

Муратова Т. А.
T.A. Muratova

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

ACOUSTIC EMISSION METHOD AND ITS APPLICATIONS



Муратова Татьяна Александровна – кандидат технических наук, доцент Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27. E-mail: mtatianaa@yahoo.com.

Ms. Tatiana A. Muratova – PhD in Engineering, Associate Professor, Komsomolsk-on-Amur State Technical University

Аннотация. Обобщена существующая информация по использованию метода акустической эмиссии. Рассмотрено использование метода для исследовательских целей, в промышленности как неразрушающего метода контроля, для контроля промышленных конструкций.

Summary. The paper reviews and generalized available information on the applications of the acoustic emission method. We consider the application of this method to research purposes, in industry as a nondestructive testing method, and for control of industrial designs.

Ключевые слова: акустическая эмиссия.

Keywords: acoustic emission

УДК 311:620.22

Метод акустической эмиссии (АЭ), основанный на регистрации и обработке волн напряжений, возникающих в результате формирования, изменения и разрушения структур различных материалов, известен, начиная с основополагающих работ Кайзера в 50-х годах прошлого века. В настоящее время метод АЭ широко используется для исследовательских целей, интенсивно внедряется в промышленность как неразрушающий метод контроля, применяется для контроля промышленных конструкций. В данной статье предпринята попытка обобщить существующую информацию по использованию метода АЭ.

Среди предприятий, занимающихся акустико-эмиссионными исследованиями, можно выделить два – это ЗАО «Специальные диагностические системы» и ООО «ИНТЕРЮНИС».

ЗАО «Специальные диагностические системы» («СДС») было основано в 1992 г. при содействии Института металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН [14]. Своим важнейшим направлением деятельности предприятие ЗАО «СДС» выделяет разработку и производство акустико-эмиссионных систем неразрушающего контроля. АЭ системы серии СДС1008 позволяют в реальном времени проводить спектральный анализ сигналов акустической эмиссии при параллельной многоканальной регистрации, с определением энергетических характеристик сигналов АЭ в нескольких частотных диапазонах. Это является важным для идентификации источников АЭ и, соответственно, идентификации развивающихся дефектов структуры металла на различных стадиях разрушения. Специалисты предприятия активно занимаются исследовательской деятельностью, изучая, в частности, влияние исходной структуры металла на параметры акустической эмиссии; акустическую эмиссию при зарож-

дении и росте трещины; АЭ при усталости; исследуя характеристики АЭ при статическом и циклическом деформировании.

ООО «ИНТЕРЮНИС» было образовано на базе НИЦПВ Госстандарта СССР в 1988 г. как компания-разработчик приборов неразрушающего контроля и средств автоматизации промышленных объектов на предприятиях топливно-энергетического комплекса [13]. В число основных направлений деятельности компании входит:

- создание и внедрение систем комплексного диагностического мониторинга опасных производственных объектов;
- разработка и производство акустико-эмиссионного оборудования;
- проведение научно-прикладных исследований в области неразрушающего контроля.

Компания «ИНТЕРЮНИС» разработала свой стандарт предприятия по планированию и организации проведения мониторинга технического состояния объектов, основанный на оценке рисков и экономической эффективности [12]. На основе этого документа компанией была разработана система комплексного диагностического мониторинга Лель/A-Line 32D DDM/M. Данная система позволяет собирать, обрабатывать данные и выдавать рекомендации по дальнейшей эксплуатации объекта на основании приходящей информации от датчиков АЭ и других типов датчиков. В статьях [1 – 4; 6; 7; 11] представлен опыт практического применения метода АЭ для диагностики различных промышленных конструкций специалистами ООО «ИНТЕРЮНИС».

Авторы [1 – 3; 11] рассматривают особенности практического применения метода АЭ для диагностики трубопроводных систем. Ими указывается, что среди интегральных способов диагностики трубопроводов метод АЭ практически не имеет альтернативы.

В статье [11] дается обоснование возможности проведения АЭ-контроля при текущих эксплуатационных параметрах магистральных трубопроводов, т. е. без принудительного изменения давления. Это позволяет существенно повысить качество и оптимизировать для заказчика процедуру технической диагностики подземных трубопроводов. Авторами приводятся примеры использования такой схемы на подземных участках магистрального нефтепровода без потери эффективности контроля.

