

УДК 622.271

В.И. Городниченко

РАСШИРЕНИЕ СКВАЖИН ДЛЯ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ РУДЫ НА ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ РАБОТАХ

Рассмотрены условия применения электротермических расширителей скважин для обеспечения качественного дробления при взрывной отбойке крепких руд.

Ключевые слова: буровзрывные работы, взрывная скважина, безопасность.

К показателям, характеризующим буровзрывную отбойку руды на подземных горных работах, относятся объём буровых работ; объём проходки подготовительно-нарезных выработок; сейсмическое действие взрывов на массив горных пород, сопровождающееся нарушением устойчивости горных выработок; уровень удельных затрат на тонну руды, себестоимость буровзрывных работ; безопасность взрывных работ.

Основным показателем эффективности взрывной отбойки руды на подземных горных работах, является качество отбиваемой горной массы. К компонентам, составляющим этот показатель, относятся удельный расход ВВ, выход негабарита и выход мелочи, то есть гранулометрический состав горной массы. Основным регулятором качества отбиваемой руды является удельный расход ВВ, который изменяется в зависимости от многих факторов: горно-геологических условий обрабатываемого месторождения, степени изменчивости строения рудных тел по элементам залегания; от горно-технологических условий разработки месторождения; от крепости отбиваемой горной породы; от свойств применяемого ВВ, от конструкции скважинного заряда ВВ, его размещения в скважине; диаметра и схемы взаимного расположения взрывных скважин в массиве, а также от схем

их расположения относительно подготовительно-нарезных выработок. В большинстве своём эти факторы взаимосвязаны между собой и в то же время каждый из них играет самостоятельную роль в формировании конечных показателей отбойки.

На подземных горных работах к рациональным способам отбойки крепких руд и схемам расположения зарядов ВВ относятся способы и схемы, в которых сплошные удлиненные заряды размещаются в одинарных, параллельных, параллельно-сближенных (пучковых) и веерных скважинах.

Отбойка руды горизонтальными, вертикальными или наклонными слоями с помощью одинарных скважин обеспечивает равномерное качественное дробление горной массы при относительно небольшом объёме буровых работ. Но при этом способе необходимо проводить значительный объём подготовительно-нарезных выработок. Объём проходки подготовительно-нарезных выработок значительно меньше при отбойке руды веерно расположенными скважинами. Но при этом увеличивается объём буровых работ, повышается неравномерность дробления руды и увеличивается выход негабарита. Слоевую отбойку руды наиболее эффективно вести на компенсационное пространство в виде отрезных камер, щелей или траншей. При этом скважины могут распола-

гаться веерами, параллельно, параллельно-сближенными (пучками) или параллельно сопряжёнными. На качество отбиваемой руды оказывает влияние отклонение пробуренных взрывных скважин от заданного проектного направления бурения. Степень влияния отклонения фактического направления скважин от проектного связано с глубиной и диаметром скважин: при постоянстве их глубины влияние отклонения проявляется более существенно при уменьшенном диаметре. Так, при отбойке руды зарядами ВВ с применением вееров восходящих скважин диаметром 70 мм и 105 мм их глубина должна составлять, соответственно, не более 15 м и не более 25 м [1]. При отбойке руды расширенными скважинами, до диаметра ≥ 300 мм, качественное дробление отбиваемой руды обеспечивается при глубине скважин до 50 м и более. При отбойке руды в системах разработки с этажно-принудительным обрушением параллельно сближенными пучковыми и параллельно сопряжёнными зарядами ВВ для обеспечения качественного дробления руды необходимо осуществлять рассредоточение

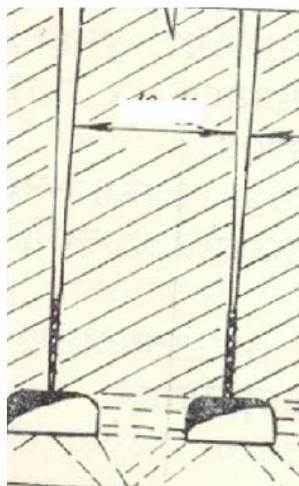


Рис. 1. Расширяемые восходящие скважины

пучковых зарядов в сочетании с рациональными схемами расположения подготовительно-нарезных выработок. В том числе, компенсационных, относительно элементов залегания полезного ископаемого в пространстве. Необходимый результат по качественному дроблению в этих условиях может быть достигнут за счёт увеличения диаметра скважин до 300 мм и более при сокращении числа скважин в пучке.

