

УДК 622. 243. 051. 64

Ю. П. Линенко-Мельников, канд. техн. наук

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

КЛАССИФИКАЦИЯ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ БУРОВЫХ КОРОНОК

In this abstract the classification of hardmetal drilling crowns in different rock-geological conditions and their further application are presented. The methods of drilling and corresponding destruction mechanisms are considered. The main types of energy that flows from instrument to rock and their effective usage are given. The applicable types of hardmetal inserts and the form of their working surface for the known types of drilling crowns are determined.

В последние годы накоплен большой опыт эксплуатации серийных твердосплавных буровых коронок и испытаниях экспериментальных образцов, особенно тех, которые были предназначены для бурения крепких и очень крепких пород. Проведены исследования различных схем взаимодействия инструмента с породой и механизма их разрушения. Существенно увеличена мощность приводов и ударных механизмов путем создания гидроударников. Повышена прочность и износостойкость твердых сплавов, спекаемых в компрессионных печах. Разработаны принципиально новые конструкции буровых коронок. В связи с этим возникла потребность в их классификации. Она необходима для правильного выбора эффективных областей применения различных буровых коронок и определения перспективных направлений их проектирования с целью совершенствования.

Буровые коронки могут быть классифицированы по различным признакам, например, по типам, конструкции, принципу действия, назначению, области применения и др. В то же время классификационный признак должен учитывать взаимосвязь наиболее важных характеристик процесса механического разрушения горных пород. Таким признаком является способность буровых коронок разрушать горные породы в зависимости от их физико-механических свойств и факторов, связанных с процессом механического разрушения забоя, взаимодействия инструмента с породой, его конструкции, формы твердосплавных инденторов, удельной энергии воздействия на породу и др.

Классификация буровых коронок по данным признакам приведена в таблице на рисунке. Физико-механические свойства горных пород выражены их наиболее распространенными показателями- крепостью и абразивностью. Крепость горных пород может быть оценена по коэффициенту крепости f по шкале М. М. Протождяконова, контактной прочности R_k [1], удельному сопротивлению резанию R_Δ , полученному на приборе Н. Е. Черкасова с резцом – эталоном [2], коэффициенту буримости K_6 , предложенному автором [3], который выражен через удельную энергию удара в зоне контакта инструмента с породой, отнесенную к скорости бурения. Этот показатель позволяет точнее других критериев определять сопротивляемость горной породы механическому разрушению при ударе, так как в данном случае метод воздействия на породу соответствует тому, который осуществляется при ее бурении [4]. В связи с тем, что перечисленные методы определения крепости горных пород имеют свои преимущества и недостатки, в классификационной таблице приведены коэффициент крепости f и коэффициент буримости K_6 .

Свойство породы, выражающееся в ее способности изнашивать контактирующий с ней инструмент, оценивается через показатель абразивности a [5]. Он в наибольшей степени соответствует режущему инструменту – коронкам для вращательного бурения, износ которых происходит при трении его задней грани о породу. Инструмент ударного действия изнашивается при раздавливании абразивных частиц породы в процессе образования ядра предразрушения при прохождении через инструмент в породу ударной волны. Однако, не-

смотря на то, что этот механизм износа имеет другой характер, для его оценки пользуются указанным показателем, тем более что другого пока не имеется.

Для шпуров и скважин с различными породами коэффициент крепости и показатель абразивности в какой-то мере усредняются. В классификационной таблице (см. рис.) горные породы по физико-механическим свойствам разделены на четыре группы, соответственно разделен сам буровой инструмент и другие его отличительные признаки.

