

УДК 622.243.051

А. М. Исонкин, канд. техн. наук

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

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ АЛМАЗНОЙ БУРОВОЙ КОРОНКИ КОНСТРУКТИВНЫМИ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Приведены результаты исследований формирования конструктивными и технологическими методами рельефа рабочей поверхности породоразрушающего инструмента. Показано, что оптимизация параметров режима бурения и использование синтетических алмазов высокой прочности способствуют увеличению высоты их выступания на рабочем торце буровых коронок, повышению износостойкости инструмента и эффективности разрушения им горной породы.

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

Алмазное бурение является одним из основных технологических методов геологической разведки месторождений полезных ископаемых. Использование в последнее время высокопрочных синтетических алмазов привело к расширению области применения породоразрушающего инструмента и повышению его работоспособности.

Одним из наиболее важных конструктивных факторов алмазной буровой коронки, способствующих эффективному разрушению горной породы и выносу из призабойной зоны шлама, является высота выступания алмазов из ее матрицы. Ранее проведенными исследованиями [1; 2] установлено, что работоспособность алмазного бурового инструмента существенно зависит от прочностных характеристик используемых алмазов и выступания их из матрицы, конструктивных параметров коронки, параметров режима бурения и физико-механических свойств разрушаемой горной породы.

Рассматривая технологические параметры режима бурения, следует отметить, что необходимой механической скоростью бурения, как производной глубины внедрения единичных алмазов в горную породу, можно достигнуть при различном парном сочетании таких основных режимных параметров, как частота вращения и осевая нагрузка. При этом каждое из сочетаний упомянутых параметров обеспечивается определенная интенсивность разрушения горной породы, которая определяется ее объемом за единицу времени.

Повышение осевой нагрузки как силового параметра с одной стороны способствует повышению механической скорости бурения и эффективности разрушения породы, с другой – увеличению удельных контактных нагрузок, способствующих повышению вероятности разрушения зерен алмазов и снижению их выступания из матрицы.

В настоящей работе предпринята попытка детализировать влияние параметров микрогеометрии рабочей поверхности алмазной буровой коронки, получаемых в зависимости от соотношения параметров режима бурения и прочности применяемых синтетических алмазов, на показатели процесса разрушения горной породы и износостойкость породоразрушающего инструмента.

Экспериментальные исследования по возможности управления рельефом рабочей поверхности породоразрушающего инструмента осуществляли при бурении коростышевского гранита импрегнированными буровыми коронками типа БС-01 диаметром 46 мм, оснащенными синтетическими алмазами разной прочности марок АС65, АС80, АС100 и АС125 зернистостью 250/200 мкм и 315/250 мкм. В процессе экспериментов механическую скорость бурения коростышевского гранита поддерживали постоянной на парных сочетаниях режимов бурения.

В качестве параметра, оценивающего микрогеометрию рабочей поверхности матрицы буровой коронки, была принята высота выступания алмазов. Измеряли этот показатель по специально разработанной методике, предусматривающей использование возможностей растрового электронного микроскопа-микроанализатора «САНСКАН-4DV».

Эффективность разрушения горной породы оценивали по удельной объемной работе разрушения (отношению общей работы разрушения к объему разрушенной породы).

Износостойкость коронок оценивали по интенсивности изнашивания – отношению линейного износа алмазоносного слоя матрицы к углублению скважины. Линейный износ измеряли с точностью до 1 мкм с использованием микрометрической головки МИГ-1. Осевую нагрузку и тангенциальную составляющую усилия разрушения горной породы определяли с помощью двухкомпонентного динамометра, подключенного через тензоусилитель УТ-1 к осцилографу Н-117.

Шлам разрушенной горной породы отбирали в процессе исследования износостойкости алмазных коронок при бурении скважин в коростышевском граните X категории буримости. Удельную площадь поверхности шлама измеряли с помощью статистического манометрического метода прибором «Акусорб-2100» фирмы «Культреникс» (Франция), где используется адсорбция азота при низкой температуре в соответствии с принципом БЭТ (Брунауэр-Эммет-Тэллор) [3].