Авторы [2], исходя из статистики проведенных в течение нескольких лет АЭ обследований газопроводов после результатов радиографического контроля (РК), указывают, что 35 % недопустимых по радиографии дефектов не являются развивающимися и не представляют реальной опасности для эксплуатации объекта. Кроме того, ими было выявлено дополнительно 25 % развивающихся источников АЭ, соответствующих опасным производственным дефектам в местах, не обнаруженных по РК. Проведенная работа позволила авторам сделать заключение, что комплексный подход к диагностированию трубопроводов с применением метода АЭ позволяет:

- производить обнаружение опасных производственных и эксплуатационных дефектов на ранней стадии их зарождения и предупреждать их развитие до критической величины;
- определять степень опасности выявленных дефектов;
- проводить 100%-й контроль диагностируемого участка, включая недоступные, скрытые области контроля;
- проводить оценку остаточного ресурса трубопровода на основе информации о существующих эксплуатационных дефектах и повреждениях.

В статье [1] отмечается, что сложность применения метода АЭ заключается в том, что на сегодняшний день недостаточно нормативной документации, регламентирующей подобный контроль. Специалистами компании «ИНТЕРЮНИС» был проведен ряд экспериментов по изучению свойств распространения упругих волн на реальных газопроводах с использованием акустико-эмиссионной системы Лель /A-Line 32D, на основании которых были установлены граничные условия проведения АЭ контроля технологических газопроводов, повышающие вероятность обнаружения дефектов и точность определения их местоположения.



Авторы [3] рассматривают практические аспекты применения численных методов анализа сигналов акустической эмиссии для выявления дефектов технологических газопроводов.

В статьях [6; 7] представлен опыт технического диагностирования промышленных подъемных механизмов, проведенного с применением акустико-эмиссионного метода контроля. Полученные результаты позволили авторам сделать следующие выводы:

1. Использование метода АЭ целесообразно и необходимо для достоверной оценки технического состояния объекта.

2. Метод АЭ обеспечивает 100%-й контроль всей металлоконструкции за один цикл измерений, а также позволяет оценивать состояние болтовых соединений.

3. Применение метода АЭ позволяет регистрировать места как развивающихся дефектов, так и потенциальных дефектов еще на стадии их зарождения, что дает возможность оценить накопленные повреждения металлоконструкций в результате длительной эксплуатации и гарантирует достоверное выявление дефектов.

В статье [4] рассмотрены возможности применения акустико-эмиссионного метода контроля для выявления развивающихся дефектов в объекте и оценке степени их опасности для работоспособности объекта в зависимости от уровня действующей нагрузки.

Акустико-эмиссионными исследованиями занимаются во многих высших учебных заведениях нашей страны и география исследований обширна – начиная от центральных вузов России и заканчивая вузами на периферии. Стоит особенно отметить следующие вузы: Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Рязанский военный автомобильный институт, Алтайский государственный университет, Худжанский государственный университет им. Б. Гафурова, Тольяттинский государственный университет, наконец, наш Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет.

Авторы [9] на примере стали марки 20 сравнили параметры сигналов АЭ при разрушающем (растяжение) и неразрушающем (индентирование) методах контроля состояния материала, а также сигналов АЭ, полученных в изделиях, изготовленных из стали одной марки, произведенной по разным технологиям. Ими было выявлено, что схема испытания не оказывает существенного влияния на спектральный состав сигналов АЭ, а число зарегистрированных сигналов АЭ коррелирует с твердостью материала.

В статье [5] отмечается, что из всех существующих методов и средств неразрушающего контроля для выявления коррозионных поражений, трещин и других дефектов деталей и нарушений герметичности узлов военной автомобильной техники (ВАТ) предпочтительным является метод АЭ. Используя в качестве оценочного параметра амплитуду сигнала АЭ, авторы [5] предлагают методику прогнозирования остаточного ресурса ВАТ с использованием акустико-эмиссионных средств технического диагностирования. Предлагаемая методика позволяет: сократить количество операций по разборке, регулировке и наладке ВАТ; сократить объем и трудоемкость работ по техническому обслуживанию; выявлять признаки неисправности заблаговременно до ее появления и прогнозировать гарантированнуюработку до отказа.