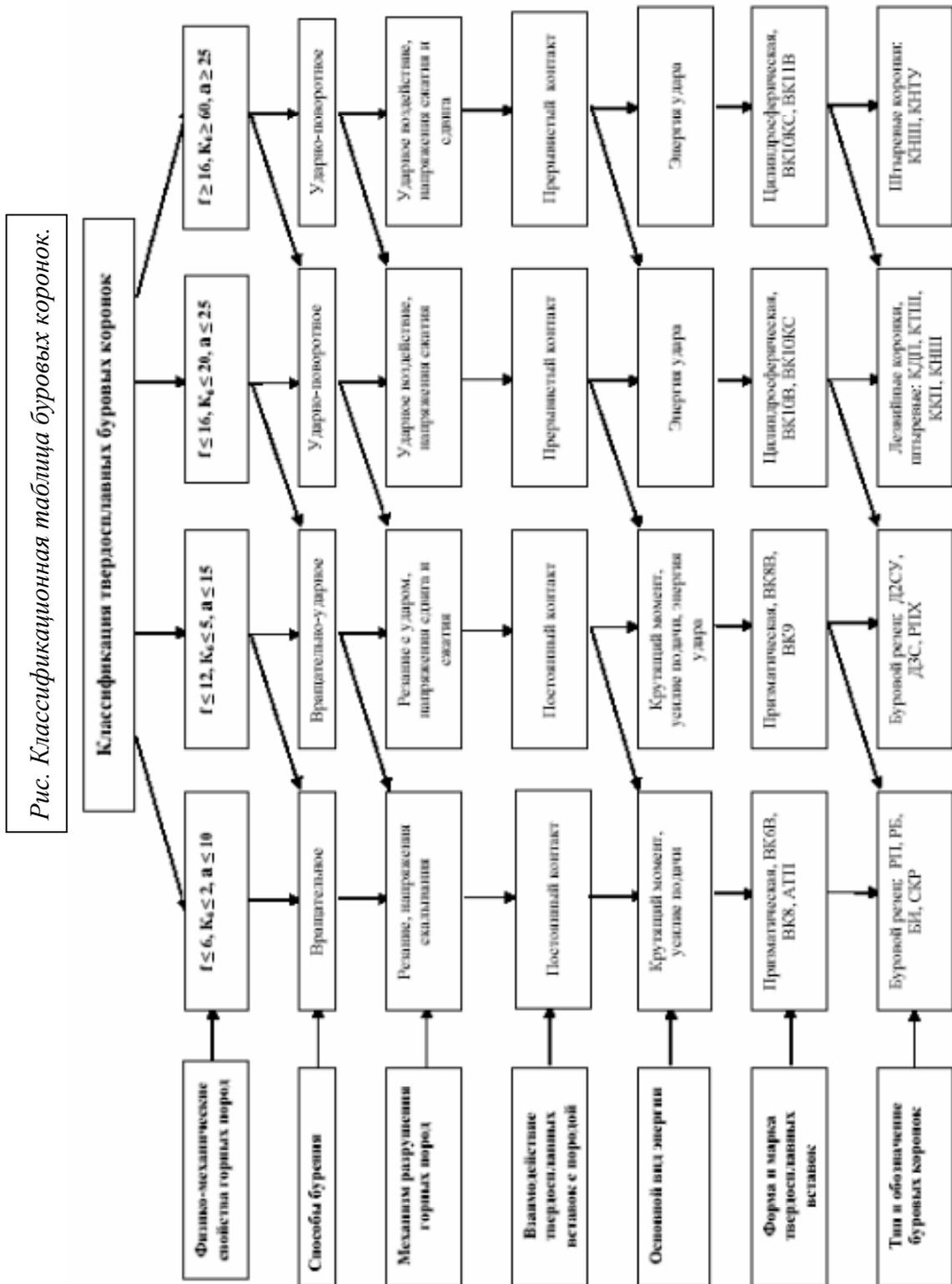


Рис. Классификационная таблица буровых коронок.

В зависимости от крепости и абразивности горных пород используют различные способы бурения. Некрепкие породы, такие как уголь, глинистый сланец, алевролиты, соль, песчаный сланец и другие, бурят с использованием вращательного бурения. В последнее десятилетие, благодаря созданию в ИСМ НАНУ алмазно-твердосплавных пластин (АТП), обладающих очень высокой износостойкостью, и инструмента для вращательного бурения с их использованием область применения буровых резцов значительно расширилась, включая породы с коэффициентом крепости $f = 12$ и показателем абразивности $a = 45$ мг. При вращательном бурении применяют большие усилия подачи и крутящий момент. Ранее породы средней крепости, такие как доломит, ангидриты, крупнозернистые песчаники и др., бурили вращательно-ударным способом, когда при большом усилии подачи мощность механизма вращения значительно больше ударной мощности. Так как при таком бурении скалывание породы происходит за счет вращения инструмента, последний интенсивно изнашивается. Поэтому данный способ в последнее время используется редко.

Более эффективным является ударно-поворотное бурение, при котором разрушение породы и образование в ней трещин предразрушения происходит под действием большой ударной мощности. Усилия подачи и крутящий момент значительно меньше, чем в предыдущих способах. Существенно изменена конструкция инструмента и увеличена его стойкость. Данный способ обеспечивает эффективное бурение большинства горных пород, вплоть до очень крепких, таких как кремень, роговик, кварцит, джеспилит, скарн и др. [6]

Современная концепция механизма разрушения горных пород как при резании (вращательное бурение), так и с наложением ударной нагрузки, позволяет сделать ряд важных выводов:

