

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТУПНОЙ ОТБОЙКИ
ЗА СЧЕТ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ЗАКРЫТИЯ МАКРОТРЕЩИН
ВО ВЗРЫВАЕМОМ МАССИВЕ**

Пропонується новий метод зруйнування гірничого масиву за допомогою ВР, який підвищує ефективність гірничих робіт за рахунок почередного закриття макротрещин у масиві, що підривається.

С углублением крупных железорудных карьеров возрастает удельный вес трудновзрываемых крупноблочных пород. В значительной мере это связано с тем, что в таких породах существенным препятствием распространения волн напряжений являются макротрещины, разделяющие массив на отдельности. Частичная локализация энергии волн напряжений вблизи заряда и более интенсивное по сравнению с монолитной средой поглощение энергии с расстоянием приводит к образованию зоны практически нерегулируемого дробления, в которой массив разделяется на естественные отдельности [1, с. 218-219]. Интенсивность затухания волн напряжений определяется параметрами раскрытия трещин и материалом их заполнителя [2, с. 101-102].

Раскрытие макротрещин находящегося в естественном состоянии массива составляет 0,2...5 мм [3]. Постоянные массовые взрывы в карьерах приводят к дополнительному развитию деформаций трещиноватого массива. Экспериментально доказано, что на расстоянии до ста диаметров заряда ширина раскрытия макротрещин после взрыва увеличивается в несколько раз. С учетом того, что при существующих горнотехнических условиях в глубоких железорудных карьерах взрывные блоки имеют незначительную ширину (в среднем 3 ряда скважин или около 20 м), практически весь взрываемый массив находится в нарушенном состоянии. При этом максимальное воздействие от предыдущих взрывов испытывает часть массива, примыкающая к откосу уступа.

С этой точки зрения уменьшение влияния трещиноватости возможно определенным режимом взрывания, при котором заданный интервал замедления обеспечивает закрытие трещин за счет использования квазистатической фазы действия взрыва [4]. Под действием продуктов детонации при взрывании зарядов ВВ в массиве трещиноватых пород, вслед за волной напряжений, с меньшей скоростью распространяется длиннопериодная волна [5], при прохождении которой происходит смещение отдельностей и закрытие макротрещин.

Характер деформаций массива при этом упруго-пластический. Пластические деформации происходят на скальных контактах при их сближении и истирании или при деформации заполнителя трещин. Упругие деформации имеют место непосредственно в отдельностях при сжатии их между расширяющейся зарядной полостью и частью массива, еще не подвергенному взрывному воздействию. В дальнейшем падение давления в зарядной полости и упругая реак-

ция плотно сомкнутых отдельностей в массиве приводит к раскрытию макротрешин.

Если принять, что размеры отдельностей в массиве намного больше расстояний между ними, то упруго-пластические деформации ε трещинорватого массива горных пород для зияющих и заполненных макротрешин соответственно можно определить из выражений [3, с.51-72]

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 + \frac{\delta}{d_o \zeta} \right); \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \left(1 + \frac{\delta E}{d_o E_1} \right), \quad (2)$$

где σ - действующее напряжение; E - модуль Юнга естественной отдельности породы; δ -средняя ширина раскрытия трещин; d_o -средний диаметр естественной отдельности; E_1 -модуль Юнга материала заполнителя; ζ -безразмерная площадь скальных контактов (среднее значение для большинства скальных пород $\zeta=3 \cdot 10^{-4}$ [3]).

Выражение σ/E характеризует упругие деформации отдельностей пород в массиве, второе слагаемое в формулах (1) и (2)-пластические деформации между отдельностями. Исходя из того, что под действием квазистатической фазы взрыва исходных зарядов на некотором расстоянии r происходит закрытие макротрешин в области воздействия волн напряжений последующих зарядов, то достаточный для достижения такого эффекта интервал замедления t для массива горных пород с зияющими трещинами равен

$$t = \frac{kr^2}{d_s} (\delta / d_o)^{1.5} \sqrt{\frac{\rho}{E\zeta}}; \quad (3)$$

для массива горных пород с заполненными макротрешинами

$$t = \frac{kr^2}{d_s} (\delta / d_o)^{1.5} \sqrt{\frac{\rho}{E_1}}, \quad (4)$$

где k - коэффициент, учитывающий кратность взрывного воздействия на массив в зависимости от схемы взрывания; d_s - диаметр заряда ВВ, м; ρ - плотность горных пород в массиве, кг/м³; r - расстояние от исходной группы зарядов до границы области разрушающего действия взрыва группы последующих зарядов, м. При применении диагональных, порядочных и других подобных схем короткозамедленного взрывания t равно половине расстояния между группами

зарядов. Пример порядной схемы с применением системы НОНЕЛЬ ЮНИДЕТ показан на рис. 1.

