

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИФПМ СО РАН

Е.А. Колубаев

04 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт физики прочности и материаловедения

Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН)
на диссертационную работу Брянского Антона Александровича «Исследование
процессов накопления повреждений и разрушения стеклопластиков в различных
условиях деформирования по параметрам акустической эмиссии», представленную на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 –

Материаловедение (технические науки)

На отзыв представлены рукопись и автореферат диссертации «Исследование
процессов накопления повреждений и разрушения стеклопластиков в различных
условиях деформирования по параметрам акустической эмиссии»

1. Актуальность темы исследования. Полимерные композиционные
материалы (ПКМ) занимают особое положение среди конструкционных материалов
из-за комплексной структуры и получили растущую потребность во многих отраслях
промышленности: авиа- и судостроении, производстве машин и транспортных
систем. Совмещение компонентов ПКМ обеспечивает уникальные свойства изделиям
и конструкциям из них, однако, физическое взаимодействие как минимум двух фаз
создаёт трудности прогнозирования поведения материала и изменений,
происходящих в нём, в условиях деформирования, по сравнению с традиционно
используемыми металлическими материалами. Выявление образующихся и
развивающихся структурных изменений, оценка их опасности и установление
критериев разрушения полимерных композитов выступает важной
материаловедческой задачей.

Исследование процессов образования повреждений в ПКМ, представленных в
работе Брянского Антона Александровича стеклопластиками, возможно с
использованием методов неразрушающего контроля. Одним из таких методов
является акустическая эмиссия (АЭ). Параметры сигналов АЭ, регистрируемых при

изменениях в структуре материале в результате внешних воздействий, связанны с природой и масштабом протекающих процессов. Благодаря современным достижениям в развитии методов АЭ для исследования и диагностики металлических конструкционных материалов разработаны методики идентификации повреждений, анализа кинетики, установления стадийности и критериев разрушения. Процессы разрушения полимерных композиционных материалов по причине многообразия методов формования и сортамента связующих и армирующих элементов, остаются недостаточно изученными и требуют проведения исследований и разработки методик диагностики структурного состояния материала, а также оценки степени влияния внешних воздействий.

2. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Оценено влияние технологических особенностей режимов формования на дефектность производимых плит стеклопластика, показатели механических свойств и кинетику накопления повреждений. Установлена связь между исходной структурой произведенного стеклопластика и показателями его механических свойств, кинетикой накопления повреждений в результате воздействия циклического и статического деформирования.

2. Установлена связь параметров регистрируемых сигналов АЭ с событиями изменения структуры стеклопластика в условиях деформирования. Показано и обосновано использование комплекса параметров АЭ для эффективной идентификации стадий разрушения стеклопластика.

3. Экспериментально подтверждено и оценено влияние скорости деформации стеклопластика на природу и масштаб процессов образования и развития повреждений.

4. По результатам кластеризации сигналов АЭ с использованием самоорганизующейся карты и идентификации природы кластеров повреждений по параметрам спектров Фурье установлены критерии для оценки разрушения стеклопластика от действия циклических и статических нагрузок.

3. Практическая значимость представленной работы связана с разработкой методики оценки свойств среды, содержащей источники АЭ, генерируемые в результате образования и развития дефектов типа трещин, находящихся на различных расстояниях от приемника АЭ. Разработана методика классификации регистрируемых сигналов АЭ для идентификации структурных повреждений компонентов на различных этапах деформирования и разрушения полимерного композита,

основанная на кластеризации сигналов с использованием алгоритмов самоорганизующейся карты Кохонена и k-средних.

4. Структура и содержание работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка использованной литературы. Диссертационная работа содержит 140 страниц основного текста, 14 таблиц, 49 рисунков и список литературы из 133 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, обозначена основная цель, определены задачи и сформулирована научная новизна, приведена практическая ценность, основные направления реализации диссертационной работы, приведены основные положения, выносимые на защиту, дан обзор содержания диссертации.

В первой главе приведен обзор представленных в литературе механизмов, стадий и кинетики разрушения полимерных композиционных материалов, перечислены и описаны методы неразрушающего контроля, используемые для детектирования повреждений в ПКМ. Рассмотрены методы анализа данных акустической эмиссии и идентификации повреждений в ПКМ по параметрам регистрируемых сигналов АЭ.

В второй главе приведено обоснование выбора исследуемых материалов и их описание. Описаны использованные методы формования образцов для изготовления образцов стеклопластиков, методы механических испытаний и исследования структуры образцов. Дано описание используемых методик анализа данных АЭ и разработанной методики двухстадийной кластеризации спектров Фурье сигналов АЭ с использованием искусственной нейронной сети.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований процесса образования повреждений в образцах стеклопластика в условиях воздействия статических деформаций изгибом и растяжением. Приведены результаты оценки эффективности использования различных параметров регистрируемых сигналов АЭ для оценки стадийности разрушения образцов.

В четвертой главе приведены результаты количественного и качественного анализа процессов разрушения образцов стеклопластика в условиях воздействия циклических нагрузок (циклического растяжения).

5. Замечания по диссертационной работе. При ознакомлении с текстом диссертации и авторефератом возникли следующие замечания:

1. В главе 2 описаны используемые компоненты для изготовления пластин стеклопластика и указано, что при выкладке пакета слоёв стеклоткани они ориентированы в одном направлении (армирования). Однако, судя по графику, приведенному на стр. 62, угол армирования оказывает влияние как на максимальное значение напряжение, так и на степенной характер накопления сигналов АЭ. Испытания образцов с различными углами армирования и анализом зарегистрированных сигналов АЭ с использованием разработанной автором методики позволили бы повысить достоверность установленных критериев разрушения стеклопластика в условиях воздействия статических нагрузок.

