

диусов заряда и скважины, равном 0,88 (220/250 мм) максимальное давление в породе уменьшается практически наполовину. Соответственно при отношении $r_{зар}/r_{скв} = 0,8$ (200/250 мм) давление составляет всего 30 % от максимального давления при взрыве заряда ВВ без воздушного зазора.

Очевидно, что при нахождении в зазоре воды данные соотношения не могут быть использованы, поскольку не учитывается термодинамический характер взаимодействия газов взрыва со средой, плотность которой более, чем в 800 раз превышает плотность воздуха. Кроме того, возникает задача оценки потерь энергии на сублимацию воды в сравнении с работой, производимой перешедшими в пар ее частицами.

Для оценки характера преломления энергии взрыва из зарядной полости в массив горных пород для рассмотренных вариантов конструкции заряда необходимо учитывать не только импедансы ВВ, породы, воздуха и воды, но и параметры теплоты или идеальной работы взрыва. Вместе с тем наиболее объективные показатели разрушающего действия эффекта взрыва могут быть получены на основе нового положения [4,5] о коэффициенте мощности, учитывающим одновременно количество высвобождаемой энергии и скорость ее высвобождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Atchison T.C. The Effect of Conpling on Explosive Performance // Drilling and Blasting Sumposium. Colorado School of Mines. Quarterly 56, № 1, January 1961. -pp.166-167.
2. Atchison T.C. and Duvall W.I. Effect of Deconpling on Explosive Performance // Rock Mechanics. - N.J.: Pergamon Press, 1963.
3. Кук М.А. Наука о промышленных взрывчатых веществах.-М.:Недра, 1980. -454с.
4. Барон В.Л., Кантор В.Х. Техника и технология взрывных работ в США. -М.: Недра, 1989. -376 с.
5. Азаркович А.Е., Шуйфер М.И. Оценка относительной взрывной эффективности различных взрывчатых веществ в массивах горных пород // Физ.-техн. пробл. разраб. полезн. ископ. -1997. -№ 2. -С.47-51.

УСЛОВИЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЗРЫВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ НА НАРУШЕННЫЙ МАССИВ

Перегудов В.В., ППП «Кривбассвзрывпром», г. Кривой Рог

Как показывает анализ существующего состояния подготовки горных пород к выемке на железорудных карьерах, при уступной отбойке наблюдается увеличение в общем объеме взрываемых блоков части массива, нарушенной предыдущими взрывами [1]. Это вызвано, в первую очередь, уменьшением ширины рабочих площадок. Поэтому при разрушении крупноблочных трудно-взрываемых горных пород, удельный вес которых возрастает с понижением фронта горных работ, возникают трудности с управлением качеством дробления. Наибольшие проблемы вызывает разрушение верхней части блоков, где раскрытые трещины препятствуют эффективному действию скважинных зарядов. В связи с этим вызывает интерес рассмотрение возникающих при взрыве волн напряжений с учетом наличия трещин в верхней части разрушаемого массива, примыкающей к свободной поверхности.

В рамках теории упругости удлиненный скважинный заряд цилиндрической формы можно представить в виде суммы элементарных сферических заря-

дов [2], а напряженное состояние массива в интересующей точке как сумму напряжений от действия каждого из элементарных зарядов. Напряжение от элементарного заряда в произвольной точке массива с координатами в прямоугольной системе координат x, y определяется из выражения $\sigma = P/r^n$.

С учетом того, что $r = x/\cos\psi$, составляющие напряжения по осям x и y равны

$$\begin{aligned}\sigma_x &= (P/x^n) \cos^{n+1}\psi; \\ \sigma_y &= (P/x^n) \cos^n\psi \sin\psi,\end{aligned}$$

где ψ - угол, образованный прямой от элементарного заряда к заданной точке и осью x , которая принимается перпендикулярной к оси удлиненного заряда.

Используя известную экспоненциальную зависимость изменения давления в зарядной камере $P = P_0 e^{-\alpha t}$, получим

$$\sigma_x = (P_0/x^n) \cos^{n+1}\psi \cdot e^{[-\alpha(t-\tau)]\eta(t-\tau)}; \quad (1)$$

$$\sigma_y = (P_0/x^n) \cos^n\psi \sin\psi \cdot e^{[-\alpha(t-\tau)]\eta(t-\tau)}. \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) $\eta(t-\tau)$ - функция Хэвисайда; τ - время с момента начала детонации удлиненного заряда до прихода напряжения в заданную точку; $\tau = t_1 + t_2$; t_1 - время с момента начала детонации до момента детонации элементарного заряда.

