

Буровое оборудование шахт

11.1 Классификация способов бурения, буровых машин, области их применения

Процесс образования цилиндрических полостей (выработок) в горной породе носит название бурения. Цилиндрическую полость диаметром до 75 мм и глубиной до 5 м называют шпуром. Цилиндрическую полость диаметром более 75 мм при глубине до 5 м или любого диаметра при глубине более 5 м называют скважиной.

Способы бурения шпуров и скважин можно подразделить на два вида. К первому виду относят механические способы бурения, ко второму – физические способы (огневой, термомеханический, плазменный, электротермический).

При *механическом бурении* разрушение породы на забое шпура или скважины осуществляют внедрением в породу под действием механических усилий твердых тел-инденторов, при этом кристаллографическая структура разрушенных пород не меняется.

По характеру работы инструмента в забое и приложению силовых нагрузок механическое бурение можно разделить на четыре основных способа: *вращательный, вращательно-ударный, ударно-вращательный и ударный.*

При *вращательном бурении* разрушение породы на забое скважины происходит благодаря движению инструмента, имеющего форму резца, по винтовой линии. Такое движение является результатом сочетания вращательного и поступательного движений. Вращательно-поступательное движение инструмента на забое шпура или скважины осуществляется за счет приложения к буровому инструменту значительного крутящего момента ($M_{кр}$) и больших усилий (F). Ударные нагрузки при этом отсутствуют.

Бурение долотами шарошечного типа многие исследователи относят к ударному бурению, так как зубья долота, перекатываясь по забою скважины, имеют движение, сходное с движением ударного инструмента.

В горной практике скважины бурят долотами, вращающимися с небольшой частотой (1-1,5 с⁻¹), а, следовательно, с малыми скоростями приложения нагрузок (менее 0,6 м/с). При этом порода разрушается в результате статического раздавливания, характерного для вращательного бурения.

При *вращательно-ударном бурении* режущая часть коронки внедряется в породу под действием осевого усилия и ударной нагрузки с одновременным вращением инструмента, благодаря чему происходит скалывание породы.

Такой вид бурения позволяет подвести к забою наибольшее количество энергии, в силу чего вращательно-ударное бурение отличается высокой производительностью. В машинах вращательно-ударного действия мощность механизма вращения значительно больше мощности механизма ударного. Для такого вида бурения справедливо соотношение $N_e > N_y$. Вращательно-ударное бурение применяют для пород с $f = 6-14$.

При бурении пород более высокой крепости разрушение происходит преимущественно за счет ударной нагрузки. На вращение инструмента при этом затрачивается меньшая мощность, а осевое усилие приходится уменьшать, так как большое осевое усилие в таких породах не способствует внедрению в них инструмента и вызывает повышенный его износ. Таким образом, в крепких породах целесообразно применять ударно-вращательное и ударное бурение.

При *ударно-вращательном бурении* буровой инструмент благодаря энергии вращения производит очистку забоя от разрушенных, но не отделившихся от массива частиц породы и разрушение небольшой части породы резанием.

При *ударном бурении* инструмент, заточенный в виде клина, внедряется в породу под действием кратковременного ударного усилия, направленного по оси скважины. При этом осевое статическое усилие, необходимое для того, чтобы инструмент находился в контакте с забоем скважины, отсутствует или очень незначительно. Инструмент после совершения удара отскакивает от забоя и может быть повернут на некоторый угол для нанесения удара по новому месту на забое. Крутящий момент, необходимый для поворота инструмента, имеет незначительную величину.

Если механизм вращения бурового инструмента и ударный механизм совмещены в одном корпусе, то такие машины носят название перфораторов. Механизм вращения приводится в действие благодаря энергии поршня при обратном его ходе. Такой принцип построения бурильной головки реализован в перфораторах с геликоидальной парой. Эти машины относят к классу машин ударно-поворотного действия. Перфораторы, у которых вращение инструмента производится с помощью отдельного двигателя с редуктором, носят название перфораторов с независимым вращением бура.

Ударные механизмы могут следовать в скважину за буровым инструментом. Они называются погружными.

По роду подводимой энергии бурильные машины подразделяют на пневматические, гидравлические и электрические.

Удаление буровой мелочи из шпуров и скважин при бурении производится сжатым воздухом, водой, воздушно-водяной смесью или

Взрывобурение может осуществляться с помощью патронов, жидких или твердых взрывчатых веществ и струйным способом. В первом случае в промывочную жидкость, циркулирующую по опущенным до забоя скважины трубам, с определенной частотой подаются патроны с жидкими или твердыми ВВ, взрывающиеся от удара о забой. Во втором случае по специальным трубкам из емкостей к дозирующим приспособлениям забойного взрывобура поступают жидкие компоненты ВВ (горючее и окислитель), которые затем подаются на забой и с помощью инициатора (сплава калия и натрия) взрываются.

Термомеханическое бурение относится к комбинированному способу разрушения горной породы. Сущность этого способа заключается в том, что с помощью высокотемпературных газовых струй в поверхностном слое забоя скважины создается предварительное напряженное состояние, благодаря которому значительно облегчается последующее разрушение породы механическим воздействием (шарошечным долотом или другим буровым инструментом). Проводимые промышленные испытания станков комбинированного бурения дали увеличение производительности на 30-50% по сравнению с чисто шарошечным бурением.

