

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Маликова Владимира Николаевича

«Контроль неоднородностей, примесей и дефектов проводящих сплавов и композиционных материалов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей»

представленную на соискание ученой степени

кандидата технических наук

по специальности 05.11.13 – приборы и методы контроля природной среды, материалов и изделий

Актуальность темы исследования. Производство и эксплуатация ряда изделий, используемых в современной технике, невозможны без контроля их качества. Основное требование, предъявляемое к современной промышленной продукции, заключается в их безопасности. Контроль и диагностика – начинающие и определяющие составные части проблемы безопасности металлических изделий. Особую роль при этом играют неразрушающие методы контроля, поскольку только они позволяют, в случае необходимости, произвести полную проверку качества непосредственно в процессе использования. Актуальной задачей неразрушающего контроля является разделение сигналов от дефектов, залегающих на небольшом расстоянии друг от друга со сложным характером их взаимного распределения. Также важной проблемой неразрушающих методов измерений является и поиск малых дефектов, расположенных в глубине исследуемого материала. Современные системы вихретокового неразрушающего контроля способны эффективно производить поиск дефектов проводящих материалов, определять толщину покрытий, производить анализ химического состава материала. Однако поиск дефектов на значительной глубине, поиск сверхмалых дефектов, оценка геометрических параметров дефектов, залегающих в толще металла по прежнему представляют значительные трудности.

Данные причины определяют актуальность диссертационной работы В.Н. Маликова, посвященной разработке достоверных и одновременно доступных методов и средств, позволяющих обнаружить и оценить геометрические параметры дефектов, скрытых в толще металла.

Структура и содержание работы. Структура и содержание диссертации подчинены логическому единству и последовательности решения задачи выявления закономерностей формирования образа дефекта при сканировании металлических изделий для уверенного обнаружения плоскостных и объемных дефектов, залегающих на различной глубине. Следует одобрить основную идею работы: использование сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей, основанных на сердечниках из сплава с высокой магнитной проницаемостью и системы аппаратно-программной обработки сигналов, несущих информацию о состоянии объекта контроля. Диссертация изложена на 157 страницах, состоит

из введения, четырех глав, заключения, списка литературы (144 наименования), 3 приложений, включает 76 рисунков и 5 таблиц.

Во **Введении** описаны актуальность темы и современное состояние исследований в этой области, формулируется цель и задачи исследования, приводятся доказательства научной новизны и практической значимости полученных результатов, а также представлены положения, выносимые на защиту.

В **первой** главе определяется объект исследования – сверхминиатюрные вихретоковые преобразователи, рассматриваются основные задачи контроля, решаемые с использованием вихретоковых преобразователей. Рассматривается разнообразие подходов к реализации метода вихретокового контроля. Рассмотрены подходы к поиску дефектов в глубине исследуемых материалов, а также применение вихретокового метода в промышленности. Обоснована необходимость совершенствования вихретоковых преобразователей и системы обработки получаемых сигналов для увеличения локальности контроля.

Во **второй** главе проведены расчеты напряжений на возбуждающей и измерительной обмотке вихретокового преобразователя, представлены технологические инструкции по обработке сплава 81НМА с целью достижения высокой магнитной проницаемости и использования данного материала в качестве магнитопровода вихретокового преобразователя. Приведены результаты влияния размеров объектов контроля на напряжение измерительной обмотке. Представлена концепция виртуализированных измерительных приборов, предусматривающая управление вихретоковым преобразователем через звуковую карту с помощью специального программного обеспечения. Приведены сведения о разработанной системе обработки сигнала, позволяющей значительно снизить уровень помех полезного сигнала и повысить отношение сигнал/шум.

В **третьей** главе представлены экспериментальные исследования дефектов в алюминиевых и титановых сплавах, приведены данные о работе преобразователя на различных частотах с различными объектами, как бездефектными, так и содержащими модельные дефекты. Исследуется влияние поверхностных дефектов и дефектов глубокого залегания, содержащихся в алюминиевых и титановых пластинах, а также сварных швах, соединяющих пластины из данных материалов. Подтверждено соответствие данных, получаемых с использованием разработанной измерительной системы и данных, получаемых с использованием визуального контроля.

В **четвертой** главе представлены экспериментальные исследования композитных материалов алюминий-полиэтилен и сталь-бумага, представляющие из себя модель материала «металл-диэлектрик-металл». Приведены сведения о сигнале разработанной измерительной системы при исследовании дефектов в подобных структурах и показаны зависимости, возникающие при переходах от одного материала к другому. Также

представлены данные об измерении толщины проводящих материалов и диэлектриков, размещенных на металлической подложке.

В заключении приводятся основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, отражающие достижение поставленной цели.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности. Диссертационная работа В.Н. Маликова соответствует пунктам: пп. 1 и 3 областей исследований соответствующего паспорта специальности:

1. Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий.
3. Разработка, внедрение и испытания приборов, средств и систем контроля природной среды, веществ, материалов и изделий, имеющих лучшие характеристики по сравнению с прототипами.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертации.

Личный вклад соискателя в получение результатов исследования.

Диссертантом предложено и обосновано использование системы фильтрации в программно-аппаратном комплексе и реализация системы обработки сигнала, несущего информацию об объекте контроля; предложено и экспериментально проверено предположение о повышении разрешающего способности вихретокового преобразователя при использовании сердечников с высоким значением магнитной проницаемости; проведены экспериментальные исследования разработанного программно-аппаратного комплекса на материалах с различными характеристиками и дефектами.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность полученных в работе результатов, аргументированность заключений и выводов диссертации обеспечивается экспериментальными подтверждениями выдвинутых положений, применением математических способов обработки экспериментальных данных и определения погрешностей измерений.

