



УДК 622.272

С. В. Тищенко /д. т. н./, Г. И. Еременко /к. т. н./

Государственное высшее учебное заведение
«Криворожский национальный университет»,
г. Кривой Рог, Украина
e-mail: agnu2017@gmail.com;
agnu2017@gmail.com

Д. Ю. Малых

Публичное акционерное общество
«Ингулецкий горнообогатительный комбинат»,
г. Кривой Рог, Украина
e-mail: agnu2017@gmail.com

Особенности разрушения массива горных пород, экранированного замкнутой динамической зоной

S. V. Tychenko /Dr. Sci. (Tech.)/,
G. I. Eremenko /Cand. Sci. (Tech.)/

State higher educational establishment is the
«Kryvy Rih national university», Kryvy Rih, Ukraine
e-mail: agnu2017@gmail.com;
agnu2017@gmail.com

D. Ju. Malykh

Public joint-stock company of «Ingulets is a
mountain concentrating combine»,
Kryvy Rih, Ukraine
e-mail: agnu2017@gmail.com

Features of destruction of array mountain breeds, screened by the reserved dynamic area

Цель. повышение эффективности буровзрывных работ в железорудных карьерах на основе методов оптимизации динамики процесса взрывного разрушения горных пород.

В современных условиях добыча сырья по объективным причинам осуществляется из глубоких железорудных карьеров. При изменившихся горнотехнических параметрах ведения горных работ взрывоподготовка горной массы усложняется из-за увеличения в разработке удельного веса крепких, обводненных горных пород.

Методы исследования. Рассматривался эффект в экранированном взрыводинамической зоной горном массиве процесса нарастающего трещинообразования за счет одновременного его перехода из состояния сжатия в состояние растяжения, а также влияние горнотехнических условий ведения взрывных работ на выбор оптимальных параметров взрыводинамических экранов.

Научная новизна. Установлены основные закономерности развития, динамики и характера процесса взрывного разрушения горного массива, экранированного взрыводинамической зоной силовых полей скважинных зарядов.

Практическая значимость. Работы состоят в разработке технологических методов ведения буровзрывных работ, включающих технологические схемы блочно-экранирования разрушаемого горного массива с использованием взрыводинамической зоны различной конфигурации, обеспечивающей качественное взрывное разрушение в различных горно-геологических условиях ведения взрывных работ.

Результаты. Дальнейшее развитие теоретических положений в области механизма взрывного разрушения горных пород при открытой разработке полезных ископаемых (Библиогр.: 6 назв.).

Ключевые слова: разрушения горных пород, использование динамической зоны, элементы разгрузочного разрушения, скважинные заряды ВВ.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. 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, для снижения сейсмического действия взрыва, а также с целью отражения волн сжатия, т. е. направления отраженной волны растягивающих напряжений в заданный объем, подлежащий разрушению. Описанный механизм взрывного нагружения может вызывать процесс разрушения хрупкого тела, каким является горная порода.

Постановка задачи. 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 использованием вдоль границы разрушаемого горного массива предварительного контурного взрывания.

Некоторые исследования [1] свидетельствуют, 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.

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:

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

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:

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

Деформация среды L_{ij} выражается через смещение \bar{i} при помощи обычных соотношений механически сплошной среды, а само смещение определяется из условий:

$$\begin{cases} \dot{r}_t = \bar{U}(r, t) \\ \dot{u} = r - r_0. \end{cases}$$

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 взрываемых 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.

Библиографический список / References

1. Друкованный М. Ф. Управление воздействием взрыва забойных зарядов на карьерах / М. Ф. Друкованный, В. С. Куц, В. Н. Ильин. – М.: Недра, 1980. – 223 с.

Drukovany M. F., Kuts V. S., Iljin V. N. Management the action of explosion of downhole charges on careers. Moscow, Nedra Publ., 1980, 223 p.

2. Механический эффект подземного взрыва / В. Н. Родионов, В. В. Адушкин [и др.]; под. ред. М. А. Садовского. – М.: Недра, 1971. – 220 с.

Rodionov V. N., Adeshkin V. V. Mechanical effect of underground explosion. Moscow, Nedra Publ., 1971, 220 p.

3. Черепанов Г. П. Механика хрупкого разрушения / Г. П. Черепанов. – М.: Наука, 1974. – 640 с.

Chtrepanov G. P. Mechanics of fragile destruction. Moscow, Science Publ., 1974, 640 p.

4. Власов О. Е. О моделировании действия взрыва / О. Е. Власов, С. А. Смирнов // Взрывное дело. – 59/16. – М.: Недра, 1966. – С. 109–117.

Vlasov O. E., Smirnov S. A. About the design of action of explosion // Explosive business. 59/16. Moscow, Bowels of the earth, 1966, pp. 109–117.

5. Кошелев Э. А. Статистика осколков, образующихся при разрушении твердых тел взрывом / Э. А. Кошелев, В. М. Кузнецов, С. Г. Софронов [и др.] // ПТМФ. – 1971. – № 10.

Koshelev E. A., Kuznetsov V. M., Sofronov S. G. Statistics of fragments, appearing at destruction of solids an explosion. PTMF, 1971, no. 10.

6. Родионов В. Н. О подобии процесса дробления при взрывах горной породы / В. Н. Родионов // Механизм разрушения горной породы при взрыве. – Киев: Научная думка, 1971. – С. 107–112.

Rodionov V. N. About similarity of crushing process at the explosions of ore scale. Mechanism of destruction of mountain breeds an explosion. Kyiv, Scientific thinking Publ., 1971, pp. 107–112.

Purpose. Increase of efficiency of drillings and blasting in iron-ore careers on the basis of methods of optimization of dynamics of process of explosive destruction of mountain breeds.

In modern terms the booty of raw material on objective reasons is carried out from deep iron-ore quarries. At the changing горнотехнических parameters of conduct of mountain works of mountain mass becomes complicated from an increase in development of specific gravity of strong, обводненных mountain breeds.

Methodology. An of effect was examined in screened by a взрыводинамической area mountain range of process of increasing трещинообразования of due to his simultaneous transition from the state of compression in the state of tension, and also influence of горнотехнических terms of conduct of explosive works at choice optimal parameters of взрыводинамических screens.

Originality. Basic conformities to law of development are set, dynamics and character of process of explosive destruction of mountain range, screened by the взрыводинамической area of the power fields of downhole charges.

Practical value. Meaningfulness works consists of development of technological methods of conduct of drillings and blasting, including are flowsheets of the sectional screening of the destroyed mountain range with the use of взрыводинамической area of different configuration, providing high - quality explosive destruction in the different горногеологических terms of conduct of explosive works.

Findings. Further development of theoretical positions in area of mechanism of explosive destruction of mountain breeds at the openwork of minerals.

Key words: destructions of mountain breeds, use of dynamic area, elements of unloading destruction, downhole charges of explosives.

Рекомендована к публикации
д. т. н. М. С. Четвериком
Поступила 05.09.2017