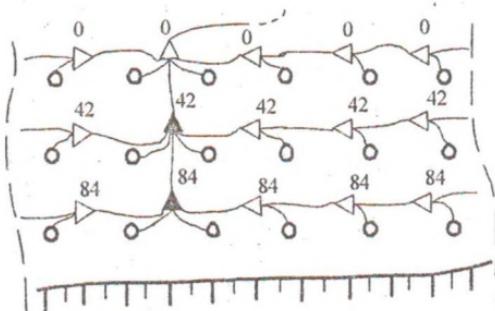


Рис.1 - Порядная схема взрывания

Для схем с предварительным оконтуриванием взрываемого массива с тыльной стороны блока (рис. 2) r - расстояние от последнего ряда скважин до бровки уступа, м.

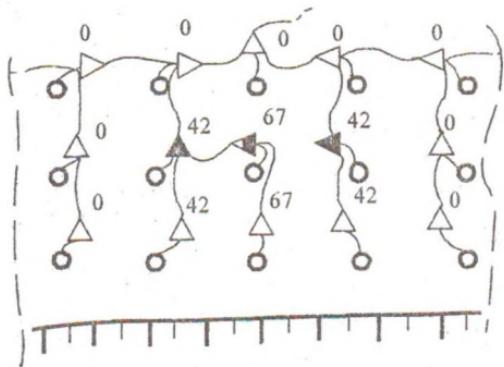


Рис.2 - Схема взрывания с предварительным оконтуриванием

Характер распространения взрывного воздействия на массив в зависимости от схем короткозамедленного взрывания учитывает коэффициент k . Если массив подвергается последовательному воздействию и расстояние между скважинами в ряду и между рядами примерно равны, коэффициент k принимаем равным 2 (для порядных, диагональных и подобных схем КЗВ). В случае применения схем с предварительным оконтуриванием блоков k принимаем равным

i, так как оконтуривающие заряды, параллельные бровке уступа, можно считать линейным зарядом [4].

Пример расчета достаточного для закрытия макротрещин в зоне действия последующей группы зарядов времени выполнен для силикатно-магнетитовых роговиков Ингулецкого месторождения при $k=2$; $r=9,0$ м; $\delta=0,02$ м; $d_o=0,7$ м; $\rho=3200$ кг/м³; $E=9,26 \cdot 10^4$ МПа. Требуемый интервал замедления составил $40 \cdot 10^{-3}$ с. Для этих же условий, но при заполненных суглинками трещинах, рассчитанный по формуле (4) интервал t равен $36 \cdot 10^{-3}$ с.

Структура массива оказывает определяющее влияние на величину интервала замедления при КЗВ, о чем свидетельствует его значительная зависимость от отношения δ/d_o .

При использовании схемы, приведенной на рис. 1, взрыв группы скважинных зарядов, расположенных в линию, приводит к закрытию макротрещин, примерно параллельных взорванной группе, и практически не изменяет раскрытия трещин, перпендикулярных ей. Массив горных пород, как правило, расчленен несколькиими системами трещин, для закрытия которых более рационально применять схему с предварительным оконтуриванием, приведенную на рис. 2. Расстояние g от бровки уступа до последнего ряда скважин, определяющее максимально возможную границу зоны закрытия макротрещин, не превышает 100 диаметров заряда. Соотношение ширины и длины оконтуриваемого блока (примерно 1:2) позволяет достичь одновременного закрытия трещин в зоне, равноудаленной от линий оконтуривающих скважинных зарядов.

При взрыве оконтуривающих зарядов ВВ внутри отбиваемого блока происходит закрытие макротрещин, и к определенному моменту времени t во всем блоке макротрещины будут плотно сомкнуты. Волновое воздействие от взрыва группы зарядов внутри блока, взываемых с интервалом замедления, большим t , будет распространяться с минимальным затуханием на сомкнутых трещинах. В результате должно обеспечиваться равномерное дробление массива.

Интервал замедления между группами зарядов внутри блока не должен превышать 25 мс, что обеспечивает дополнительное закрытие макротрещин внутри блока, а также минимальное раскрытие макротрещин вблизи откоса уступа.

Необходимость использования для решения поставленной задачи закрытия макротрещин при взрывной уступной отбойке крупноблочных трещиновых массивов в условиях глубоких карьеров системы средств инициирования НОНЕЛЬ ЮНИДЕТ обусловлена тем, что надежная реализация представленного режима взрывания с помощью традиционных средств взрывания ДШ-КЗДШ с учетом разброса времени срабатывания последних практически неосуществима.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Суханов А.Ф., Кутузов Б.Н. Разрушение горных пород взрывом.-М.: Недра, 1983.-344с.
2. Барон Л.И., Личели Г.П. Трещиноватость горных пород при взрывной отбойке.-М.: Недра, 1966.-136с.
3. Рулленейт К.В. Деформируемость массивов трещиноватых горных пород.-М.: Недра, 1975.-223с.
4. Черниговский А.А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве.-М.: Недра, 1976.-319с.
5. Вовк А.А., Смирнов А.Г., Благодаренко Ю.А. О двух составляющих поля напряжений вблизи взрыва зарядов ВВ //Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.-1976.-№6.-С.28-31.