Результаты исследования параметров микрогеометрии рабочей поверхности алмазных буровых коронок, работавших при разной интенсивности разрушения горной породы, что обусловлено различием подачи за оборот, приведены в табл. 1.

В режиме работы коронки при сочетании минимальной частоты вращения ($n = 375 \text{ мин}^{-1}$) и максимальной подачи за оборот ($h = 72 \cdot 10^{-6} \text{ м}$) получили наибольшие в данном случае интенсивность разрушения горных пород, удельные контактные нагрузки на рабочем торце и тангенциальную составляющую усилия разрушения горной породы. В этом режиме на поверхности рабочего торца алмазных коронок наблюдалось большое количество разрушенных алмазных зерен со сколотыми вершинами (рис. 1). Средняя высота выступания алмазов из матрицы была наименьшей.

Небольшая высота выступания алмазов из матрицы и наибольший объем разрушенной горной породы приводили к росту концентрации частиц шлама в призабойной зоне и количества их контактов с рабочей поверхностью матрицы коронки. В комплексе с увеличением контактных нагрузок на рабочем торце инструмента это способствовало снижению режущей способности рабочей поверхности коронок и повышению интенсивности их изнашивания.

У коронок, работавших с такой же механической скоростью бурения, но при более высокой частоте вращения ($n = 600 \text{ мин}^{-1}$) и более низкой подаче за оборот ($h = 45 \cdot 10^{-6} \text{ м}$), интенсивность разрушения горной породы снижалась. Это приводило к снижению удельных контактных нагрузок на рабочий торец коронки и тангенциальной составляющей усилия разрушения горной породы. Как следствие, рельеф рабочей поверхности улучшался, о чем свидетельствуют снижение на рабочей поверхности коронки количества разрушенных зерен алмазов и увеличение средней высоты их выступания в 1,36 раза (рис. 2).

При дальнейшем повышении частоты вращения до $n = 900 \text{ мин}^{-1}$ и снижении подачи за оборот до $h = 30 \cdot 10^{-6} \text{ м}$ тенденция к улучшению работоспособности буровых коронок прослеживалась еще очевиднее. Интенсивность разрушения породы и удельные контактные нагрузки на рабочий торец коронки снизились соответственно в 2,63 и 1,7 раза. Это привело к тому, что средняя высота выступания алмазов по сравнению с наиболее тяжелым режимом бурения ($h = 72 \cdot 10^{-6} \text{ м}$, $n = 375 \text{ мин}^{-1}$) увеличилась в 1,47 раза, а интенсивность изнашивания коронок снизилась в 3,2 раза.

