

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

На правах рукописи

Афанасьева Татьяна Вадимовна

Исследование механизмов разрушения и устойчивости к нагрузкам
полимерных композиционных материалов

Направление 22.04.01 – «Материаловедение и технология материалов»

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ

на соискание академической степени магистра

Коротченко Лариса Никитовна
Проверено
29.09.2016 Зачтено Библиотека

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

Научный руководитель

доктор технических наук
Башков Олег Викторович

Рецензент

кандидат технических наук
Антон Витальевич Бутин

Защита состоится «29» июня 2016 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 24 июня 2016 г.

Секретарь ГЭК

А.А. Шпилева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

На сегодняшний день среди конструкционных материалов широко применяются композиционные, в том числе, на основе неорганических волокон и полимерных матриц. Подобные материалы являются относительно новыми и о механизмах их разрушения известно гораздо меньше, чем о металлах. Вдобавок изучение осложняется анизотропией их свойств. Между тем, знание свойств и механизмов разрушения ПКМ – необходимое условие при создании материалов с заранее заданными свойствами, наилучшим образом соответствующими конкретным условиям эксплуатации. Т.о. исследование механизмов разрушения и устойчивости ПКМ к нагрузкам является **актуальной темой**.

Целью работы является установление особенностей и механизмов разрушения волокнистых композиционных материалов, получаемых различными методами формования.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить несколько основных **задач**:

1 провести испытания на статический изгиб волокнистых стеклопластиков, полученных различными методами формования;

2 провести анализ микроструктуры зон разрушения с целью установления характера и механизма разрушения;

3 выявить влияние технологических факторов формования на характер и особенности разрушения волокнистых ПКМ.

Объект и предмет исследования

Объектом исследования являются образцы композиционных материалов вакуумного и вакуум-автоклавного формования, содержащие 6, 9 и 12 слоев стеклоткани. Предметом исследования является оценка влияния метода формования на механизм разрушения и устойчивости к нагрузкам.

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

Научная новизна полученных результатов. В ходе работы было проведено сравнение образцов и установлено превосходство прочности вакуум-автоклавных перед вакуумными. Были получены графики разрушения волокон и матрицы, что позволяет определить, с какого из компонентов ПКМ начинается первичное накопление повреждений и как они развиваются. Было установлено, что в двунаправленных тканях разрушение на микроуровне происходит по тем же механизмам, что и для однонаправленных пучков волокон, которые, в основном, описывают в литературе.

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. Было определено, что вакуум-автоклавная технология придает образцам прочность бóльшую, чем у вакуумных, на 17–28 %, что делает ее предпочтительной. Были построены графики разрушения волокон и матрицы, которые можно использовать для дальнейшего исследования механизма разрушения.

Личный вклад автора

Представленные в работе результаты получены лично автором или при его непосредственном участии.

Анализ литературных источников, экспериментальные исследования, а также обработка и анализ результатов экспериментов выполнены лично автором. Постановка задач исследований и обсуждение результатов проведено при непосредственном участии автора совместно с научным руководителем.

Основные положения выносимые на защиту

На защиту выносятся следующие основные положения и результаты работы:

- 1 Влияние режимов формования на прочность материала на изгиб, на его внутреннюю микроструктуру, механизмы разрушения;
- 2 Вклад каждой из фаз композита в прочность материала;
- 3 Выводы по результатам проведенных исследований.

Апробация результатов работы

Основные результаты диссертационной работы были представлены и обсуждались на Научной технической конференции студентов и аспирантов КнАГТУ (апрель 2016 г.).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 3 глав, списка литературы; изложена на 85 страницах, включает 69 рисунков, 2 таблица. Список литературы содержит 47 наименований, приложения отсутствуют.

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 переработки. Выделены несколько видов разрушения, свойственных пучку волокон, выдвинуто предположение, что аналогичные повреждения можно ожидать от композита, армированного тканью. Так же приведены несколько методов изучения разрушения ПКМ.

Во второй главе перечислены вещества, применяемые при переработке ПКМ, кратко описаны процессы формования образцов по двум технологиям, их разрушение при испытании на трехточечный изгиб и последующая подготовка к изучению излома под микроскопом. Для этого из каждой пластинки был вырезан участок шириной в один сантиметр в каждую сторону от разлома. Полученные вырезки залили эпоксидной смолой, после отверждения смолы образцы распилили таким образом, чтобы на поверхности получился поперечный срез разлома. Поверхность среза отшлифовали. Затем золоченные образцы рассматривали с помощью сканирующего электронного микроскопа.