Расстояние между веерно расположенными скважинами неизменного диаметра постепенно увеличивается по глубине, начиная от их устья. Следовательно, при взрывной отбойке руды будет изменяться гранулометрический состав горной массы в сторону увеличения содержания в ней более крупных кусков, вплоть до появления кусков некондиционных размеров. Поддерживать, установленное в процессе горных работ, расстояние между скважинами, которое обеспечивает качественное дробление отбиваемой руды, можно путём постепенного увеличения диаметра скважин, начиная с некоторой глубины до наибольшего значения в конце их (рис. 1).

Плавное увеличивать диаметр скважин можно электротермическими расширителями [2], которые генерируют излучение одинаковой плотности в процессе всего периода расширения.

Плавное увеличение диаметра расширяемой скважины по её глубине осуществляют путём снижения скорости подачи расширителя.

В зависимости от поставленной технологической задачи, по второму варианту, вместо плавного увеличения диаметра взрывных скважин по всей их длине, создаются котловые полости в конце некоторых веерных скважин, или на других участках скважины, в зависимости от схем расположения подготовительно-нарезных выработок, применяющейся системы

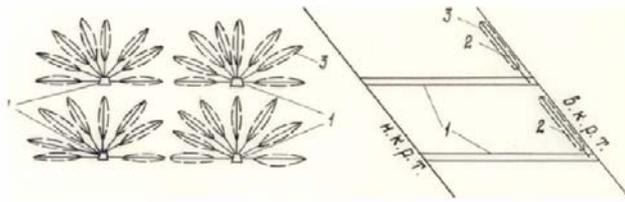


Рис. 2. Веры расширяемых взрывных скважин: 1 — буровые орты; 2 — скважины, 3 — расширенные участки скважин; в.к.р.т — верхний контакт рудного тела; н.к.р.т. — нижний контакт рудного тела

разработки и горно-геологических условий залегания месторождения.

Применение расширения скважин в буровзрывном комплексе подземных горных работ предназначено для создания заряжаемых ВВ взрывных скважин и для создания компенсационных полостей, способствующих снижению сейсмического воздействия взрывов на массив горных пород вблизи подготовительно-нарезных выработок.

В связи с увеличением диаметра скважины плотность излучения, поступающего на поверхность её стенок, будет уменьшаться. Рассмотрим, как будет изменяться производительность разрушения породы при расширении скважин. Плотность излучения на расширителе равна

$$g_0 = N (\pi d \ell)^{-1} \quad (1)$$

Плотность излучения на стенке расширяемой скважины

$$g_i = N (\pi d_i \ell)^{-1}, \quad (2)$$

где N — мощность расширителя, Вт; d, ℓ — соответственно, диаметр и длина расширителя; d_i — диаметр расширяемой скважины.

То есть, плотность излучения на стенке расширяемой скважины будет равна

$$g_i = g_0 d \cdot d_i^{-1} \quad (3)$$

Средняя скорость разрушения породы может быть определена по формуле [3]:

$$v = 2 g_i \beta E (9 \sigma \rho c)^{-1}, \quad (4)$$

где β — коэффициент линейного теплового расширения горной породы; E — модуль Юнга горной породы; σ — предел прочности при растяжении; C — удельная теплоёмкость; ρ — плотность горной породы.