11.2 Области применения различных способов бурения

Вращательный способ бурения. Вращательное бурение резанием реализуется бурильными головками вращательного действия, к которым относятся сверла и станки. Указанное оборудование изготавливают с электрическим, пневматическим или гидравлическим приводами. Наибольшее распространение получили электрические приводы.

Электрическая энергия, как более дешевая (в 15-20 раз), предпочтительнее пневматической. Однако применение пневматического привода оправдано в шахтах, опасных по внезапным выбросам угля или газа. В особо опасных условиях, например, при добыче нефти подземным способом в случаях необходимости бурения глубоких скважин, применяют станки с гидравлическим приводом. Воду к таким станкам под давлением подают по трубам от насосов, которые устанавливают в местах, определяемых правилами безопасности.

Электрические вращательные головки используют для бурения пород слабой и средней крепости ($f < 8$). Ведутся исследования по применению указанных машин для бурения в более крепких породах. Машин для бурения шпуров резцами в соединении с витыми штангами называют сверлами.

По виду применяемой энергии сверла подразделяют на электрические (электросверла), пневматические и гидравлические.

Электросверла подразделяют на

- ручные;
- колонковые.

Колонковые электросверла имеют механическую или гидравлическую подачу. Заводы выпускают все электросверла во взрывобезопасном исполнении. Наибольшее распространение в горной промышленности получили ручные электросверла, которые применяют для бурения шпуров глубиной 1,5-3 м по углю и слабым породам с $f < 3$ (каменная соль, сланцы). Диаметр шпуров 40-45 мм. Ручные электросверла выпускают массой 12-24 кг, частота вращения шпинделя 5-20 с⁻¹. Мощность электродвигателя не превышает 1,6 кВт. При бурении ручным электросверлом подача инструмента на забой осуществляется рабочим вручную, величина усилия подачи при этом составляет 200-250 Н. Скорость бурения 0,2-1 м/мин.

Для бурения шпуров и скважин большей глубины (до 10 м) или в более крепких углях (антрацитах) и породах применяют колонковые электросверла. Масса таких электросверл 28-140 кг (без колонн и бурового инструмента). Мощность электродвигателя 1,4-4,8 кВт. Частота вращения шпинделя сверла при наличии сменных шестерен варьирует в широких пределах (1-17 с⁻¹).

Современные подающие устройства развивают усилия подачи до 16 кН. Заводы выпускают также пневматические сверла массой 10-15 кг мощностью на шпинделе 1,5-2 кВт и вращающим моментом 25-50 Н·м. Сверла выпускают для бурения с руки и пневмодержки.

Для бурения скважин в породах с $f \leq 8$ применяют станки вращательного действия, выпускаемые с электрическим и пневматическим приводами. Масса станка 200-400 кг. Частота вращения шпинделя 2,5-3 с⁻¹. Мощность двигателя 3-8 кВт. Осевое усилие 0,5-1,5 кН. Глубина бурения скважин диаметром 60-80 мм равна 60-70 м.

Для бурения резцами в мягких породах может быть применен любой станок, предназначенный для дробового или алмазного бурения.

Для бурения алмазами применяют специальные станки. Коронка для сплошного или кернового бурения, армированная алмазами, при вращении разрушает породу забоя скважины, которая потом выносится на поверхность водой. Алмазную коронку подают на забой с помощью буровых штанг, вращение и осевое перемещение которым передается от станка. Станки для алмазного бурения отличаются портативностью, большой частотой вращения (7-50 с⁻¹). Мощность двигателя 2,5-12 кВт. Масса станка 50-300 кг. Такими станками бурят скважины диаметром 33-93 мм и глубиной до 100 м.

На открытых горных работах при вращательном бурении резанием используют инструменты из резцовых коронок со шнековым буровым ставом. Диаметр скважины 115-160 мм. Для бурения скважин диаметром 115 мм

применяют легкие станки массой до 2 т с ходовым устройством шагающего типа. Скважины диаметром 125-160 мм бурят станками 2СБР-125-30, СБР-160А-24 (ГОСТ 20078-74). Станки оборудованы гусеничным ходом. Масса станка до 12 т. Мощность вращателя 40 кВт. Частота вращения бурового инструмента 2-3 с⁻¹.

Станки для бурения долотами шарошечного типа с воздушной очисткой скважин нашли наибольшее распространение в горной промышленности. На открытых горных работах такими станками бурят скважины диаметром 160-320 мм, глубиной до 40 м. Частота вращения долота 1-3 с⁻¹. Масса станка 20-130 т. Такие станки применяют для бурения взрывных скважин по породам $f=6-18$.

11.3 Шахтные бурильные установки

Шахтные бурильные установки (рисунок 11.1) предназначены для бурения шпуров в породах различной крепости при проведении горных выработок, строительстве тоннелей, а также при ведении очистных работ в рудниках. Шпуры бурят вдоль оси выработки, в кровлю, бока и почву выработки. Бурильные установки полностью механизуют процесс бурения, улучшают санитарно-гигиенические условия работы и частично механизуют процессы зарядки шпуров и крепления, выработки.



Рисунок 11.1 – Шахтные бурильные установки

По типу бурильных головок бурильные установки подразделяют на:

- вращательного ($f < 8$),
- вращательно-ударного ($f = 8-14$)
- ударно-вращательного ($f = 12-20$ и более) действия.

Бурильные установки подразделяют по роду потребляемой энергии на:

- пневматические;
- электрические;
- комбинированные.

По типу ходовой части:

- пневмошинные;
- колесно-рельсовые; и
- гусеничные.

По числу бурильных головок: 1, 3.