

ВЛИЯНИЕ ВЗРЫВНОГО НАГРУЖЕНИЯ НА СТЕПЕНЬ РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМИНЕРАЛЬНЫХ СРЕД

Наведені результати аналітичних та експериментальних досліджень впливу вибухового навантаження гірських порід на ступінь руйнування. Розглянуті зонні часові фактори вибухового подріблення та тріщинаутворення полімінеральних середовищ на основі механічно-структурних та реологічної моделей. Бібліогр.: 4 найм.

Большинство горных пород являются полиминеральными образованиями, состоящими из 3-4 главных минералов (75-85 % состава породы), такого же количества второстепенных минералов (15-20 %) и небольшого числа минералов-примесей (0,1-10 %).

Физико-механические свойства полиминеральной горной породы (упругие, прочностные и др.) зависят от свойств слагающих ее отдельных минеральных зерен (агрегатов зерен), то есть элементов строения горной породы. Единообразная ориентировка большинства горных пород и входящих в них минералов обуславливает векториальность их прочностных и упругих свойств. В то же время, прочностные свойства полиминеральных образований в значительной мере зависят от вида связей между элементами строения горной породы (минеральными зернами, агрегатами зерен).

В настоящее время не представляется возможным описать характер разрушения полиминеральной горной породы при различных видах нагружения теоретическим путем на основе существующих гипотез прочности и разрушения по известным константам упругости, пластичности, ползучести и сжимаемости. Многочисленные попытки вывести соотношения между упругими константами поликристаллического материала и константами слагающих его минералов не дали пока точных результатов.

Для мономинерального агрегата существуют два метода усреднения констант монокристалла, предложенные Фойгтом и Ресусом [1], которые дают соответственно верхний и нижний пределы для двух упругих констант квазиизотропного агрегата при нулевой

пористости. Между тем хорошо известно, что изотропными минеральными образованиями являются только хорошо отожженные кварцевые стекла.

В этой связи ни один теоретический метод не может предсказывать поведение полиминеральной среды при наиболее интенсивном нагружении - взрывном. Вместе с тем, с очевидностью вытекает справедливость выдвинутого в работах В.Н. Родионова [2] зонного подхода к оценке характера разрушения горных пород при взрывных нагрузках на основе структурно-механических моделей среды. Кроме того, важное значение имеет временной фактор, обусловленный геометрическими размерами среды и ее элементов, а также конечными скоростями процессов, протекающих в твердой среде, в том числе и горной породе при ее разрушении энергией взрыва. Здесь проявляется четкая взаимосвязь временных характеристик и зонных параметров разрушаемых взрывом горных пород.

При взрыве заряда химического ВВ в горной породе происходит разрушение в определенной части пространства и за определенное время. Процесс взрывного разрушения после окончания детонации ВВ в поперечном сечении удлиненного заряда, имеющего преимущественно цилиндрическую форму, можно разделить на три фазы. В первой фазе происходит движение со сверхзвуковой скоростью в радиальном направлении ударной волны (УВ) и всестороннее сжатие объема породы вокруг заряда. При этом за счет большого давления горная порода сильно измельчается. На первом этапе в УВ переносится количество энергии, избыточное для упругого деформирования и разрушения реализуются путем множественного трещинообразования. Вместе с тем, как показали эксперименты при взрыве зарядов ВВ в плоских дисках из кварцитов, приход волны к параллельным поверхностям диска вызывает мгновенное изменение энергетических излучений в радиальном направлении. Это, в свою очередь, приводит к резкому уменьшению зоны смятия и радиальных трещин.

Опыты, проведенные путем взрывания шпуровых зарядов в гранитах, показали, что радиусы зон смятия хорошо согласуются с

расчетами, выполненными на основе жесткопластической модели в условиях действия сил трения. Подтверждается также, что избыточная энергия волны, движущейся в радиальном направлении от оси заряда со скоростью большей, чем скорость роста трещин, вызывает образование строго определенного количества радиальных трещин, зависящее от остаточной энергии и параметров волны. По времени этот процесс является второй фазой, в течение которой образуется вторая зона - зона радиальных трещин. Причем радиус этой зоны в несколько раз превышает радиус зоны мелкого дробления. Следует отметить, что, если в зоне мелкого дробления (ближней зоне) разрушения обусловлены превышением сил нагружения предела прочности породы при всестороннем сжатии, то во второй зоне образуются радиальные трещины при напряжениях, находящихся в интервале между пределом упругости и пределом прочности. Это обусловлено тем, что при малых боковых давлениях (при взрыве в неглубоко залегающих горных породах - 10-15 м от поверхности земли) возникают трещины, параллельные сжимающей нагрузке (эффект раскалывания).

Необходимо также указать на следующий экспериментальный факт, полученный при взрывании образцов гранита и доломита. Установлено, что, несмотря на более высокие прочностные характеристики кварца, входящего в состав гранита, по сравнению с другими минералами, в том числе и в доломитах, в ближней зоне осуществляется переход от микротрещиноватости (интрагранулярные трещины и газово-жидкие включения) к неупругости, обусловленной дислокационным механизмом.

В зоне радиальных трещин такой механизм не реализуется ввиду возникновения макротрещины. Кроме того, важное значение имеет время поддержания на определенном уровне давления в зарядной камере, что, во-первых, может привести к изменению в ту или иную сторону параметров зоны радиальных трещин, а, во-вторых, к возникновению так называемых дилатансионных трещин, но уже связанных с касательными напряжениями и сдвиговыми деформациями.