- Отделению частиц горной породы в шпуре от массива предшествует образование многочисленных трещин предразрушения, в связи с чем фактическая крепость разрушаемой породы значительно (на 20 – 30 %) ниже по сравнению с той, которая определяется существующими методами. Повышенная затрата энергии при бурении возникает лишь в начале забуривания.
- В связи с тем, что разрушаемые горные породы и твердосплавные вставки, которыми армируют буровые коронки, являются хрупкими материалами, необходимо чтобы конструкция инструмента и механизма его взаимодействия с породой обуславливали развитие в ней напряжений растяжения или сдвига, а в твердосплавных вставках – сжатия.
- Применение ударной нагрузки для бурения значительно эффективнее по сравнению с резанием (вращательным бурением), а так как объем бурения крепких и очень крепких пород значительно больше по сравнению со слабыми и породами средней крепости, совершенствование ударного инструмента и соответствующей буровой техники, является перспективным направлением для проведения буровых работ.
- Установлено, что при ударно-поворотном бурении лезвийным инструментом на образование трещин в массиве расходуется до 10 % энергии, потраченной на разрушение породы, примерно столько же на отделение частиц их дробление и на образование ядра уплотнения – около 10 %. Остальная часть энергии (примерно 80 %) отражается от массива и тратится в нем [6]. Поэтому при разработке новых конструкций буровых коронок форма рабочей части твердосплавных вставок и их взаимное расположение должны выбираться таким образом (особенно при создании штыревых коронок), чтобы изменить это соотношение с целью увеличения полезных затрат энергии на разрушение породы.

Эти положения были учтены автором при создании коронок нового технического уровня (КНТУ). Штыревые коронки, в которых твердосплавные вставки имеют цилиндрическую форму, значительно лучше, воспринимают сжимающие нагрузки по сравнению с призматическими вставками, поэтому стойкость таких коронок значительно выше (в 2 – 3 раза), чем у лезвийных, и они практически заменили последние, особенно при бурении крепких и очень крепких пород.

Наибольшее количество поломок твердосплавных вставок происходит по периферии коронки, так как эти вставки работают в угловой зоне шпура, где его торец заблокирован боковой стенкой. Использование коронок типа КНТУ, которыми осуществляется эффективное разрушение породы в угловой зоне шпура под действием сдвигающих напряжений вместо сжимающих, существенно повысило стойкость коронок и скорость бурения [7].

Создание современных гидроперфораторов с энергией удара до 250 Дж для колонкового бурения, что в 3 – 4 раза выше, чем у перфораторов, работающих на сжатом воздухе, позволило бурить крепкие породы коронками диаметром 43 мм со скоростью до 2000 мм/мин, что на порядок выше по сравнению с существующей скоростью. При этом существенно снижается расход инструмента [8].

Как известно, не вся энергия ударной волны поглощается породой на образование в ней трещин и разрушение. Чем крепче горная порода и выше ее упругие свойства, которые не оцениваются при статическом разрушении образцов, тем выше доля энергии удара, отраженная от породы, которая со скоростью звука пульсирует между породой и ударником перфоратора через инструмент и штангу. Таким образом, коронка и твердосплавные вставки воспринимают не только ударные волны от перфоратора, но и отраженные от породы. Поэтому при бурении таких пород, как, например, скарн или джеспилит, для которых коэффициент крепости по шкале М. М. Протоdjeяконова находится в пределах $f = 18 - 20$ и которые благодаря высоким упругим свойствам эти породы оказывают значительно большее сопротивление разрушению, чем другие с аналогичным коэффициентом крепости, расход твердосплавного инструмента существенно возрастает.

Для изготовления бурового инструмента ударного действия применяют твердосплавные вставки с повышенным содержанием кобальта (Со) или вставки с инградиентной структурой, полученной путем дополнительной пропитки кобальтом вставок с более низким его содержанием [9]. Кобальт значительно дороже карбида вольфрама. В последние годы создание компрессионных печей и компьютерных технологий для спекания твердосплавных вставок позволило существенно повысить качество этих вставок. Одновременно возросла стоимость твердого сплава и соответственно бурового инструмента. Поэтому крайне важным является его многократное использование путем восстановления затупленных коронок алмазным инструментом.

