

## ОТЗЫВ

дополнительного члена совета ДС.ТПУ.13 на диссертационную работу  
Маликова Владимира Николаевича,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата технических наук  
по специальности 05.11.13 – приборы и методы контроля природной среды,  
материалов и изделий, на тему  
**«Контроль неоднородностей, примесей и дефектов проводящих сплавов  
и композиционных материалов с помощью сверхминиатюрных  
вихретоковых преобразователей»**

### **Актуальность темы диссертации**

Важной областью применения результатов диссертационной работы является создание алгоритмов и технических средств систем диагностирования промышленных изделий из различных металлов и их сплавов на предмет наличия дефектов, особенно поиск малых дефектов глубокого залегания. Для решения этой задачи необходимо разработать сверхминиатюрный датчик, создать систему поиска и обработки сигналов, несущих информацию о дефектах, а также разработать алгоритмы диагностирования подобных дефектов.

Необходимость исследований по теме диссертации определяется возрастающими требованиями к точности диагностических процессов, улучшения информационных и инструментальных средств эксплуатационного мониторинга и контроля надежности, безопасности продукции, изделий, оборудования и сооружений. На основе данных, полученных при анализе различных материалов, разрабатываются подходы к оцениванию параметров объектов при различных объемах измерительной информации.

Диссертационная работа Маликова В.Н. посвящена экспериментальным исследованиям в области неразрушающего

вихретокового контроля, на основе которых могут быть созданы новые методы контроля технического состояния для большого круга объектов разного назначения. В работе рассматриваются системы технической диагностики, основанные на сверхминиатюрных вихретоковых преобразователях, позволяющие производить анализ электропроводящих материалов, часто используемых в промышленности: алюминий-магний, титан, техническая сталь. Таким образом, тема рассматриваемой диссертации, безусловно, является актуальной.

### **Новизна и достоверность основных выводов и результатов работы**

В диссертации получены следующие новые научные результаты.

Установлено влияние материала и формы сердечника на эффективность проводимой вихретоковой дефектоскопии в виде графической зависимости между величиной магнитной проницаемости и локальностью магнитного поля, генерируемого ВТП.

Установлены температурные режимы отжига и охлаждения сплава 81НМА, используемого в качестве сердечника, оптимальные для достижения максимальной магнитной проницаемости, что позволило значительно увеличить локальность контроля вихретокового преобразователя.

Установлены зависимости напряженности поля от глубины проникновения в проводящие вещества с различной электрической проводимостью (7,96-54 МСм\м).

Проведенные эксперименты показали эффективность разработанной измерительной системы: при условии достаточной локализации магнитного поля ( $2500 \text{ мкм}^2$ ) и эффективной обработке полученного сигнала, становится возможным получить отклик от неоднородностей вещества, находящихся на глубине 5 мм.

Получены графические зависимости между сигналом измерительной катушки ВТП и различными параметрами дефектов (геометрические размеры, глубина залегания, форма и тип дефекта) в металлах, сплавах,

слоистых композитах и сварных швах.

**Достоверность** результатов диссертационной работы подтверждена экспериментальными результатами, проведенными на объектах диагностирования, апробацией результатов работы на конференциях и выставках различного уровня, получением патентов РФ и внедрением в лаборатории неразрушающего контроля ИФМ СО РАН

### **Ценность для науки и практики**

Ценность представленной соискателем работы для науки и практики заключается в следующем:

1. Разработан универсальный подход для создания диагностического обеспечения широкого класса технических объектов.
2. Представленные методы диагностирования изделий направлены на повышение надежности и безопасности объектов, используемых в промышленности и науке.
3. Исполнение разработанной системы в формате виртуального прибора позволяет реализовать широкий спектр измерительных функций в одной компьютерной программе. В числе данных функций: поиск дефектов в проводящих материалах, определение электропроводности материалов, измерение толщины непроводящих покрытий, оценка напряженности магнитного поля.
4. Приведены результаты исследования дефектов в алюминиевых и титановых сплавах, а также данные о работе преобразователя на различных частотах с различными объектами, как бездефектными, так и содержащими модельные дефекты различной формы и размеров.

