

Литература

1. Теплового фактор при бурении скважин / А.А. Кожевников, С.В. Гошовский, А.Ю. Дреус, И.И. Мартыненко. – К.: УкрГГРИ, 2008. – 166 с.
2. Ortega, A. Glowka D. A. Frictional heating and convective cooling of polycrystalline diamond drag tools during rock cutting // Society of petroleum Engineering Journal, – V24. – №2. – 1984. – P. 121–128.
3. Appl, F.C., C. Carl Wilson and Induvadana Lakshman. Measurement rock cutting of forces, temperatures and wear of PDC cutters in rock cutting / F.C.Appl, C. C. Wilson, I. Lakshman // Wear, – № 169, – 1993.–P. 9–24.
4. Горшков Л.К., В.Г. Гореликов Температурные режимы алмазного бурения. – М.: Недра, – 1992. – 173 с.
5. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / А. А. Бугаев, В. Н. Лившиц, В. В. Иванов и др. – К.: Наук. думка, – 1978. – 232 с.
6. Горшков, Л.К. Температурные напряжения в буровых алмазах // Изв. Вузов. Горный журнал, 1984. – № 11. – С. 49–53.
7. Вибір теплових режимів роботи твердосплавних елементів бурових коронок в умовах обмеженого охолодження на основі комп'ютерного моделювання / В.А. Дутка, В.М. Колодніцький, В.А., Лукаш В.А. и др. // Сб. науч. трудов ИСМ НАН Украины «Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения». – Вып.7. – 2004. – С. 25–29.
8. Demeng, C. P. Issues in Polycrystalline Diamond Compact Cutter–Rock Interaction From a Metal Machining Point of View / C.P. Demeng, H. P. Guo, K. Ehmam [Текст] — Part I: Temperature, Stresses, and Forces // Journal of Manufacturing Science and Engineering – 2012, –Vol. 134. – P. 1–10.
9. Мендебаев Т.Н., Смашов Н.Ж., Конарбаев М.А. Теоретические исследования теплового поля матрицы алмазной буровой коронки // Вестник Национальной инженерной академии республики Казахстан. – № 1(31). – 2009. – С. 53–59.
10. Моделирование нагрева алмазной коронки при бурении скважины. А.А Кожевников, А.Ю.Дреус, И.И. Мартыненко, Ю.А. Бакаржиев // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: гірничо-геологічна. – Вып.105. – 2006. – С. 46–51.

УДК 622.24.05: 621.921.34-419

М. В. Супрун; А. П. Закора, Р. К. Богданов, кандидаты технических наук

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

ВЛИЯНИЕ СХЕМЫ РАССТАНОВКИ ВСТАВОК ГИБРИДАЙТА В ИМПРЕГНИРОВАННЫХ КОРОНКАХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БУРЕНИЯ ТВЕРДЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Приведены результаты исследования влияния схемы оснащения рабочего торца вставками гибридаита на эффективность бурения твердых горных пород импрегнированными коронками. Установлено, что оснащение калибрующей части импрегнированной коронки вставками гибридаита способствует устранению ее аномального износа, а также приводит к повышению эффективности и механической скорости бурения крепких горных пород.

Ключевые слова: *вставки гибридаита, CVD-алмаз, импрегнированные коронки, износостойкость, механическая скорость бурения.*

Импрегнированная коронка – один из основных видов породоразрушающего инструмента для бурения скважин в твердых породах (VIII–XII категории буримости), оснащенных природными или синтетическими алмазами.

Результаты анализа исследований [1; 2] показали, что при бурении только 18–23% одинарных колонковых снарядов изнашиваются равномерно, а 50–60% снимают с работы из-за образования канавки по торцу матрицы. Как показывает практика, от такого износа буровую коронку защищают с помощью породоразрушающих элементов повышенной износостойкости [3]. В настоящее время таким перспективным элементом является вставка гибридаита. Гибридайт состоит из CVD–алмаза, поверхность которого в условиях высокого давления и высокой температуры, частично или полностью, окружена оболочкой из алмазного композиционного термостойкого материала (АКТМ) со связью между зернами алмаз – алмаз. При этом площадь оболочки, охватывающей CVD–алмаз, составляет 40 % и более площади его поверхности [4].

