

Е.Т. Ауесбаев¹, С.С. Хасенов², С.Е. Сабитов³,

(¹Казахская головная архитектурно-строительная академия,
^{2,3} Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан)

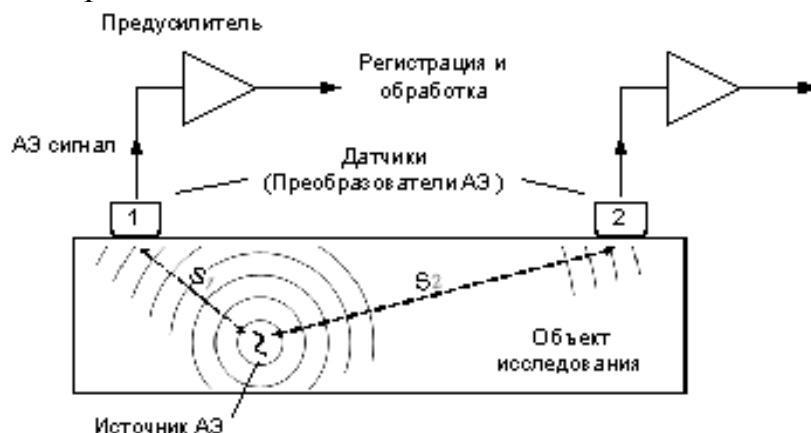
МЕТОД НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Аннотация. Данная статья имеет цель – дать информацию о проводимых исследованиях с освещением предварительных результатов. Дана характеристика акустической эмиссии для определения дефектов и деформаций в строительных конструкциях, условия работы. Представлена принципиальная схема акустико-эмиссионного метода контроля.

Ключевые слова: эмиссия акустическая, приемник, неразрушающий контроль, дислокационные процессы, датчик.

Эмиссия акустическая (АЭ) – излучение упругих волн, возникающее в процессе перестройки внутренней структуры твердых тел. Акустическая эмиссия проявляется при пластической деформации твердых материалов, при возникновении и развитии в них дефектов, например при образовании трещин, при фазовых превращениях, связанных с изменением кристаллической решетки, а так же при резании твердых материалов. Физическим механизмом, объясняющим ряд особенностей акустической эмиссии, является движение в веществе дислокаций и их скоплений. Дислокационные процессы, связанные с отрывом дислокаций от точек закрепления, торможением их у препятствий, возникновением и уничтожением отдельных дислокаций, – имеют существенно неравномерный, и даже прерывистый, характер. Это является причиной, обуславливающей излучение волн напряжения, т.е. акустической эмиссии.

На рисунке 1 приведена иллюстрация, поясняющая метод акустико-эмиссионного контроля.



1 – преобразователь АЭ (приемник); 2 – преобразователь АЭ (источник); S_1 – расстояние от источника АЭ до приемника 1; S_2 – расстояние от источника АЭ до приемника 2.

Рис. 1. Принципиальная схема акустико-эмиссионного метода контроля

Эффект акустической эмиссии широко используется в информационно-измерительных системах раннего распознавания трещин, при испытаниях материалов на ползучесть, для выявления скрытых дефектов на стадии их зарождения, для исследования коррозии металлов под напряжением, для определения дефектов в металлических и неметаллических композиционных материалах, для локации дефектов и изучения кинетики развития трещин в сварных швах.

Акустическая эмиссия отличается от большинства методов неразрушающего контроля в двух ключевых аспектах. Во-первых, источником сигнала служит сам материал, а не внешний источник, т.е. метод является пассивным (а не активным, как большинство других методов контроля). Во-вторых, в отличие от других методов АЭ обнаруживает движение дефекта, а не статические неоднородности, связанные с наличием дефектов, т.е. АЭ обнаруживает развивающиеся, а потому наиболее опасные дефекты.

Основное преимущество метода АЭ связано с возможностью проведения неразрушающего контроля всего объекта целиком в режиме мониторинга.

Данный метод является дистанционным, он не требует сканирования поверхности объекта для поиска локальных дефектов. Необходимо просто правильным образом расположить нужное число датчиков и использовать их для осуществления локации источника волн напряжений. Возможности, связанные с дистанционным использованием метода, дают большие преимущества по сравнению с другими методами контроля, которые требуют, например, удаления изоляционных оболочек или сканирования больших поверхностей.

Особенностью метода АЭ, ограничивающей его применение, является в ряде случаев трудность выделения сигналов акустической эмиссии из помех. Это связано с тем, что сигналы акустической эмиссии являются шумоподобными, поскольку акустическая эмиссия является случайным импульсным процессом. Поэтому, когда сигналы акустической эмиссии малы по амплитуде, выделение полезного сигнала из помех представляет собой сложную задачу. При развитии дефекта, когда его размеры приближаются к критическому значению, амплитуда сигналов акустической эмиссии и темп их генерации резко увеличивается, что приводит к значительному возрастанию вероятности обнаружения такого источника акустической эмиссии.

В то время как анализ функции источника в большинстве случаев основывается на исследовании только начальной части сигнала, технология АЭ позволяет регистрировать сигнал целиком. Часть сигнала, следующая за начальной, состоит из многих волновых компонент, которые распространялись до датчика по различным путям. Обычно максимум амплитуды сигнала формируется не первой дошедшей волновой компонентой, а в результате интерференции нескольких последующих компонент. Прежде, чем АЭ волна затухнет в среде, она много раз возбуждает датчик. Процесс затухания волны может длиться порядка 100 мкс в сильно демпфированных неметаллических материалах или десятки секунд в слабо демпфированных металлических материалах, т.е.

