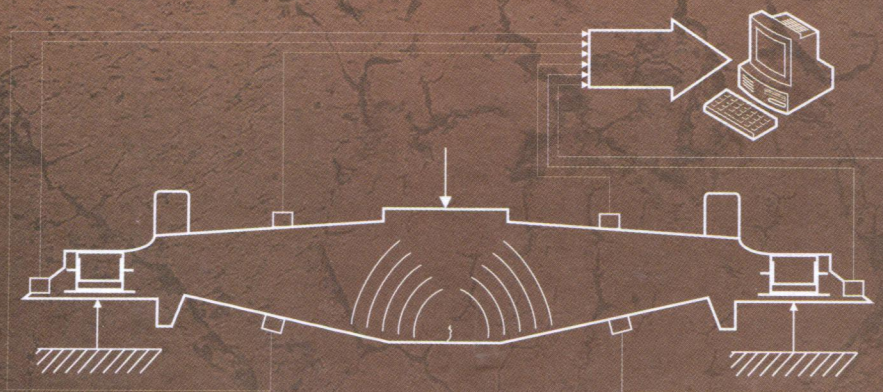


В. В. Муравьев
О. В. Муравьева

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»

В. В. Муравьев
О. В. Муравьева

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ТЕХНОЛОГИИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Рекомендовано учебно-методическим советом ИжГТУ имени М. Т. Калашникова в качестве учебного пособия для студентов направления 200100.62 «Приборостроение», профиль «Приборы и методы контроля качества и диагностики», 200100.68 «Приборостроение», программа «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», для слушателей, обучающихся по программе повышения квалификации «Акустико-эмиссионный контроль деталей и узлов вагонов»



Издательство ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2014

УДК 620.179.17
ББК 30.121
М91

Рецензенты:

В. Т. Бобров, доктор технических наук, профессор, ЗАО «Научно-исследовательский институт интроскопии МНПО «Спектр»;

В. И. Иванов, доктор технических наук, профессор, ОАО «НТЦ «Промышленная безопасность»

Муравьев, В. В.

М91 Физические основы и технологии акустико-эмиссионного контроля металлоконструкций на железнодорожном транспорте : учеб. пособие / В. В. Муравьев, О. В. Муравьева. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2014. – 392 с. : ил.

ISBN 978-5-7526-0670-0

В учебном пособии представлен комплексный подход к изучению метода акустической эмиссии, включающий общие вопросы неразрушающего контроля, основы металловедения и механики разрушения, физические основы ультразвука и акустико-эмиссионного метода контроля, вопросы построения аппаратуры и технологий контроля на примере объектов железнодорожного транспорта.

Учебное пособие предназначено для студентов направления 200100 «Приборостроение», инженерных и научных работников, специализирующихся в области акустико-эмиссионной диагностики, и рекомендуется для подготовки к сертификации специалистов по неразрушающему контролю.

УДК 620.179.17
ББК 30.121

ISBN 978-5-7526-0670-0

© ФГБОУ ВПО «Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова», 2014
© Муравьев В. В., Муравьева О. В., 2014

Оглавление

Список используемых сокращений	7
Предисловие.....	8
Введение.....	10
Глава 1. Общие вопросы неразрушающего контроля на железнодорожном транспорте	13
1.1. Качество и контроль качества продукции	13
1.2. Классификация и выбор методов НК	17
1.3. Система качества НК на железнодорожном транспорте	23
Глава 2. Основы материаловедения	31
2.1 Кристаллическое строение металлов.....	32
2.2. Реальное строение металлических кристаллов.....	33
2.3. Дефекты кристаллической решетки.....	34
2.4. Превращения кристаллических решеток в твердом состоянии	38
2.5. Диаграмма состояния сплава железо – углерод.....	39
2.6. Основные виды термической обработки.....	41
2.7. Классификация легированных сталей	47
2.8. Маркировка легированных сталей	50
2.8.1. Легированные качественные стали	50
2.8.2. Сталь обычного качества	53
2.8.3. Маркировка сталей обычного качества	53
Глава 3. Технология производства литых деталей вагонов	56
3.1. Технология литья	56
3.2. Приготовление металлических сплавов в литейных цехах	59
3.3. Структура литой стали	60
3.4. Литейные свойства сплавов.....	63
3.5. Подготовка литейных форм.....	65
3.6. Процесс изготовления отливки	69
Глава 4. Дефекты металлоизделий	74
4.1. Характеристики дефектов.....	74
4.2. Дефекты литья	77
4.3. Дефектыковки и проката.....	81
4.4. Дефекты механической обработки	83
4.5. Дефекты термической обработки.....	85
4.6. Дефекты сварки	86
4.7. Эксплуатационные дефекты	89