Третья глава посвящена анализу микроскопического исследования и данных акустической эмиссии, полученных при изгибе образца. При микроскопическом исследовании образцов, армированных в разных направлениях и изготовленных по разным технологиям, была сделана серия снимков при разных масштабах увеличения. При описании верхними слоями будем считать те, что находились со стороны индентора, нижними – те, что с противоположной стороны (на фотографиях слои отсчитываются снизу вверх).

В результате исследования были выделены некоторые закономерности:

1) Верхним, работающим на сжатие, слоям всех образцов свойственно повреждение волокон в виде z-образного или v-образного излома, так назы-

ваемого «кинка». Такого типа разрушения не зависят ни от способа изготовления образца, ни от его толщины, а лишь от направления приложения нагрузки, т.е. от того, работает слой на сжатие или растяжение. От толщины зависит лишь количество слоев, в которых будут наблюдаться «кинки», так как со срединных слоев начинается нейтральный слой, а затем его сменяют повреждения другого рода. Этот переход лучше всего виден в образцах с большим количеством слоев. В ходе изучения снимков было отмечено, что «кинки» не всегда оказываются расположены параллельно плоскости среза, иногда сломанные волокна уходят вглубь образца, или наоборот выдавливаются из глубины. При идеальной пропитке тканой арматуры связующим излом в таком направлении маловероятен. При наличии же пустот ломающиеся волокна стремятся их заполнить, т.о. разрушение в целом стремится пройти через внутренние дефекты.

Нижним слоям образцов, работавшим на растяжение свойственно расщепление матрицы, нарушение адгезионного контакта с волокнами, вытягивание их из пучка при расширении трещины, разрушение пучка волокон, уложенных параллельно положению индентора, на которые при изгибе действуют сдвиговые напряжения поперек волокон.

При изготовлении образцов замазливатель с них удалялся для улучшения адгезии связующего к волокну, поэтому такой дефект, как «торсион», т.е. повороты отдельных участков матрицы, встречается не так часто и выражен незначительно, но его тоже можно наблюдать. «Торсионные» разломы тесно связаны с другими видами повреждений, их можно наблюдать при сдвиге волокон в матрице, их вытягивании из пучка при растяжении или при сжатии волокон, при сдвигах отдельных участков матрицы.

Композиты, полученные по разным технологиям, обладают разной пористостью. Об этом можно судить по фотографиям образцов с одинаковым количеством слоев. Различия в плотности структуры определяют различия в прочности между образцами.

Наилучшую прочность показывают ПКМ, изготовленные по вакуум-автоклавной технологии, превосходя аналогичные по количеству слоев и направлению армирования вакуумные образцы (выигрыш 17–28 %). В целом, в образцах, армированных по основе, до их разрушения создаются напряжения на 36–47 % бóльшие, чем в армированных по утку.

Чтобы проанализировать вклад каждого компонента композита в прочность и определить за счет чего он сопротивляется разрушению, были проанализированы графики с точками, соответствующими сигналам АЭ в координатах амплитуда-время (Рисунок 1). Разрушение эпоксидной матрицы, обладающей некоторой пластичностью, вызывает образование сигналов эмиссии с небольшой амплитудой и достаточно продолжительные (область 1), тогда как разрушению хрупкого стеклянного волокна соответствуют сигналы большой амплитуды и малой продолжительности (область 2). Такие графики были составлены для всех образцов.