2. В аналитическом обзоре на стр. 36 со ссылкой на источник указано: «невозможно установить строгие значения набора параметров для идентификации источника АЭ из-за влияния на них расстояния от источника сигнала до преобразователя, материала среды распространения волны и амплитудно-частотных характеристик преобразователей и усилителей». Влиянием расстояния от источника сигнала АЭ до расположения преобразователя АЭ на объектах исследования диссертации при проведении механических испытаний можно пренебречь из-за его малых значений (менее 100 мм). Однако оценка стеклопластика как среды, проводящей акустические сигналы, не произведена. Кроме того, влияние амплитудно-частотных характеристик используемого для записи сигналов АЭ оборудования на форму и спектр сигналов результирующих сигналов АЭ также не проанализировано.

3. В главе 2 диссертации на стр. 47 указано, что для оценки влияния скорости статического деформирования на масштаб образующихся повреждений использовались две скорости нагружения (при изгибе и растяжении). Заметим, что использование трех и более скоростей нагружения позволило бы установить численную взаимосвязь скорости нагружения и масштаба результирующих повреждений. Кроме того, полученные результаты оценки масштабов повреждений не подтверждены микроскопическими исследованиями структуры испытанных образцов.

4. Применение алгоритмов искусственных нейронных сетей первоначально сопровождается решением задачи определения обучаемой выборки и параметров обучения. В главе 2 не указано, какие параметры обучения были выбраны для работы алгоритма самоорганизующейся карты Кохонена и чем основан их выбор.

5. В главе 3 диссертации на стр. 68 принято, что сигналы АЭ с пиковыми частотами в диапазоне 300-450 кГц характеризуют разрушение стекловолокон. С

другой стороны, на стр. 69 указано, что значения пиковых частот при испытании лоскута стеклоткани на разрыв находятся в диапазоне 190-270 кГц. Не понятно, чем обосновано такое различие значений пиковых частот?

6. Используемая методика оценки распределения повреждений в объеме испытуемого образца стеклопластика по разбросу значений пиковых частот уровней вейвлет-декомпозиции недостаточно подробно описана и обоснована.

Отмеченные выше недостатки носят частный характер и не сказываются на сути основных выводов и защищаемых положений, равно как не снижают научной значимости и практической ценности работы.

6. Оформление диссертации. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (ГОСТ Р 7.0.11-2011). Материал диссертации изложен последовательно и логично грамотным техническим языком. **Автореферат** диссертации соответствует её содержанию.

7. Публикации по работе. По теме диссертационного исследования опубликовано 14 работ, из них 2 статьи в журналах, входящих в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 8 публикаций в зарубежных изданиях, входящих в перечни Web of Science или Scopus, 3 публикаций в журналах, сборниках трудов международных и всероссийских научно-технических конференций, получен один патент на изобретение.

8. Общая характеристика работы. Диссертационная работа Брянского Антона Александровича по полученным и опубликованным результатам является завершенным научным исследованием, выполненным на достаточно высоком научном и методическом уровне, что подтверждается четкой формулировкой цели и задач исследования, обоснованностью используемой методологии.

Основные выводы базируются на анализе большого объема экспериментальных работ автора, а также отечественных и зарубежных исследователей с использованием современных экспериментальных и аналитических методов исследования, интерпретации данных известных положений материаловедения.

Поставленные в работе задачи были решены автором. Полученные результаты логичны и аргументированы. Сформулированные выводы характеризуются научной новизной.

9. Заключение. Результаты диссертационного исследования вносят вклад в понимание механизмов разрушения стеклопластиков как класса полимерных композиционных материалов, разработку экспериментальных методик оценки

структурного состояния полимерных композитов на тип образующихся повреждений и стадий разрушения, оценки механических характеристик с использованием метода акустической эмиссии.

По своей актуальности, уровню решенных задач, научной новизне, теоретической и практической значимости, обоснованности научных положений и выводов, достоверности научных результатов, уровню апробации и опубликованию основных положений, докторская работа Брянского Антона Александровича «Исследование процессов накопления повреждений и разрушения стеклопластиков в различных условиях деформирования по параметрам акустической эмиссии» соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а также п. 9 «Положения о присвоении ученых степеней ВАК Минобразования РФ», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а также паспорту специальности 2.6.17, а её автор, Брянский Антон Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – Материаловедение (технические науки).

Докторская работа и отзыв заслушаны, обсуждены и одобрены на расширенном семинаре лаборатории механики полимерных композиционных материалов Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН) (протокол № 14 от 22.04.2022 г.).

Председатель семинара

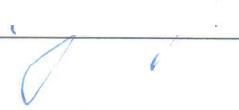
Ведущий научный сотрудник лаборатории
механики полимерных композиционных материалов
доктор технических наук, профессор

 Борис Александрович Люкшин

(специальность 01.02.04 –
механика деформируемого твердого тела)

Секретарь семинара

Старший научный сотрудник лаборатории
механики полимерных композиционных материалов
кандидат физико-математических наук

 Людмила Александровна Корниенко

(специальность 01.04.07 –
физика конденсированного состояния)

Я, Люкшин Борис Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой докторской диссертационной комиссии, и их дальнейшую обработку.

Б.А. Люкшин

Б.А. Люкшин

Я, Корниенко Людмила Александровна, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой докторской диссертационной комиссии, и их дальнейшую обработку.

Л.А. Корниенко

Л.А. Корниенко

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН, 634055, г. Томск, просп. Академический, 2/4, телефон: +7 (3822) 49-18-81, факс: +7 (3822) 49-25-76, e-mail: root@ispms.tomsk.ru, сайт организации: <http://www.ispms.ru>)