

Отзыв

Дополнительного члена диссертационного совета ДС.ТПУ.13

Солдатов Алексей Иванович на диссертационную работу

Дерусовой Дарьи Александровны «Разработка и исследование лазерно-виброметрического метода неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов с применением контактных и воздушно-связанных излучателей», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 – Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды

Актуальность темы диссертационной работы. Диссертационная работа Дерусовой Д.А. посвящена решению важной научно-исследовательской задачи практической направленности – разработке метода лазерно-виброметрического неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов, учитывающего их физические свойства и обеспечивающего направленное воздействие на структурные неоднородности. Необходимость разработки устройств и методов бесконтактного ввода акустического сигнала в контролируемые изделия обусловлена необходимостью минимизации внешнего воздействия на контролируемые гидрофильные слоистые композиты. Указанные материалы широко применяются в авиационной и ракетно-космической технике, безопасность эксплуатации которых отличается высокой значимостью. В связи с этим, применение метода сканирующей лазерной виброметрии для решения задач дефектоскопии современных конструкционных материалов является актуальным.

Краткий обзор содержания диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка использованной литературы, трёх приложений, содержит 136 рисунков, 15 таблиц и 256 источников литературы.

Во введении показана актуальность работы, определены цели и задачи научного исследования, сформулированы пункты научной новизны и практической значимости, а также основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе диссертации проведен обзор методов контроля композиционных материалов с использованием сканирующей лазерной доплеровской виброметрии и классических методов неразрушающего контроля. Рассмотрена аппаратная база и существующие подходы для неразрушающих испытаний материалов и изделий с использованием сканирующей лазерной виброметрии. Диссертант провел анализ существующих областей применения лазерной виброметрии и выделил тенденции

расширения возможностей вибродиагностики за счет использования роботизированных систем, инфракрасных камер и многолучевых лазерных устройств.

Во второй главе описана методика лазерно-виброметрического неразрушающего контроля, включающая процедуру спектроскопического анализа материалов, с целью определения резонансных частот дефектов. Результаты теоретических и экспериментальных исследований термомеханических явлений, возникающих в дефектах, показали, что направленное воздействие на структурные неоднородности способствует повышению эффективности инфракрасной термографии. В частности, приведены теоретические расчеты, описывающие квадратичную зависимость регистрируемого температурного сигнала от амплитуды деформаций в зоне дефектов при их резонансной стимуляции. С использованием трехкомпонентного лазерного вибросканирования проведен сравнительный анализ трех составляющих компонент вибрации в области дефектов как на частоте основного резонанса дефекта, так и на их высших гармониках. Показано, что при резонансной стимуляции открытых дефектов основной вклад в результаты контроля вносят деформации изгиба, в то время как резонансные колебания скрытых дефектов сопровождаются деформациями растяжения-сжатия. Причем, для получения более точной информации о размерах и расположении дефектов регистрируемые виброграммы должны быть усреднены в широком спектре частот. В конце второй главы приведены результаты практического применения разрабатываемого метода для неразрушающих испытаний изделий авиакосмического назначения: гибридных композитов, корпуса нано-спутника «Томск-ТПУ-120», Российского «3D-принтера», изготовленного для Российского сегмента МКС, а также других материалов и изделий.

В третьей главе предложен переход от контактной акустической стимуляции материалов к бесконтактному вводу ультразвука на примере использования воздушно-связанного магнитострикционного излучателя, работающего на фиксированной частоте ультразвука. Исследование сфокусировано на изучении особенностей работы воздушно-связанного преобразователя и оптимизации конфигурации титановых волноводов. Методом рефрактовиброметрии оценена направленность ультразвуковых волн, распространяющихся в воздушной среде от излучателя, и определены условия фазового согласования падающей на объект исследования и отраженных от него волн. Показана возможность практического применения воздушно-связанного магнитострикционного излучателя для контроля избыточного содержания клея и воды в сотовых панелях, ударных повреждений в углепластиковых композитах, а также заложенных дефектов в стеклопластике.

В четвертой главе предложен метод электроакустической бесконтактной стимуляции композитов с использованием газоразрядного преобразователя. Проведен анализ особенностей функционирования устройства, изучены электрофизические параметры разряда, проведены ресурсные испытания излучателя, а также анализ его вибрационных характеристик с использованием метода сканирующей лазерной доплеровской виброметрии, определена оптимальная конфигурация электродной системы для решения задач неразрушающего контроля. По результатам экспериментальных исследований показано, что разработанный газоразрядный излучатель позволяет бесконтактно возбуждать широкополосный акустический сигнал и направленно передавать его в исследуемые материалы, причем в воздушном пространстве между излучателем и объектом контроля не происходит формирования стоячих волн. Использование устройства для задач неразрушающего контроля позволяет обеспечивать резонансный отклик как самих исследуемых изделий, так и дефектных включений при их наличии.

