

ОТЗЫВ

на автореферат Косенко Екатерины Александровны «Волокнистые полимерные композиционные материалы на основе эпоксидной матрицы с двухфазной схемой армирования» по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов на соискание ученой степени доктора технических наук

На отзыв представлен автореферат диссертации, состоящий из разделов: «Общая характеристика»; «Основное содержание работы»; «Заключение» и перечень публикаций автора, в которых отражено основное содержание диссертационной работы.

В разделе «Общая характеристика» представлена актуальность темы, над которой работал автор, и показана разработанность исследуемого вопроса. Сформулированная автором цель работы заключается в разработке научных основ и комплексных решений технологических задач, направленных на создание ПКМ с двухфазной схемой армирования и технологии производства из них деталей, отличающихся высокой долговечностью при действии статических и динамических нагрузок, в том числе, при низких отрицательных температурах. Для достижения поставленной цели автор показал, какие следует решить задачи в рамках проводимых исследований.

Исследования, проводимые Косенко Е.А., отражены в её сообщениях на научных форумах и конференциях, внушительный список которых упомянут в автореферате. По тематике диссертационного исследования автором опубликовано 62 печатные работы, в том числе 24 публикации в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus. Разработанные Косенко Е.А. защищены четырьмя патентами. Работа Косенко Е.А. апробирована докладами на многочисленных международных научно-технических конференциях, форумах и семинарах.

Основное содержание работы изложено в семи главах и заключении. *Первая глава* – обзорная отражает состояние исследуемого вопроса.

Во *второй главе* представлено описание объектов и методов исследования с указанием марок и используемых материалов. Для проведения экспериментальных исследований были разработаны новые методы и испытательное оборудование, позволяющие определять изгибную жесткость при статическом нагружении (патент РФ 2745947) и длительную прочность при циклическом нагружении (патент РФ 2788917).

В итоге дано описание **разработанного метода идентификации материала жидкой фазы в ПКМ с помощью тепловизора Testo 875-1i**. Разработка защищена патентом РФ 2763987.

Третья глава посвящена описанию исследования влияния материалов жидкой фазы на кинетику процесса взаимодействия с эпоксидным связующим. В результате экспериментов, проведенных автором, **установлено**, что максимально возможное содержание материала жидкой фазы в ПКМ не приводит к изменению кинетики процесса гелеобразования. Химическое взаимодействие между эпоксидным связующим и используемыми материалами жидкой фазы **отсутствует**.

Результаты теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать технологию получения ПКМ с заданными свойствами, а именно с двухфазной схемой армирования. Этот процесс изложен в *четвертой главе* автореферата (диссертации). Исследовано влияние фазы на прочность и теплостойкость эпоксидной матрицы. Автором показано, каким образом были получены репрезентативные образцы: сначала слои препрега с материалом жидкой фазы, затем вакуумный пакет. Автор **утверждает**, что неоднородное распределение материалов жидкой фазы в структуре углепластиков, подтвержденное результатами исследования образцов, является следствием влияния технологии формования и различной вязкости используемых материалов жидкой фазы. В дальнейшем Косенко проведены исследования влияния схем армирования материалом жидкой фазы на прочность эпоксидного материала.

Пятая глава диссертационной работы Косенко Е.А. посвящена оценке влияния химической природы и количества материала жидкой фазы на прочность ПКМ:

- при растяжении при различных температурах;
- при ударных нагрузках при различных температурах;
- оценке модулей упругости и потерь ПКМ, армированных материалов жидкой фазы.

В *шестой главе* автором изложены способы моделирования напряженно-деформированного состояния ПКМ с двухфазной схемой армирования и оптимизация материала жидкой фазы. *Во-первых*, это – разработка модели углепластика с двухфазной схемой армирования, где автором в результате **показано количественные значения коэффициентов запаса прочности** в зоне материала жидкой фазы в зависимости от его упругих характеристик. *Во-вторых*, было проведено исследование влияния упругих характеристик материала жидкой фазы на напряженно-деформированное состояние углепластика. Результатом является **разработка алгоритма оптимального материала жидкой фазы** методом «идеальной точки».