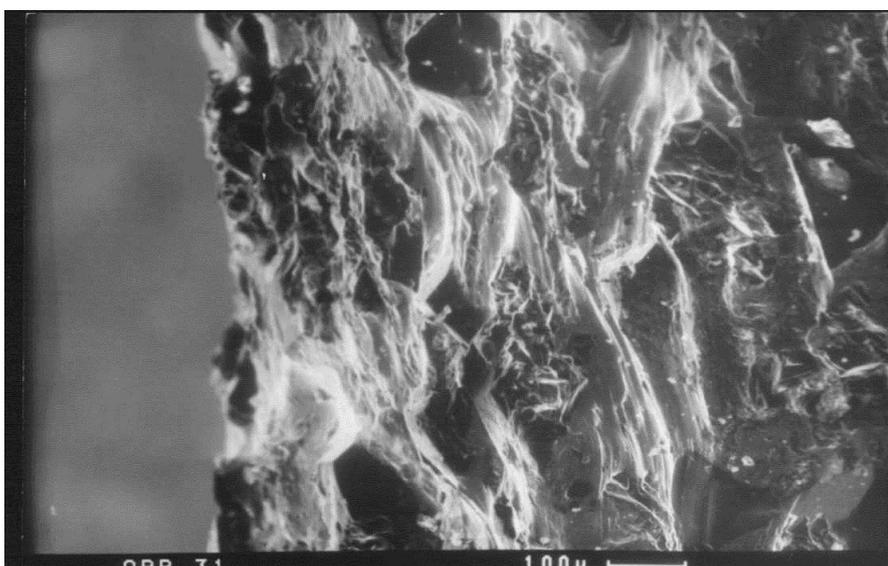
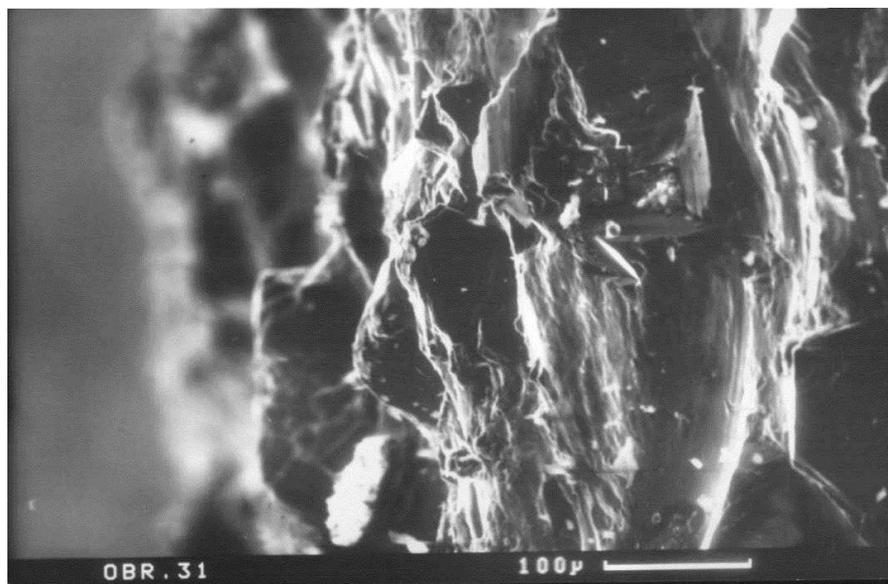
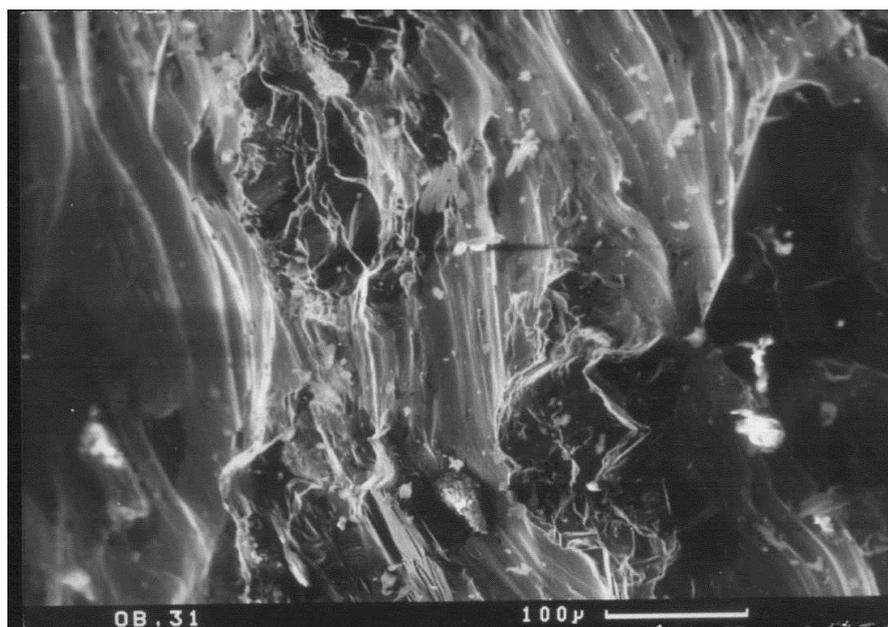


