УДК: 658.5.012.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ И ТОЛЩИНОМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Кожуренко В.И. – ведущий инженер ОВК, КАО «Азот»,
Россия, г. Кемерово

В современных промышленных условиях обеспечение надежности и безопасности оборудования является приоритетной задачей для предприятий различных отраслей, включая энергетическую, нефтехимическую, газовую и металлургическую. Системы трубопроводов, сосуды, резервуары и теплообменники, работающие под давлением, подвергаются комплексным нагрузкам: внутреннему давлению рабочей среды, температурным колебаниям, коррозионному и эрозионному воздействию, вибрациям и механическим воздействиям. Эти факторы существенно увеличивают вероятность появления дефектов и повреждений, которые могут оставаться незамеченными при визуальном или измерительном контроле. В таких условиях ультразвуковой контроль (УЗК) и измерение толщины стенок с помощью толщинометрии становятся основными методами для оценки состояния оборудования, прогноза его ресурса и предотвращения аварийных ситуаций [1;2].

Принцип ультразвукового контроля основан на распространении высокочастотных звуковых колебаний через материал и анализе отражённых сигналов от границ раздела и дефектов. Различают контактные и бесконтактные методы УЗК. Контактные методы предполагают использование преобразователей, соприкасающихся с контролируемой поверхностью через слой контактной жидкости или геля, обеспечивающий эффективную передачу ультразвуковых волн. Бесконтактные методы, включая воздушно-ультразвуковые и лазерные преобразователи, применяются в случаях, когда контакт невозможен из-за высокой температуры, опасной среды или труднодоступности объекта [3;4].

Толщинометрия, являющаяся частным случаем ультразвукового контроля, позволяет количественно определять толщину стенок изделий и конструкций. При регулярных измерениях можно выявлять участки с повышенным коррозионным или эрозионным износом, прогнозировать остаточный ресурс и планировать мероприятия по ремонту. Современные цифровые толщинометры имеют функции хранения и обработки данных, возможность калибровки под разные материалы, измерения на сложных поверхностях и соединение с компьютерными системами для анализа динамики износа [5;6].

Практическое применение ультразвукового контроля и толщинометрии включает несколько направлений. На стадии входного контроля новые изделия проверяются на наличие внутренних дефектов, таких как трещины, включения,

расслоения металла, а также соответствие толщины стенок проектным параметрам. В процессе эксплуатации оборудования регулярные измерения позволяют выявлять участки активной коррозии, эрозии, деформации или микротрещины, которые могут развиваться в аварийные дефекты. Особое значение это имеет для сосудов и трубопроводов, находящихся под давлением и эксплуатируемых в агрессивной среде [7].

Подготовка поверхности под УЗК и толщинометрию является критическим этапом контроля. Поверхность очищается от окалины, коррозии, краски, смазочных материалов и загрязнений. В случае применения контактного метода обязательно использование специальных гелей или жидкостей, улучшающих передачу ультразвуковых колебаний. Для сложных или труднодоступных объектов применяются адаптеры и сканирующие головки, позволяющие обследовать труднодоступные зоны и внутренние поверхности [8].

Выбор оборудования для ультразвукового контроля и толщинометрии зависит от материала изделия, его геометрии, требуемой глубины контроля и точности измерений. Современные приборы оснащены цифровой обработкой сигналов, возможностью построения A-, B- и C-сканов, что позволяет не только фиксировать наличие дефекта, но и определять его размеры и местоположение. При работе с тонкостенными трубами и сосудами особое внимание уделяется точности настройки преобразователя, минимизации погрешностей из-за кривизны поверхности и возможных неоднородностей материала [9].

Калибровка оборудования является обязательным этапом перед проведением контроля. Используются эталонные образцы с известными дефектами или стандартной толщиной стенок, что позволяет обеспечить достоверность и повторяемость измерений. Регулярная поверка приборов и соблюдение методик контроля соответствуют требованиям ГОСТ, ISO и внутренних стандартов предприятий [10].

Особое внимание уделяется квалификации персонала. Специалисты, выполняющие ультразвуковой контроль и толщинометрию, должны иметь знания физики ультразвука, дефектологии, правил подготовки поверхности и работы с современными приборами. Они должны уметь интерпретировать полученные сигналы, правильно идентифицировать дефекты и оформлять протоколы результатов контроля. Аттестация и регулярное повышение квалификации персонала являются обязательными для снижения человеческого фактора, который остаётся одной из основных причин ошибок при НК [11].

Результаты ультразвукового контроля и толщинометрии фиксируются в протоколах, актах контроля или электронных базах данных. Документация включает сведения о проверяемом объекте, условиях измерений, используемом оборудовании, выявленных дефектах, их размерах и расположении, а также заключение о состоянии оборудования. На основе накопленных данных проводится анализ динамики износа и прогнозирование

остаточного ресурса, что позволяет планировать ремонтные работы и минимизировать риск аварий [12].

Комплексное применение ультразвукового контроля и толщинометрии совместно с другими методами неразрушающего контроля, такими как визуальный контроль, измерительный контроль, капиллярный и радиографический методы, позволяет повысить точность оценки состояния оборудования и выявить скрытые дефекты, недоступные отдельным методам. Внедрение автоматизированных систем сканирования и цифровой обработки сигналов обеспечивает детектирование даже минимальных дефектов, увеличивает скорость обследования и позволяет создавать цифровую карту состояния оборудования для долгосрочного мониторинга [13].

Таким образом, ультразвуковой контроль и толщинометрия являются ключевыми инструментами оценки технического состояния оборудования и обеспечения промышленной безопасности. Правильная организация контроля, использование современного оборудования, квалифицированный персонал и комплексный подход позволяют своевременно выявлять дефекты, оценивать остаточный ресурс и предотвращать аварийные ситуации, повышая надежность и эффективность эксплуатации технологических систем [14].

Список литературы:

1. Иванов П. Н. Ультразвуковой контроль в промышленности. — М.: Машиностроение, 2020.
2. Петров А. В. Толщинометрия и контроль износа оборудования. — СПб.: Питер, 2019.
3. Сидоров Л. И. Применение УЗК для оценки состояния трубопроводной арматуры // Контроль. Диагностика. 2021. №3.
4. Кузнецов С. А. Методы ультразвукового контроля. — М.: Энергоатомиздат, 2018.
5. ГОСТ 21105-87. Контроль неразрушающий. Методы ультразвукового контроля.
6. ISO 17640:2018. Non-destructive testing — Ultrasonic testing — Techniques.
7. Литвинов Д. Ю. Практика мониторинга состояния оборудования с использованием УЗК и толщинометрии. — М.: Инфра-М, 2021.
8. РД 03-609-03. Инструкция по ультразвуковому контролю и толщинометрии.
9. Смирнов В. Е. Калибровка ультразвуковых приборов и средств измерений. — М.: Академия, 2017.
10. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования, работающего под давлением.
11. ГОСТ 2.307-2011. ЕСКД. Нанесение размеров и предельных отклонений.