

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке федерального
государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего
образования «Российский химико-
технологический университет имени
Д.И. Менделеева»,
доктор химических наук

А.А. Щербина

2024



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Обверткина Ивана Владимировича на тему «Модификация эпоксидных смол углеродными наночастицами для увеличения формостабильности изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Актуальность темы исследования.

В последнее время композиционные материалы находят широкое применение в различных областях промышленности. Однако при создании изделий из полимерных композиционных материалов особенно остро ощущается проблема снижения эксплуатационных характеристик. Которая вызвана вариативностью параметров технологического процесса, таких как неравномерность температурных полей, наличие дезориентации при выкладке армирующего материала, а также возникающие в процессе формования и термообработки температурные и усадочные остаточные напряжения.

Поэтому тема диссертации И.В. Обверткина, посвященная изучению модификации полимерной матрицы, как способа регулирования возникающих остаточных напряжений, и нивелирования влияния отклонения технологических параметров, несомненно, является актуальной.

Новизна исследования и полученных результатов.

В диссертационной работе были проведены полные исследования композиционного материала на основе модифицированной углеродными нанотрубками эпоксидной матрицы. Установлено, что модификация полимерной матрицы углеродными нанотрубками снижает влияние дезориентации армирующих волокон на формостабильность изделий из полимерных композиционных материалов. Предложена методика оценки влияния направленной модификации полимерной матрицы на

формостабильность изделий из ПКМ. Разработана методика поиска параметров модели кинетики отверждения эпоксидной смолы, позволяющая снизить величину ошибки при моделировании процесса отверждения в широком диапазоне температур.

Практическая значимость.

Данные, полученные И.В. Обверткиным, имеют несомненную практическую ценность. Разработанные способы снижения коробления изделий из композиционных материалов использованы при реализации комплексного проекта «Организация импортозамещающего производства крупногабаритных трансформируемых рефлекторов наземных и космических антенн из интеллектуальных полимерных композиционных материалов на основе безавтоклавных технологий», выполняемому в рамках соглашения о предоставлении и использовании субсидии от 01 декабря 2015 года № 02. G25.31.0147. Практические результаты, приведенные в настоящей диссертации, были также использованы для доработки технологической документации на процесс изготовления изделий из полимерных композиционных материалов. Имеется акт внедрения в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева».

Структура и содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа имеет традиционную структуру, она состоит из введения, литературного обзора, экспериментальной части, полученных результатов, заключения, списка литературы из 141 наименования. Работа изложена на 131 странице машинописного текста и содержит 20 таблиц и 36 рисунков и 1 приложение.

Список литературы составлен согласно всем рекомендуемым требованиям.

Во **введении** диссертант аргументирует выбор темы исследования, обозначает поставленную цель и задачи. Определяются положения, выносимые на защиту.

Первая глава представляет собой обзор литературы, который включает в себя сведения об использовании материалов с отрицательным коэффициентом линейного термического расширения в качестве компенсаторов термического расширения полимерной матрицы. Описаны способы получения наномодифицированных материалов, описано влияние модификации полимерной матрицы на кинетику отверждения эпоксидной смолы и величину химической усадки. Также уделено внимание оценке влияния модификации полимерной матрицы на величину остаточных напряжений, и влиянию дезориентации углов на свойства композиционного материала.

Литературный обзор написан доступным научным языком, современен, чем подтверждает актуальность выбранной темы и поясняет логику постановки цели и задач.

Во **второй главе** изложено описание объектов и методов исследования. Следует отметить, что в работе использовались современные и разнообразные методы исследования: реологические исследования, динамический механический анализ, термомеханический анализ, дифференциально сканирующая калориметрия, электронная микроскопия, термогравиметрический анализ и ИК-Фурье спектроскопия. Благодаря чему достоверность результатов не вызывает сомнения. Следует отметить, что используемые методы позволили диссертанту решить поставленные задачи.

В **третьей главе** приводятся обсуждение полученных результатов, которое выполнено на должном научном уровне. По содержательной части данная глава является наиболее значимой.