### **Общая оценка диссертационной работы**

В ходе работы над методами вихретокового контроля, автору удалось разработать несколько видов конструкции вихретоковых преобразователей (ВТП), отличающихся существенно более малыми

размерами по сравнению с известными аналогами. В работе приводятся технические сведения о рассматриваемом приборе и математические расчеты, позволяющие по величинам вносимого в обмотки ВТП напряжений восстанавливать интересующие параметры объекта контроля. Согласно разработанной концепции виртуализированных приборов, вихретоковый преобразователь подключается к персональному компьютеру, где всю основную работу по анализу сигналов выполняет разработанное программное обеспечение. Программное обеспечение написано на языке C++, которые дает возможность реализовать все необходимые функции.

Изготовленный в ходе работы прибор можно использовать для решения различных задач контроля: дефектоскопия проводящих материалов, слоистых структур металл-диэлектрик-металл, для анализа различных композитов. Прибор позволяет контролировать значения толщины диэлектрических покрытий и проводящих материалов. Также, к числу перспективных направлений исследований изготовленных аппаратных комплексов можно отнести дефектоскопию сварных швов, сплавов алюминий-магний и титан. Все исследования снабжены подробными описаниями и результатами работы в виде таблиц, графиков с проведенным анализом полученных зависимостей. Помимо этого, в работе приводятся сведения о влиянии расстояния между датчиком и исследуемым объектом. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертации.

### **Замечания по диссертации**

1. Положения, выносимые на защиту, не отражают конкретные результаты, достигнутые соискателем.
2. На странице 52 автор утверждает, что «ток  $I_1$  в соленоиде  $L_1$  меняется пропорционально напряжению  $U_1$ :  $I_1=U_1/R$ ». Однако ток в соленоиде меняется по закону  $I(t) = I(t_0) + \int_{t_0}^t \frac{U(t)}{L} dt$
3. На странице 57 автор утверждает, что «На миниатюрном преобразователе наблюдается более высокий уровень вносимого напряжения

при схожих параметрах» (рис.2.11). Однако на представленном рисунке вносимое напряжение миниатюрного преобразователя почти в два раза меньше, чем у обычного преобразователя.

4. Непонятно зачем в разделе 2.7 приведено описание типовых принципиальных схем.

5. На странице 57 автор утверждает, что «результаты дефектоскопии с преобразователем с сердечником №1 продемонстрировали возможность обнаружения 5 дефектов из 6. Исследование, произведенное ВТП, изготовленным на основе сердечника №2 позволило обнаружить только 2 дефекта из 6 (Рисунок 3.7).» Однако на рисунке видны сигналы преобразователя с сердечником №1 только от 4 дефектов.

### **Заключение**

Диссертационная работа Маликова Владимира Николаевича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 – Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий на тему «Контроль неоднородностей, примесей и дефектов проводящих сплавов и композиционных материалов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей» является научно-квалификационной работой, в которой результаты теоретических и практических исследований представляют собой решение научной проблемы, имеющей важное практическое значение. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.11.13 «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий» - в первую очередь пункту 1 - «Научное обоснование новых и усовершенствование существующих методов аналитического и неразрушающего контроля природной среды, веществ, материалов и изделий», а также пункту 6 - «Разработка алгоритмического и программно-технического обеспечения процессов обработки информативных сигналов и

представление результатов в приборах и средствах контроля, автоматизация приборов контроля».

Представленная диссертация Маликова Владимира Николаевича «Контроль неоднородностей, примесей и дефектов проводящих сплавов и композиционных материалов с помощью сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей» соответствует требованиям 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 ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.11.13 - «Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий»

Профессор отделения электронной инженерии Инженерной школы неразрушающего контроля и безопасности Национального исследовательского Томского политехнического университета, доктор технических наук, г. Томск, пр. Ленина, 30. учебный корпус №5, офис 202  
тел. +7 (3822) 606297, e-mail: asoldatof@tpu.ru

Солдатов Алексей Иванович

Подпись А.И. Солдатова удостоверяю,  
Ученый секретарь НИ ТПУ



Ананьева Ольга Афанасьевна