

УДК 622.233.05

*Б.А. Катанов*

## **ПОРОДОРАЗРУШАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ КАРЬЕРНЫХ БУРОВЫХ ДОЛОТ**

**Р**абочие инструменты, применяемые для разрушения пород горными машинами, называют горными инструментами. От этих инструментов зависит в большей степени производительность горных машин и труда рабочих, износ машин и расход энергии, качество и стоимость добываемой продукции, т.е. технико-экономические показатели работы горных предприятий.

Горные инструменты работают в тяжелых условиях: переменные по характеру нагрузки с пиками 5–8 и большей кратности относительно средних; изменчивые свойства разрушаемых пород; повышение температуры и др. Повышение мощности горных машин приводит к увеличению нагрузок, что предъявляет все возрастающие требования к прочности и стойкости инструментов. Поэтому к горным инструментам предъявляют следующие требования:

- эффективное разрушение горной породы с меньшим расходом энергии и с высокой производительностью;
- прочность и износостойкость, особенно армировки и рабочих кромок;
- минимальное пылеобразование;
- соответствие формы, размеров и геометрических параметров свойствам разрушаемых пород, конструкции исполнительного органа и кинематике его работы;
- простая и надежная установка в исполнительном органе;
- возможность быстрой замены при износе;

- технологичность в изготовлении;
- удобство осмотра, восстановления и заточки, а также невысокая стоимость изготовления и эксплуатации.

Бурение взрывных скважин является начальным этапом процесса открытой угледобычи во всех случаях, когда вскрыша представлена достаточно крепкими породами. От проведения буровых работ зависит своевременная и качественная подготовка горной массы к эвакуации и транспортированию, а следовательно, и технико-экономические показатели добычи в целом.

Основной вид бурового инструмента современных карьерных станков вращательного бурения – шарошечные и режущие долота, снабженные в качестве породоразрушающих элементов шарошками различных типов и стержневыми резцами.

Как показал длительный опыт их эксплуатации, шарошки имеют ряд принципиальных и трудноустраняемых недостатков: высокую стоимость, большое количество мелкодисперсной пыли, образующейся при разрушении пород, низкая стойкость опор, невозможность замены шарошки при выходе из строя и восстановления долота при выходе из строя даже всего одной шарошки, сложность эксплуатации и т.д.

Стойкость шарошечных долот принято выражать двумя показателями: стойкостью по вооружению и стойкостью по опорам.

На стойкость по вооружению оказывают влияние как прочностные свойства (агрегатная твердость, крепость), так и абразивность буримых пород [1].

У долот с зубчатыми шарошками в основном разрушаются периферийные венцы шарошек вследствие пластических деформаций, выколов и абразивного износа.

Вооружение этих шарошек довольно быстро выходит из строя, особенно вершины и периферийные венцы, работающие в наиболее трудных условиях. Условия работы средних венцов шарошек более благоприятны и поэтому они меньше изнашиваются, хотя и на них имеются сколы металла, обусловленные некоторыми факторами изготовления шарошек с фрезерованным вооружением.

Для получения большей твердости, а следовательно износостойкости металла, зубья шарошки подвергаются цементации на глубину 1,5–1,8 мм. При этом при небольших величинах зубьев происходит их сплошное прокаливание и вершины становятся весьма хрупкими.

Стойкость штыревых шарошек в значительной степени определяется качеством запрессовки штырей. При слабой запрессовке штыри выпадают на забой, разрушают долото и приводят к выходу его из строя. Если штыри запрессованы очень туго, то остаточные напряжения в комплексе с динамическими нагрузками, возникающими при разрушении забоя, приводят к их поломкам и резкому снижению производительности долота.

Шарошки с комбинированным вооружением содержат в себе элементы зубчатых и штыревых. Вследствие различной износостойкости штырей и фрезерованных зубьев, последние разрушаются значительно быстрее. После этого вся нагрузка ложится на оставшуюся

часть штырей. Долото начинает работать с большими вибрациями и часто выходит из строя из-за динамических перегрузок. Все же следует отметить, что, несмотря на это, шарошки с комбинированным вооружением в диапазоне пород с коэффициентами крепости 7–14 значительно более стойки, чем имеющие зубчатое и даже штыревое вооружение.

Анализ износа вооружения штыревых шарошек показывает, что срабатываются твердосплавные зубья, образующие забой, а калибрующие скважину изнашиваются незначительно. Интенсивный износ вооружения обычно наблюдается в крепких абразивных породах. При этом причиной выхода из строя вооружения является не только абразивный износ, но и скол зубьев. В результате износа зубьев происходит постепенное уменьшение контактной нагрузки на породу забоя и снижение механической скорости бурения.

