

На изменение плотности закладочного массива влияет угол падения пласта. Плотность возрастает с увеличением угла падения пласта независимо от способа отсыпки по падению и под углом к нему. Сохраняется общая тенденция к повышению плотности закладочного массива при направленном движении потока закладочного материала. Приращение плотности на 5...7% происходит в интервале углов от 45 до 55° и от 65 до 70°. При изменении угла падения от 50 до 70° плотность увеличивается на 7...10%. Разница в плотности от гравитации, т.е. от перепада высоты достигла 15...20%. Этот показатель относится к закладочному массиву, находящемуся в вертикальной полосе.

По результатам исследований следует вывод, что оставление в выработанном пространстве обтекаемых закладочным материалом ограждающих устройств способствует формированию закладочного массива по площади пласта повышенной плотности. При этом в нем образуется силовой несущий каркас, который воспринимает нагрузки в процессе формирования закладочного массива.

С экологической позиции повышение плотности закладочного массива способствует размещению в выработанном пространстве большого объема пустых пород и снижению величины деформации породного массива. Создается возможность комбинированного способа закладки выработанного пространства в сочетании с отходами горного производства и других сфер жизнедеятельности человека, осуществляя их захоронение в ячейках между несущим скелетом из дробленых шахтных пород.

УДК 534.232:622.236.25

В.Л. Приходченко, С.Д. Приходченко

АКУСТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Наведені результати досліджень процесу навантажень та деформування зразків гірських порід методами акустичної та електромагнітної емісії. Виявлена поведінка амплітуд сигналів на різних стадіях навантажень зразків.

Как известно, исследования напряженного состояния горных пород во временном режиме можно проводить методами регистрации сигналов пассивной акустической и электромагнитной эмиссии. Если природа возникновения акустической эмиссии (АЭ) достаточно под-

робно изучена, то физические основы электромагнитного излучения (ЭМИ) исследованы в меньшей мере и при этом механизмов их генерации может быть несколько [1,2].

Поэтому была поставлена задача сопоставления величин напряжений и распределений сигналов АЭ и ЭМИ в лабораторных условиях. Лабораторная установка, служившая для этих целей, позволила в непрерывном временном режиме одновременно с напряжениями и деформациями в условиях одноосного сжатия образца, регистрировать количество импульсов двух видов, а также амплитуду и длительность каждого из них [3]. Результаты обработки амплитудных распределений сигналов позволяют определить, на каком этапе деформирования в данном образце горной породы происходит появление микро- и макродефектов.

Исследования образцов проводились в однородных условиях одними и теми же датчиками (для АЭ – пьезоэлектрический акселерометр АВС – 016, для ЭМИ – 2-секционная ферромагнитная антенна) с одинаковой установкой и постоянным масштабом записи сигналов на шлейфовом осциллографе. Всего было испытано 200 образцов гранита, мрамора, аргиллита, песчаника, угля, мармитовых руд и магнетитовых кварцитов различных месторождений Украины (в частности, аргиллиты, песчаники и угли - Центрального района Донбасса, магнетитовые и мармитовые руды – шахт Кривбасса).

Амплитуда сигналов эмиссий на записях шлейфового осциллографа измерялась с точностью до 1 мм. Максимальная амплитуда, зафиксированная на осциллографе, составляла 60 мм. Поэтому весь диапазон импульсов по амплитуде был разбит на отдельные классы: 1-10 мм; 11-20 мм; 21-30 мм; 31-40 мм; 41-50 мм; 51-60 мм. Построены графики зависимости количества импульсов данной амплитуды от времени при равномерно увеличивающейся нагрузке на образец. Сравнительный анализ полученных результатов дает возможность проводить качественную оценку соотношения импульсов больших и малых амплитуд, то есть оценить, на каком этапе разрушения во времени происходит появление микродефектов, накопление которых и приводит к разрушению образца.

Установлено, что образование макродефектов, связанных с сигналами максимальной амплитуды, у различных пород происходит на разных этапах процесса деформирования. Так, например, в образцах гранита переход от микродефектов к макродефектам происходит при нагрузке – $0,7 \sigma_{сж}$, магнетитового кварцита – $0,8-0,9 \sigma_{сж}$, а песчаника – $0,5 \sigma_{сж}$.

