

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Немытовой Ольги Владимировны «Определение типа отражателей ультразвуковых волн с использованием мгновенной частоты эхо-сигналов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий

Актуальность темы диссертации

Одним из основных этапов развития методов неразрушающего контроля является разработка методик и способов определения типа дефектов. Плоскостные дефекты с острыми краями даже при малых размерах относят к критическим. Они существенно снижают надежность изделий и конструкций, и с большой вероятностью могут стать причиной их разрушения.

Ни один из существующих методов оценки типа дефектов, ранее описанных в литературе, не является универсальным. Получаемые этими методами результаты, как правило, зависят от амплитуды принятого сигнала. В этом случае сильное влияние будет оказывать стабильность акустического контакта и качество подготовки поверхности объекта контроля. Более информативными в оценке типа дефектов считаются томографические методы, однако и они не вполне достоверно отображают форму дефекта.

Таким образом, наряду с уже известными методами, в том числе и томографическими, необходима разработка новых методик для оценки типа дефектов. Эта задача требует нахождения новых информативных признаков, по возможности максимально снижающих влияние качества акустического контакта на результат оценки типа дефектов.

Актуальность темы подтверждается поддержкой гранта РФФИ № 12-08-33098 мол_а_вед. «Моделирование и экспериментальное исследование взаимосвязи инициированных деформацией изменений структуры, прочностных, магнитных и акустических свойств стальных объектов», поддержкой проектов Президиума УрО РАН, рук. чл.-корр. РАН Щербинин В.Е. «Восстановление образа дефекта путем решения обратных задач магнитостатики, электродинамики и акустики и применения современных методов анализа сигналов» и «Анализ, моделирование и экспериментальное исследование топологии магнитных и акустических полей в ферромагнитных объектах».

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертация Немытовой О.В. хорошо структурирована, характеризуется логичностью, последовательностью изложения материала и состоит из введения, пяти глав, заключения. Список литературных источников включает 101 наименование, из них иностранных источников менее 10%. Диссертационная работа содержит расчетно-теоретическую часть, проведена экспериментальная проработка и получен конечный результат в виде

качественного критерия оценки типа отражателей. Результаты диссертации опубликованы в 4 научных статьях в журналах из перечня ВАК и Web of Sciences и представлены на 11 конференциях различного уровня, в том числе 1 международной. В тексте диссертации соискатель приводит ссылки на авторов и источники заимствованных материалов или отдельных результатов. Участие соавторов также отражено в тексте диссертации. Выделен личный вклад соискателя, выражающийся в проведении экспериментальных исследований и обработке полученных результатов.

Соответствие паспорту специальности

Содержание диссертации соответствует пункту 1 «Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» и пункту 6 «Разработка алгоритмического и программно-технического обеспечения процессов обработки информативных сигналов и представление результатов в приборах и средствах контроля, автоматизация приборов контроля» паспорта специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.

Во введении раскрыта актуальность решаемого вопроса, цель, задачи исследования, сформулированы новизна, практическая и теоретическая значимость, защищаемые положения, обозначен личный вклад, а также достоверность результатов диссертационной работы.

Первая глава представляет собой литературный обзор, в котором подробно рассмотрены существующие на данный момент методы оценки типа дефектов. Проведен сравнительный анализ их возможностей и выявлены основные ограничения, не позволяющие дать точную и достоверную оценку типа отражателей. На основе анализа сформулирована цель и задачи исследования.

Во второй главе описаны методики экспериментов, проведенных в диссертационной работе. В качестве информативного признака определения типа дефекта предложен информативный параметр – мгновенная частота эхо-сигнала, показана его физическая суть. Описан алгоритм оценки мгновенной частоты на основе применения непрерывного вейвлетного преобразования, показана его эффективность по сравнению с алгоритмом оценки мгновенной частоты на основе представлений об аналитическом сигнале. Для практической реализации предлагаемого способа введен качественный критерий оценки типа отражателей – соотношение между нормированными девиациями частоты.

В третьей главе приведены результаты оценки частотных параметров эхо-сигналов от искусственных отражателей различной формы и от естественных дефектов в сварных швах, полученные экспериментальным путем. Для того чтобы подтвердить экспериментальные результаты теоретически, а также продемонстрировать возможность использования критерия оценки мгновенной частоты для классификации отражателей по форме, построена аналитическая модель, представляющая собой анализ частотных параметров эхо-импульса на выходе приемного преобразователя с круговой апертурой

при его взаимодействии с акустической волной с криволинейным волновым фронтом. По результатам проведенных экспериментальных исследований и аналитических расчетов предложен новый способ оценки типа скрытых дефектов при реализации ультразвукового эхо-метода неразрушающего контроля.