Цель настоящей работы – исследовать влияние схемы оснащения рабочего торца вставками гибридаита на эффективность бурения пород импрегнированными коронками.

Для исследования изготовили опытные импрегнированные коронки типа БС-06 диаметром 76 мм с различными вариантами оснащения рабочего торца алмазосодержащей матрицы, имеющей плоскую форму рабочего торца, породоразрушающими вставками гибридаита (рис. 1.). Наружная и внутренняя поверхности матрицы коронки оснащены элементами твесаала, обеспечивающими калибровку поверхности скважины.

Бурение опытными коронками всех трех вариантов осуществляли на специальной установке, представляющей собой модернизированный радиально-сверлильный станок модели 2Н58 с мощностью двигателя основного привода 13 кВт, дополнительно оснащенный гидравлической системой подачи и системой промывки скважины.

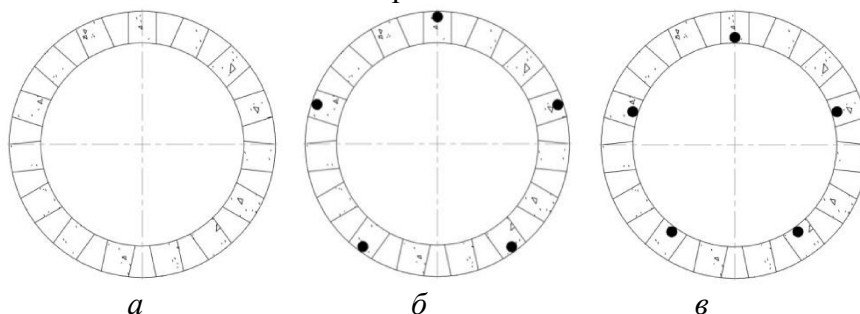


Рис. 1. Схемы расстановки вставок гибридаита на рабочем торце импрегнированных коронок: а – без вставок (коронка 1); б – по внешнему радиусу (коронка 2); в – по внутреннему радиусу (коронка 3)

В качестве горной породы для испытания инструмента выбрали коростышевский гранит X категории буримости, со стабильными свойствами, высокой твердостью и малой абразивностью.

Основные физико-механические свойства приведенного гранита: твердость по штампу $R_{ш} = 237$ даН/мм²; абразивность – 43; объединенный показатель буримости $\rho_r = 34,2–51,2$.

Бурение осуществляли в блоке гранита на глубину до 0,5 м за единичный проход (рейс).

Для каждого экспериментального образца общая проходка состояла из четырех рейсов, и в общей сложности составила 2 м, что обеспечило достоверные данные о величине весового износа матрицы коронки в целом.

Абсолютное значение весового износа определяли по разности показаний массы коронки с точностью до 0,01 г до и после единичного опыта.

Интенсивность изнашивания ω (г/м) определяли как отношение весового износа Δm (г) к проходке на инструмент L (м):

$$\omega = \frac{\Delta m}{L}$$

Параметры режима бурения следующие: скорость вращения – 630 мин⁻¹; осевая нагрузка – 1500 даН.

Характер изнашивания профиля рабочего торца алмазосодержащей матрицы буровых коронок фиксировали после каждого рейса с помощью фотосъемки на миллиметровой бумаге. Износ матрицы коронок при различных схемах оснащения рабочего торца буровой коронки, породоразрушающими вставками гибридаита иллюстрирует рис. 2.

