

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Башков Илья Олегович

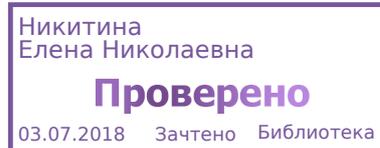
Исследование источников акустической эмиссии при взаимодействии полимерных материалов с лазерным излучением

Направление 22.04.01 – «Материаловедение и технология новых материалов»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра

2018



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный технический университет»

Научный руководитель

доктор технических наук

Рецензент

Матвеевко Дмитрий Викторович

кандидат технических наук

Защита состоится «27» июня 2018 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» в Комсомольском-на-Амуре государственном техническом университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 202

Автореферат разослан 25 июня 2018 г.

Секретарь ГЭК

Белова Инна Валерьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

В последнее десятилетие в мире все очевиднее обозначилась нарастающая тенденция вытеснения композиционными и гетерогенными материалами металлов и их сплавов практически во всех областях машиностроения. Особенно активно этот процесс происходит в авиастроении и автомобилестроении, приняв в экономически развитых странах всеобъемлющий характер. Это в значительной степени обусловлено существенными преимуществами таких материалов по целому ряду эксплуатационных и функциональных свойств. В целях безопасности больше внимания следует уделять анализу технических условий транспортных и инженерных устройств на опасных производственных объектах. Одной из новейших технологий диагностики материалов является акустическая эмиссия.

Цель: Основной целью научной работы является анализ результатов взаимодействия лазерного излучения с неоднородной структурой полимерного композиционного материала.

Задачи:

1. Разработать высокочувствительные волоконно-оптические датчики акустической эмиссии (АЭ), функционирующие на базе лазерных интерферометров, для регистрации АЭ волн, генерируемых в композиционных материалах при повреждении полимерной матрицы связующего и армирующего наполнителя.

2. Разработать методики регистрации и анализа сигналов АЭ, выделения их на фоне помех.

3. Выполнить анализ параметров АЭ, регистрируемых различными видами датчиков при искусственном возбуждении волн АЭ в полимерном композиционных материалах, полученных различными методами формования и при наличии повреждений в виде излома.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования является оценка влияния лазерного излучения на полимерные композиционные материалы. Предметом исследования являются образцы композиционных материалов вакуумного и вакуум-

автоклавного формования, содержащие 6 и 12 слоев стеклоткани.

Методы исследования. Для решения поставленных задач применялись методы акустической эмиссии и электронной сканирующей микроскопии.

Научная новизна полученных результатов.

1. Методом АЭ получены графики воздействия импульсного лазерного излучения на полимерный композиционный материал, выполнен анализ параметров АЭ, регистрируемых различными видами датчиков при искусственном возбуждении волн АЭ в полимерном композиционных материалах, полученных различными методами формования и при наличии повреждений в виде излома.

2. Разработаны высокочувствительные волоконно-оптические датчики АЭ, функционирующие на базе лазерных интерферометров, для регистрации АЭ волн, генерируемых в композиционных материалах при повреждении полимерной матрицы связующего и армирующего наполнителя.

Достоверность и обоснованность результатов исследования

Достоверность полученных и представленных в диссертации результатов подтверждается использованием современных независимых, взаимодополняющих методов исследования, согласованностью с данными теоретических исследований.

Практическая значимость работы. Результаты работы могут быть применены для контроля состояния объектов из ПКМ, а также для оценки поврежденности реальных объектов, находящихся в эксплуатации.

Личный вклад автора заключается в формулировании задач диссертационной работы, проведении испытаний и структурных исследований, анализе и обобщении экспериментальных данных, сопоставлении результатов исследований с известными литературными данными и формулировании выводов по полученным результатам.

Основные положения работы, выносимые на защиту:

1. Выявленные зависимости параметров АЭ, зарегистрированных при взаимодействии лазерного излучения с полимерными композиционными материалами, от типа формования, качества формованных образцов и дефектов типа трещин в полимерных композиционных материалах.

2. Разработанные волоконно-оптические датчики и результаты анализа волн АЭ, распространяемых в полимерных композиционных материалах и регистрируемых волоконно-оптическими и пьезоэлектрическими датчиками.

Апробация результатов работы. Результаты диссертационной работы представлены на:

1. Всероссийской конференции с международным участием, Тольятти, 28 мая – 1 июня 2018.

2. Конференция студентов и аспирантов, проводимая в КНАГУ, Комсомольск-на-Амуре, 14 апреля 2018.

