

ки системы непрерывного автоматического контроля напряженного состояния.

В интерференционном методе используются датчики из натрий-силикатного стекла марки К8, оптико-механические параметры, которого определены с большой степенью точности: модуль упругости $E=8,23 \cdot 10^5$ МПа, коэффициент Пуассона - 0,21, модуль сдвига можно определить по однозначной зависимости между модулем упругости и коэффициентом Пуассона. Для объективной оценки напряженного состояния, упругие параметры исследуемого объекта должны соответствовать упругим параметрам датчика. Если, например, упругие параметры датчика будут ниже, чем у исследуемого образца, то будет наблюдаться изменение напряженно-деформированного состояния не объекта исследования, а датчика.

Для лабораторных исследований нами были выбраны объекты исследований, характеристики которых приведены на рис.1, откуда видно, что при одинаковой нагрузке деформация датчика (стекла) значительно меньше чем у стали, песчаника, кирпича и угля, что позволяет сделать вывод о правомерности применения оптического стекла марки К8 в качестве датчика для контроля напряженно-деформированного состояния.

При изменении нагрузки в массиве или промышленном объекте изменяется и интерференционная картина, полученная с датчика, закрепленного на исследуемом объекте, затем интерференционная картина передается с помощью волоконно-оптического кабеля на оптический детектор, который оцифровывает изменение интерференционной картины и передает полученные данные на компьютер, где они обрабатываются специальной программой [2], которая сравнивает данные с критическими значениями и определяет состояние массива или объекта.

В качестве примера на рис. 2 приведены зависимости смещения интерференционной картины от напряжения при одноосном сжатии для угля, полученные в автоматическом режиме с помощью оптического детектора.

При расчете градуировочных коэффициентов для программы автоматического контроля необходимо учитывать не только сочетание материалов датчика и объектов исследования, но также и типы технологических процессов, происходящих в месте контроля, так как скорость изменения напряженно деформированного состояния влияет на градуировочные кривые, что предполагает необходимость дальнейших исследований

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гумённый А.С., Корнилов А.В., Субботин А.С., Янина Т.И. Интерференционный метод контроля напряженного состояния при упругих деформациях / Сборник лучших докладов студентов и аспирантов КузГТУ. – Кемерово, КузГТУ, 2006, С 62-65.

2. Гумённый А.С., Дарбинян Д. О, Черкашин А.А., Ложкин И. Ю., Янина Т.И. Лабораторный стенд для исследования напряженно-деформированного состояния углей и пород / Международная научно-практическая конференция «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири». - Кемерово, КузГТУ, 2008, С 161-164.

□ Авторы статьи:

Гуменный
Антон Сергеевич
- студент гр. ЭА-051
КузГТУ
Email: gumeas@yandex.ru.

Дырдин
Валерий Васильевич
- докт. техн. наук, проф.,
зав. каф. физики КузГТУ
Email: dav.fiz@kuzstu.ru

Янина
Татьяна Ивановна
- канд. техн. наук, доц.
каф. физики КузГТУ
Тел. 89050709611.

Мальшин
Анатолий Александрович
- канд. техн. наук, доц.
каф. физики КузГТУ
Тел. 8-3842- 39-63-71

УДК 539.375+622.235

А.А. Мальшин, В.В. Дырдин, Т.И. Янина

О ХАРАКТЕРИСТИКАХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ И РАЗРУШЕНИИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

При деформации твёрдых тел с различными скоростями для описания процессов хрупкого разрушения нагружения представляет интерес возникновение стационарных и импульсных электрических полей.

Рассматриваемые процессы возможны в геологических разломах и других местах концентрации напряжений.

Для изучения механизмов разрушения, а также для управления ими актуальна задача разработки методов контроля процессов трещинообра-

зования по импульсному электромагнитному излучению.

Из теоретических оценок и экспериментальных данных следует, что для возникновения электромагнитного излучения (ЭМИ) требуется концентрация энергии в малых объемах вокруг «горячих» центров.

Концентрация энергии может происходить на дефектах или резонансным путем. ЭМИ может возникать во всех диапазонах электромагнитного спектра от длинных радиоволн до рентгеновских