Рис. 1. Вид рельефа участка рабочей поверхности импрегнированной коронки со сколотыми вершинами алмазных зерен, работавших при низкой частоте вращения и высокой подаче за оборот

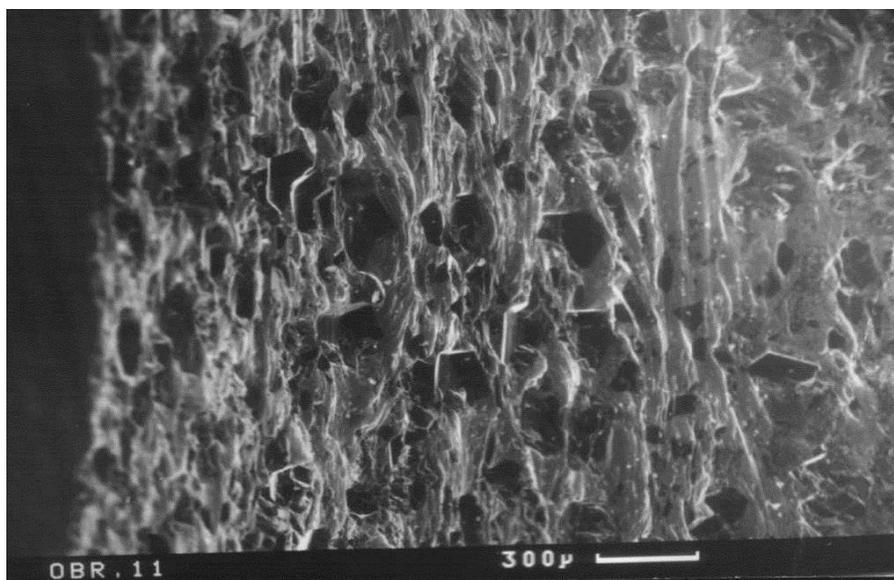
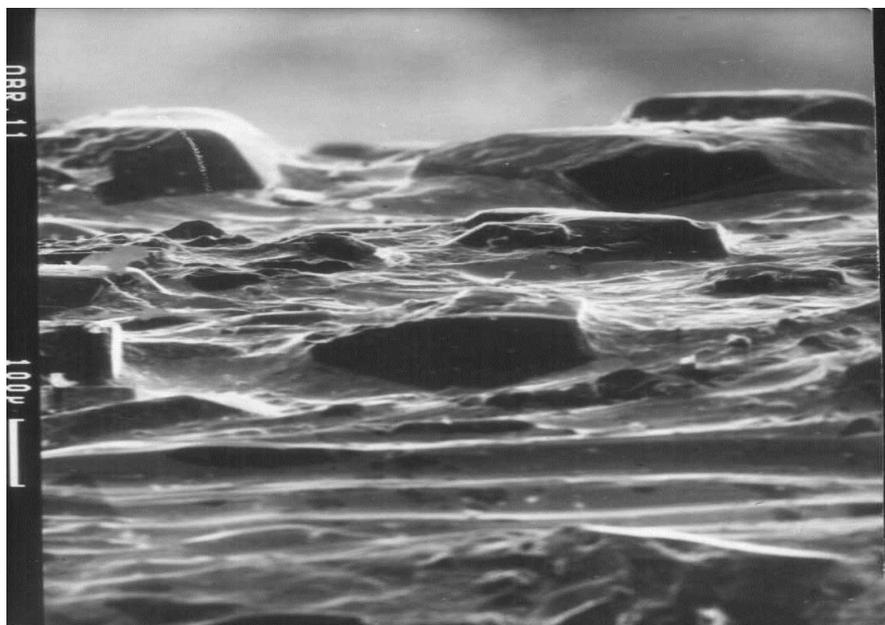
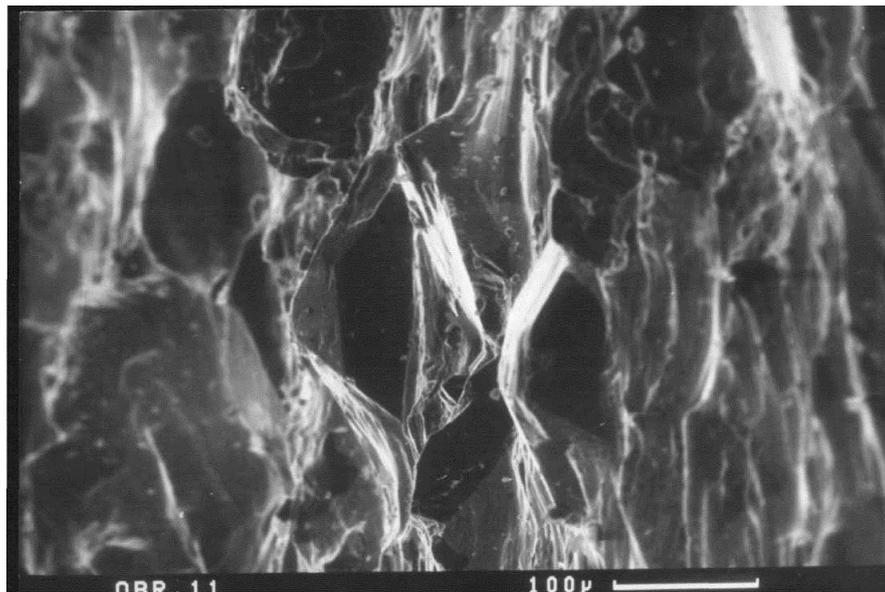