Анализ кривых накопления (кумуляции) импульсов АЭ и ЭМИ в единицу времени проведен в едином масштабе – соотношении действующей на определенном этапе деформирования нагрузки (σ , МПа) и предела прочности образца горной породы при одноосном сжатии ($\sigma_{сж}$, МПа). На рис.1 в качестве примера на единичном образце аргиллита показано, как с постепенным ростом нагрузки на участке 1-2, выделяемом в процессе деформирования образцов любого генезиса, увеличивается количество микроразрывов, которые создают некоторую ослабленную зону, заканчивающуюся образованием макроразрыва или очаговой зоны.

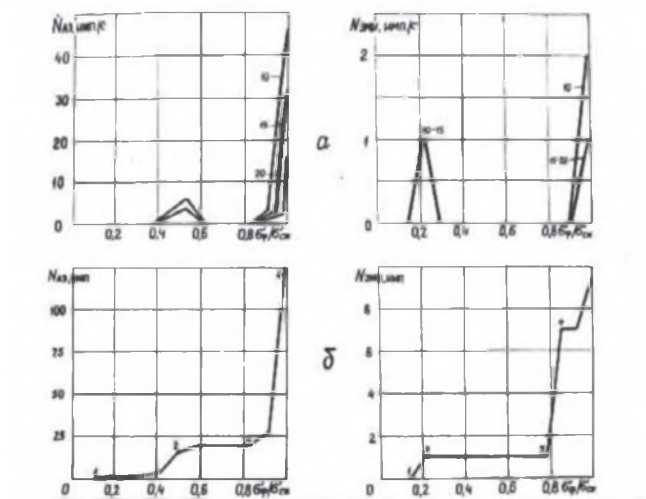


Рис.1 – Интенсивность акустической и электромагнитной эмиссии аргиллита ($\sigma_{сж}=40,1$ МПа) для различных уровней амплитуды (а) и кумулятивные (б) кривые

О формировании ее свидетельствует увеличение числа импульсов больших амплитуд. Участок 2-3 характеризует дальнейшее изменение механизма разрушения, переходящего в вязкопластичную стадию, затем на участке 3-4 происходит постепенное нарастание количества сигналов обоих видов эмиссии с увеличением непосредственно перед потерей несущей способности образца доли импульсов больших амплитуд.

Как известно, процесс образования очаговых зон может повторяться несколько раз, чередуясь при этом с периодами стабилизации

напряженного состояния образца, пока не произойдет слияние серии микроразрывов в макроразрыв, после чего неизбежна потеря сплошности образца и его разрушение.

Поэтому переход системы микроразрывов на более высокий масштабный уровень сопровождается не только увеличением числа импульсов эмиссий, но и появлением импульсов больших амплитуд. Наиболее сложные по составу и строению горные породы характеризуются достаточно сложным протеканием процесса деформирования и разрушения, образуя несколько предочаговых зон, развитие которых завершается лавинообразно возникающими микро- и макродефектами, разрушающими образец.

Наблюдаются отличия процессов изменения напряженного состояния образцов различного генезиса. Образцы гранита эмитируют большее число импульсов и АЭ, и ЭМИ, чем песчаники или аргиллиты, поскольку граниты обладают более упругими свойствами, и они могут накапливать больше упругой энергии.

Аналогичные эффекты наблюдаются в магнетитовых кварцитах по сравнению с маргитовыми рудами и углями, обладающими трещиноватостью и тонкодисперстностью, поэтому в породах с более высокими упругими свойствами заключительная стадия деформирования сопровождается разветвленным процессом образования микродефектов.

Так как интенсивность эмиссий характеризует интенсивность нарушения структуры образца, а амплитуда импульсов зависит от размера трещины и величины приложенной нагрузки, то, регистрируя эти параметры и сопоставляя их друг с другом, можно изучать процесс возникновения и развития дефектов в образце, а также определить начало процесса необратимых деформаций, предвещающих разрушение.

В начальный момент времени под действием механической нагрузки в горных породах создаются области повышенных напряжений, образующие градиенты механических напряжений. Последние, в свою очередь, создают максимум концентраций напряжений у вершин трещин, которые дают толчок к возникновению акустических и электромагнитных импульсов.