При бурении в результате многократного знакопеременного циклического взаимодействия с породой в поверхностном слое твердосплавных вставок возникают усталостные трещины [10]. Если интенсивность износа инструмента сопоставима со скоростью образования дефектного слоя, то поломки твердого сплава не возникают. В противном случае необходимо своевременно снять дефектный слой на рабочей части твердосплавных вставок при затачивании затупленных коронок и одновременно придать вставкам их первоначальную форму. Марка твердого сплава и его форма, применяемые для коронок с различным способом бурения, приведены в классификационной таблице. Там же дано обозначение коронок, применяемых в странах СНГ. Следует отметить, что форма рабочей части вставок у штыревых коронок в зависимости от условий эксплуатации выполняются в виде клина с цилиндрическим основанием, полусферы параболоида или конуса с полусферой. В большом диапазоне изменяются также количество вставок на корпусе коронки и их взаимное расположение. Коронки одного типоразмера имеют более десяти вариантов исполнения.

Для обеспечения эффективной работы в трудных условиях, а именно при бурении очень крепких, упругих и абразивных пород, коронки должны оснащаться твердосплавными вставками со сферической или баллистической рабочей частью, содержащими 10 – 11 % Со. Расположение вставок на корпусе коронки должно обеспечивать скалывание породы в угловой зоне шпура, а их количество должно быть минимальным для обеспечения наибольшей удельной энергии удара с тем, чтобы ее хватило на образование трещин предразрушения и отрыв частиц породы от забоя шпура. Это особенно важно для погруженных перфораторов, размеры которых и мощность ограничены диаметром скважины [11]. Созданный по такому принципу в ИСМ НАНУ совместно с АОЗТ «Укрмашпром» буровой инструмент типа КНТУ

при эксплуатации показал, что его стойкость и скорость бурения в несколько раз выше по сравнению с серийными коронками [12].

Для обеспечения эффективного бурения шпуров и скважин и снижения расхода бурового инструмента необходимо, кроме рассмотрения указанных выше требований, решить ряд комплексных задач по созданию соответствующих друг другу буровых коронок и буровой техники, а также по созданию системы автоматического выхода на оптимальный режим бурения [13].

Литература

1. Барон Л. И., Глатман Л. Б. Методика испытаний горных пород на контактную прочность. – М. – ИГД им. А. А. Скочинского, 1961. – 67 с.
2. Черкасов Н. Е. Исследование усилий на резах тоннельных механизированных щитов // Сб: Лабораторные и производственные исследования механизированной разработки горных пород при сооружении тоннелей метрополитена. М.: ЦНИИ Минтрансстроя. Сообщение № 144. – М., 1959.– 205 с.
3. Линенко – Мельников Ю. П. Оценка свойств горных пород при перфораторном бурении// Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, – 2003,– С. 315 – 319
4. Эйгелес Р. М. О методике изучения свойств горных пород при динамическом воздействии на них // Сб. статей Механические свойства горных пород. – М.: Изд. ИГД АН СССР, 1959. – С. 78 – 83.
5. Барон Л. И., Кузнецов А. В. Методика испытаний горных пород на абразивность // ИГД АН СССР, 1960.– М.–87 с.
6. Иванов К. И., Варич М. С., Дусев В. И., Андреев В. Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых.– М., –Недра. 1974. – 408 с.
7. Линенко – Мельников Ю. П. К вопросу о механизме разрушения горных пород в шпуре применительно к штыревым коронкам // Сверхтв. материалы. – 2004. –№ 3 – С. 84 – 90.
8. Линенко – Мельников Ю. П., Алексеенко В. Ф., Глущенко В. С. Создание и применение в Украине буровой техники, заменяющей импортную продукцию // Инструментальный світ . 2003. – С. 24 – 29.
9. Лисовский А. Ф., Куш В. И., Шестаков С. И., Линенко-Мельников Ю. П. Концепция формирования структуры твердосплавных вставок для оснащения породоразрушающего инструмента // Породоразрушающий и металлорежущий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып. 8. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – С. 256 – 261.
10. Лисовский А. Ф., Линенко – Мельников Ю. П. Образование дефектов в твердосплавной вставке буровой коронки // Сверхтв. материалы. – 2004. – № 3. – С. 84 – 90.
11. Линенко – Мельников Ю. П., Алексеенко В. Ф. Погружные перфораторы и буровой инструмент для эффективного бурения взрывных скважин // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения. Сб. науч. тр. – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2005. – С. 288 – 291.
12. Бурлака Е. А., Алексеенко В. Ф., Линенко – Мельников Ю. П. Проблемы реализации новых научно – технических разработок буровой техники в условиях рыночной экономики в Украине на примере сотрудничества АОЗТ « Укрмашпром » и ИСМ НАН Украины // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения Сб. науч. трудов – Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2003,– С. 10 – 16.
13. Линенко – Мельников Ю. П. Решение проблемы перфораторного бурения с обеспечением оптимальных режимов // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения Сб. науч. тр. – Вып. 7.– Киев: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2004. – С. 78 –80.

Поступила 27.06.2006 г.