Рис. 2. Вид рельефа участка рабочей поверхности импрегнированной коронки с алмазными зернами, работавшими при высокой частоте вращения и низкой подаче за оборот

Таким образом, снижение высоты выступления зерен из матрицы за счет их скалывания при повышенной удельной контактной нагрузке на рабочий торец коронки и тангенциальной составляющей усилия разрушения породы при высоких осевых нагрузках, используемых в целях достижения требуемой механической скорости бурения, создает предпосылки к ухудшению рельефа рабочей поверхности коронки, степени очистки призабойной контактной зоны от шлама и способствует повышению усилий трения. Все приведенное приводит к резкому увеличению износа матрицы буровых коронок.

Результаты анализа данных, приведенных в табл. 1, свидетельствуют о том, что увеличению высоты выступления из матрицы используемых для оснащения коронок синтетических алмазов может способствовать повышение их прочности.

Таблица 1. Показатели работы буровых коронок БС-01 диаметром 46 мм, оснащенных синтетическими алмазами марки АС100 зернистостью 315/250 мкм при различных сочетаниях частоты вращения, осевой нагрузки и подачи за оборот при постоянной механической скорости бурения 1,6 м/ч

Частота вращения, мин ⁻¹	Подача коронки за один оборот, м×10 ⁻⁶	Окружная скорость, м/с	Осевая нагрузка, даН	Тангенциальная составляющая, даН	Удельное давление на рабочем торце коронки, даН/см ²	Интенсивность разрушения породы, м ³ /ч×10 ⁻⁴	Удельная работа разрушения, кДж/см ³	Интенсивность изнашивания, мм/м	Средняя высота выступления алмазов из матрицы, мкм	Расчетная проходка на коронку при высоте алмазного слоя 4 мм, м
375	72	0,75	840	294	229,5	7,907	4,15	0,307	53	13
475	57	0,96	720	216	196,7	6,256	2,97	0,166	64	24
600	45	1,21	570	154	156,1	4,942	2,21	0,117	72	34
900	30	1,81	490	118	134,6	3,003	1,69	0,095	78	42

