

О ВЛИЯНИИ НА ПРОЦЕСС ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД ИМПУЛЬСНОГО АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Наведені результати досліджень впливу імпульсного акустичного випромінювання на процеси деформування та руйнування зразків гірських порід різноманітного генезису. Проведені порівняння отриманих результатів з літературними даними по раніше проведенням експериментам. Розроблено лабораторний пристрій по реалізації ефекту впливу акустичним випромінюванням на напружено-деформований став порід.

Как известно, исследования в механике горных пород преследуют двойную цель: изучение напряженно-деформированного состояния массива, тектонических полей сил, структуры пород, их свойств, насыщенности флюидом и т. п.; обоснование и разработка новых технологий, соответствующих изученным условиям и обеспечивающих минимум расходов и потерь при добыче полезных ископаемых.

Последнее, как показали исследования, достигается управляемым освобождением и использованием энергии сил горного давления в процессе ведения горных работ. И определяющим моментом при этом является не энергетический анализ, который характеризует конечные состояния среды независимо от путей их получения, а кинетика переходных процессов при нарушении равновесного состояния. Переходные процессы протекают в зависимости от природы системы и величины привнесенной извне при нарушении равновесия энергии в диапазоне от квазистатического режима (в каждый момент времени между системой и внешней средой существует термодинамическое равновесие) до спонтанного (выделяемая в процессе изменения состояния энергия значительно больше, чем необходимая для «пуска» процесса). Поэтому весьма актуальным является изучение самоорганизации природной среды, ее структуры и режимов деформирования, реакции на возмущение структурного элемента как основы строения среды, с которой он постоянно обменивается энергией. Практика показывает, что наиболее действенным аппаратом проведения таких исследований является экспериментальный метод акустической эмиссии, в основе которого лежит связь импульсных излучений в среде с происходящими в ней процессами и структурными изменениями на элементарном уровне.

Акустическими исследованиями процесса разрушения пород и углей [1,2,3] установлено, что облучением деформированного материала импульсами с определенными характеристиками, свойственными для заданного материала и конкретного вида деформирования, можно обеспечить управляемое (направленное) изменение структуры и свойств с использованием возникшего состояния.

Разрушение материалов сопровождается излучением акустических сигналов в широком диапазоне частот. При этом процесс подготовки и протекания разрушения качественно повторяется на разных масштабных уровнях и сопровождается лавинообразным трещинообразованием [4,5]. Установлено [6], что существует связь характеристик импульсов воздействия с параметрами дефек-

тов, кроме того, вид взаимодействия, уровень разрушения зависит от параметров облучающих сигналов.

Это положение подтверждается лабораторными исследованиями. Если материал облучать импульсами с параметрами, равными характеристикам природных колебаний в этом материале, то при совпадении вынужденных колебаний, вызванных импульсами облучения с естественными, произойдет резонансное движение, усиление и ускорение процесса деформирования и разрушения. В противоположном случае возможно сглаживание колебаний, их успокоение; а, следовательно, и ослабление процесса деформирования и разрушения, т. е. упрочнение материала и повышение устойчивости системы.

Экспериментально и теоретически этот вывод получен в [1], где установлено соотношение времени воздействия импульса АЭ и его длительности τ . Время воздействия волн на дефект при условии устойчивого его роста определяется необходимым временем соединения с соседним дефектом или развитием до некоторых границ, определяемых структурой материала или геометрией объекта. При условии соизмеримости расстояния движения единичного дефекта с его размерами с учетом скорости роста трещины $V \approx (0,4...0,6)V_0$, где V_0 — скорость распространения звука в минерале, импульсы воздействия можно разделить на длинные $t \ll \tau$ и короткие ($t \approx \tau$).

Результаты работы [1] подтверждают тот факт, что короткие высокочастотные импульсы не уменьшаются по своей амплитуде после взаимодействия с микродефектом, а при весьма малой длительности могут увеличиться.

При взаимодействии микродефекта с длинным импульсом амплитуда последнего будет затухать.

Следует отметить, что в резонансном режиме, характерном при совпадении характеристик импульсов облучения с характеристиками эмиссии волн в угле, наступало самопроизвольное разрушение образцов взрывоподобного характера.

