

С.В. ТИЩЕНКО, д-р техн. наук, Г.И. ЕРЕМЕНКО, канд. техн. наук,
Криворожский национальный университет
Д.Ю. МАЛЫХ, ПАО «ИнГЭК»

ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД, ЭКРАНИРОВАННОГО ЗАМКНУТОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ЗОНОЙ

Рассмотрен эффект от использования взрыва динамической зоны в качестве экрана для разрушаемого массива горных пород в условиях открытой разработки полезного ископаемого. Сохранить законтурный массив возможно только при изменении традиционных методов ведения взрывных работ.

Во взрывном деле разработано много технологических приемов, позволяющих управлять действием взрыва в зависимости от конкретных горно-геологических условий ведения взрывных работ. Для получения необходимого результата варьируют пространственным расположением зарядов ВВ в горном массиве, временем их последовательного взрывания, конструкцией зарядов. Перспективным методом управления действием взрыва является создание специальных искусственных зон с помощью взрывов скважинных зарядов, расположенных на границе разрушаемого массива горных пород или его части перед инициированием основных зарядов дробления. Такие зоны могут использоваться в качестве экрана, предохраняющего от разрушения законтурный массив, снижения сейсмического действия взрыва, а также с целью отражения волн сжатия, т.е. направление отраженной волны растягивающих напряжений в заданный объем, подлежащий разрушению. Описанный механизм взрывного нагружения может вызывать процесс разрушения хрупкого тела, каким является горная порода.

Проблема снижения отрицательного взрывного воздействия на законтурный массив в практике ведения взрывных работ открытым способом решается двумя различными методами: применением скважинных зарядов ВВ уменьшенной плотности и использование вдоль границы разрушаемого горного массива предварительного контурного взрывания.

Проблема и ее связь с научными и практическими заданиями. Качество дробления взорванной горной массы - это один из основных показателей эффективности работы буровзрывного комплекса которая во многом зависит от технологии ведения взрывных работ.

Составляющие технологии ведения взрывных работ в значительной степени предполагают характер распределения энергии взрыва в разрушаемом массиве горных пород и влияют на интенсивность его дробления.

Современные методы ведения взрывных работ объединяет то, что разрушаемый уступ горных пород подвергается взрывному воздействию от ранее произведенных взрывов. Очевидно, что проблема негабаритной фракции, как правило, связана с тем, что разрушаемый горный массив имеет неоднородную целостность из-за образования в его верхней части хаотической искусственной системы структурных нарушений и заколов от действия ранее произведенных взрывов.

Сохранить законтурный массив возможно только при изменении традиционных методов ведения взрывных работ.

Анализ исследований и публикаций. Во взрывном деле разработано много технологических приемов, позволяющих управлять действием взрыва в зависимости от конкретных горно-геологических условий ведения взрывных работ. Для получения необходимого результата варьируют пространственным расположением зарядов ВВ в горном массиве, временем их последовательного взрывания, конструкцией зарядов. Перспективным методом управления действием взрыва является создание специальных искусственных зон с помощью взрывов скважинных зарядов, расположенных на границе разрушаемого массива горных пород или его части перед инициированием основных зарядов дробления. Такие зоны могут использоваться в качестве экрана, предохраняющего от разрушения законтурный массив, снижения сейсмического действия взрыва, а также с целью отражения волн сжатия, т.е. направление отраженной волны растягивающих напряжений в заданный объем, подлежащий разрушению. Описанный механизм взрывного нагружения может вызывать процесс разрушения хрупкого тела, каким является горная порода.

Постановка задания. Проблема снижения отрицательного взрывного воздействия на законтурный массив в практике ведения взрывных работ открытым способом решается двумя различными методами: применением скважинных зарядов ВВ уменьшенной плотности и использование вдоль границы разрушаемого горного массива предварительного контурного взрывания.