Именно данный факт связан с существованием третьей фазы - фазы квазистатического действия взрыва, которая обусловлена поршневым действием - происходит как бы толкание части породы и ее выпирание (вспучивание) в сторону свободных поверхностей.

Таким образом, при взрыве цилиндрических зарядов ВВ вблизи свободной поверхности образуются три зоны, причем объем третьей зоны больше рассчитанного на основе волнового представления механизма взрывного разрушения. Это можно объяснить тем, что разрушения в третьей зоне и дополнительные во второй происходят за счет расклинивающего действия газов взрыва [3,4] и сдвиговых деформаций, обусловленных их остаточной энергией, производящих квазистатическое действие и вызывающих дилатансию породного массива.

Изучение характера образования зон в образцах горных пород при взрывном нагружении показало, что количественные характеристики продуктов разрушения из зоны мелкого дробления (измельчения) зависят от механизма разрушения, который, в свою очередь, зависит от структурных особенностей, минералогического состава и физико-механических свойств горных пород. Для любой полиминеральной горной породы при любых видах нагружения разрушения будут интенсивнее для тех ее элементов строения, где наблюдается максимальная плотность дефектов строения (микротрещины, спайности, плоскости трансляционного скольжения, дислокации и т.п.).

В гранитах наибольшая плотность дефектов строения в виде газовой-жидких включений и микротрещин наблюдается в зернах кварца, доля которого в породе составляет 30-35 %. При ударном воздействии эти дефекты строения реализуются по упругопластическому типу, что приводит к образованию наибольшего выхода мельчайших кварцевых частиц размеров от 2 до 20 мк. Пылевидная фракция продуктов разрушения гранитов состоит исключительно из кварцевых обломков (90-99 %).

В железистых кварцитах, ввиду малодефектности железосодержащих минералов (магнетита, гематита, мартита и др.) и их высокой вязкости, механизм разрушения характеризуется вязко-

упругим поведением. Эксперименты, проведенные на цилиндрических образцах, показали, что при взрывном разрушении кварцитов наибольшими зарядами тэна, радиальные трещины реализуются по дефектам строения кварцевых зерен, наблюдаемых в поле зрения микроскопа в виде плоскостей газовой-жидких включений.

При анализе характера взрывного разрушения доломитов и доломитизированных известняков установлено, что в данных скальных породах под действием импульсных нагрузок в ближней зоне появляются необратимые деформации, приводящие к дилатационному разрушению сдвигового характера. За пределами ближней зоны образуется система мелких трещин, локализация которых приводит к появлению магистральных радиальных трещин. Однако, ввиду малодефектности зерен кальцита и доломита, в этих породах не наблюдается интенсивных зон переизмельчения. Количество пылевых фракций (0-200 мк) в доломитах и доломитизированных известняках на порядок меньше, чем в кварцсодержащих горных породах - гранитах и железистых кварцитах.

Важное значение при описании общего характера разрушения полиминеральных сред с использованием энергии взрыва имеет учет газов и поведения материалов забойки, являющихся взаимосвязанными факторами. Экспериментальным путем установлено, чем больше время деформирования, движения и вылета забойки, тем больше радиус зоны общего разрушения. Кроме того, чем выше прочностные свойства материала (горной породы), окружающего зарядную полость, тем больше скорость вылета забойки. Так, например, вылет забойки из неразрушаемой стальной мортиры происходит со скоростями порядка 600-800 м/с. В то же время при разрушении образцов пород (граниты, доломиты, кварциты) скорости вылета продуктов взрыва, во-первых, уменьшаются на порядок и, во-вторых, их значения увеличиваются с возрастанием прочностных свойств породы в такой последовательности: граниты-кварциты-доломиты.

Таким образом, общее разрушение полиминеральных сред, обусловленное многими факторами, включая временные, прочностные и силовые параметры, структурно-текстурные особенности по-

род, являются весьма сложным процессом, не поддающимся теоретическому описанию в совокупности всех механизмов. Вместе с тем, полученные экспериментальные данные позволяют хотя бы на описательном уровне сформировать состояние проблемы и достигнутые при ее решении результаты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник физических констант горных пород / Под ред. С.Кларка мл. - М.: Мир, 1969. - 543 с.
2. Механический эффект подземного взрыва / В.Н. Родионов, В.В. Адушкин, В.Н. Костюченко и др. - М.: Недра, 1971. - 224 с.
3. Комир В.М., Назаренко В.Г. О роли газообразных продуктов детонации в процессе разрушения твердой среды // Взрывное дело, 1978. - № 80/37. - С. 77-80.
4. Повышение эффективности действия взрыва в твердой среде / В.М. Комир, В.М. Кузнецов, В.В. Воробьев и др. - М.: Недра, 1988. - 207 с.

УДК 622.272.33:622.413.441

В.Г. Перепелица

МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ТЕПЛОВЛАЖНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУХА НА ВЫЕМОЧНЫХ УЧАСТКАХ ГЛУБОКИХ ШАХТ

Виконано аналіз підходів і розглянуто питання, які стосуються методів прогнозу та регулювання тепловологічних параметрів на виємальних ділянках глибоких шахт згідно з умовами введення у вироблений простір охолодженого закладального матеріалу. Бібліогр.: 36 найм.

Разработка перспективных способов и средств борьбы с высокими температурами воздуха на выемочных участках глубоких угольных шахт и выбор наиболее эффективных путей нормализации тепловых условий на рабочих местах могут быть осуществлены на основе надежного метода прогнозирования тепловлажностных параметров воздуха в заданных пунктах шахтной сети. Многообразие геологических и горнотехнических условий отработки угольных пластов, а также факторов, влияющих на формирование