Для нижнего инициирования

$$t_1^n = (x/D) [\operatorname{tg}\psi (\operatorname{tg}\psi + 2\operatorname{tg}\psi_n) - \cos^2\psi_n - \lambda]^{1/2}, \quad (3)$$

для верхнего инициирования

$$t_1^v = (x/D) [\operatorname{tg}\psi (\operatorname{tg}\psi + 2\operatorname{tg}\psi_v) - \cos^2\psi_v - \lambda]^{1/2}, \quad (4)$$

где D - скорость детонации заряда; ψ_n и ψ_v - углы, задающие направления прямых с нижнего и верхнего концов удлиненного заряда на точку.

Время прохождения волной напряжений расстояния от элементарного заряда до заданной точки $t_2 = r/c_p = r/c_p \cos\psi$, где c_p - скорость прохождения волны.

При прохождении волн напряжений через трещины в массиве происходит, кроме задержки, и их ослабление [3]. Напряжения от элементарного заряда в точке за трещиной равны

$$\sigma_{xtr} = (P_0 k_0/x^n) \cos^{n+2}\psi \cdot e^{[-\alpha(t-t_3-\tau)]\eta(t-t_3-\tau)}; \quad (5)$$

$$\sigma_{ytr} = (P_0 k_0/x^n) \cos^{n+1}\psi \cdot e^{[-\alpha(t-t_3-\tau)]\eta(t-t_3-\tau)}, \quad (6)$$

где k_0 - коэффициент ослабления волн напряжений при нормальном падении на трещину; t_3 - время задержки волны напряжений на трещине.

При такой постановке задачи составляющие напряжений в точке с координатами x, y определяются из следующих выражений :

$$\sigma_x(x, y) = \int_{\psi_n}^{\psi_{tr}} \sigma_x d\psi + \int_{\psi_{tr}}^{\psi_v} \sigma_{xtr} d\psi; \quad (7)$$

$$\sigma_y(x, y) = \int_{\psi_n}^{\psi_{tr}} \sigma_y d\psi + \int_{\psi_{tr}}^{\psi_v} \sigma_{ytr} d\psi, \quad (8)$$

где ψ_{tr} - предельный угол, при котором волна напряжений от элементарного заряда к рассматриваемой точке не проходит через трещину; $\psi_{tr} = \arctg[(l-y)/(x-a)]$; $\psi_n = \arctg[(L-y)/x]$; $\psi_v = \arctg[(y-l_3)/x]$. Здесь L - длина заряда; a - расстояние от заряда до трещины; l_3 - длина забойки; l - длина трещины.

Окончательное значение напряжения в заданной точке находим как сум-

му составляющих

$$\sigma(x, y) = \sqrt{\sigma_x^2(x, y) + \sigma_y^2(x, y)}. \quad (9)$$

Направление напряжения определяется углом к исходной оси

$$\varphi = \arctg[\sigma_x(x, y) / \sigma_y(x, y)]. \quad (10)$$

Выражения (7-10) позволяют рассчитать и построить в определенный момент времени напряжения в заданной точке массива, нарушенного раскрытыми трещинами.

С учетом анализа выражений (3), (4) можно сделать вывод о том, что при иницировании заряда снизу волна напряжений от его нижней части начинает распространяться раньше, чем от верхней, и в рассматриваемой области происходит интерференция волн. При этом волна напряжений, распространяющаяся от верхней части заряда, задерживается в нарушенной части массива и наложение происходит в момент, когда обе волны близки к своему максимуму. Благодаря этому суммарное напряжение возрастает, что создает предпосылки для улучшения дробления верхней части уступа, нарушенной предыдущими взрывами. При иницировании заряда сверху задержка волны напряжений, распространяющейся от верхней части заряда, также имеет место. Однако наложение волн напряжений происходит в момент, когда волна, распространяющаяся от верхней части, сдвинута по фазе относительно волны от нижней части заряда.

Обеспечение режима взрывания скважинных зарядов, при котором иницирование осуществляется строго от их нижней части, применяющимися отечественными и российскими системами средств взрывания на основе детонирующих шнуров и пиротехнических реле замедления весьма затруднительно в производственных условиях по двум причинам. В соответствии с действующими правилами в каждую скважину помещаются по два промежуточных детонатора и с учетом высокой скорости детонации проводника иницирующего сигнала (около 7000 м/с) первым взрывается верхний патрон-боевик. Если же с помощью петель из ДШ обеспечить опережающее иницирование нижнего патрона, что нетехнологично и небезопасно с точки зрения «подбоя» коммутационной сети, то радиальное взрывное воздействие шнура со стандартной навеской на основной заряд не позволит осуществить нижнее иницирование в чистом виде.