В заключении сформулированы основные выводы и результаты диссертационной работы. Предложены направления дальнейшего развития метода лазерно-виброметрического неразрушающего контроля и области практического использования разработанного метода.

Материал диссертации грамотно изложен с достаточным количеством иллюстрационного материала.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и полностью отражает её результаты.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Результаты научных исследований сформулированы в виде 5 положений, выносимых на защиту, которые подтверждаются материалами, представленными в диссертационной работе. Достоверность полученных результатов обеспечивается применением строгих математических методов для анализа резонансных колебаний, возникающих при акустической стимуляции дефектов, а также использованием высокоточного испытательного оборудования лазерной виброметрии, аттестованного в Росреестре, современного оборудования инфракрасной термографии и непротиворечивостью полученных экспериментальных результатов, опубликованных другими авторами.

Основные результаты диссертации опубликованы в 43 научных работах, включая 28 статей в журналах, индексируемых в базах данных Scopus и WoS, 38 публикаций в журналах РИНЦ и сборниках трудов конференций, 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Научная новизна

Новизна полученных научных результатов заключается в следующем:

1. В трехмерном представлении исследовано явление локального резонанса дефектов в полимерах и композитах, используемое для направленного воздействия на структурные неоднородности материалов при проведении лазерно-виброметрического неразрушающего контроля.
2. Установлена зависимость виброакустических и термомеханических сигналов, регистрируемых в дефектах, от спектрального состава вводимого акустического сигнала.
3. Разработан воздушно-связанный магнитострикционный преобразователь с волноводом оптимальной конфигурации, определены оптимальные условия фазового согласования и резонансного угла ввода упругих волн в контролируемые изделия бесконтактным способом.
4. Предложен и исследован метод электроакустической бесконтактной стимуляции материалов на основе импульсного разряда атмосферного давления, позволяющий возбуждать мощный и широкополосный акустический сигнал.
5. Разработан газоразрядный акустический излучатель и исследованы особенности его функционирования; определена оптимальная конфигурация электродной системы для эффективной передачи акустической энергии из области плазмы разряда во внешнюю среду.

Замечания по диссертационной работе

1. Допущена опечатка в подписи к рисунку 2.11 на стр. 59 и в некоторых других местах по тексту диссертации.
2. Автор диссертационного исследования на страницах 60-61 приводит сравнительные результаты оценки теплового отклика в области несквозного отверстия квадратной формы и утверждает об их хорошей корреляции, однако результаты численного моделирования ($\Delta T_{\text{моделир.}} = 0,04 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и теоретических расчетов $\Delta T_{\text{теор.}} = (0,025 \div 0,05)^{\circ}\text{K}$ отличаются от экспериментальных данных ($\Delta T_{\text{эксп.}} = 0,06 \text{ }^{\circ}\text{C}$) в 1,5 и 1,2 раза.
3. В тексте описания к рисунку 2.34 не понятно, как стабилизировалась амплитуда ультразвуковой стимуляции на различных частотах? Как измерялась добротность резонансных пиков на рисунке 3.4? Визуально кажется, что на частоте 23 кГц добротность больше, чем на частоте 21,5 кГц.

Приведенные замечания не снижают значимости полученных результатов диссертационной работы.

Заключение

Диссертация Дерусовой Дарьи Александровны является законченной научно-квалификационной работой, результаты которой научно обоснованы и имеют практическую значимость в области ультразвуковых методов неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов.

На основании вышеизложенного считаю, что диссертационная работа Дерусовой Дарьи Александровны «Разработка и исследование лазерно-виброметрического метода неразрушающего контроля полимерных и композиционных материалов с применением контактных и воздушно-связанных излучателей» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук в соответствии с п. 2.1 Порядка присуждения ученых степеней в Национальном исследовательском Томском политехническом университете, а её автор заслуживает присуждения учёной степени доктора технических наук по специальности 2.2.8 - Методы и приборы контроля и диагностики материалов, изделий, веществ и природной среды, а её автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Я, Солдатов Алексей Иванович, даю своё согласие на обработку персональных данных и их включение в документы, связанные с работой диссертационного совета ДС.ТПУ.13, а также их дальнейшую обработку.

Дополнительный член диссертационного совета ДС.ТПУ.13, доктор технических наук, профессор
отделения электронной инженерии Инженерной
школы неразрушающего контроля и
безопасности ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский политехнический
университет»,

РФ, 634034, г. Томск, пр-кт Ленина, 30/2,

Тел. +7 (3822) 606297

e-mail: asoldatof@tpu.ru

Подпись Солдатова А.И. удостоверяю:

Учёный секретарь Ученого

национального

исследовательского Томского

политехнического университета

Солдатов Алексей Иванович

Дата 11.12.2023 г.

ч Екатерина Александровна