

УДК 620.192

## КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

П. О. Берзин, студент гр. ТЭб-132, III курс  
Научный руководитель: И. Л. АБРАМОВ, к.т.н., доцент  
Кузбасский государственный технический  
университет имени Т.Ф. Горбачева  
г. Кемерово

Надежность и безопасность теплоэнергетического оборудования обеспечивается экспертизой промышленной безопасности. В нее входят неразрушающий контроль, техническое освидетельствование, техническое диагностирование, обследование технического состояния.

Неразрушающий контроль - контроль, при котором не должна быть нарушена пригодность технических устройств, зданий и сооружений к применению и эксплуатации. Согласно ГОСТ 18353-79 в основу классификации методов НК положены физические процессы взаимодействия физического поля или вещества с объектом контроля.

Среди методов НК можно выделить две группы универсальных методов неразрушающего контроля – акустические и радиационные. Эти методы применимы к различным материалам, способны обнаруживать внутренние, приповерхностные и поверхностные дефекты, решать задачи по локализации дефектов - определять местоположение и размеры неоднородностей материала. Остальные методы неразрушающего контроля имеют ограничения по каким-либо из вышеперечисленных параметров и являются либо узкоспециальными либо вспомогательными.

При выборе метода или комплекса методов неразрушающего контроля конкретных деталей или узлов необходимо учитывать следующие основные факторы: вид несплошности и ее расположение, чувствительность метода контроля, условия работы деталей и технические условия на изделие, материал детали, состояние и шероховатость поверхности, форму и размер детали, зоны контроля, доступность детали и зоны контроля, условия контроля.

При сопоставлении методов неразрушающего контроля наиболее важной характеристикой является возможность обнаружения дефектов. На рис. 1 приведена диаграмма выявляемости различными методами неразрушающего контроля наиболее частных дефектов сварных соединений (диаграмма Парето). Из рисунка видно, что наиболее эффективным методом неразрушающего контроля является ультразвуковой метод. По данным отечественных и зарубежных исследователей, выявляемость дефектов ультразвуковым методом – 41 %; рентгенографическим методом – 17 %; магнитным – 16 %; электрическим – 14 %; капиллярным – 9 %; визуально-оптическим – 2 %.