Публикации. По материалам работы опубликовано 5 печатных работ, из них 4 статьи, 2 доклада на конференциях (из них 1 на конференции с международным участием). Одна статья опубликована в издании, рекомендованном ВАК, четыре работы в журналах, входящих в базу данных Scopus и/или Web of Science:

1. О.В. Башков, Р.В. Ромашко, В.И. Зайков, С.В. Панин, М.Н. Безрук, К. Кхун, И.О. Башков. Детектирование сигналов акустической эмиссии волоконно-оптическими интерференционными преобразователями// Дефектоскопия, 2017, № 6. С. 18-25

2. Bashkov O. V., Romashko R. V., Zaikov V. I., Panin S. V., Bezruk M. N., Khun K., and Bashkov I. O. Detecting Acoustic-Emission Signals with Fiber-Optic Interference Transducers// Russian Journal of Nondestructive Testing, 2017, Vol. 53, No. 6, pp. 415–421, DOI: 10.1134/S1061830917060031

3. Bashkov O.V., Zaikov V.I., Khon H., Bryansky A.A., Bashkov I.O., Romashko R.V. Registration of acoustic emission in composite material by fiber-optic sensors based on adaptive interferometer// Advances in Engineering Research, Proceedings of the International Conference "Actual Issues of Mechanical Engineering", 2017, V. 133, P. 79-84

4. Bashkov O. V., Romashko R. V., Khon H., Bezruk M. N., Zaikov V. I., and Bashkov I. O. Detection of acoustic emission waves in composite plates by fiber optic sensors// AIP Conference Proceedings 1909, 020013 (2017), <https://doi.org/10.1063/1.5013694>

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, списка литературы; изложена на 99 страницах, включает 31 рисунок, 8 таблиц. Список литературы содержит

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования диссертации, сформулирована цель работы и определены основные задачи исследований, отмечена научная новизна.

В первой главе приведен обзор существующих видов композитов и способов их лазерной обработки. Выделены несколько видов взаимодействия лазерного излучения с полимерными материалами, выдвинуто предположение, что аналогичные повреждения можно ожидать от композита, армированного тканью. Так же приведены несколько методов неразрушающего контроля и рассмотрены способы регистрации акустической эмиссии.

Во второй главе приведена характеристика используемого полимерного композиционного материала и характеристика лазера. На каждой из пластин было добавлено повреждение, после чего при сопровождении АЭ метода была проведена импульсная лазерная обработка этих образцов и описана методика проведения исследований. Описан процесс встраивания оптических волокон в полимерный композиционный материал и регистрация АЭ с помощью адаптивного интерферометра.

Третья глава посвящена анализу данных акустической эмиссии и микроскопического исследования полученных при лазерном воздействии на образец.

Регистрация сигналов АЭ выполнялась двумя каналами. Применение двух каналов обусловлено оценкой влияния параметров канала (усиление, АЧХ) на характеристики регистрируемых сигналов и правильность оценки результатов. Канал первый – усиление 60 дБ, второй канал – усиление 20 дБ. Для обеспечения статистической точности проводимых экспериментов выполнялось лазерное импульсное воздействие на поверхность полимерного композиционного материала по несколько раз (минимум 3 испытания) в близко расположенных друг от друга местах композиционной пластины. Для

установления влияния прохождения АЭ волны через повреждение в композите, в образце было выполнено разрушение части образца в виде излома. Лазерное импульсное воздействие осуществлялось при расположении датчика АЭ до излома и после излома.

По результатам оценки регистрируемых параметров АЭ можно выявить существенное различие между сигналами и их параметрами при регистрации волн в условиях их прохождения по пластине полимерного композита без дефекта и с искусственно созданным дефектом. На диаграмме зависимости «энергия АЭ – медианная частота» (рисунок 3.1) можно отметить общее понижение медианной частоты и энергии для большей части регистрируемых сигналов АЭ после прохождения дефекта. Это можно объяснить рассеянием волн на дефектах поврежденной структуры: высокочастотные компоненты сигналов имеют большее затухание в связи с дифракцией волн на препятствиях, возникающей при равенстве или близости размеров дефектов к длине волны излучения.