Некоторые исследования [1] свидетельствуют о том, что отрицательное взрывное воздействие на законтурный горный массив зарядов ВВ уменьшенной плотности слабее, чем при взрыве зарядов стандартной плотности. Однако многие исследователи [2,3] утверждают, что взрывное воздействие в том и в другом случае одинаково для рассредоточенных скважинных зарядов. Этот факт объясняется механизмом передачи энергии окружающей горной породе. Под влиянием взрывной полости, энергия горному массиву передается последовательными импульсами, вследствие чего увеличивается общее время взрывного воздействия, в том числе и на законтурный массив. За счет уменьшения зоны дробления увеличивается трансформация энергии взрыва в горный массив.

В практике ведения взрывных работ при традиционной взрывной отбойке горных пород [4] задача сохранения законтурного массива не реализуется. Это объясняется высокой стоимостью работ по буровзрывному комплексу и продолжительностью времени реализации данной технологии. При этом тенденция глубоких железорудных карьеров, уменьшение ширины рабочих площадок ограничивает область их применения.

Изложение материала и результаты. С целью решения проблемы качества взорванной горной массы в условиях ведения взрывных работ на узких рабочих площадках в глубоких железорудных карьерах и снижения отрицательного воздействия на законтурный горный массив при производстве взрывных работ разработана технология взрывного разрушения горных пород, основанная на предварительном экранировании разрушаемого массива взрывной динамической зоной [5].

Защитная динамическая зона, экранирующая разрушаемый горный массив от целика, формируется при взаимодействии смежных скважинных зарядов ВВ, расположенных по периметру разрушаемого горного массива. При их последовательном инициировании, которое осуществляется перед взрыванием основных зарядов дробления, горный массив, заключенный между взаимодействующими зарядами ВВ, образующими взрывную динамическую зону, концентрирует напряжения, значения которых намного превышают напряжение на целике. По линии, соединяющей оба заряда ВВ, горный массив значительно ослабляется, а поскольку он находится в волновом поле напряжений, то процесс развития трещин интенсивно распространяется в направлении взорвавшегося заряда ВВ. Взрыв последующего заряда проявляется как начальный импульс дальнейшего наиболее благоприятного направления роста трещин. В развитии направленной системы разрушения важную роль играют вынужденные продольные колебания, максимальная интенсивность которых проявляется по линии, образующей границу динамической защитной зоны.

Система уравнений, позволяющая описать процесс образования поверхности разрушения, рассматривается в неподвижной Декартовой системе координат.

Уравнение сохранения импульса

$$\rho V_t' = \sigma_{i,\gamma} + x_i, \quad (i, \gamma) = (\overline{1,3}).$$

Уравнение сохранения горной массы

$$\rho_t' + \rho di\bar{V} = 0.$$

Соотношение взаимосвязи компонента тензора скорости деформации l_{ij} через компоненты вектора связи V_i материальной частицы имеет вид

$$l_{i\gamma} = 1/(2V_{i\gamma} + V_{\gamma i}),$$

деформация среды ε_{ij} выражается через смещение \bar{u} при помощи обычных соотношений механически сплошной среды, а само смещение определяется из условий

$$\begin{cases} r_t' = \bar{U}(r, t) \\ \bar{u} = r - r_o. \end{cases}$$

Быстрое отделение напряженной части массива от основного массива горных пород является условием возникновения разгрузочного разрушения [6].

Процесс взрывного разрушения горных пород определенно включает элементы разгрузочного разрушения от быстрого снятия нагрузки. Использование динамической зоны разрушений обеспечит почти одновременный переход из состояния сжатия в растяжение отделившейся части массива после взрыва в нем зарядов дробления. Этот эффект обеспечит более интенсивное дробление разрушаемого массива. Интенсивность и эффективность данного разрушения во многом зависит от рационального выбора формирования скважинных зарядов ВВ с привязкой к горно-геологическим свойствам взрывааемых горных пород.

Использование динамической защитной зоны разрушений, образованной перед взрывом зарядов дробления, позволяет снизить разрушение смежного уступа горных пород.

Уменьшение воздействия на законтурный массив отрицательной взрывной нагрузки обеспечит невозможность создания крупных заколов, которые способствуют образованию негабаритных фракций при производстве последующих взрывных работ на смежном уступе горных пород.