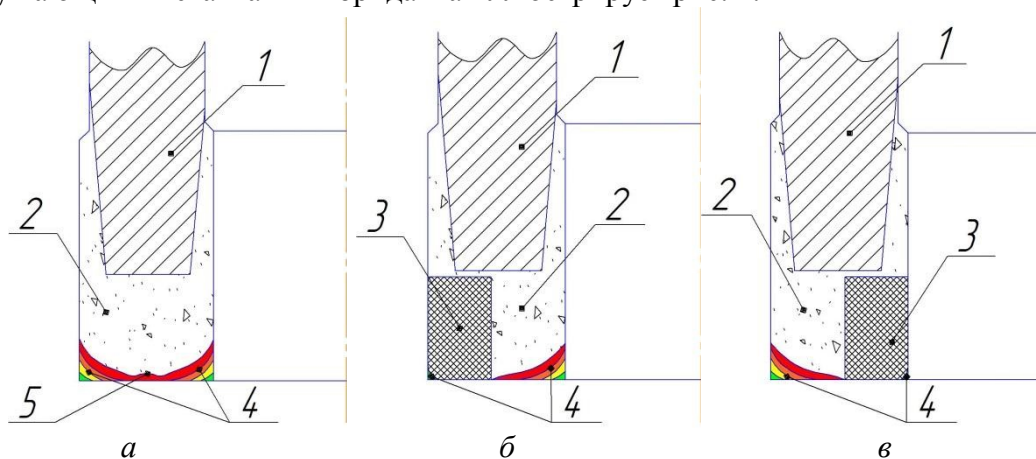


Рис 2. Характер износа алмазосодержащих матриц при различных схемах оснащения рабочих торцов буровых коронок, породоразрушающими вставками гибридаита: а – 1; б – 2; в – 3; 1 – корпус коронки; 2 – алмазосодержащая матрица; 3 – вставка гибридайт; 4 – область износа алмазосодержащей матрицы; 5 – кольцевая канавка

На рис. 2 видно, что при указанных параметрах режима бурения, алмазосодержащие матрицы коронок с различными схемами оснащения рабочего торца вставками из гибридаита изнашиваются по-разному.

Так, алмазосодержащая матрица буровой коронки 1, имела опережающий износ по наружному и внутреннему диаметрам (рис. 2 а). При этом по центру торца коронки образовалась кольцевая канавка. Как показывают результаты ранее выполненного исследования [5], канавка на поверхности матрицы образуется, вследствие скопления под торцом крупных частиц шлама, которые сразу не выносятся промывочной жидкостью и сосредоточиваются в средней его части. При последующем перемещении между рабочим торцом матрицы коронки и забоем скважины они повторно участвуют в абразивном износе матрицы до их полного измельчения и выноса из-под торца промывочной жидкостью. Наличие канавок на поверхности матрицы приводит к «зависанию» инструмента на породе и, как следствие, повышению износа алмазосодержащей матрицы и снижению механической скорости бурения.

Коронки 2 и 3 с расположенными вставками по схемам б и в на рис. 1 также подвержены неравномерному износу профиля рабочего торца буровой коронки. Так, износ коронки 2 значительно больше по внутреннему диаметру рабочего торца (рис. 2 б), и соответственно коронки 3 – по внешнему диаметру (рис. 2 в).

По нашему мнению причина такого износа, в неравномерном распределении нагрузки на рабочем торце. Это связано с тем, что твердость композита матрицы значительно ниже твердости породоразрушающих вставок гибридаита [6, 7], соответственно износ матрицы постоянно опережает износ породоразрушающих вставок.

В целях снижения вероятности образования такого износа износостойкость матрицы решили повысить путем расстановки породоразрушающих вставок гибридаита в рабочем торце алмазосодержащей матрицы коронки с оптимальным перекрытием по наружному и внутреннему диаметрам (рис. 3).

Результаты испытания этой коронки показали, что в таком случае опережающего износа профиля рабочего торца по наружному и внутреннему диаметрам не наблюдается (рис. 4).