В четвертой главе приведено описание ультразвукового томографа А1550 и показан принцип определения типа скрытого дефекта посредством ультразвуковой компьютерной томографии. Для того чтобы сравнить результаты оценки типа отражателей, полученные томографическим методом, с результатами оценки мгновенной частоты эхо-сигнала, в данной главе в виде «томограмм» представлены результаты визуализации искусственных и естественных отражателей различной формы. Рассмотрены ограничения использования ультразвуковой компьютерной томографии для оценки типа отражателя.

В пятой главе приведены результаты разработки ультразвуковых методик контроля изделий из моно- и поликристаллических жаропрочных сплавов. Приведены примеры выявления искусственных отражателей типа «плоскодонное сверление» и «сквозное боковое цилиндрическое отверстие» в моно- и поликристаллических образцах, а также реального дефекта в лопатке из поликристаллического жаропрочного сплава. Приведены результаты оценки мгновенной частоты эхо-сигналов от «плоскодонного отверстия» и «сквозного бокового цилиндрического отверстия».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается корректностью применения современных представлений физической акустики и основ ультразвукового контроля, большим объемом экспериментальных исследований, проведенных с использованием поверенной дефектоскопической аппаратуры. Положения работы логически выстроены, а выводы достаточно полно аргументированы.

Достоверность полученных в работе результатов обеспечивается оценкой воспроизводимости и однозначности результатов, полученных при различных параметрах измерительной аппаратуры; использованием при разработке нового способа аттестованной дефектоскопической аппаратуры; сравнительным анализом результатов оценки типа отражателей, полученных предложенным способом и томографическим методом; сравнительным анализом результатов, полученных на искусственных отражателях и на естественных дефектах в сварных швах; сопоставлением аналитических расчетов и экспериментальных данных.

Новизна полученных результатов

Впервые для оценки типа отражателей ультразвука используется информативный признак – мгновенная частота эхо-сигнала, позволяющий отстроиться от влияния стабильности акустического контакта и качества поверхности объекта контроля на конечный результат определения типа дефектов.

Предложен новый алгоритм оценки мгновенной частоты с использованием вейвлетного спектра аналитического сигнала, за счет чего снижается влияние аддитивного белого Гауссова шума на конечный результат оценки типа дефектов.

На основе экспериментальных исследований зависимости мгновенной частоты импульсного эхо-сигнала от типа отражателя, а также на основе алгоритма, описывающего эту зависимость, разработан новый способ ультразвукового контроля с возможностью определения типа дефектов.

Научная и практическая значимость результатов

Предложенный способ оценки типа скрытых дефектов, в дополнение к уже существующим, позволит получать более точную информацию о типе скрытого дефекта. Очевидным преимуществом предложенного способа является тот факт, что он не требует разработки новой измерительной аппаратуры, реализуется на основе применения единственного стандартного совмещенного преобразователя и при одностороннем доступе к объекту контроля.

Алгоритм оценки мгновенной частоты с использованием вейвлетного спектра аналитического сигнала представляет интерес при решении различных задач физической акустики и ультразвукового контроля.

Разработка методик ультразвукового контроля изделий из моно- и поликристаллических жаропрочных сплавов – актуальная задача практической дефектоскопии. Полученные результаты могут найти широкое применение в авиационной, нефтегазовой промышленности, в стационарных энергетических системах.

О научной значимости диссертационной работы говорит тот факт, что вынесено положительное решение о выдаче патента на изобретение «Способ определения типа дефекта в металлургических изделиях» по заявке №2013101082 от 09.01.2013г.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждается тем, что результаты данной работы используются в учебном процессе в рамках курса лекций по дисциплине «Физические методы контроля материалов» на кафедре «Физические методы и приборы контроля качества» Физико-технологического института Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. Продолжаются работы совместно с ЗАО «НПО «Интротест» по разработке функциональной возможности использования критерия оценки мгновенной частоты эхо-сигнала для классификации дефектов по форме в виде дополнительной опции в существующем дефектоскопическом оборудовании.

