверждением этого могут быть данные по распределению высоты выступания алмазов на рабочем торце коронок, показанные на рис. 1.

Следует отметить, что снижение прочности алмазов, использованных для оснащения опытных коронок, в 1,35 раза приводит к повышению интенсивности изнашивания инструмента в 1,73–1,81 раза.

Для алмазов с низкой дефектностью поверхности, более высокой однородностью и прочностью (продукты 1–3) характерно большее в

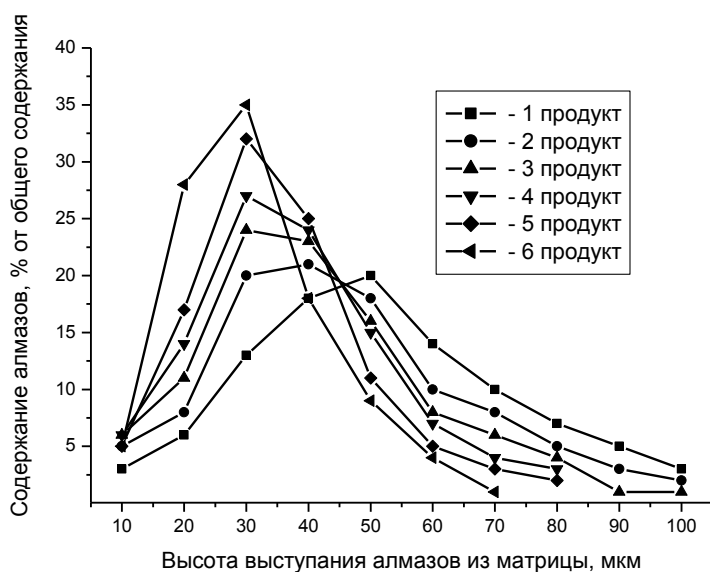


Рис. 1. Распределение алмазов по высоте выступания из матрицы в зависимости от их качественных показателей

процентном соотношении количество зерен, имеющих высоту выступания в диапазоне 50–100 мкм. Снижение качественных показателей алмазов приводит к уменьшению высоты их выступания из матрицы коронки, связанному со скалыванием вершин зерен, контактирующих с горной породой.

Сравнительный анализ полученных результатов свидетельствуют о явной перспективности оснащения буровых коронок синтетическими алмазами с низкой дефектностью поверхности, более высокой прочностью и однородностью по прочности.

На втором этапе исследовали влияние металлического покрытия алмазов на прочность их закрепления в материале матрицы буровых коронок. К выступающей части алмаза прикладывали постепенно возрастающее усилие, которое действовало в направлении, где материал матрицы не препятствовал вырыванию алмаза из образца. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3. Прочность закрепления алмазов с различным покрытием в матричном материале на основе ВК6, пропитанной медью марки М1

№ п/п	Усилие вырыва алмаза из матрицы, Н, при размере			
	2,8 мм		1,0–1,2 мм	
	без покрытия	никель	без покрытия	никель
1	250	550	150	160
2	350	350	150	320
3	240	500	100	350
4	290	400	140	200
5	250	450	120	180

Из данных табл. 3 следует, что металлизация позволяет повысить прочность закрепления алмазных зерен в среднем в два раза.

Графики семейства кривых, отражающих корреляционную связь между механической скоростью бурения и осевым усилием при различной частоте вращения буровых коронок, оснащенных металлизированными и неметаллизированными алмазами, показаны на рис. 2, а, б.