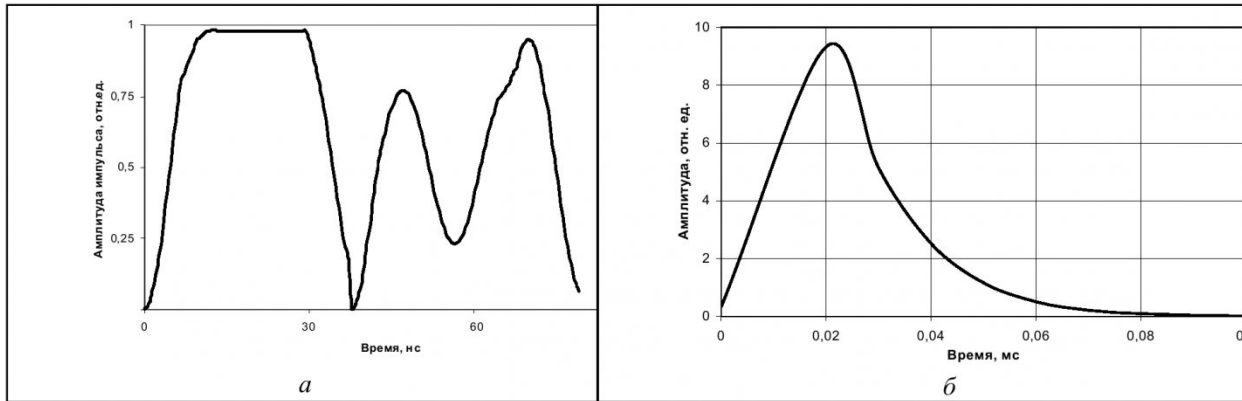


Рис.1. Вид импульсов ЭМИ при деформировании гранодиорита при временном разрешении а) 20 нс; б) 10 мкс

[1].

Поскольку при разрушении концентрация механических напряжений очень велика, то вероятность наблюдения ЭМИ при разрушении также очень большая.

В реальных условиях тело всегда оказывается нагруженным. Оно находится под действием изменяющихся во времени различных факторов: объемных (массовых) и поверхностных сил, температуры, облучения и др.

Нагрузки могут быть статическими, динамическими и импульсными. Возмущения распространяются с конечной скоростью, образуя области возмущений, в которых тело находится в напряженно-деформированном состоянии.

Метод импульсного электромагнитного излучения может быть использован для прогнозирования несущей способности твердых тел (ЩГК, композиционных материалов, горных пород). В сочетании с другими методами (например, акустической эмиссии) он может использоваться для идентификации источников микроразрушений в процессе нагружения твердых тел [2].

Считается, что основой метода является генерация электромагнитного импульса, обусловленного возникновением заряда на образующейся при разрушении поверхности микротрещины и его дальнейшей релаксации. При этом временная зависимость генерируемого импульса отражает временную зависимость скорости движения трещины. Следовательно, случайный процесс - поток электромагнитных импульсов отражает в определенных условиях статистику накопления возникающих в процессе разрушения материалов элементарных повреждений - микротрещин, а параметры временной зависимости отдельных импульсов (амплитуда, длительность, форма) несут информацию о размерах и характере движения отдельных трещин[3].

Однако, анализ экспериментальных данных показал, что количество импульсов и их параметры сильно зависят как от характера нагружения (скорости и величины деформации, типа инденто-

ров и др.), так и от параметров канала регистрации (типа антенны, чувствительности канала, РС - цепочки и др.).

В качестве примера рассмотрим результаты при деформировании гранодиорита. Для измерений использовались два режима регистрации. В первом режиме (постоянная времени 20 нс) регистрировались отдельные импульсы ЭМИ (рис. 1,а) за весь цикл разрушения 30 -35 тысяч импульсов (определяется частотомером).

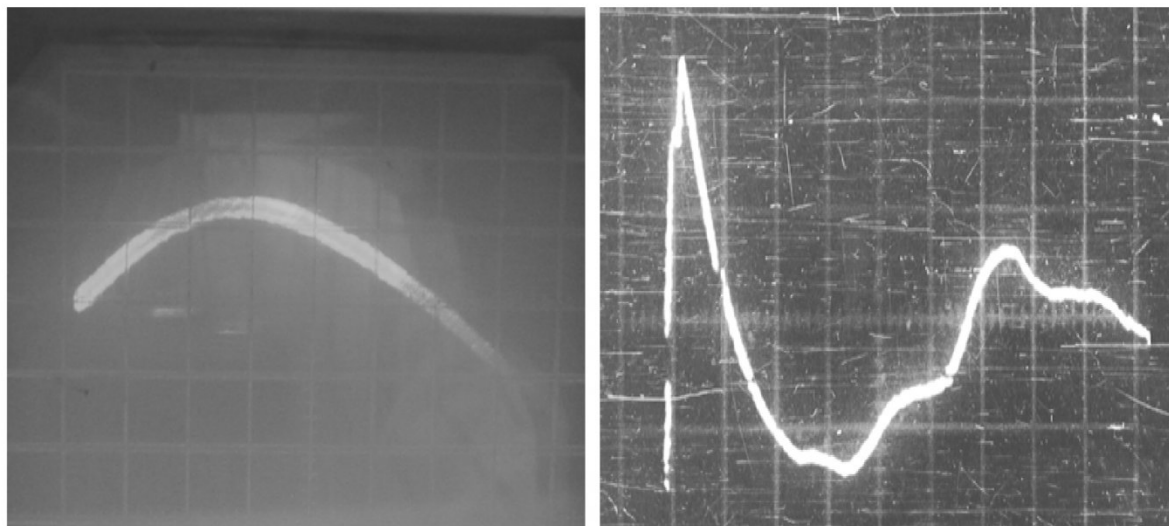
Во втором режиме регистрации (постоянная времени 10 мкс) за весь цикл зарегистрировано 800-900 интегральных импульса ЭМИ (рис. 1, б).