При бурении в крепких породах наряду с износостойкостью зубья вооружения должны обладать достаточной вязкостью, так как они работают при больших изгибающих и ударных нагрузках. Этим требованиям в большей степени соответствует твердый сплав ВК-15, который более пластичен, чем сплав ВК-8В.

Иногда изнашиваются до обнажения опор вершины шарошек, которые работают в весьма тяжелых условиях, особенно при бурении крепких и абразивных пород.

Анализ отработки шарошечных долот на горных предприятиях показывает, что до 80 % от общего их количества выходят из строя в результате износа опор, т.е. стойкость шарошечных долот в настоящее время определяется главным образом стойкостью опор шарошек.

Основной причиной выхода долот из строя по этому показателю является проникновение породной мелочи через зазор между шарошкой и лапой в полость подшипников. Если в подшипник попадает малоабразивная пыль, то проникая между дорожками на цапфе и шарошке и телами качения, она поглощает смазку и спрессовывается. Затем наступает нагрев и заклинивание шарошки. Заклиненные шарошки быстро изнашиваются вследствие истирания о забой. Самое качественное долото выходит из строя в крепких породах через 10–15 м после забивания буровой мелочью опор шарошек.

Если же пыль, попадающая в подшипник, абразивная, то она интенсивно изнашивает дорожки на шарошке и цапфе и тела качения. В этом случае заклинивания шарошек на цапфе, как правило, не происходит, а долото выходит из строя из-за износа подшипников и нарушения вследствие этого нормально-го режима бурения.

Опорные поверхности (дорожки) цапф изнашиваются больше, чем опорные поверхности шарошек. Это объясняется тем, что вращаясь, участки опорной поверхности шарошки вступают в контакт с цапфой последовательно. Особенностью работы опорных поверхностей цапф является их одностороннее нагружение (снизу).

Износ тел качения (шариков и роликов) определяется конструктивными особенностями долот. В ряде случаев изношенные тела качения не теряют своей формы и имеют относительно гладкую поверхность.

Изменение формы, раскалывание и выкрашивание шариков и роликов - результат высоких контактных напряжений и зажимов. Появление расколотых тел качения способствует перегрузке оставшихся целых и ускоряет их износ и

раскалывание. Стойкость долот, имеющих опоры по схеме ролик-шарик-ролик, больше чем долот с опорами по схеме шарик-шарик-ролик.

Устранение изложенных выше недостатков долот, оснащаемых шарошками в качестве породоразрушающих элементов довольно сложная и трудноосуществимая задача, поэтому при бурении сравнительно слабых пород целесообразно на станках вращательного бурения тяжелого типа (СБШ), ошибочно называемых станками шарошечного бурения, применять режущие буровые долота, у которых в качестве породоразрушающих элементов служат стержневые резцы (рис. 1).

Проведенные в ИрГТУ и КузГТУ исследования и эксперименты показали, что вращательное бурение режущими долотами, оснащенными съемными резцами, имеет целый ряд существенных преимуществ [2].

Существующие конструкции режущего бурового инструмента для карьерных станков вращательного бурения легкого (СБР) и тяжелого (СБШ) типов позволяют вести ими бурение скважин по породам с коэффициентом крепости  $f = 2 \div 7$  (по шкале проф. М.М. Протодьяконова). Режущие элементы этих долот оснащаются (армируются) пластинами твердых сплавов, которые крепятся к корпусу долота или державкам сменных породоразрушающих элементов (резцов) посредством пайки.

Необходимость создания конкурентоспособных отечественных буровых долот для станков вращательного бурения тяжелого типа (СБШ) очевидна [3]. Однако для этого необходимо идти не по пути копирования зарубежных моделей, а осваивать принципиально новые направления ориентируясь не только на шарошечные долота, как это делается в настоящее время.