В целях подтверждения такого предположения осуществили экспериментальные исследования разрушения коростышевского гранита импрегнированными буровыми коронками, оснащенными синтетическими алмазами различной прочности, результаты которых приведены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели работы коронок, оснащенных синтетическими алмазами различной прочности зернистостью 250/200 мкм, при бурении коростышевского гранита с частотой вращения 800 мин⁻¹ и подачи за оборот 60 мкм

Марка алмазов	Прочность алмазов / статическая / динамическая, не менее, Н	Средняя высота выступления алмазов из матрицы, мкм	Интенсивность изнашивания коронки, мм/м	Удельная работа разрушения, кДж/см ³	Удельная площадь поверхности частиц шлама, м ² /г
АС65	63/83	56	0,254	2,941	10,22
АС80	78/95	63	0,216	2,554	9,46
АС100	92/116	67	0,195	2,127	7,87
АС125	115/130	72	0,156	2,047	6,54

Как следует из данных табл. 2, использование алмазов более высокой прочности способствует улучшению рельефа рабочей поверхности коронки за счет увеличения в 1,29 раза высоты выступания алмазов из матрицы. В свою очередь это способствует более рациональному использованию подводимой к коронке энергии при разрушении горной породы, о чем свидетельствует снижение удельной работы разрушения и интенсивности изнашивания соответственно в 1,44 и 1,63 раза.

Дополнительным подтверждением приведенного является уменьшение удельной площади поверхности частиц шлама, т.е. образование более крупных их фракций, что свидетельствует о снижении вероятности расклинивания частиц шлама между рабочим торцом коронки и забоем скважины и степени их вторичного дробления.

Выводы

В результате исследований установлена возможность регулирования рельефа рабочей поверхности буровой коронки конструктивными и технологическими методами посредством увеличения высоты выступания алмазов из матрицы. Это достигается использованием рационального соотношения параметров режима бурения и прочностных характеристик применяемых для оснащения коронок алмазов.

Увеличение высоты выступания алмазов из матрицы посредством использования более прочных марок синтетических алмазов способствует уменьшению количества контактирующих и активно воздействующих на матрицу частиц шлама. Увеличение этого показателя позволяет снизить вероятность расклинивания и степень передраблывания частиц шлама под рабочим торцом коронки, тем самым снизить затраты энергии на разрушение породы, интенсивность изнашивания матрицы и повысить износостойкость инструмента.

Наведено результати досліджень формування конструктивними і технологічними методами рельєфу робочої поверхні породоруйнівного інструменту. Показано, що оптимізація параметрів режиму буріння і використання синтетичних алмазів високої міцності сприяють збільшенню висоти їх виступання на робочому торці бурових коронок, підвищенню зносостійкості інструменту та ефективності руйнування ним гірської породи.

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

Results of investigations of the formation of structural and technological methods of relief work surface drilling bits. It is shown that the optimization of drilling parameters and the use of high strength synthetic diamonds help to increase the height of their prominence in the working end of drill bits, tool wear and increasing the efficiency of the destruction they rock.

Key words: synthetic diamonds, strength, durability, drill bits.

Литература

1. Сверхтвердые материалы в геологоразведочном бурении / П. В. Зыбинский, Р. К. Богданов, А. П. Загора, А. М. Исонкин. – Донецк: Норд-Пресс, 2007. – 244 с.
2. Справочник по бурению геологоразведочных скважин. / Под ред. Е. А. Козловского. – С-Пб.: ООО «Недра», 2000. – 712 с.
3. Исонкин А. М., Богданов Р. К., Гвяздовская В. Л. Исследование удельной поверхности бурового шлама в зависимости от конструктивных особенностей алмазных коронок и параметров режима бурения // Породоразрушающий инструмент, оснащенный синтетическими сверхтвердыми материалами. – К.: ИСМ АН УССР, 1988. – С. 54–59

Поступила 14.05.12