Достоверность результатов работы подтверждается корректным использованием теоретических и экспериментальных методов вихретоковой дефектоскопии. Разработанная методика измерений тестировалась на модельных объектах с известными дефектами. При этом было получено полное соответствие полученных результатов с данными на модельных объектах: пластины из титана, соединенные с помощью сварных швов, пластины из сплава Al-Mg, структуры металл-диэлектрик.

Практическая значимость работы.

Установлено влияние материала и формы сердечника на эффективность проводимой вихретоковой дефектоскопии и получена зависимость между

величиной магнитной проницаемости и локальностью магнитного поля, генерируемого ВТП. Разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий получить амплитудные сигналы от дефектов в проводящих материалах при их различном местоположении, размерах и ориентации. Предложен и защищен патентами РФ вихретоковый дефектоскоп, основным отличием которого от известных является использование виртуализированных приборов, представляющих из себя программы, управляющие работой вихретокового преобразователя. Созданный действующий образец дефектоскопа прошел испытания и был внедрен в Институте физики металлов Сибирского отделения Российской Академии Наук, г. Томск.

Научная новизна работы.

В процессе проведенных исследований было установлено значительное влияние материала и формы сердечника на эффективность проводимой вихретоковой дефектоскопии. Установлено значительное влияние режимов отжига и последующего охлаждения сплава 81НМА на значение его магнитной проницаемости. Установлено, что разработанный сверхминиатюрный ВТП с сердечником пирамидальной формы способен локализовать магнитное поле на участке от 2500 мкм^2 и получать отклик от неоднородностей вещества, находящихся на глубине 5 мм. Установлены зависимости между выходным сигналом ВТП и различными параметрами дефектов (геометрические размеры, глубина залегания, форма и тип дефекта) в металлах, сплавах, слоистых композитах и сварных швах.

Недостатки в диссертации и автореферате.

В диссертации не приведен расчет влияния краевого эффекта при использовании разработанных вихретоковых преобразователей. Необходимо было привести алгоритм расчета влияния краевых участков объекта контроля на изменение сигнала преобразователя с малым участком локализации электромагнитного поля.

Влияние структурной неоднородности материала на сигнал миниатюрного вихретокового преобразователя с локализацией электромагнитного поля на площади 2500 мкм^2 (что соответствует размеру участка около 56 мкм) будет значительным. В силу того, что размер контролируемого участка соизмерим с размером, например, зерна (для сплава Д16 размер зерна может составлять несколько десятков микрон), усреднения при такой локализации практически не происходит. Неоднородность, в качестве которой может быть зерно или дисперсное включение, достаточно сильно влияет на сигнал вихретокового преобразователя. Совместное влияние краевого эффекта и структурной неоднородности в диссертации рассмотрено не было.

В диссертации не приведены сведения о моделировании распространения распространения магнитного поля с заданными параметрами в исследуемых

материалах с использованием известных компьютерных программ, хотя подобное моделирование могло бы дать теоретическое объяснение полученным результатам.

Приведенные в 1 главе диссертационной работы сведения о различных областях применения вихретокового контроля содержат сведения об использовании вихретоковых датчиков для сканирования тонких нанометровых пленок, а также упоминается о проблемах, связанных с данной задачей. Однако далее в тексте диссертации вопрос сканирования тонких пленок не раскрывается, что делает приведенную в 1 главе информацию избыточной.

Малый объем раздела, в котором непосредственно описывается и обсуждается разработанный программно-аппаратный комплекс. Например, отсутствие количественных данных о амплитудно-частотных характеристиках использованных фильтров. Из текста не понятно, почему автор использовал фильтр Дельянна, а также как осуществлялось разделение двухчастотного сигнала.

Раздел 2.4 описывает влияние изменений различных параметров (размер, угол наклона) исследуемых объектов на сигнал разработанного преобразователя. Однако в разделе 2.2. уже приводятся зависимости, позволяющие оценить влияние электропроводности объекта и расстояния до него. Раздел 2.4 следовало бы объединить с разделом 2.2. В разделе 2.6, напротив, следовало бы разделить на раздел с описанием концепции виртуализированных приборов и раздел с описанием работы программного обеспечения.

Отмеченные замечания не снижают научной и практической ценности диссертационной работы Маликова Владимира Николаевича. Результаты работы достаточно полно опубликованы в печати. Автореферат соответствует основным положениям диссертационной работы.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук В.Н. Маликова является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно-обоснованные, экспериментально подтвержденные и внедренные технические решения, касающиеся вихретокового способа контроля изделий, изготовленных из проводящих материалов, позволяющего осуществлять оценку геометрических параметров дефектов при одностороннем доступе к изделию. Возможности использования этого способа для решения соответствующей научной задачи, подтверждены двумя патентами РФ на изобретение и внедрением разработанного программно-аппаратного комплекса в Институте физики металлов Сибирского отделения Российской Академии Наук.

Учитывая вышеизложенное, считаю, что диссертация Маликова Владимира Николаевича «Контроль неоднородностей, примесей и дефектов проводящих сплавов и композиционных материалов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей» соответствует п.8 Положения о порядке присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском

политехническом университете, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (dis.tpu.ru), а ее автор Маликов Владимир Николаевич заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

Официальный оппонент доктор технических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией неразрушающего контроля и диагностики материалов и конструкций Института проблем машиностроения РАН - филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»

06.04.2019

Мишакин Василий Васильевич

Белинского ул., д. 85, Нижний Новгород, 603024.
Института проблем машиностроения РАН
Рабочий телефон: +7 (831) 432 2159
Электронная почта: imndt31@mts-nn.ru

Подпись Мишакина В.В. заверяю.

Заместитель директора ИПМ РАН, д.ф-мат.н

Павлов И.С.