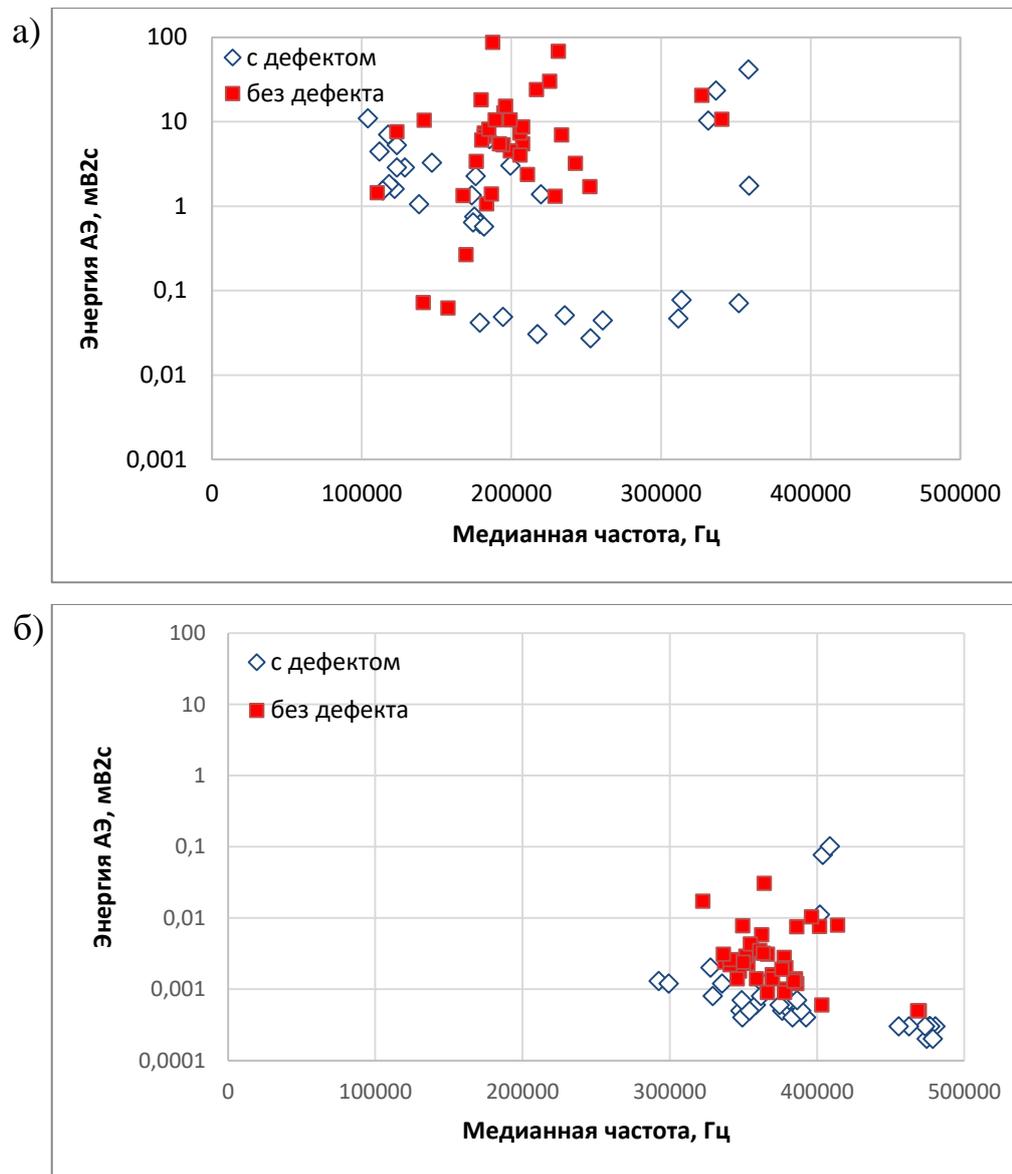


Рисунок 3.1 - Двухпараметрическое распределение сигналов АЭ «Энергия – Медианная частота», зарегистрированное при прохождении АЭ волн в ПКМ, полученном вакуумным методом формования:
а - канал с усилением 60 дБ; б - канал с усилением 20 дБ

При анализе АЭ волн, регистрируемых в материале, полученном вакуумно-автоклавным методом формования, наблюдается подобная зависимость (рисунок 3.2).