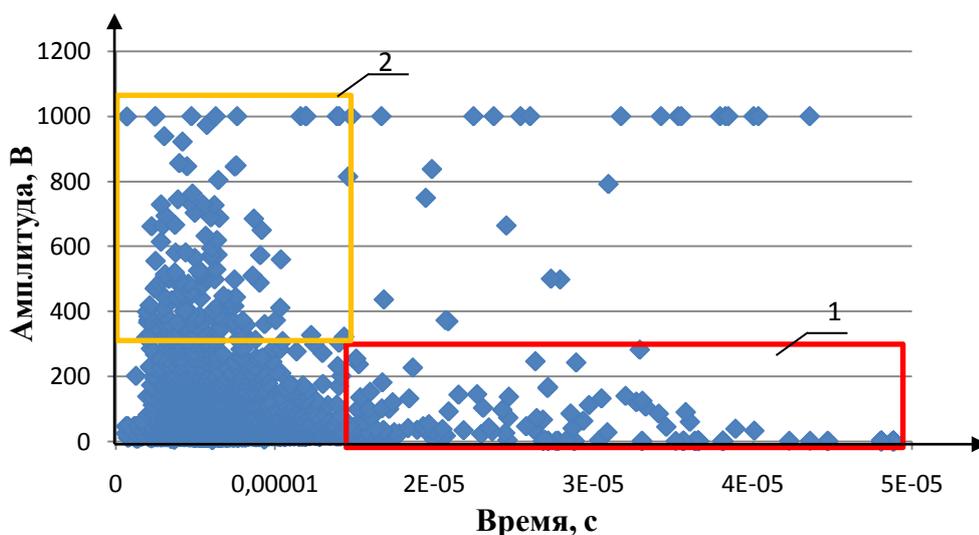


Рисунок 1 – Распределение точек акустической эмиссии

В дальнейшем были получены графики (рисунок 2) зависимости числа сигналов АЭ от времени отдельно для матрицы (линия 1) и волокна (линия 2), что позволило сравнивать их поведение в различные моменты времени.

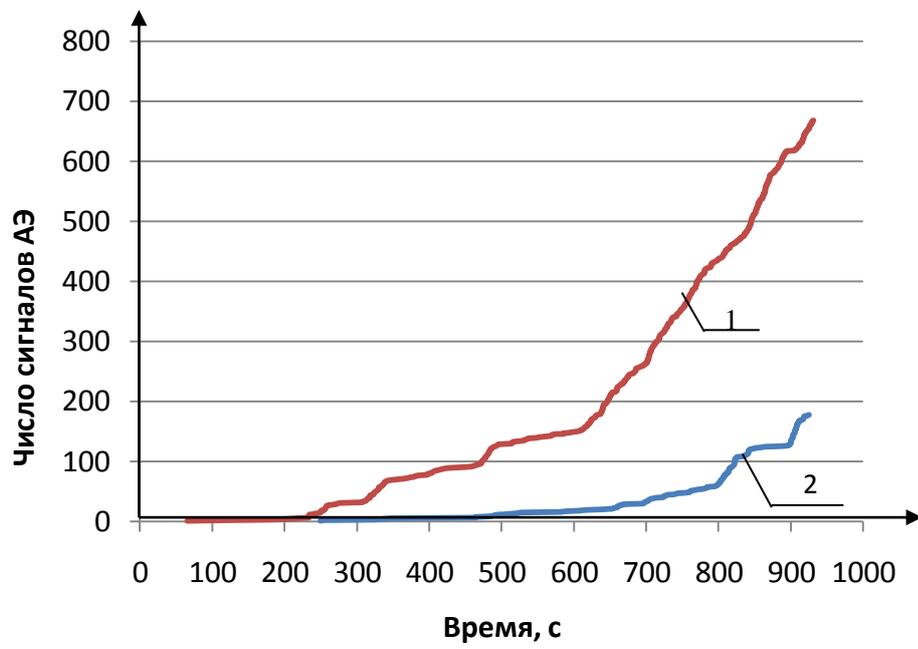


Рисунок 2

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

При микроскопическом исследовании области разрушения образцов было установлено, что независимо от направления действия индентора относительно направления армирования дефекты имеют одинаковую структуру. В верхних слоях, подвергавшихся сжатию, во всех образцах наблюдается излом волокон в виде z-образного или v-образного «кинка». Для нижней части образцов, работающей на растяжение, характерно вытягивание волокон из пучка при расхождении краев разлома. «Торсионные» сдвиги можно наблюдать в любой части образца, так как их образование связано с движением волокон или отдельных участков матрицы;

Исследование образцов методом АЭ показало, что их разрушение начинается с накопления повреждений в матрице, либо одновременного повреждения и волокон. Устойчивость композита к разрушению зависит от армирующих волокон, однако они теряют несущую способность при накоплении достаточно больших повреждений не только в них самих, но и в матрице. Образцы, армированные по основе, выдерживают большие напряжения, чем армированные по утку на 36–47 %, независимо от метода формования, однако вакуум-автоклавные образцы по прочности превосходят аналогичные по количеству слоев и направлению армирования вакуумные образцы на 17–28 %.