С учётом (3) выражение для скорости разрушения породы получим в виде:

$$v = 2 g_0 \beta E d (\pi \sigma \rho C d_i)^{-1}. \quad (5)$$

Согласно (5), скорость разрушения породы должна уменьшаться пропорционально увеличивающемуся диаметру расширяемой скважины. Производительность отбойки породы при расширении скважины определяется таким образом:

$$V = \pi d_i \ell h t^{-1}, \quad (6)$$

где h — толщина слоя породы, отбиваемого со стенки скважины, за время t . Отделение слоёв породы на стенках скважины происходит циклично. Поэтому при времени цикла $t_{ц} = t$ скорость разрушения будет равна $v = h t^{-1}$, а производительность отбойки -

$$V = \pi d_i \ell v. \quad (7)$$

С учётом (5)

$$V = 2 \pi g_0 \ell \beta E d (9 \sigma C \rho)^{-1}. \quad (8)$$

Откуда следует, что производительность отбойки породы при расширении скважины должна оставаться постоянной. Это может быть в том случае, если будет увеличиваться продолжительность цикла разрушения вследствие снижения плотности излучения, поступающего на поверхность горной породы.

Однако при этом необходимо иметь в виду, что при увеличении диаметра расширяемой скважины плотность излучения на её стенках может достигнуть критического зна-

чения, которого будет недостаточно для разрушения горной породы

$$g_i < \lambda (T_{\text{ц}} - T_0) 0,5 [(\pi/(a t_{\text{ц}})^{-1})^{0,5}], \quad (9)$$

$$\text{или } g_i < 2 C \rho \sigma (\pi a)^{0,5} [3 (1-2\nu) \beta E t^{0,5}]^{-1}, \quad (10)$$

где λ — коэффициент теплопроводности; a — температуропроводность горной породы; $T_{\text{ц}}$ — температура поверхности горной породы через время $t_{\text{ц}}$.

По (3) и (10) можем получить наибольший диаметр расширенной скважины:

$$d_{\text{imax}} = 3 g_0 d (1-2\nu) \beta E t^{0,5} \times \\ \times (2 C \rho \sigma)^{-1} (\pi a)^{-0,5}. \quad (11)$$

Согласно (11), максимальный диаметр расширяемой скважины зависит от комплекса физических свойств горной породы и мощности расширителя, которые остаются постоянными величинами в течение всего процесса расширения, и от переменной величины — времени цикла разрушения горной породы t . По результатам рас-

ширения скважин в производственных условиях [3], производительность расширения скважин в диапазоне диаметров от 105 мм до 700 мм остаётся практически постоянной, несмотря на то, что вследствие уменьшения плотности излучения на стенках скважины, согласно (3), должна уменьшаться, согласно (5), скорость разрушения пропорционально возрастающему значению d_i . По приближительной количественной оценке скорости разрушения, на основе приведённых взаимосвязей между параметрами расширителя и диаметром расширяемой скважины, при цикличности разрушения $t = 1-5$ сек., она составит от 1,4 м/ч до 0,7 м/ч.

Контролируемое расширение взрывных скважин в веерах (рис. 1, рис. 2) позволит оптимизировать расстояние между устьями и концами расширенных скважин с целью получения качественного дробления отбиваемой горной массы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мангуш С.К., Крюков Г.М., Фисун А.П. Взрывные работы при подземной разработке полезных ископаемых. — М.: Изд. АГН, 2000. — 280 с.

2. Протасов Ю.И., Городниченко В.И., Кузнецов В.В., Юров А.С., Можяев С.А. Устройство для расширения горизонтальных

и наклонных скважин в крепких горных породах. Авт. свидетельство на изобретение №1478730, 1989.

3. Протасов Ю.И. Разрушение горных пород. — М.: Изд. МГГУ, 1995. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Городниченко Василий Иванович — кандидат технических наук, доцент, профессор, Московский государственный горный университет, e-mail: ud@msmu.ru.



ГОРНАЯ КНИГА ВСЕГДА РЯДОМ С ГОРНЫМ ИНЖЕНЕРОМ