Было отмечено появление двух и более импульсов, разделенных между собой короткими временными интервалами от 5 до 20 нс. Появление такого рода импульсов обусловлено большой частотой следования импульсов. ЭМИ существует, пока происходит релаксация зарядов, именно этим объясняется неидентичность форм импульсов, их различная длительность и, в частности, появление импульсов типа трапецеидальных.

Причем, в первом случае (20 нс) импульсы выделяются практически равномерно в процессе деформирования, во втором случае (10 мкс) до $(0,5 \div 0,6)$ разрушающей нагрузки σ_p импульсов практически нет $(2 \div 30)$ на разных образцах) заметное выделение импульсов начинается при достижении $0,7 - 0,8 \sigma_p$ предельного значения нагрузок, а затем резко возрастает по экспоненте.

Говорить об образовании микротрещин можно только при нагрузках выше $0,5 \sigma_p$, а до этого происходит процесс накопления дефектов, причём до $0,5$ от разрушающей нагрузки выделяющиеся импульсы малы по амплитуде со временем нарастания 100 мкс.

По нашим представлениям - это обычные электромагнитные волны, которые возникают при движении точечных и линейных дефектов (без образования трещин), что хорошо согласуется с общей теорией дислокационного разрушения твердых тел, когда микротрещины образуются при определенной концентрации дефектов в



а

б

Рис.2. Вид импульсов ЭМИ при деформировании LiF а) до $0,5 \sigma_p$; б) более $0,5 \sigma_p$

элементарном объёме.

Для проверки связи электромагнитного излучения с появлением трещин нами было проведено исследование на ионных кристаллах и оргстекле, на начальной стадии нагружения импульсы ЭМИ появляются без образования микротрещин и форма их пологая (рис 2,а), при увеличении нагрузки до 0,6- 0,7 от предельной начинают появляться микротрещины, размеры которых можно измерить с помощью микроскопа, одновременно появляются импульсы рис. 2,б.

В этой связи возникает вопрос о правильной интерпретации экспериментальных исследований в лаборатории и натурных испытаниях для непрозрачных материалов.

Отмеченная закономерность проявляется не только в кристаллических твёрдых телах, но и телах имеющих аморфную структуру (оргстекло,

композиты), но всегда содержащих точечные и линейные дефекты.

Действительно, наши лабораторные исследования на оргстекле, композиционных материалах показали правомерность таких утверждений.

Нам представляется возможным, что на начальной стадии контроля процесса разрушения нужно регистрировать изменение параметров квазистационарных электрических полей, достаточно тесно связанных в горных породах с первым инвариантом тензора механических напряжений.

Параллельно, необходимо контролировать параметры импульсного ЭМИ и при достижении минимальных амплитуд и скоростей нарастания (при $0,5 \sigma_p$) можно будет определить ресурс долговечности данного образца.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хатиаишвили, Н.Г. Об электромагнитном эффекте при трещинообразовании в щелочно-галогидных кристаллах и горных породах //Изв. АН СССР, Физика Земли. - 1984. - № 9. - С.13-19.
2. Исследование разрушения твёрдых тел методом регистрации импульсного электромагнитного излучения / П.В. Егоров, Л.А. Колпакова, А.А. Мальшин, В.М. Колмагоров, В.А. Коноваленко. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2001. – 201 с.
3. Яковицкая, Г.Е. Методы и технические средства диагностики критических состояний горных пород на основе электромагнитной эмиссии. – Новосибирск: Параллель, 2008. – 315 с.

□ Авторы статьи:

Мальшин
Анатолий Александрович
- канд. техн.наук, доц.
каф. физики КузГТУ
Email: maa.ph@kuzstu.ru
Тел. 8-3842- 39-63-71

Дырдин
Валерий Васильевич
- докт. техн. наук, проф. , зав. каф.
физики КузГТУ
Email: dav.fiz@kuzstu.ru

Янина
Татьяна Ивановна
- канд. техн. наук, доц.
каф. физики КузГТУ
Тел. 89050709611