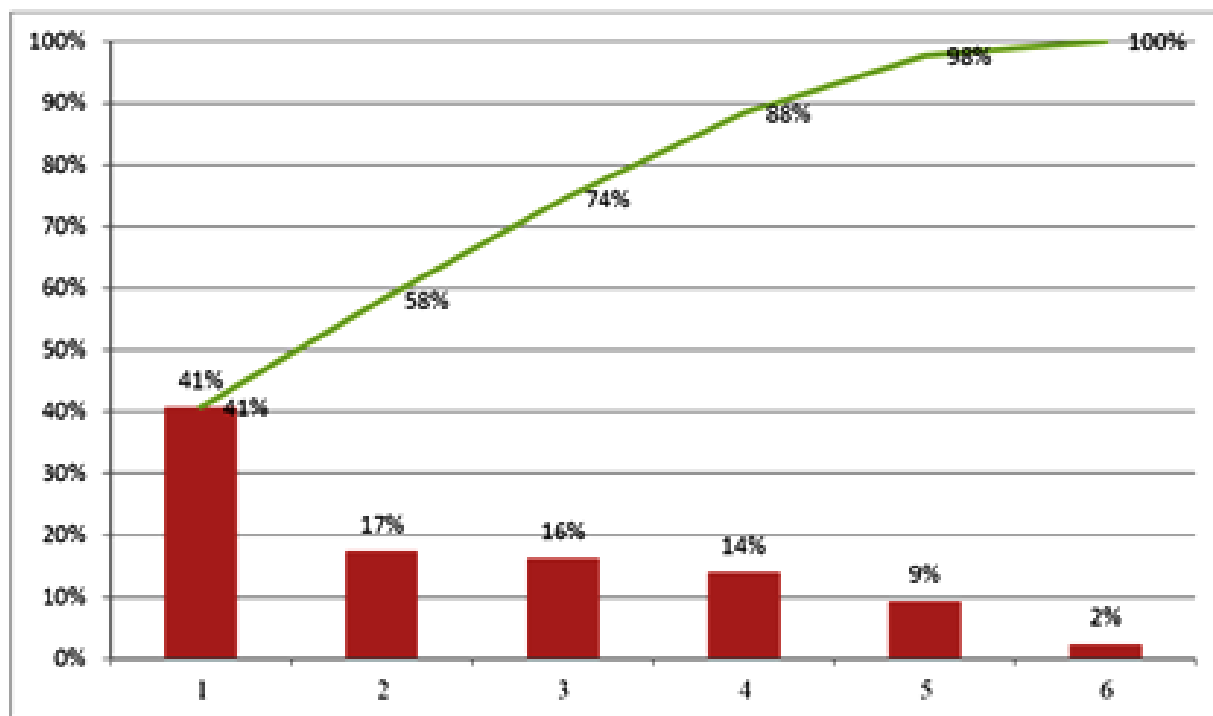


Рис. 1. Диаграмма применения различных методов неразрушающего контроля для обнаружения дефектов сварных соединений:

1 – ультразвуковой; 2 – рентгенографический; 3 – магнитный; 4 – электрический; 5 – капиллярный; 6 – визуально-оптический

Акустические методы неразрушающего контроля применимы ко всем материалам, достаточно хорошо проводящим акустические волны: металлы, пластмассы, бетон, керамика и др. Чаще всего используют упругие волны ультразвукового диапазона (с частотой колебаний выше 20кГц) – это группа ультразвуковых методов.

Многообразие методов ультразвукового контроля связано с необходимостью определения различных видов дефектов. Максимальная эффективность распознавания формы, положения, размеров, химического состава и физико-механических свойств дефекта определяет выбор частотного диапазона, типа волн и метода, реализуемых в конструкции дефектоскопа. В табл. 1 приведены 3 наиболее распространенных метода ультразвуковой дефектоскопии с указанием их особенностей.

Основным достоинством ультразвуковой дефектоскопии является универсальность метода по материалу объекта контроля, расположению дефектов, простота реализации и относительно невысокая стоимость средств контроля.

Недостатком является необходимость настройки дефектоскопа в зависимости от вида дефекта и типа материала, обеспечение акустического контакта с объектом контроля и сложность трактовки результатов контроля.

В классификации методов и средств ультразвукового неразрушающего контроля выделяются дефектоскопия, толщинометрия и структуроскопия.

Таблица 1

Достоинства и недостатки основных методов ультразвуковой дефектоскопии

Метод	Преимущества	Недостатки
Эхо-импульсный	Высокая чувствительность, односторонний доступ	Низкая помехоустойчивость, высокая зависимость амплитуды от ориентации дефекта
Теневой	Высокая помехоустойчивость, Слабая зависимость амплитуды от ориентации дефекта	Контроль небольших толщин, двухсторонний доступ, невысокая точность оценки дефектов
Эхо-зеркальный метод	Хорошая выявляемость плоскостных дефектов, возможность оценки формы отражателей	Только для больших толщин, регистрация дефектов округлой формы от 3 мм

Для контроля деградационных процессов котельного оборудования и степени коррозии трубопроводов воды и пара на предприятия промышленной теплоэнергетики используется широкий спектр приборов. В России ведущей организацией в области разработки средств ультразвукового контроля является ООО «Акустические Контрольные Системы», Москва. Фирма производит весь спектр приборов: от простых бюджетных приборов с точностью до 0,1 мм, современных цифровых тощиномеров с встроенным компьютером, точностью до 0,01 мм и измерительных систем на фазированных решетках (рис. 2), позволяющих получить трехмерное изображение объекта контроля (рис. 3). Стоимость приборов находится в диапазоне от 20 тыс. до 800 тыс. руб. Возможности ультразвукового неразрушающего контроля максимально реализованы в универсальном портативном ультразвуковом дефектоскопотомографе A1550 IntroVisor, имеющем цифровую фокусировку антенной решетки и томографическую обработку данных для контроля металлов и пластмасс.

Дефектоскоп обеспечивает быстрый и достоверный поиск дефектов благодаря визуализации внутренней структуры объекта контроля в виде изображения сечения в режиме реального времени с возможностью измерения реальных размеров дефектов. В основе работы дефектоскопа-томографа лежит принцип цифровой (вычислительной) фокусировки антенной решетки (ЦФА) с получением томограмм сфокусированных в каждую точку сечения, что обеспечивает наилучшее пространственное разрешение и максимальную

чувствительность во всей визуализируемой области, а также высокую производительность контроля.