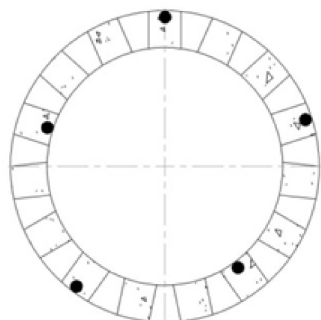


Рис. 3. Схема расстановки вставок гибридаита на рабочем торце импрегнированной коронки с перекрытием (коронка 4)

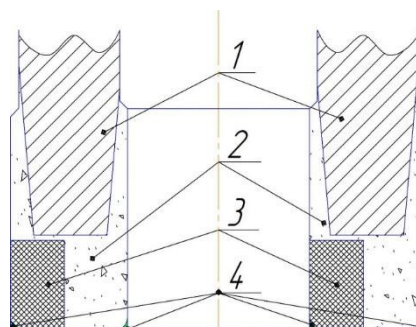


Рис. 4. Характер износа алмазосодержащей матрицы коронки 4: 1 – корпус коронки; 2 – алмазосодержащая матрица; 3 – вставка гибридаита; 4 – область износа алмазосодержащей матрицы

Результаты испытания приведены в табл. 1.

Из полученных данных следует, что наибольшая интенсивность изнашивания – 0,92 г/м – буровой коронки 1. Несмотря на повышенную интенсивность изнашивания, механическая скорость бурения этой коронкой наиболее оптимальная, среди испытываемых коронок, коронки 4.

Результаты испытания коронок 2 и 3, показали, что первоначально скорость бурения этими коронками составляла 2,6 м/ч, однако после проходки одного метра скважины резко снизилась и составляла 0,9 м/ч.

Таблица 1. Результаты испытаний опытных коронок

Номер коронки	Проходка L , м	Время бурения t , ч		Весовой износ Δm , г	Расчетные показатели		
		за рейс	общее		Механическая скорость бурения V , м/ч		Интенсивность весового изнашивания ω , г/м
					за рейс	средняя	
1	2	0,185	0,211	1,83	2,70	2,39	0,92
		0,199			2,51		
		0,224			2,23		
		0,238			2,10		
2	2	0,191	0,378	1,42	2,61	2,09	0,71
		0,273			1,83		
		0,502			0,99		
		0,543			0,92		
3	2	0,189	0,339	1,39	2,64	1,77	0,70
		0,213			2,34		
		0,446			1,12		
		0,510			0,98		
4	2	0,181	0,185	1,22	2,75	2,70	0,61
		0,185			2,70		
		0,186			2,68		
		0,187			2,66		

При этом интенсивность изнашивания матрицы этих коронок была сравнительно одинаковой (2 – 0,71 г/м, 3 – 0,70 г/м).

Такое снижение механической скорости этих коронок обусловлено тем, что осевая нагрузка распределялась по рабочему торцу неравномерно и поэтому приходящаяся на вставку удельная нагрузка (одновременно в одной линии резания у коронок 2 и 3 в работе находились пять вставок), была недостаточной для эффективного разрушения массива горной породы, так как породоразрушающие вставки гибридаита не «вскрывались», т. е. недостаточно обнажались алмазы АКТМ и не затачивался CVD-алмаз, вследствие чего вставки гибридаита работали в режиме частичного заполирования, что способствует резкому снижению механической скорости бурения.

Зафиксировали наименьшее изнашивание у коронки 4 (0,61 г/м), в которой вставки гибридаита на рабочем торце располагались с оптимальным перекрытием. При этом механическая скорость бурения коронкой 4 превышала механическую скорость других коронок и составила 2,69 м/ч.

Это обусловлено тем, что осевая нагрузка равномерно распределялась по рабочему торцу, и была достаточной для разрушения горной породы, благодаря чему в процессе бурения наблюдался эффект «самозатачивания» вставок гибридаита, т. е. появлялась конусность на их рабочем торце при вершине армирующей вставки из CVD-алмаза. Вследствие этого при бурении такой коронкой очевиден характер разрушения породы, присущий резанию, а именно с отделением от массива более крупных частиц шлама.