В *седьмой главе* Косенко Е.А. дано описание многокритериальной оптимизации материала жидкой фазы с использованием метода равномерной оптимизации.

Это – **оценка длительной прочности углепластика с двухфазной схемой армирования при растяжении**. В результате проведенных ею расчетов установлены оптимальные количественные значения содержания жидкой фазы в

материале. Проведённая Косенко Е.А. экспериментальная оценка остаточных напряжений установила, что значения остаточных напряжений для всех исследованных эпоксидных составов очень близки между собой и составляют 2,4-2,7 МПа.

Это – моделирование напряженно-деформированного состояния ПКМ при изгибе в условиях действия динамических нагрузок, в результате которых установлено, что перемещение под действием циклически прикладываемой нагрузки в образце, содержащем материал жидкой фазы, в 1,3 раза выше, чем в образце углепластика без материала жидкой фазы.

Это – оценка длительной прочности углепластика с двухфазной схемой армирования при изгибе, в результате которых показано, что прочность при изгибе у образцов с диметакрилатом триэтиленгликоля и силиконовым герметиком, используемыми в качестве материала жидкой фазы, после 10^5 циклов нагружения практически не изменяется. Это означает, что углепластики, в составе которых присутствует жидкая фаза, обладают более высокими релаксационными характеристиками.

Весь раздел автореферата «Основное содержание работы» убедительно показывает, что автор провел глубокие теоретические и экспериментальные исследования, в результате которых создана серия углепластиков с более высокими эксплуатационными свойствами. Описание теоретических и экспериментальных исследований, проведенных Косенко Екатериной Александровной, свидетельствуют о её высочайшей профессиональной подготовке в области теоретических знаний, а также характеризуют её как глубокого теоретика в области химии и одарённого экспериментатора. Работа, автореферат которой представлен для отзыва, обладает новизной и оригинальностью результатов.

Замечания гл. 2 автореферата

На стр. 9 и на стр. 10 рис. 1 и рис. 3 графически показаны зависимости, реально полученные автором в результате испытаний. Тогда непонятно почему обозначения зависимостей приведено на английском языке, что допустимо только при цитировании. На рис. 4 нет объяснения единицы измерения cN : по тексту это диаметр элементарного волокна.

Замечания в разделе «Заключение» в основном касаются редакции.

Во-первых.

Начинать этот раздел стоит с того, какая важная государственная задача в рамках выполнения работы была решена, например:

«Разработана **принципиально новая технология** получения новых волокнистых полимерных композиционных материалов с двухфазной схемой армирования, отличающихся высокой стойкостью к длительному воздействию циклических нагрузок. Практическая реализация технологического регламента формования деталей из ПКМ была достигнута благодаря положительным

результатам теоретических и практических исследований проектирования составов ПКМ. Таким образом, **поставленная цель была полностью достигнута.**

В процессе выполнения работы:

1. установлено.....;
2. решено
3. получено; и т.д.» по тексту перечислить все пункты изложения.

Во-вторых. В изложении не стоит употреблять выражения «удалось реализовать», поскольку они содержат налет некоторой случайности, не закономерности и несколько умаляют достижения автора.

Несмотря на незначительные замечания, диссертационная работа Косенко Екатерины Александровны «Волокнистые полимерные композиционные материалы на основе эпоксидной матрицы с двухфазной схемой армирования» представляет собой серьезный высоко профессиональный научный труд. В соответствии с п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением № 842 Правительства РФ от 24.09.2013 г., её автор достоин присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Я, Косарина Екатерина Ивановна, даю свое согласие на обработку своих персональных данных.

Главный научный сотрудник лаборатории
неразрушающих методов контроля
НИЦ «Курчатовский институт – ВИАМ»,
д. т. н., профессор

Косарина Е. И.

09.10.2024.

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ).

Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17

E-mail: hriem@viam.ru

Телефон: 8(499) 263-88-60

Подпись Косариной Екатерины Ивановны удостоверяю

Заместитель председателя ученого совета

к. т. н. доцент



Свириденко Д.С.