При этом предварительные исследования показывают, что для направленного изменения материала на основании изменения структуры и свойств за счет взаимодействия импульсов с дефектами можно использовать высокочастотные короткие импульсы [1].

Это связано с тем, что напряженно-деформированное состояние горных пород на больших глубинах обусловлено условиями изменения внутренних усилий, пластическим деформированием и разрушением. В свою очередь эти причины проявляются изменением сил связи в кристаллической решетке вещества, связанными с отталкиванием атомов при сжатии или притяжением при растяжении, и сопровождающимися переходами электронов на свободные орбиты, движениями дислокаций и слияниями их в микродефекты, приводящими, в конечном итоге, к разрушению. При отсутствии технологического воздействия подобные физические процессы в горном массиве могут протекать сколь угодно длительное время. Проводимые горные работы ускоряют процессы деформирования и разрушения в массиве, вследствие чего идет активный процесс перераспределения напряжений, энергия которых выделяется в виде импульсов акустической или же электромагнитной эмиссий. Параметры эмиссий (частота

колебаний, амплитуды и длительности сигналов, их энергия) обусловлены физико-механическими характеристиками среды и его текущим напряженным состоянием, влияющим на характер стадии деформирования массива.

Проведены лабораторные исследования по оценке влияния импульсного воздействия на процессы деформирования образцов пород различного генезиса (граниты, алевролиты, мраморы, угли), находящихся в напряженном состоянии.

Испытания образцов осуществлялись на ручном гидравлическом прессе, что позволило исключить звуковые помехи при работе оборудования. Образцы представляли собой призмы высотой 50 мм и основанием 20 x 20 мм. Схема нагружения образца горной породы обеспечивала равномерное распределение нагрузки по сечению образца.

Волновое воздействие осуществлялось импульсами, характеристики которых должны соответствовать состоянию материала, что будет сопровождаться уносом части энергии из одних областей и концентрации ее в других, способствовать изменению структуры и состояния материала. Предварительно проведенные испытания показали, что импульсное воздействие на определенный образец породы должно проводиться сигналами от однородного материала.

При деформировании образцов регистрировались поперечные деформации, приложенные нагрузки и момент начала облучения образца сигналами акустической эмиссии.

В первом цикле испытаний сигналы акустической эмиссии от разрушаемого материала подавались непосредственно через усилительный тракт в диапазоне частот 200...1000 кГц на излучающий датчик для облучения образцов. Образцы нагружались от $0,3 \sigma_{сж}$ до $0,9 \sigma_{сж}$.

Выборный уровень нагружения поддерживался постоянным во время облучения, по окончании которого образец либо нагружался до нового уровня, либо разрушался. Для проведения испытаний разработана лабораторная установка, состоящая из датчика приемника АЭ, усилительного тракта записи, видеоманитофона, усилительного тракта воспроизведения, датчика-излучателя.

Лабораторная установка должна позволять регистрировать и излучать сигналы акустической эмиссии в диапазоне частот 20 кГц...1 МГц, иметь возможность регулировать полосу пропускания усилительного тракта, обеспечить необходимое усиление и мощность сигналов эмиссии, подаваемых на излучающий датчик. В установке предусмотрено прямое облучение (без промежуточной записи) деформируемого образца, что позволит избежать помех, связанных с управляющими сигналами видеоманитофона. Для реализации такой схемы использованы две силовые установки. Облучаемый образец располагается между плитами 5-ти тонного гидравлического пресса. Для регистрации деформаций и нагрузок использовалась многоканальная тензометрическая установка с выводом результатов на многоканальный шлейфовый осциллограф. Вторая силовая установка предназначена для разрушения образцов и получения сигналов воздействия, которые через усилитель подаются на исследуемый образец. Датчик-приемник аналогичен по своим характеристикам излучателю, крепится на плите пресса у образца или непосредственно на разрушаемом образце.

Не вдаваясь в подробности описания характеристик отдельных элементов схемы, следует подчеркнуть, что лабораторная установка позволила облучать деформируемые образцы акустическими сигналами от разрушаемого материала в диапазоне частот 20 кГц...2 МГц. Размах сигнала на излучающем датчике составил 60 Вт. В процессе экспериментов показано, что необходимо неоднократное воздействие на образец. Для этой цели сигналы акустической эмиссии от разрушаемых образцов были записаны на магнитную ленту с помощью видеомэганитофона (пятикратная запись). Далее эти сигналы через усилительную систему, фильтры и излучающий датчик подавались на образец, нагруженный до уровня $0,8...0,9 \sigma_{сж}$.