По работе следует сделать следующие замечания:

1. Не обоснована необходимость 4 главы диссертации, где на с. 89-94 приведено описание ультразвукового томографа А1550, в основном рекламного характера, что невозможно отнести к исследовательской части диссертации. Результатам визуализации исследуемых дефектов томографическим методом посвящен лишь подраздел 4.3 с. 95-100. Отсутствует описание подходов к восстановлению формы дефектов по

результатам компьютерной томографии, что не позволяет провести сравнение различных известных подходов к определению формы дефектов с методом разработанным автором.

2. В диссертации отсутствуют результаты исследования влияния мешающих факторов на информативный параметр мгновенной частоты эхо-сигнала, в частности, влияния отклонения рабочей частоты, диаграммы направленности, угла ввода преобразователя в пределах допуска, а также толщины слоя контактной жидкости, шероховатости поверхности и пр.

3. На экспериментальных графиках и диаграммах девиации частоты, приведенных в главе 3 отсутствуют доверительные интервалы измеренных значений, что ставит под сомнение расположение на диаграмме точек, соответствующих отражателям различного типа (например, плоская и вогнутая донные поверхности на рис. 3.13, СБЦО1 на рис.3.11 и др.).

4. Автор ввел некорректное понятие скрытого и явного дефектов (с. 19 диссертации), как обнаруживаемых приборами, либо визуально. Указанные определения противоречат терминологическому справочнику по неразрушающему контролю, согласно которому дефекты называют скрытыми, если в НТД отсутствуют рекомендации по их обнаружению, включая и визуальный осмотр. Явный дефект выявляется не только визуально, но и методами и средствами НК согласно НТД.

5. Спорным является утверждение 1 пункта научной новизны о незначительности влияния акустического контакта и качества контролируемой поверхности на предложенный информативный параметр. Известно, что прозрачность слоя контактной жидкости является частотно-зависимой.

6. В разработанной автором методике УЗ контроля из жаропрочных сплавов не обоснован выбор рабочей частоты, как основного параметра контроля. В частности, не ясна необходимость использования частоты 5 МГц в условиях высокого уровня структурных шумов (рис.5.12).

7. Не корректно описан механизм взаимодействия УЗ волны с зарубкой и двугранным углом, как «многократные отражения от поверхностей отражателя» (стр. 98).

8. Введенное в подразделе 2.3.4 и используемое в дальнейшем, понятие безразмерного параметра – нормированных девиаций частоты f_{r1} и f_{r2} , имеет такое же обозначение как и размерный параметр частоты f , что не вполне корректно.

9. Имеют место грамматические ошибки в диссертации, например с.18, 49, 81, 131; несогласованные обороты на с. 42, 81; на с. 72 и 76, ссылка на п. 2.3.1.3, которого нет в содержании диссертации и в тексте п. 2.3.1; ссылка № 56 с. 139 имеет неверную дату публикации (1975 г. для публикации в области УЗ томографии), в ссылке № 55 допущена ошибка в фамилии автора.

Высказанные замечания не ставят под сомнение достоверность основных научных результатов и положений работы, не снижают научной и практической значимости полученных результатов. Полученные в диссертационной работе результаты полностью соответствуют поставленной

цели и задачам. Диссертация и автореферат оформлены согласно ГОСТ Р 7.0.11-2011. Автореферат соответствует основному содержанию и научным положениям диссертационной работы.

Заключение

Считаю, что рассмотренная диссертация, выполнена на актуальную тему, представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей значение для развития отрасли знаний в области акустического неразрушающего контроля в виде научно-обоснованных методических рекомендаций, реализующих новый способ определения типа дефектов, внедрение которого вносит значительный вклад в совершенствование методов и средств диагностики, обеспечивающих повышение безопасности эксплуатации технических объектов, а автор диссертации – Немытова Ольга Владимировна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий».

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой
«Приборы и методы контроля
качества» ФГБОУ ВПО «Ижевский
государственный технический университет
имени М.Т. Калашникова»,
Заслуженный деятель науки РФ,
доктор технических наук, профессор
426069, г. Ижевск,
ул. Студенческая, д. 7
телефон: 8(3412)776055 доб.1132
e-mail: pmkk@istu.ru

Муравьев Виталий Васильевич

Муравьев 05.05.2014

Подпись Муравьева Виталия Васильевича заверяю:
Ученый секретарь ИжГТУ имени М.Т. Калашникова,
д.т.н., профессор



В.А. Алексеев В.А. Алексеев