DOI: 10.17117/na.2015.08.791

Поступила (Received): 25.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.791.pdf>

Кантеев К.М. Механизм разрушения горных пород при бурении шпуров и скважин

Canteev K.M. The mechanism of destruction of rocks during drilling of boreholes and wells

Рассматриваются основные способы бурения шпуров и скважин, механизм разрушения горных пород при различных способах бурения, буровым оборудованием и буровым инструментом

Ключевые слова: бурение шпуров и скважин, горное дело

Discusses the basic methods of drilling boreholes and wells, the mechanism of rock failure under different methods of drilling, drilling equipment and the drilling tool

Key words: drilling of boreholes and wells, mining

Кантеев Казбек Михайлович

Доцент

Северо-Кавказский горно-металлургический институт

РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44

Canteev Kazbek Mikhailovich

Associate Professor

North-Caucasian mining and metallurgical institute
North Osetia-Alania, Vladikavkaz, Nikolaev st., 44

Для размещения зарядов промышленных взрывчатых веществ (ВВ) в массиве создаются искусственные полости (шпуры и скважины) путём бурения, одного из наиболее трудоёмких и дорогостоящих процессов в технологии проходки выработок.

Процесс бурения состоит в разрушении породы буровым инструментом и удалении продуктов разрушения из шпура (скважины).

Шпур – искусственная цилиндрическая полость (выработка) в массиве горных пород диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, пробуренная бурильной машиной.

Скважина – искусственная цилиндрическая полость (выработка) в массиве горных пород диаметром более 75 мм или глубиной более 5 м при любом диаметре, пробуренная буровым станком.

Многообразие средств и способов бурения требует их классификации.

По характеру разрушения породы применяемые способы бурения делятся на: *механические* – буровой инструмент непосредственно воздействует на горную породу, разрушая её, и *немеханические* – разрушение происходит без непосредственного контакта с породой источника воздействия на неё (термические, взрывные, электрические, ультразвуковой и т.д.).

Механическое разрушение – отделение горных пород от массива, их дробление путём воздействия на породу породоразрушающего инструмента (резца, фрезы, шарошки, коронок и т.д.). В результате действия того или иного механического фактора протекают физические процессы чисто механического разрушения породы: сжатие, раздавливание, дробление, скалывание, резание и др.

К механическим способам бурения относятся: *вращательный, ударный, вращательно-ударный и ударно-вращательный*. Способы бурения определяются кинематической схемой и конструкцией буровых машин.

Разрушение породы при механических способах бурения осуществляется твёрдым породоразрушающим (буровым) инструментом как при колонковом бурении с отбором керна, так и при бурении сплошным забоем.

При проведении выработок различного технологического назначения в основном применяют буровзрывной способ разрушения горных пород, заключающийся в образовании зарядных полостей (шпуров, скважин) путём бурения и размещения в них зарядов промышленных ВВ.

При *вращательном способе бурения* порода разрушается при вращении породоразрушающего инструмента с наложением постоянно действующего (статического) осевого усилия. Этот способ в основном применяется при бурении в мягких и средней крепости породах ($f \leq 10$).

При *ударном (ударно-поворотном) способе* разрушение породы происходит вследствие нанесения ударов породоразрушающим инструментом с определённой силой и скоростью (частотой).

Выделяются следующие комбинации ударного и вращательного способов бурения.

Ударно-поворотное бурение бурильными молотками (перфораторами), при котором инструмент в промежутках между ударами поворачивается на определённый угол.

Характер процесса внедрения лезвия бура в породу зависит от физико-механических свойств породы, от величины и формы инструмента, его механических свойств, мощности перфоратора и режима его работы.

Лезвие бура (буровой коронки) при внедрении должно преодолеть силы сцепления частиц породы ниже поверхности забоя шпура или скважины и по цилиндрической поверхности (рис. 1).

После каждого удара бур поворачивается на определённый угол.

Для эффективной работы инструмента последующие удары бура производятся с таким углом поворота β , при котором горизонтальная составляющая силы удара и вращательный момент (холостого хода бура) преодолели сопротивление сколу по плоскости сектора BOB_1 и COB_1 .

При повороте лезвия бура на 180° порода забоя шпура разрушается на глубину h_0 за число ударов $n = \frac{180^\circ}{\beta}$.

Если число ударов в минуту равно n_0 , то углубление шпура (мм) в минуту будет равно

$$h_{\min} = \frac{h_o n_o}{n}.$$

Величины n и n_o определяются конструкцией бурильной машины, её типоразмером и даются в паспорте машины.

Угол β в существующих конструкциях перфораторов колеблется от 15° до 30° .