Устранить указанные причины позволяет использование неэлектрических систем средств взрывания, основанных на применении полой ударно-волновой трубки, внутренняя поверхность которой покрыта специальным взрывчатым составом для обеспечения прохождения ударной волны со скоростью около 2000 м/с. Отличительным свойством таких систем является полное отсутствие боковой ударной волны, благодаря чему исключается детонация и выгорание части скважинного заряда. Кроме этого, широкий выбор поверхностных соединительных блоков, снабженных капсулами-детонаторами с различным замедлением и трубками различной длины, позволяет варьировать практически без ограничений очередностью взрывания как скважинных зарядов, так и промежуточных детонаторов в них.

Одной из систем иницирования, обладающей указанными свойствами, является система «Примадет» фирмы «УЕБ-Бикфорд», полигонные и промышленные испытания которой успешно прошли в Кривбассе. Особый интерес вызывают результаты опытного взрыва на горизонте –134 м в карьере №1 ЦГОКа. Горные породы здесь были представлены магнетито-хлоритовыми и силикатно-магнетитовыми кварцитами и кварцевыми биотито-слюдистыми сланцами,

имели выраженный блочный характер. Опережающее во времени взрывание нижнего патрона, обеспечивающее донное инициирование, достигалось использованием различных по длине отрезков ударно-волновой трубки.

После взрыва произведена фотосъемка поверхности взорванной горной массы с целью определения ее гранулометрического состава. Такая же съемка была выполнена и на смежном, контрольном участке, где взрывание осуществлялось по традиционной технологии с использованием детонирующего шнура и верхнего инициирования. Полученные данные после усреднения представлены в таблице.

Таблица – Гранулометрический состав взорванной массы

Участок	Процентный выход фракций, мм					Размер среднего куска, мм
	0-200	201-300	301-400	401-500	+500	
Опытный	73,8	11,1	7,3	3,4	4,4	183,9
Контрольный	64,6	9,3	6,7	4,2	15,2	234,0

Повышение равномерности дробления, уменьшение выхода фракций +500 мм и размеров среднего куска способствовали бесперебойной работе погрузочного оборудования и высокой производительности экскавации взорванной горной массы. По результатам выполненной после отгрузки маркшейдерской съемки установлено, что достигнута качественная проработка подошвы уступа до отметки -134,8 м. Общая оценка качества взрывной подготовки позволяет сделать вывод о преимуществах предлагаемого порядка ведения взрывных работ, основанного на учете условий воздействия скважинных зарядов на нарушенный массив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Перегудов В.В. Влияние условий разработки глубоких железорудных карьеров на взрывную уступную отбойку // Разработка рудных месторождений: Респ. межвед. научно-техн. сб. – Кривой Рог: Изд-во КТУ.- 1998.-Вып.66. - С. 5-8
2. Ханукаев А.Н. Физические процессы при отбойке горных пород взрывом. -М.: Недра, 1974. - 223с.
3. Мосинец В.Н., Абрамов А.В. Разрушение трещиноватых и нарушенных горных пород. -М.: Недра, 1982. -248 с.

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЗИНОВОЙ ФУТЕРОВКИ НА МЕЛЬНИЦАХ МШЦ 5,5×6,5 С ШАРАМИ ДИАМЕТРОМ 100 ММ НА СП «ЭРДЭНЭТ»

**Чижик Е.Ф., Соколов В.И., Батаа Л., Сусликов Б.Ф., Сатаев И.Ш.,
Чижик Е.Е., Даваацэрэн Г., Дырда В.И., СП «ЭРДЭНЭТ», Монголия,
«Полимет», ИГТМ НАНУ, г. Днепропетровск**

Резиновые футеровки получают все большее распространение для защиты барабанов рудоразмольных мельниц от ударных нагрузок и абразивного или абразивно-усталостного износа. Об этом свидетельствует положительный опыт применения их на различных горнорудных предприятиях мира [1, 2]. Вместе с тем при их использовании, особенно в мельницах большого диаметра, несмотря на кажущуюся простоту эксплуатации, возникает довольно много трудностей, вызванных как условиями работы футеровки (диаметр барабана мельницы, твердость и крупность измельчаемого продукта, диаметр измельчаемых шаров,