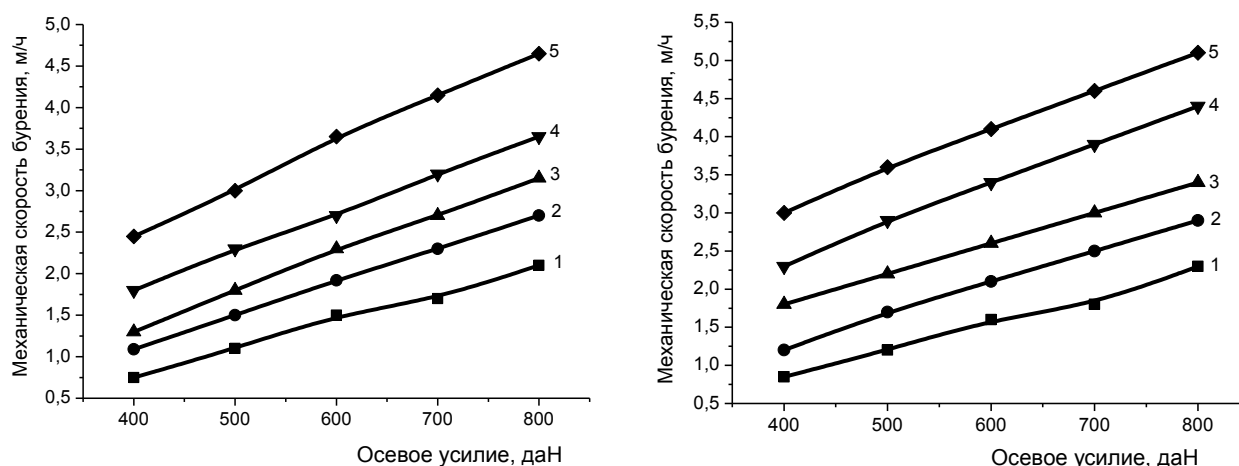


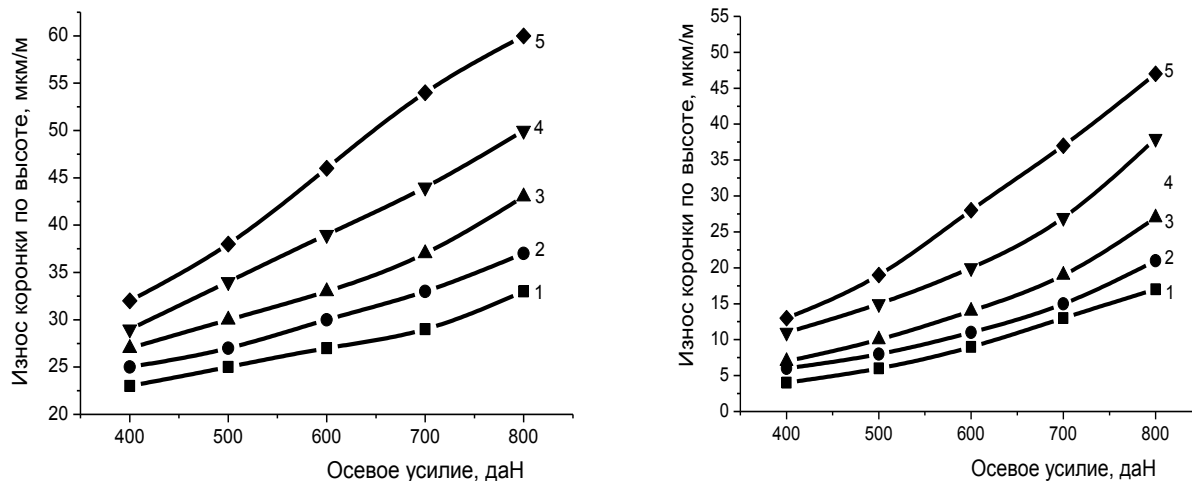
Рис. 2. Зависимость механической скорости бурения от осевого усилия для коронок, оснащенных неметаллизированными (а) и металлизированными (б) алмазами, при частоте вращения соответственно: 1 – 600 мин⁻¹; 2 – 750 мин⁻¹; 3 – 950 мин⁻¹; 4 – 1180 мин⁻¹; 5 – 1500 мин⁻¹

Анализ представленных графиков свидетельствует о росте механической скорости бурения с интенсификацией параметров режима бурения. При этом необходимо отметить,

что при частоте вращения до 750 мин^{-1} для сравниваемых коронок механическая скорость бурения существенно не отличаются.