При вращательном бурении (рис. 2) разрушение горных пород производит резец (буровая коронка), который под действием осевого усилия P внедряется в породу, вращаясь под действием силы Q , и производит разрушение по всей площади забоя шпура (скважины).

В результате резец движется по винтовой поверхности (сочетание поступательного и вращательного движения) с толщиной стружки h .

Скорость бурения резцовым инструментом подсчитывается по формуле:

$$V = n \cdot m \cdot h,$$

где: n – частота вращения, с^{-1} ;

m – число лезвий коронки;

h – толщина срезаемого слоя породы, мм.

Механизм разрушения породы при вращательном бурении носит характер периодического скола с резкими колебаниями усилий на лезвие инструмента от максимума до минимума, т. е. элементарный цикл разрушения характеризуется двумя периодами.

Первый период – формирование перед режущей гранью области высоких нагрузок без существенного продвижения резца, характеризуемого максимальным усилием на лезвие и максимальной потребляемой мощностью бурильной машины.

Второй период – период скола объёма элемента разрушаемой породы. Во время скола сопротивление породы и потребляемая мощность резко снижаются до минимума. За этот период резец проходит некоторый участок до встречи с ненарушенной породой, после чего сопротивление движению резца снова быстро увеличивается до максимума.

При ударно-вращательном бурении перфораторами с независимым вращением удары наносятся по непрерывно вращающемуся инструменту. При этом порода разрушается в основном в результате ударов.

При вращательно-ударном бурении удары наносятся по непрерывно вращающемуся инструменту, находящемуся под большим постоянно действующим осевым усилием. Разрушение породы происходит в результате ударов и вращения инструмента.

Буровые машины классифицируются:

1. По роду *потребляемой энергии* – пневматические, электрические, гидравлические, от двигателей внутреннего сгорания.

2. По *устройству и принципу действия* – ударно-поворотные, вращательные, ударно-вращательные и вращательно-ударные.

3. По способу установки в забое и направлению бурения:

– переносные (ПП) – устанавливаются на пневмоподдержках, бурятся шпуров горизонтальные и слабонаклонные; бурение нисходящих шпуров – без пневмоподдержек;

– телескопные – (ПТ) для бурения восходящих шпуров, подающее устройство (телескоп) составляет одно целое с перфоратором;

– колонковые – (ПК) устанавливаются на распорных колонках, бурится полный веер шпуров в горизонтальной плоскости и полный веер шпуров в вертикальной плоскости;

– буровые каретки и самоходные буровые установки.

Буровой инструмент.

Рабочим органом инструмента для ударно-поворотного бурения шпуров является бур, состоящий из коронки 3, буровой штанги 2, хвостовика 1 с буртиком (рис. 3, см).

Хвостовик воспринимает удары поршня бурильного молотка, а коронка бура воздействует на породу и разрушает её. Буртик служит для ограничения длины хвостовика и недопущения выпадения бура из буродержателя перфоратора.

Буровые штанги для переносных и телескопных перфораторов изготавливают из шестигранной стали, для колонковых – из круглой стали типа ШБВ-32, ШБВ-40 диаметром 32 и 40 мм, длиной от 1 до 5 м.

В зависимости от прочности и абразивности горной породы применяют съёмные коронки долотчатой, крестовой и х-образной формы со сплошными или прерывистыми лезвиями.

Коронка состоит из корпуса с посадочным конусом и пера, в которое впаивается пластинка твёрдого сплава, имеющая режущую кромку. В корпусе коронки имеются отверстия, предназначенные для подачи промывочной жидкости или отсоса пыли (см. рис. 4, см. также промышленные образцы и плакаты).

У коронок, предназначенных для бурения в породах ниже средней крепости, угол заострения лезвия составляет 70° - 80° , для пород средней крепости и крепких 80° - 90° и для весьма крепких пород – 90° - 100° .

Рис. 1. Схема внедрения инструмента в горную породу

Рис. 2. Схема разрушения породы при вращательном бурении

а — бур; б — хвостовик буровой штанги;
1 — хвостовик; 2 — буровая штанга; 3 — коронка

Рис. 3. Бур с центральной промывкой

1 — корпус; 2 — посадочный конус; 3 — твёрдосплавная пластинка;
4 — отверстия для промывки или продувки шпура

Рис. 4. Твёрдосплавная долотчатая коронка

Коронки армируются пластинками или штырями из твёрдого сплава ВК (вольфрам-кобальт). Сплав ВК-15 применяют для коронок при бурении в породах с $f \geq 15$, сплав ВК-8 в породах с коэффициентом крепости $f < 15$.

© 2015, Кантеев К.М.

*Механизм разрушения горных пород при бурении
шпуров и скважин*

© 2015, Canteev K.M.

*The mechanism of destruction of rocks during
drilling of boreholes and wells*