Это подтвердили результаты измерения шероховатости поверхности забоя горной породы (табл. 2), которые осуществляли по установленной ранее методике [8].

Таблица 2. Результаты измерения шероховатости микропрофиля поверхности забоя

Номер коронки	Схема расстановки вставок гибридаита на рабочем торце буровых коронок	Шероховатость, мкм (ГОСТ 2789-82)			
		R_a	R_z	R_{max}	S_m
1	Без вставок	1,14	4,72	7,57	389,18
2	По внешнему диаметру	0,44	2,25	2,59	155,74
3	По внутреннему диаметру	0,49	2,44	3,02	168,97
4	С перекрытием	1,69	6,74	8,72	705,44

Анализируя полученные данные, следует отметить, что использование схемы расстановки вставок гибридаита с перекрытием в матрице буровой коронки 4, способствует повышению шероховатости микропрофиля поверхности забоя.

При бурении коронкой 1 также сохраняется тенденция к повышению шероховатости микропрофиля поверхности забоя по сравнению с полученными результатами при бурении коронками 2 и 3. Однако такое повышение существенно меньше, чем при использовании коронки 4.

Таким образом, наименее пригодны для бурения коронки 2 и 3 из-за неравномерного распределения удельной нагрузки между вставками гибридаита, что привело к их заполировке и соответственно снижению шероховатости микропрофиля поверхности забоя.

Выводы

Оснащение породоразрушающего слоя матрицы буровой импрегнированной коронки вставками гибридаита по наружному и внутреннему диаметрам способствует устранению аномального износа матрицы и повышению механической скорости бурения.

Повышение шероховатости забоя скважины при бурении породы импрегнированными коронками, дополнительно оснащенными вставками гибридаита по наружному и внутреннему диаметрам свидетельствует о более эффективном разрушении породы.

Наведено результати дослідження впливу схеми оснащення робочого торця вставками гібридаїту на ефективність буріння твердих гірських порід імпрегнованими коронками. Встановлено, що оснащення калібруючої частини імпрегнованої коронки вставками гібридаїту сприяє усуненню її аномального зносу, а також підвищенню ефективності та механічної швидкості буріння міцних гірських порід.

Ключові слова: вставки гібридаїту, CVD-алмаз, імпрегновані коронки, зносостійкість, механічна швидкість буріння.

The design of the impregnated bit working face equipped with hybridait inserts and its influence on the drilling efficiency is investigated. The results presented show that using hybridait elements in calibration part of an impregnated bit helps to prevent an abnormal wear pattern and results in the increase of hard rock drilling speed.

Key words: hybridait inserts, CVD-diamond substructure, impregnated bit, drilling speed.

Литература

1. Технический уровень и тенденции развития алмазного породоразрушающего инструмента для колонкового геологоразведочного бурения // Е.И. Быченков и др. – М., 1987. – 37 с.
2. Особенности износа алмазов в коронках при бурении скважин./Е. И. Быченков// Методика и техника разведки. сб. – Л.: ОНТИ ВИТР, 1976. – № 102. – С. 32–37.
3. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении: монография./ П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
4. Новый ультратвердый поликристаллический композиционный материал / А.А. Шульженко, Е.Е. Ашкинази, А.Н. Соколов и др. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2009. – Вып. 12. – С. 143–153.
5. , Марамзин А.В., Блинов Г.А. Алмазное бурение на твердые полезные ископаемые. – Л.: Недра.–1977.– 248 с.
6. 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.
7. Синтетические алмазы в геологоразведочном бурении / А.А. Бугаев, В.Н. Лившиц, В.В. Иванов и др. – К.: Наук. думка. – 1978. – 232 с.
8. Оценка эффективности разрушения твердых горных пород буровыми коронками, оснащенными синтетическими алмазами и вставками гибридаїта / М.В. Супрун, А.П. Загора, 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, 2013. – Вып. 16. – С. 39–43.

Поступила 26.06.2014