

А.Е. ШУБОЧКИН

РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



МОСКВА

Издательский дом "СПЕКТР"

2014

Методы и средства неразрушающего контроля

А. Е. Шубочкин

**РАЗВИТИЕ И СОВРЕМЕННОЕ
СОСТОЯНИЕ ВИХРЕТОКОВОГО
МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО
КОНТРОЛЯ**



Москва, 2014

Рецензенты:

Шахнов В. А., член-корр. РАН, проф.,
д-р техн. наук, МГТУ им. Баумана
Гольштейн А. Е., проф., д-р техн. наук,
Томский политехнический университет

Шубочкин А. Е.

Ш 951 Развитие и современное состояние вихретокового метода неразрушающего контроля: монография. М.: Издательский дом «Спектр», 2014. – 288 с.

ISBN 978-5-4442-0075-9

Изложены история развития и теоретические основы вихретокового контроля. Рассмотрены способы контроля накладными и проходными ВТП, вихретоковая дефектоскопия и толщинометрия, контроль качества ферромагнитных изделий. Представлены современные методы моделирования вихретокового контроля и способы выделения информативных сигналов. Рассмотрены приборы, средства контроля и программные продукты ведущих мировых производителей, созданные для использования в области вихретокового контроля.

Предназначена для специалистов, работающих в области исследования метода вихретокового контроля, создания и эксплуатации средств НК, преподавателей и студентов вузов.

УДК 681.2+620(035)

ББК 30.82я7

ISBN 978-5-4442-0075-9

© ЗАО «НИИИН МНПО «Спектр», 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	6
Введение	8
Глава 1. Физические основы вихретокового контроля	10
1.1. История развития вихретокового контроля	10
1.2. Вихревые токи	16
1.3. Поверхностный эффект (скин-эффект)	20
1.4. Вихретоковые преобразователи (ВТП). Принцип действия ...	26
1.5. Область применения вихретокового контроля	42
1.6. Представление информации при проведении вихретокового контроля	45
1.7. Классификация ВТП	48
1.8. Физические величины, используемые в вихретоковом контроле	57
1.9. Основные термины и определения вихретокового контроля	59
Список литературы	65
Глава 2. Электротехнические аспекты вихретокового контроля	67
Глава 3. Вихретоковый контроль с помощью проходных преобразо- вателей	75
3.1. Наружные проходные ВТП, общая характеристика	75
3.2. Контроль цилиндрических изделий наружными проходными ВТП с однородным магнитным полем	76
3.3. Сравнение наружных и внутренних проходных ВТП	86
3.4. Контроль цилиндрических изделий проходными ВТП с неод- нородным магнитным полем	87
3.5. Дефектоскопия прутков, проволоки и труб проходными ВТП	90
3.6. Конструкции проходных ВТП	101
Список литературы	107
Глава 4. Вихретоковый контроль с помощью накладных преобразова- телей	108
4.1. Накладные ВТП, общая характеристика	108
4.2. Основные конструкции накладных ВТП	109
4.3. Начальные параметры накладного ВТП	111
4.4. Расчет вносимого напряжения накладных ВТП	113
4.5. Контроль электропроводящих изделий большой толщины	115
4.6. Контроль толщины диэлектрических покрытий	121

4.7. Контроль листов накладными ВТП	123
4.8. Контроль листов экранными накладными ВТП	127
4.9. Контроль двухслойных объектов накладными ВТП	130
4.10. Расчет накладных ВТП с ферромагнитными сердечниками	133
4.11. Комбинированные накладные ВТП	136
4.12. Дефектоскопия накладными ВТП	138
4.13. Конструкции ВТП	142
Список литературы	152
Глава 5. Моделирование вихретокового контроля	153
5.1. Численные методы моделирования	153
5.2. Системы автоматизации инженерных расчетов	157
Список литературы	166
Глава 6. Контроль качества ферромагнитных изделий в средних и сильных электромагнитных полях	168
6.1. Связь электрических и магнитных характеристик сталей с их физико-химическими свойствами	168
6.2. Общая характеристика контроля ферромагнитных изделий	172
6.3. Годографы сигналов проходных ВТП для ферромагнитных ОК	174
6.4. Импульсное возбуждение проходных преобразователей	179
6.5. Импульсное возбуждение накладных преобразователей	181
Список литературы	182
Глава 7. Способы выделения информативных сигналов с ослаблением влияния мешающих факторов	183
7.1. Общие положения и классификация способов	183
7.2. Выбор типа измерительных преобразователей	185
7.3. Двухпараметровый способ выделения информации	186
7.4. Спектральные способы анализа сигналов	195
Список литературы	200
Глава 8. Мировой уровень развития систем вихретокового контроля	201
Список литературы	220
Глава 9. Вихретоковые приборы неразрушающего контроля	221
9.1. Вихретоковые дефектоскопы. Классификация и технические характеристики	221
9.2. Вихретоковые дефектоскопы, работающие в статическом ре- жиме	223
9.3. Вихретоковые дефектоскопы, работающие в динамическом режиме	229

9.4. Вихретоковые толщиномеры. Классификация и основные технические характеристики	240
9.5. Вихретоковые толщиномеры изоляционных покрытий на электропроводящих основаниях	242
9.6. Вихретоковые толщиномеры электропроводящих ферромагнитных слоев	244
9.7. Вихретоковые толщиномеры электропроводящих ферромагнитных покрытий на электропроводящих ферромагнитных основаниях	248
9.8. Приборы для контроля физико-механических характеристик металлических объектов	252
9.9. Измерители удельной электрической проводимости металла	255
Глава 10. Метрологическое обеспечение вихретоковых средств контроля	258
10.1. Метрология средств неразрушающего контроля	258
10.2. Метрологическое обеспечение дефектоскопов	260
10.3. Метрологическое обеспечение толщиномеров и измерителей удельной электрической проводимости	281
10.4. Метрологическое обеспечение структуроскопов	281
Список литературы	282
Заключение	283
Список литературы	284