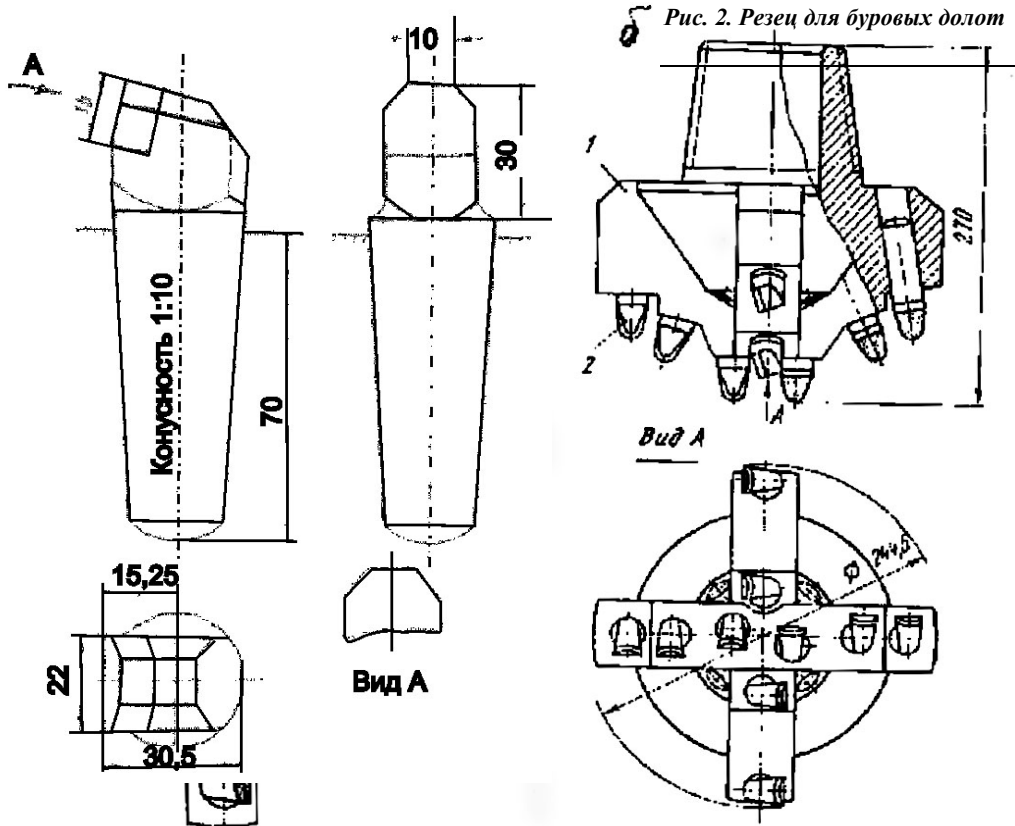


Рис. 1. Режущие буровые долота для станков вращательного бурения тяжелого типа (СБШ) ИрГТУ: а – ЗРД-215,9; б – ЗРД-244,5

Проведенные исследования и опыт эксплуатации конструкций режущих долот, предложенных КузГТУ, ИрГТУ и ГУЦМиЗ показывает, что при бурении пород с  $f \leq 6$  большая эффективность процесса бурения может быть обеспечена долотами оснащенными стержневыми резцами, применяемыми на добычных и проходческих шахтных комбайнах, т.к. изготовление специальных резцов связано с известными трудностями, а их себестоимость довольно высока.

Применение прочных и износостойких резцов (рис. 2) делает оправданным применение их для оснащения режущих долот, предназначенных для станков

вращательного бурения тяжелого типа (СБШ).

Проведенные испытания показали, что упомянутыми резцами вполне возможно резание песчаника с временным сопротивлением одноосному сжатию 77,3 МПа и абразивностью 15 мг, т.е. с коэффициентом крепости  $f = 5-8$ .

На кафедре горных машин и рудничного транспорта ИрГТУ налажено мелкосерийное изготовление режущих долот по заказам угольных разрезов, которые используют их вместо серийных шарошечных долот на станках СБШ [2].

Освоение серийного выпуска режущих долот позволило бы по-новому

оценить номенклатуру выпускаемых промышленностью карьерных буровых станков. Использование шнекопневматической очистки скважин при бурении их режущими долотами существенно снизит количество пыли, выдаваемой из скважины, и позволит упростить системы пылеулавливания станков.

При бурении перемежающихся по крепости и абразивности пород могут

быть с большей степенью эффективности использованы комбинированные режуще-шарошечные долота различных типов предложенные ИрГТУ, КузГТУ и рядом других организаций. Они позволяют использовать преимущества как режущего, так и шарошечного породоразрушающего инструмента.

---

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Катанов Б.А. Основные причины износа шарошечных долот и пути его снижения. Горные машины и автоматика, № 2, 2003, с. 13–14.

2. Техника, технология и опыт бурения скважин на карьерах // под ред. В.А. Пе-

ретолчина – М.: Недра, 1993.– 285 с.

3. Проектирование буровых инструментов для открытых горных, земляных и строительных работ: монография / В.Д. Буткин, А.В. Гилев, С.В. Доронгин и др. – М.: МАКСПресс, 2005. – 240 с. **ИДБ**

#### Коротко об авторах

*Катанов Борис Александрович* – доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета, академик РАН.

Статья представлена кафедрой горных машин и комплексов Кузбасского государственного технического университета.