намного дольше, чем время, в течение которого возбуждается источник (равное обычно нескольким микросекундам или меньше).

Таким образом, необходимо понимать, что форма зарегистрированного сигнала является в значительной степени результатом волнового распространения. Другие важные аспекты распространения связаны с эффектом затухания, а также со скоростью распространения. Затухание определяется снижением амплитуды сигнала в результате геометрического расхождения волны и наличия диссипации энергии волны в материале. Затухание влияет на возможность регистрации и потому является важным фактором, который необходимо учитывать при выборе расстояний между приемными датчиками. Обычно, прежде чем проводить АЭ исследования, на контролируемом объекте измеряют функцию затухания, по которой определяют оптимальное расстояние между датчиками.

Скорость распространения волны является еще одним фактором, который необходимо учитывать при локации источника методом АЭ. Локация источника, являющаяся важной частью метода АЭ, широко используется как при лабораторных исследованиях, так и в промышленных испытаниях.

Особую роль локация играет при контроле крупногабаритных объектов, в тех случаях, когда метод АЭ используется для обнаружения активных дефектных участков.

Существует несколько основных принципов локации. Прежде всего – это зонная локация, при которой источники относят к сравнительно большим по площади зонам (окружающим определенным датчики). Второй способ – точечная локация, при которой координаты источника рассчитываются остаточно точно с помощью разностей времен прихода (РВП) сигналов на различные датчики, объединенные в антенну. При расчетах в формулу локации в качестве параметра вводится скорость распространения волны. Достижимая в расчетах точность контролируется этим параметром, который в свою очередь зависит от геометрии и толщины объекта, а также свойств вещества, наполняющего объект контроля.

Основным элементом АЭ резонансного датчика является пьезоэлектрический кристалл, преобразующий механическое движение в электрический сигнал. Кристалл помещается в специальный корпус с доньшком в виде пластинки и разъемом. Датчик возбуждается волнами напряжений, попадающими на его доньшко, и преобразует их в электрические сигналы. Эти сигналы поступают на расположенный поблизости предусилитель, усиливаются и на конечном этапе регистрации поступают на основную измерительную и обрабатывающую аппаратуру. В последнее время с целью достижения снижения чувствительности к электромагнитным наводкам, предусилители делают миниатюрными и размещают непосредственно в корпусе датчика, получая совмещенный датчик-предусилитель (рис. 2).

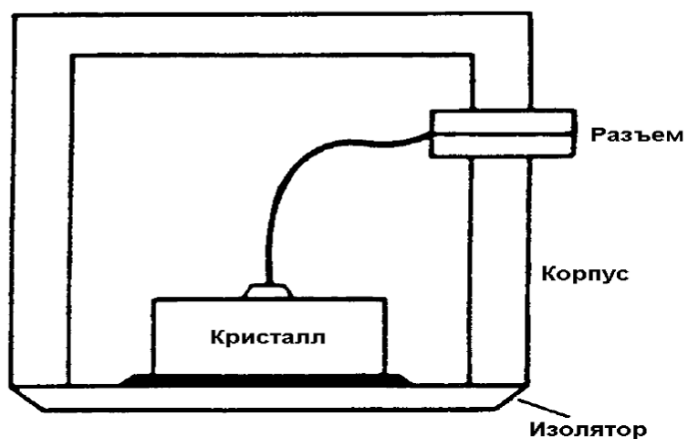


Рис. 2. Типичная конструкция резонансного АЭ датчик

Выводы:

1. Метод АЭ является современным способом определения дефектов и деформаций при контроле и испытаниях строительных конструкций из различных материалов.
2. Одним из достоинств данного метода АЭ является определение и развитие дефектов со временем, что позволяет своевременно проводить планово-предупредительные работы на исследуемом объекте.
3. В лаборатории КазАТК были проведены натурные обследования путепроводов, строительных конструкций в 2016-2019 годах с использованием приборов и датчиков, основанных на методе АЭ.

Литература:

1. Правила технической эксплуатации железнодорожного транспорта, утвержденные приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 30 апреля 2015 года № 544.
2. Наянов В.И., Наянов Ю.В. Современные технологии контроля в строительстве внеклассных мостов // «Транспортное строительство». – М., 2007. – №1.
3. <http://www.radioland.net.ua>.
4. <http://www.cati.ru/asu/smid.htm>.

Бұл мақаланың мақсаты – алдын-ала нәтижелерді көрсете отырып, жүргізілген зерттеулер туралы ақпарат беру. Құрылыс конструкцияларындағы ақаулар мен деформацияларды анықтауға арналған акустикалық эмиссияға сипаттама, жұмыс шарттары берілген. Акустикалық-эмиссиялық бақылау әдісінің схемалық диаграммасы ұсынылған.

Түйін сөздер: акустикалық шығарылым, қабылдағыш, бұзылмайтын бақылау, дислокациялық процестер, сенсор.

The purpose of this article is to provide information about ongoing research with coverage of preliminary results. The characteristic of acoustic emission for determining defects and deformations in building structures and working conditions is given. A schematic diagram of the acoustic emission control method is presented.

Key words: acoustic emission, receiver, non-destructive testing, dislocation processes, sensor.