Изменение частоты вращения в пределах $750\text{--}1500 \text{ мин}^{-1}$ привело к более интенсивному повышению механической скорости у коронок с металлизированными алмазами: при частоте вращения 950 мин^{-1} – на 6–20%, при частоте вращения 1180 и 1500 мин^{-1} – 15–30%.

Графики линейного износа на один метр бурения коронок, оснащенных металлизированными и неметаллизированными алмазами, в зависимости от осевого усилия при различной частоте вращения показаны на рис. 3, а, б.



а

б

Рис. 2. Зависимость величины износа на один метр бурения от осевого усилия для коронок, оснащенных неметаллизированными (а) и металлизированными (б) алмазами, при частоте вращения соответственно: 1 – 600 мин^{-1} ; 2 – 750 мин^{-1} ; 3 – 950 мин^{-1} ; 4 – 1180 мин^{-1} ; 5 – 1500 мин^{-1}

Результаты анализа показанных зависимостей свидетельствуют о том, что при изменении нагрузки от 400 до 800 даН и частоте вращения от 600 до 1500 мин^{-1} износ коронок, оснащенных металлизированными алмазами, меньше на 40–65%, чем коронок с неметаллизированными алмазами.

В целях подтверждения результатов лабораторных исследований в идентичных геологотехнических условиях бурения провели производственные испытания двух партий коронок типа БС-01 диаметром 59 мм, оснащенных синтетическими алмазами АС125 зернистостью 250/200, взятыми из одной исходной партии. Первую партию коронок оснастили неметаллизированными алмазами, вторую – алмазами, металлизированными никелем. Толщина покрытия никелем алмазов составляла 3–5 мкм.

Работоспособность опытных коронок оценивали при бурении плановых скважин в интервале глубин 50–1000 м. Геологический разрез скважин был представлен диорит-пироксен-плаггиокла-зовыми роговиками, магнетитами IX–X категории по буримости от плотных до трещиноватых различной степени абразивности.

Отрабатывали опытные коронки с использованием станка УКБ-5 при соблюдении следующих параметров режима бурения: осевое усилие – 500–1000 даН, частота вращения $407\text{--}715 \text{ мин}^{-1}$, подача промывочной жидкости 40–60 $\text{дм}^3/\text{мин}$.

Механическая скорость бурения отработанных коронок составляла 1,5–1,8 м/ч. Полученные показатели бурения приведены в табл. 4.

Из данных табл. 4 следует, что показатели бурения опытных коронок, оснащенных синтетическими металлизированными алмазами, выше, чем коронок, оснащенных неметаллизированными алмазами. Использование металлизации алмазов и повышение их

удержания в материале матрицы позволили повысить среднюю проходку на коронку с 12,2 до 19,2 м, что в 1,57 раза выше по сравнению с коронками, оснащенными неметаллизированными алмазами. Механическая скорость бурения при этом повысилась на 20%.

Таблица 4. Влияние металлизации синтетических алмазов на работоспособность буровых коронок

Наличие покрытия	Количество коронок, шт.	Механическая скорость бурения, м/ч	Средняя проходка на коронку, м	Удельный расход алмазов, кар./м
Безметаллизации	8	1,5	12,2	1,066
С металлизацией никелем	9	1,8	19,2	0,677

Выводы

Использование порошков синтетических алмазов с низкой дефектностью поверхности, более высокой однородностью и прочностью способствует снижению вероятности разрушения вершин их зерен, активно разрушающих горную породу, и тем самым позволяет повысить работоспособность породоразрушающего инструмента.

Износостойкость буровых коронок, оснащенных металлизированными алмазами, выше этого показателя коронок, оснащенных неметаллизированными алмазами. Применение металлизированных алмазов для оснащения буровых коронок обеспечивает повышение механической скорости бурения до 20% и износостойкости до 60%.