Авторы [8] считают целесообразным использовать для количественного анализа взаимодействия и развития микротрещин статистические закономерности. Основной целью своей работы они ставили изучение с привлечением метода АЭ поведения потенциально опасных дефектов (микротрещин) в реальных конструкциях. Ими были исследованы как лабораторные образцы, так и реально эксплуатировавшиеся конструкции – фрагменты трубопроводов. В результате исследования было установлено, что по среднеквадратичному отклонению амплитуды сигналов АЭ можно надежно прогнозировать момент перехода накопления повреждений к катастрофическому разрушению.

Целью авторов работы [10] являлось исследование АЭ в циклах термоупругих мартенситных превращений при фиксировании деформации. Ими было установлено, что про-

цессы генерирования и релаксации реактивных напряжений в цикле мартенситных превращений сопровождаются аномально высокоамплитудной акустической эмиссией.

В нашем университете за период с 1997 по 2007 гг. было защищено девять исследовательских работ в области применения АЭ. В настоящее время акустико-эмиссионными исследованиями у нас продолжают заниматься только на кафедре «Материаловедение и технология новых материалов».

В заключение следует отметить, что метод АЭ позволяет получать огромные массивы информации, оперативно и с минимальными затратами регулировать и продлевать эксплуатационный цикл ответственных промышленных объектов, помогает в прогнозировании вероятности возникновения аварийных разрушений и катастроф. Широкие возможности метод АЭ предоставляет и при исследовании различных свойств материалов, веществ, конструкций. На сегодняшний день без применения акустического контроля и мониторинга уже невозможны создание и надежная эксплуатация многих ответственных технических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков, А. В. Практическая оценка метода акустической эмиссии на технологических газопроводах / А. В. Жуков, А. Н. Кузьмин // ТехНАДЗОР. – 2008. – № 9.
2. Жуков, А. В. Контроль трубопроводов с применением метода акустической эмиссии / А. В. Жуков, А. Н. Кузьмин, Н. Ф. Стюхин // В Мире НК. – 2009. – № 1.
3. Жуков, А. В. Практическая оценка метода акустической эмиссии на технологических газопроводах / А. В. Жуков, А. Н. Кузьмин // В Мире НК. – 2008. – № 3.
4. Журавлев, Д. Б. Акустико-эмиссионный контроль на объектах металлургии / Д. Б. Журавлев, А. В. Жуков, А. Н. Кузьмин // ТехНАДЗОР. – 2007. – № 12.
5. Ильчук, И. А. Экспериментальное исследование акустико-эмиссионного метода при диагностировании военной автомобильной техники / И. А. Ильчук, В. В. Колесов, С. Н. Васин, А. С. Третьяков // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2009. – № 3.
6. Кузьмин, А. Акустико-эмиссионная дефектоскопия / А. Кузьмин, А. Жуков, Д. Журавлев, С. Филиппов // РСП Эксперт. – 09.2009.
7. Кузьмин, А. Н. Акустико-эмиссионная дефектоскопия грузоподъемных механизмов / А. Н. Кузьмин, С. Ю. Филиппов // В Мире НК. – 2008. – № 2.
8. Куксенко, В. С. Акустико-эмиссионный метод регистрации трещинообразования в реальных конструкциях / В. С. Куксенко, К. Е. Нагинаев, В. Н. Савельев, М. З. Рустамова // Деформация и разрушение материалов. – 2009. – № 9.
9. Мерсон, Д. Л. Применение спектрального анализа сигналов акустической эмиссии для оценки состояния стали 20 / Д. Л. Мерсон, Е. В. Черняева, Д. Е. Мещеряков // Деформация и разрушение материалов. – 2009. – № 1.
10. Плотников, В. А. Аномальный акустический эффект в сплаве TiNiCu при термоупругих мартенситных превращениях в условиях действия реактивных напряжений / В. А. Плотников, А. С. Грязнов // Деформация и разрушение материалов. – 2009. – № 5.
11. Харебов, В. Г. Совершенствование методики диагностики трубопроводов с применением метода акустической эмиссии / В. Г. Харебов, А. Н. Кузьмин, А. В. Жуков // В Мире НК. – 2009. – № 4.
12. Харебов, В. Г. О некоторых проблемах в области НК и пути их решения / В. Г. Харебов // В Мире НК. – 2008. – № 3.
13. <http://www.interunis.ru/> Сайт ООО «ИНТЕРЮНИС».
14. <http://www.sds.ru/> Сайт ЗАО «Специальные диагностические системы».