На начальной стадии деформирования происходит постепенное сжатие образца с равномерным закрытием в горной породе природных микродефектов (трещин, пор, и т.д.). На совместных диаграммах распределения количества импульсов и амплитуд АЭ и ЭМИ это явление проявляется незакономерным их появлением во времени (рис.2,3).

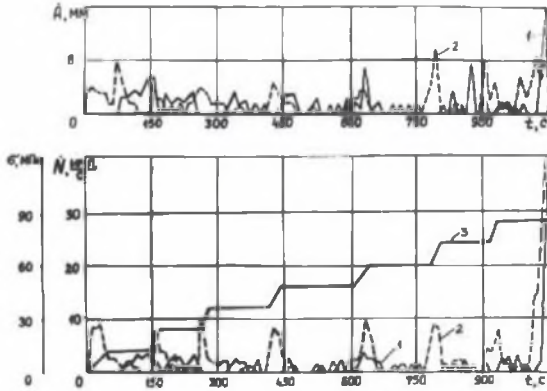


Рис. 2 – Зависимость амплитуды (а), интенсивности электромагнитной (1) и акустической (2) эмиссий и нагрузки 93 во времени при разрушении образца маргитовой руды ($\sigma_{сж}=6,9$ МПа)

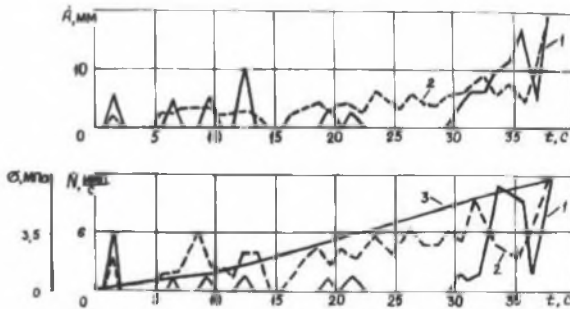


Рис.3 – Зависимость амплитуды интенсивности электромагнитной (1) и акустической (2) эмиссий и нагрузки (3) во времени при разрушении образца магнетитового кварцита ($\sigma_{сж}=75,9$ МПа)

В это время происходит нарастание интенсивности акустической и электромагнитной эмиссий при непостоянной величине амплитуды сигналов, при этом наиболее мощным акустическим импульсом во времени соответствует появление импульсов ЭМИ. Очевидно, моменты совпадения сигналов АЭ-ЭМИ относятся к моментам возникновения или подрастания трещин [3,4].

На последующем этапе нагружения наблюдается спад интенсивностей излучения и их амплитуд, который завершается увеличением этих параметров.

До определенного момента времени, соответствующего определенному уровню напряжений, происходивших до этого независимый друг от друга рост числа импульсов АЭ и ЭМИ переходит в практически синхронный. Этот момент соответствует началу лавинообразного потока появления микродефектов, их укрупнения и объединения. Эти процессы сопровождаются переконцентрацией напряжений на более прочных участках образца.

В результате в ослабленном микродефектами блоке прорастает магистральная трещина, происходит частичная разгрузка данного блока, напряжение сконцентрируется на других участках и приведет в них к подобным явлениям. В результате образец, разбитый сетью крупных трещин, теряет свою несущую способность и разрушается.

Таким образом, лабораторные исследования показали эффективность применения комплекса акустической и электромагнитной эмиссии в процессе изучения напряженного состояния образцов горных пород любого генезиса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О природе электромагнитных волн, излучаемых горными породами при их нагружении /Воробьев А.А., Ширяев В.Д., Защинский Л.А. и др. // Проблемы нефти и газа Тюмени. - 1973. -Вып.24 -с. 77-80.

2. Гугунава Г.Е., Перельман М.Е. О некоторых электромагнитных явлениях, связанных с землетрясениями и подготовкой к ним //Прогноз землетрясений. -Душанбе: Дониш, 1984. -№5. -с. 110-115.

3. Булат А.Ф., Хохолов В.К., Приходченко В.Л. Анализ кинетики акустической и электромагнитной эмиссии при деформировании горных пород //Инженерная геология. -1990. -№4. -с. 68-74.

4. Булат А.Ф., Хохолов В.К., Приходченко В.Л. Комплексный метод контроля по акустической и электромагнитной эмиссии горных пород /Булат А.Ф., Хохолов В.К. //Геофизический контроль массива при отработке угольных пластов. -Киев:Наук. Думка. -1990. -с. 110-140.