Рис. 2. Ультразвуковой дефектоскоп-томограф A1550 IntroVisor с преобразователем на фазированных решетках

Достоинством дефектоскопа является обеспечение настройка чувствительности к различным типам несплошностей, обнаружение вертикально-ориентированных дефектов, простая настройка под каждый конкретный объект контроля, возможность работы как в режиме томографа, так и в режиме классического дефектоскопа, работа в режиме сканирования вдоль линии сварного шва с записью полученных результатов в память прибора.

Пример результатов обследования толстостенного сварного соединения трубопровода представлен на рис. 3.

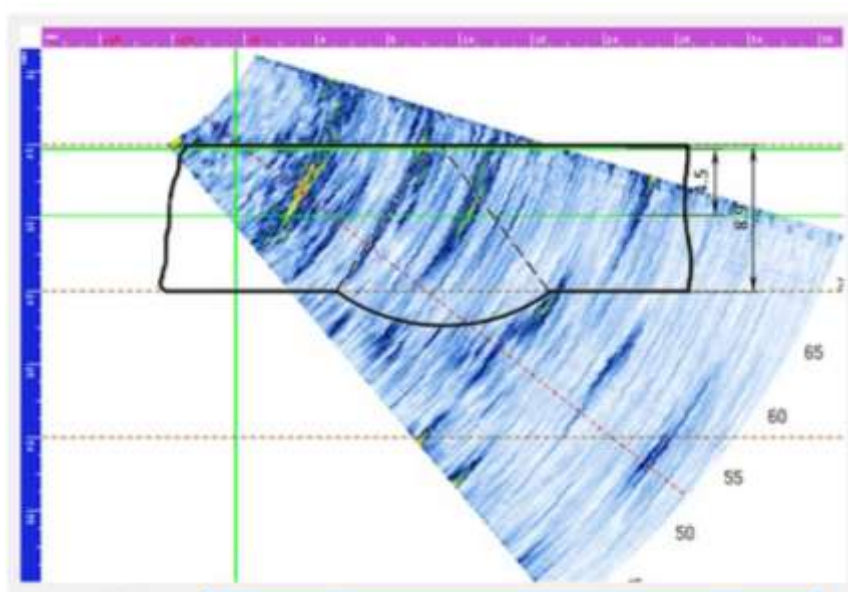


Рис. 3. Обнаружение дефекта металла сварного шва трубы дефектоскопом с 16 элементной фазированной решеткой

Прибор компактен. Вес - 1,9 кг. Быстросменный литиевый аккумулятор обеспечивает 8 часов работы при температурах от – 10° до +55 °С. Энергонезависимая память для записи томограмм и эхо-сигналов, с возможностью просмотра на ПК без специального программного обеспечения через USB.

Специализированное программное обеспечение обеспечивает прием данных из прибора, дальнейшую обработку и документирования томограмм и эхо-сигналов с параметрами контроля и последующего архивирования.

Применение высокоинформативных ультразвуковых систем созданных на основе фазированных решеток является перспективным для мониторинга и диагностики теплоэнергетического оборудования и сетей.

### Список литературы:

1. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ПБ 03-372-00 «Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля». Бюлл. нормативных актов федеральных органов исполнительной власти от 14.08.2000 № 33.
3. ГОСТ 14782-86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые». М., 1986.
4. ПБ 03-108-96 «Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов». Госгортехнадзор РФ Пост. № 80 от 10.06.2003.
5. Неразрушающий контроль и диагностика : справочник / В. В. Клюев и др. – М. : Машиностроение, 1995. – 487 с.
6. ГОСТ 20415-82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения. М., 1982.
7. Коновалов Н. Н., Нормирование дефектов и достоверность неразрушающего контроля сварных соединений/Н. Н. Коновалов. – М.: ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2006.
8. Алешин Н. П., Физические методы неразрушающего контроля сварных соединений: Учебное пособие/ Н. П. Алешин. – М.: Машиностроение, 2006.
9. Гурвич А. К., Неразрушающий контроль/А. К. Гурвич, И. Н. Ермолов, С. Г. Сажин. – М.: Высшая школа, 1992.
10. Титов В. Ю. Совершенствование методических основ обеспечения единства измерения для повышения точности ультразвукового контроля. Дис. на соиск. уч. ст канд. техн. наук. Специальность: 05.11.15 - Метрология и метрологическое обеспечение. Москва, 2014. – 150 с.