Выводы и пути дальнейших исследований. Блочное экранирование разрушаемого горного массива может быть осуществлено при помощи замкнутой границы экранирования или использования защитной зоны между разрушаемым объемом и целиком горного массива в виде прямого угла, развернутого в сторону отбойки горных пород. Первый или второй способ экранирования может быть осуществлен за счет последовательности и порядка взрывания скважинных зарядов ВВ, образующих динамическую защитную зону.

Список литературы

1. Друкотный М.Ф., Куц В.С. Ильин В.Н. Управление действием взрыва скважинных зарядов на карьерах. – М.: Недра, 1980. – 223 с.
2. Механический эффект подземного взрыва / Родионов.В.Н., Адушкин В.В. и др./ Под. ред. М.А.Садовского. - М.: Недра, 1971. - 220 с.
3. Черепанов Г.П. Механика хрупкого разрушения. – М.: Наука, 1974. – 640 с.
4. Власов О.Е., Смирнов С.А. О моделировании действия взрыва // Взрывное дело. – 59/16. М.: Недра, 1966. – С. 109-117.
5. Кошелев Э.А., Кузнецов В.М., Софронов С.Г. и др. Статистика осколков, образующихся при разрушении твердых тел взрывом. – ПТМФ, 1971. -№ 10.
6. Родионов В.Н. О подобии процесса дробления при взрывах рудного масштаба. - В кн. Механизм разрушения горных пород взрывом. Киев: Наукова думка, 1971. – С. 107-112.

Рукопись поступила в редакцию 10.04.14

УДК 622.25: 622.235

П.И. ФЕДОРЕНКО, д-р техн. наук, проф., Криворожский национальный университет
В.И. ЧЕПУРНОЙ, С.И. ЛЯШ, НИГРИ ГВУЗ «Криворожский национальный университет»

О ВОЗМОЖНОСТЯХ СНИЖЕНИЯ ТРУДОВЫХ ЭНЕРГО И РЕСУРСОЗАТРАТ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БЛОКОВ К ОЧИСТНЫМ РАБОТАМ

Развитие систем разработки, мощных рудных тел, привело к появлению серии выработок малого сечения, составляющих основу конструктивного оформления систем. При этих системах для подготовки блоков к очистной выемке проходят восстающие выработки различного назначения. Трудоемкость и затраты средств на проходку восстающих достигают в отдельных случаях почти половины общей трудоемкости и затрат на подготовку блоков к очистной выемке.

В Криворожском бассейне при подготовке блоков к очистной выемке, вскрытии новых месторождений и горизонтов ежегодно проходят порядка 24 тыс.м восстающих выработок. Подавляющее большинство выработок (96,7%) проходят буровзрывным способом, с устройством временных полков (78,9%) и с применением самоходных комплексов (17,8%).

На шахтах бассейна 3,3% от общей протяженности восстающих выработок проходят машинным (комбайновым) способом. В настоящее время на проходке восстающих задействованы комбайны типа Рино-400 производства фирмы «Сандвик». Большая протяженность восстающих выработок, которые проходят на шахтах Кривбасса при подготовке блоков к очистной выемке высокая трудоемкость, низкая скорость проходческих работ, определяют необходимость поиска новых технологических и технических решений при разрушении горных пород применительно к проходке восстающих выработок.

Перспективным с точки зрения технологичности, снижения трудоемкости и стоимости проходческих работ является разработанный ГВУЗ «КНУ» комбинированный способ проведения восстающих выработок за один прием взрывания отбойкой скважинных зарядов на незаряжаемую скважину увеличенного диаметра (компенсационную полость). Суть данного способа заключается в том, что в пределах проектного контура проводимой выработки выбуривают комплект скважин на полную высоту выработки. При этом одну скважину расширяют. Она служит как компенсационная полость. Остальные же скважины комплекта заполняют ВВ и взрывают с замедлениями.

Проходка восстающих комбинированным способом позволяет снизить трудовые, энергетические и материальные затраты как отдельных работ, так и технологию подготовки блоков в целом.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Подготовка блоков к очистным работам является наиболее несовершенным звеном технологического процесса добычи