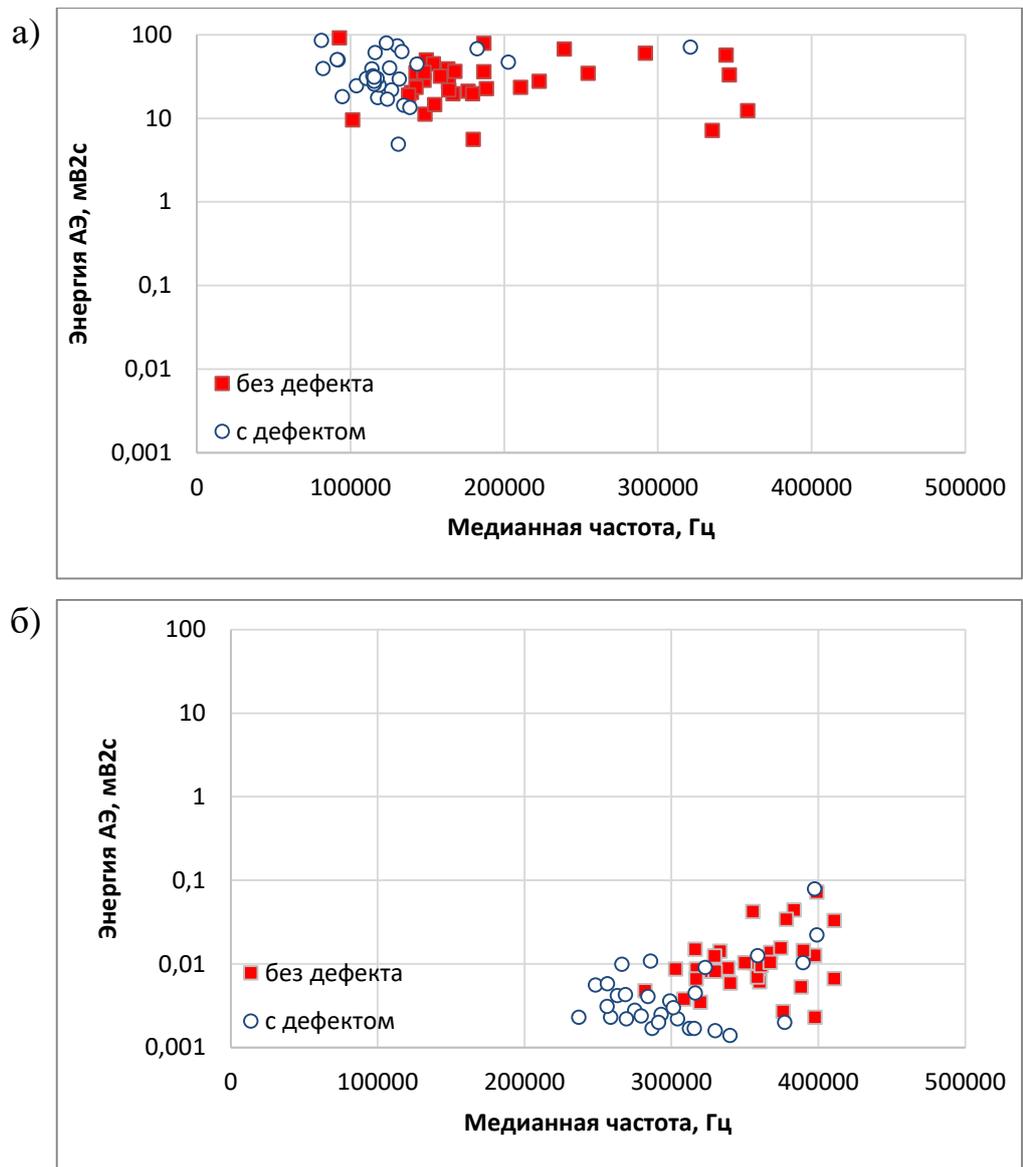


Рисунок 3.2 - Двухпараметрическое распределение сигналов АЭ «Энергия – Медианная частота», зарегистрированное при прохождении АЭ волн в ПКМ, полученном вакуум-автоклавным методом формования:
 а - канал с усилением 60 дБ; б - канал с усилением 20 дБ.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

Методом АЭ выявлены зависимости воздействия импульсного лазерного излучения на полимерный композиционный материал, выполнен анализ параметров АЭ, регистрируемых различными видами датчиков при искусственном возбуждении волн АЭ в полимерном композиционных материалах, полученных различными методами формования и при наличии повреждений в виде излома. Существенного различия в структуре разрушения, обнаруженного в зоне воздействия лазерного излучения на полимерный композиционный материал, полученный различными методами формования, не обнаружено. Однако, в прохождении волны акустической эмиссии, порождаемой лазерным воздействием, наблюдается различие, характеризующееся в общем виде как снижение энергии и медианной частоты сигналов АЭ при прохождении через композиционный материал, содержащий дефект повреждения в виде излома и при прохождении через материал, не содержащий дефекта в виде локального повреждения, но имеющий в структуре поры, характерные для технологии вакуумного формования.

В ходе работы были разработаны высокочувствительные волоконно-оптические датчики АЭ, функционирующие на базе лазерных интерферометров, для регистрации АЭ волн, генерируемых в композиционных материалах при повреждении полимерной матрицы связующего и армирующего наполнителя. Установлено, что регистрация АЭ с помощью волоконно-оптических датчиков является возможной.