Розглянуто технологічні методи підвищення ефективності використання синтетичних алмазів різної міцності, однорідності по міцності і металізації адгезивно-активними металами в імпрегнованих бурових коронках.

Ключові слова: синтетичні алмази, міцність, металізація, зносостійкість, бурові коронки.

Consider some technological methods to improve the efficiency of the use of synthetic diamonds of varying strength, uniformity, strength and plating adhesion-active metals in the impregnated drill bits.

Key words: synthetic diamonds, strength, metallization, resistance, drill bits.

Литература

1. Сверхтвердые материалы. Получение и применение: монография в 6 т. – Т. 3 Композиционные инструментальные материалы / Под общей редакцией Н. В. Новикова. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – 280 с.
2. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. М. Исонкин, А. П. Загора. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
3. Геологоразведочный породоразрушающий инструмент на основе алмазов и сверхтвердых материалов / Н. В. Соловьев, Д. Н. Башкатов, Л. К. Горшков, и др. – Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009. – 334 с.
4. Пайка и металлизация сверхтвёрдых инструментальных материалов / Найдич Ю. В., Колесниченко Г. А., Лавриненко И. А., Моцак Я. Ф. – К.: Наук. думка, 1977. – 186 с.
5. Коновалов В. А. Исследование влияния прочности алмазоудержания и износостойкости металлических связей на работоспособность алмазно-абразивного инструмента: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков, 1974. – 27 с.
6. Влияние металлизации и гранулирования высокопрочных алмазов на структурообразование композитов и прочность закрепления алмазов / В. В. Шатохин, Т. М. Дуда, С. А. Кухаренко, Н. Н. Белявина // Породоразрушающий и

- металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2012. – С. 617–623.
7. Оценка качества порошков сверхтвердых материалов. Часть 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. Ч. 2. Практическое применение нового метода оценки характеристик качества // Сверхтвердые матер. – 2006. – № 6. – С. 58–67.
 8. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / Под ред. В. Н. Бакуля, – К.: Наук. думка, 1978. – 232 с.

Поступила 14.05.2013

УДК 622.233: 551.49

А. А. Кожевников, д-р техн. наук, А. К. Судаков, канд. техн. наук.

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН КРИОГЕННО- ГРАВИЙНЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Представлены результаты производственных испытаний технологии оборудования гидрогеологических скважин криогенно-гравийными фильтрами. Определена экономическая эффективность испытанной технологии.

Ключевые слова: производственные испытания, гидрогеологическая скважина, криогенная технология, криогенно-гравийный фильтр.

Актуальность и состояние проблемы. Для оборудования водоприемной части скважин, водоносные горизонты которых представлены мелкозернистыми, тонкозернистыми и пылеватыми песками, необходимо использовать гравийные фильтры. С этой целью используются разные типы гравийных фильтров, которые изготавливаются как на дневной поверхности, так и в буровой скважине. Эти конструкции имеют ряд недостатков, приводящих к перерасходу времени и средств, отведенных на оборудование буровых скважин гравийными фильтрами [1; 2].

На кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета на протяжении ряда лет проводятся работы по разработке технологии изготовления криогенно-гравийных фильтров (КГФ) и технологии оборудования ими водоприемной части скважин [3; 4].

В основе работы лежит идея создания технологии изготовления элемента гравийного фильтра блочной конструкции с соединением гравийного материала в монолит с помощью вяжущего вещества на водной основе по криогенной (низкотемпературной) технологии с последующим переходом гравийного материала в рыхлое состояние за счет приобретения вяжущим веществом реологических свойств воды, что происходит под воздействием положительной температуры пластовых вод после доставки КГФ в водоприемную часть скважины.

Цель работы – проанализировать результаты производственных испытаний по определению эффективности технологии оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины КГФ и экономической эффективности выполнения работ по предлагаемой технологии.