



в)  $\beta = 30^\circ$

Рис. 3. Траектории зубков четырех режущих дисков спаренного ИО:

При  $\beta \leq 10^\circ$  обеспечивается фрезерование забоя по всей его площади зубками основного ИО, а также фронтальными фрезами, оформляющими кровлю и формирующими почву выработки. При больших углах ( $10^\circ < \beta \leq 30^\circ$ ) происходит отделение породы в криволинейных секторах, расположенных по вертикальной оси симметрии машины, методом «подрубки», т.е. отделение части породы от массива без сплошного ее фрезерования.

УДК 622.235:502.1

## **СПОСОБЫ И СРЕДСТВА БУРЕНИЯ ШПУРОВ И СКВАЖИН**

Возгрин Е.М., Буянов А.О.

*Научный руководитель – докт. техн. наук, профессор Копылов А.Б.*

*Тульский государственный университет*

*Тула, Россия*

*В статье излагаются основные способы и средства бурения. Проведен анализ работы инструментов и их технологических особенностей.*

В настоящее время накоплен значительный опыт относительно способов бурения. Обычно, такие данные представлены в буровых журналах, и они составляют значительную информационную базу.

Бурение — процесс образования горной выработки преимущественно круглого сечения путём разрушения горных пород главным образом буровым инструментом (реже термическим, гидроэрозионным, взрывным и другими способами) с удалением продуктов разрушения.

Область применения бурения действительно многогранна: это поиски и разведка полезных ископаемых; изучение свойств горных пород; добыча жидких, газообразных и твёрдых полезных ископаемых; производство взрывных работ; выемка твёрдых полезных ископаемых; искусственное закрепление горных пород (замораживание, битумизация, цементация и др.); осушение обводнённых месторождений полезных ископаемых и заболоченных районов; вскрытие месторождений; прокладка подземных коммуникаций; сооружение свайных фундаментов и др.

Опыт ведения буровзрывных работ показывает, что с ростом крепости и абразивности пород значительно возрастает трудоемкость их бурения и дробления. Установлено, что с увеличением крепости пород скорость механического бурения снижается, в то же время при термическом воздействии на породу наблюдается обратная картина, т. е. с ростом крепости возрастает и скорость бурения. Это и обуславливает основное направление в поисках эффективных средств и устройств, реализующих принцип теплового воздействия на породу.

В статье рассмотрены выработки в виде шпуров и скважин. Шпурами называют цилиндрические выработки диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м, скважинами — более глубокие выработки с большим диаметром.

Целью данной статьи является изучение параметров бурения, характеристик буровых устройств, при определённых горно-геологических условиях.

В настоящее время известны механические, физико-химические, термические, термомеханические и др. способы разрушения горных пород. Механическое вращательное бурение разделяется на собственно вращательное бурение, при котором бурение ведется главным образом сплошным забоем, и вращательное колонковое, при котором порода забоя разрушается по кольцу пустотелым цилиндром — коронкой, внутри которой остается неразрушенный столбик или колонка породы (кern).

Вращательное бурение делится на бурение с двигателем на поверхности, от которого вращение буровому инструменту (наконеч-

нику) передается штангами – бурильными трубами, и на бурение с забойными двигателями, когда последние опускаются на трубах, непосредственно за породоразрушающим инструментом. Забойными двигателями могут быть: турбобур, электробур, гидровибратор и пр.

При механическом вращательном бурении резанием к породоразрушающему инструменту (алмазные, твердосплавные коронки, долота) прикладывают крутящий момент и усилие подачи. Мощность, передаваемая породоразрушающему инструменту, возрастает с увеличением частоты вращения бурового снаряда, осевой нагрузки и сопротивления породы разрушению. Граничными условиями являются: прочность коронок, колонковых и бурильных труб, с одной стороны, и физико-механические свойства пород – с другой.

При колонковом бурении для разрушения породы применяются алмазы и твердые сплавы, закрепляемые в коронки, и дробь, засыпаемая на забой под коронку. Различают бурение алмазное, твердыми сплавами и дробовое. В колонковом бурении возможно также применение гидроперфоратора, при помощи которого разрушение породы производится частыми ударами по коронке, вооруженной резцами из твердых сплавов, с одновременным вращением коронки. Это – комбинированный способ разрушения породы на забое.

Вращательное, в том числе и колонковое бурение обычно ведется с промывкой забоя. При этом продукты разрушения породы (шлам) выносятся на поверхность восходящим потоком жидкости. При ударном канатном бурении очистка забоя производится специальным инструментом – желонкой – уже после того, как порода разрушена долотом.

При бурении резанием с наложением ударов (ударно-вращательное бурение) к породоразрушающему инструменту приложены усилие подачи, крутящий момент и ударные импульсы определенной частоты и силы. При создании колебаний породоразрушающего инструмента породе передается дополнительная удельная энергия, а процесс разрушения породы сопровождается образованием более крупных частиц, что приводит к уменьшению энергоемкости процесса. Генераторами инфразвуковых колебаний в настоящее время являются гидроударные и пневмоударные машины. Звуковые и ультразвуковые колебания инструмента создаются магнитострикторами и орбитальными осцилляторами, а также высокочастотными гидроударными машинами.

При взрывном бурении компоненты, образующие взрывчатую смесь, в капсулах доставляются на забой, где при ударе происходит их смешение. Они могут подаваться на забой и раздельно по трубопроводам; там они смешиваются и взрываются.

При электрогидравлическом бурении электрический разряд в жидкости образует кавитационные полости, при заполнении которых происходит гидравлический удар, или проходит непосредственно через породу благодаря заполнению скважины диэлектрической жидкостью.