4.8. Эксплуатационные дефекты, возникающие в результате переменных нагрузок.....	93
Глава 5. Механические свойства	99
5.1. Требования к материалу.....	99
5.2. Нагрузки, напряжения и деформации.....	102
5.3. Закон Гука	105
5.4. Статические испытания на растяжение	106
5.5. Динамические испытания	113
5.6. Испытания на твердость	115
5.7. Испытания на усталость.....	121
Глава 6. Некоторые сведения из механики разрушения	130
6.1. Виды разрушения металлов.....	130
6.2. Механизмы зарождения трещин	134
6.3. Развитие трещины с позиций механики разрушения	136
6.4. Усталостное разрушение	141
6.5. Концентрация напряжений.....	149
6.6. Генерация сигналов акустической эмиссии в процессе разрушения	155
Глава 7. Акустико-эмиссионный метод контроля. Основные положения	160
7.1. Активные и пассивные методы акустического контроля	160
7.2. Особенности метода акустической эмиссии.....	163
7.3. Виды акустической эмиссии.....	166
7.4. Схемы использования метода акустической эмиссии.....	168
7.5. Использование метода акустической эмиссии на железнодорожном транспорте	170
Глава 8. Физические основы ультразвука	174
8.1. Упругие колебания	174
8.2. Упругие волны	184
8.3. Типы и поляризация упругих волн	189
8.4. Волны в пластинах	194
8.5. Методы измерения скорости упругих волн	199
8.6. Причины ослабления волн при распространении	201
8.7. Явления, происходящие на границах раздела сред	209

Глава 9. Физические основы акустико-эмиссионного контроля	217
9.1. Дискретная и непрерывная АЭ.....	217
9.2. Параметры дискретной АЭ.....	219
9.2.1. Амплитудные параметры.....	219
9.2.2. Временные параметры	221
9.2.3. Частотные характеристики	226
9.2.4. Пространственное распределение.....	227
9.2.5. Поточковые характеристики.....	228
9.2.6. Амплитудное распределение	232
9.3. Локация источников АЭ	237
9.4. Связь параметров АЭ с процессом нагружения	248
9.4.1. Акустическая эмиссия при пластической деформации металлов.....	248
9.4.2. Акустическая эмиссия в телах с трещинами при монотонном нагружении.....	251
9.4.3. Акустическая эмиссия при постоянной нагрузке	256
9.4.4. Акустическая эмиссия при циклическом нагружении (при усталости).....	257
9.4.5. Эффект Кайзера	258
9.5. Критерии оценки классов источников АЭ	262
Глава 10. Средства акустико-эмиссионного контроля	265
10.1. Классификация средств акустико-эмиссионного контроля....	265
10.2. Состав аппаратуры акустической эмиссии	266
10.3. Преобразователи акустической эмиссии	272
10.3.1. Технические требования, предъявляемые к ПАЭ.....	273
10.3.2. Явление пьезоэффекта	274
10.3.3. Конструкция ПАЭ	276
10.3.4. Основные характеристики ПАЭ.....	282
10.3.5. Классификация ПАЭ	287
10.4. Акустико-эмиссионная система A-Line 32D. Основные характеристики.....	291
10.4.1. Нагрузочный стенд.....	292
10.4.2. Аппаратная часть на базе акустико-эмиссионного дефектоскопического комплекса A-Line 32D.....	293
10.5. Акустико-эмиссионная система СЦАД 16.02/03. Основные характеристики.....	295

Глава 11. Технологии акустико-эмиссионного контроля	297
11.1. Разработка методик акустико-эмиссионного контроля	297
11.2. Шумы и помехи	298
11.3. Основные этапы акустико-эмиссионного контроля	304
11.4. Элементы технологии акустико-эмиссионного контроля литых деталей тележки грузового вагона	309
11.4.1. Акустико-эмиссионная система СЦАД 16.02	309
11.4.2. Акустико-эмиссионная система A-Line 32D	320
Глава 12. Использование метода АЭ для диагностирования различных объектов железнодорожного транспорта	335
12.1. Диагностирование литых деталей тележек грузовых ва- гонов	337
12.2. Диагностирование колесных пар вагонов методом АЭ	343
12.3. Диагностирование тягового хомута автосцепного уст- ройства методом АЭ	349
12.4. Диагностирование котлов цистерн методом АЭ	352
12.5. Диагностирование тормозных цилиндров локомотивов методом АЭ	354
12.6. Диагностирование карданного вала электровоза ЧС-2 методом АЭ	355
12.7. Диагностирование серповидных подвесок электропоез- дов методом АЭ	358
12.8. Диагностирование колец подшипников методом АЭ	359
12.9. Диагностирование пролетных балок железнодорожных металлических мостов методом АЭ	361
12.10. Диагностирование рельсов в эксплуатации методом АЭ ...	362
12.11. Диагностирование рельсов на рельсосварочном пред- приятии методом АЭ	366
Заключение	369
Список рекомендуемой литературы	370
Приложения	377
<i>Приложение А. Контрольные вопросы</i>	377
<i>Приложение Б. Акустическая эмиссия. Термины и определения</i>	383
<i>Приложение В. Нормативные документы</i>	391