Нагрузка от этого уровня медленно изменялась, что приводило исследуемый материал в активное состояние. Аналогичное нагружение осуществлялось и для образцов, не подвергающихся акустическому воздействию и служивших в качестве контрольных. Анализ проведенных исследований позволил установить, что у образцов, подвергшихся облучению, повысилась устойчивость, в результате чего разрушение происходит намного позже по сравнению с необлученными образцами. Подобные результаты получены для образцов гранитов, мраморов и углей. То есть, при импульсном воздействии могут возникнуть эффекты частичной или даже полной релаксации напряжений в материале, находящемся на предельной стадии деформирования, переходящей к потере устойчивости и разрушению. Этот вывод подтверждает результаты ранее полученных данных [1].

Таким образом, с целью совершенствования способов и средств горного производства в подземных условиях, что особенно актуально для современной горнодобывающей отрасли Украины, в качестве направленного изменения состояния горного массива успешно могут быть применены импульсные акустические воздействия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Потураев В. Н., Булат А. Ф., Колесников В. Г. О механизме физических воздействий для локального направленного изменения состояния горного массива // ФТРПИ. – 1989. - № 5. – С. 86-90.

2.Потураев В. Н., Булат А. Ф., Колесников В. Г. Физико-механические аспекты разрушения горных пород и проблемы геомеханики // ФТРПИ. – 1991. - № 2. – С. 35-41.

3.Неретин В. Д., Юдин В. А. Результаты экспериментального изучения влияния акустического воздействия на процессы фильтрации в насыщенных пористых средах // Вопросы нелинейной геофизики. – М. – 1981. – С. 132-137

4.Лабораторные и теоретические исследования процессов подготовки землетрясений / В. И. Мячкин, Б. В. Костров, Т. А. Соболев и др. // Физика Земли. – 1974. - № 10. – С. 107-112.

5.Семерчан А. А., Соболев Г. И., Салев В. Г. Изучение предвестников механического разрушения больших образцов // Докл. АН СССР. – 1981. – 260. -

УДК 622.281

В.И. Бондаренко, С.Ф. Власов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ СТРУЙНОГО ЗАКРЕПЛЕНИЯ ПОРОД

Обґрунтовані параметри струйного закріплення слабких дисперсних порід та стабілізації нестійких ґрунтів.

Струйная технология закрепления слабых дисперсных пород позволяет решать различные горнотехнические задачи при проведении горных выработок по неустойчивым породам, создании гидроизоляционных стен в грунтах вокруг различных отстойников, повышение устойчивости оснований зданий и сооружений.

Одним из основных технологических параметров струйной технологии является радиус закрепления. Поэтому несомненный интерес представляет влияние на радиус закрепления скорости поднятия и вращения рабочего инструмента (монитора).

Для того, чтобы определить радиус закрепления h (м) необходимо знать время действия струи в одном направлении. Если известна скорость вращения рабочего инструмента w , то время одного оборота T (с) можно определить как

$$T = \frac{1}{w} \quad (1)$$

Если диаметр рабочего инструмента d_1 (м), то длина одного оборота

$$l = \pi d_1 \quad (2)$$

Если диаметр сопла d_0 (м), то время действия струи закрепляющего раствора за один оборот

$$t = \frac{d_0 T}{l} \quad (3)$$

Подставляя формулы (1) и (2) в формулу (3) получим

$$t = \frac{d_0 l}{\pi d_1 w} \quad (4)$$

Определим, на какое расстояние может проникнуть струя за время t . В работе [2] авторами был исследован вопрос о скорости распространения струи жидкости в породе $u_{ж}$ (м/с)

$$u_{ж} = u_{р.п.} \left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1} \right) \quad (5)$$

где $u_{р.п.}$ – скорость разрушения породы, м/с.

Учитывая, что закон изменения скорости струи вдоль ее оси имеет вид [3]

$$\frac{u_m}{u_0} = \frac{2,72 d_0}{2cx} \quad (6)$$