При имплозионном бурении в скважину подают герметически закрытые капсулы, из которых предварительно удален воздух. В момент разбивания капсул о забой происходит интенсивное смыкание вакуумной полости. Жидкость, окружающая вакуумную полость, под воздействием гидростатического давления приобретает большую скорость, и порода разрушается под действием импульсов высоких давлений.

Гидромониторное и гидроэрозионное бурение. Энергия высоконапорных струй жидкости может использоваться для разрушения породы в комбинации с резовыми или шарошечными долотами или самостоятельно. Добавление в рабочую жидкость абразивных частиц повышает эффективность разрушения породы при тех же давлениях. При соответствующей конструкции гидромониторных насадок можно получить эффект кавитации струи промывочной жидкости непосредственно на забое скважины. Создан инструмент для гидравлического бурения гидрогеологических скважин в мягких породах. При диаметре труб 250–300 мм подается 58–80 м<sup>3</sup>/ч жидкости под давлением 1–3 МПа. Жидкость с большой скоростью истекает из сопел конусной головки и размывает грунт. Лабораторные опыты, проводившиеся со струями при давлении 70–100 МПа, показали способность воды разрушать и твердые горные породы. Эффективно также разрушение пород прерывистой импульсной струей, выбрасываемой из сопла отдельными порциями при давлениях 300–500 МПа.

При эрозионном гидромониторном бурении порода разрушается струей жидкости, вытекающей из гидромониторных насадок при перепаде давления около 35 МПа со скоростью не менее 200 м/с и содержащей абразивный материал (кварцевый песок, стальную дробь) в концентрации 5–15 % по объему.

При термическом разрушении пород их нагрев осуществляется путем передачи им непосредственно тепловой энергии (прямой нагрев) или электромагнитной и лучевой энергии (косвенный нагрев).

Огнеструйное бурение – способ разрушения пород путем их нагрева посредством сжигания химического топлива (керосин, спирт, бензин, мазут, соляровое масло, природный газ) в среде окислителя (кислород, воздух, азотная кислота) в реактивной горелке. При этом на породу действует газовая струя, выходящая из сопла горелки со сверхзвуковой скоростью.

Термическое бурение применяется в промышленных масштабах при открытых работах. В качестве горючего используют керосин или соляровое масло, окислителем служит кислород. Горелка охлаждается водой. Ручные термобуры позволяют бурить шпуров глубиной до 1,5–2 м, а с помощью станков для термического бурения можно бурить скважины глубиной 8–50 м и диаметром 160–250 мм. По сравнению с механическим термический способ бурения шпуров более эффективен и при бурении пород кристаллической структуры превышает его по производительности в 10–12 раз.

Плазменное бурение представляет собой нагрев пород с помощью плазменных генераторов. При этом получается очень высокая концентрация энергии на единицу объема породы. Плазма возникает в плазменных генераторах (плазмотронах) при прохождении электрического тока через газы. При бурении используются температуры нагрева 2000–2500 °С.

Электродуговое бурение основано на локальном нагревании породы электрической дугой постоянного и переменного тока промышленной частоты за счет выделения тепла дуги и передачи его породе, а также за счет тепла, выделяющегося при прохождении тока через локальные участки породы. Электрическая дуга создает температуру от 5500 до 16 700 °С и при достаточной энергонапряженности способна расплавить любую породу.

Атомное бурение является разновидностью нагревательного способа бурения. Используется тепло, выделяемое атомным реактором.

Циклическое бурение предусматривает периодичность воздействия на забой горячих и холодных агентов.

Бурение с помощью лучевой энергии – способ разрушения породы с помощью оптических квантовых генераторов (лазеров), которые излучают электромагнитные волны определенной длины с

очень слабо расходящимся пучком, что дает возможность не только термически разрушать породы, но даже расплавлять или испарять их. Электронно-лучевой способ разрушения пород основан на ускорении движения электронов между катодом и анодом при напряжениях от 5 до 150 кВ.

При термомеханическом способе бурения тепловая энергия используется для снижения сопротивляемости пород последующему механическому разрушению. Это качественно новый процесс, характеризующийся большей эффективностью показателей термического и механического способов разрушения породы в отдельности. Введенная в породу тепловая энергия распространяется в очень тонком слое, что обуславливает малые значения энергоемкости процесса разрушения, который носит объемный характер.

Для проходки неглубоких скважин применяется вибробурение – углубление скважины путем уплотнения породы под действием осевых и вибрационных нагрузок.

Применение того или иного способа бурения целесообразно рассматривать с позиции обеспечения высокой производительности бурения. Рассматривая перспективы развития горных работ, можно утверждать, что преобладающим способом бурения шпуров и скважин по-прежнему является механический. Ввиду роста объемов добычи полезных ископаемых возрастают и объемы бурения, что, естественно, требует дальнейшего совершенствования существующих способов и средств бурения.

Литература

1. Арш Э.И., Виторт Г.К., Черкасский Ф.Б., Новые методы дробления крепких горных пород. К., 1966.
  2. Волков С.А., Сулакшин С.С., Андреев М.М., Буровое дело, М., 1965;
  3. Лисичкин С.М., Разведочное колонковое бурение, М., 1957;
  4. "Разведочное бурение" / А.Г. Калинин, О.В. Ошкордин, В.М. Питерский, Н.В. Соловьев, "Недра" М 2000
- “Горная энциклопедия” - <http://www.mining-enc.ru/b/burenie/>