Описана методика функционализации наномодификаторов, представлены ИК-Фурье спектры нативных и функционализированных наночастиц. Проведено реологическое исследование эпоксидной смолы с различными модификаторами. Определено влияние модификаторов на технологические свойства связующего. Исследована кинетика отверждения эпоксидного связующего с содержанием различных модификаторов методом дифференциально сканирующей калориметрии. При изучении кинетики отверждения модифицированной эпоксидной смолы была разработана методика определения параметров модели кинетики отверждения полимерной матрицы методами многокритериальной оптимизации. Состав композитного материала на основе модифицированной эпоксидной смолы в работе определен термогравиметрическим методом, с помощью которого оценивалось процентное содержание армирующего материала. Оценка упругих и термомеханических характеристик наномодифицированной смолы произведена с помощью подхода Мори-Танаки. Для оценки свойств композиционного материала использовалась CLT (классическая теория ламинирования). Расчетные характеристики наноструктурированной полимерной матрицы и волокнистого композиционного материала были подтверждены термомеханическим анализом. В работе для характеристики вязкоупругих свойств композиционного материала использовался принцип временной температурной суперпозиции. Данные для построения получены при помощи динамического механического анализатора. Исследование формостабильности материала выполняется согласно модели прогнозирования формы образца асимметричного композиционного материала предложенной Dano и Huер. Для подтверждения полученных результатов используется оптический бесконтактный метод контроля.

Значительный интерес представляют данные о снижении влияния отклонения параметров технологического процесса на формостабильность изделия из ПКМ по средством направленной модификации полимерной матрицы углеродными наночастицами. А также методика позволяющая оценить эффективность модификации непосредственно на целевой показатель, и определить наиболее эффективные концентрации модификатора.

Также представляют интерес исследования влияния углеродных нанотрубок на вязкоупругие свойства полимерных композиционных материалов. Показано, что модификация эпоксидной смолы одностенными углеродными нанотрубками позволяет снизить накопление остаточной деформации при длительном воздействии постоянной деформации. Что может сыграть важную роль в обеспечении возможности применения композиционных материалов в упруго-трансформируемых конструкциях, которые сохраняют свои свойства при длительном хранении в деформированном состоянии без наступления отказа, вызванного чрезмерной деформацией ползучести.

Обоснование и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов исследования и обоснованность научных положений и выводов не вызовет сомнений и обеспечена применением современных методов исследования.

Результаты диссертационной работы изложены в 13 научных публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК (квартиль К2-К3), рекомендуемых для размещения материалов диссертаций, из них 3 статьи, входящие в реферативную базу данных Scopus (Q3), 1 патент Российской Федерации, 7 докладов Международных конференций.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, результатам и основным положениям, выносимым на защиту.

Замечания по диссертационной работе

1. В таблице 11 неверно указана размерность.
2. В работе отсутствует анализ базовых характеристик эпоксидной смолы, таких как, молекулярно-массовое распределение, эпоксидное число.
3. В таблицы 17 прогнозируемый коэффициент линейного термического расширения эпоксидной матрицы не соответствует измеренным характеристикам. Чем автор объясняет существенное несоответствие измеренных и рассчитываемых характеристик?
4. В работе местами встречается нарушение принятого научного стиля повествования с обезличенной формой представления результатов, также в работе присутствуют опечатки.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы И.В. Обверткина. Содержание и результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов в направлениях исследований пункт 2, 4, 6.

С результатами диссертационной работы следует ознакомить предприятия, разрабатывающие композиционные материалы, в частности, ОАО «Институт пластмасс», ПАО «КАМАЗ», Уральский автомобильный завод, Серпуховский автомобильный завод и др.

Таким образом, диссертационная работа Обверткина Ивана Владимировича является научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных автором исследований изложены новые научно обоснованные технические решения по разработке методов увеличения формостабильности изделий из полимерных композиционных материалов, что вносит вклад в развитие отрасли композиционных материалов, что соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор – Обверткин Иван Владимирович – заслуживает присуждения искомой ученой степени по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов (технические науки).

Диссертация, автореферат и отзыв обсуждены и ободрены на расширенном заседании кафедры технологии переработки пластмасс ФГБОУ ВО «РХТУ имени Д.И. Менделеева», (протокол №9 от 18 марта 2024).

Председатель собрания, к.х.н.
профессор кафедры технологии
переработки пластмасс ФГБОУ ВО
«РХТУ имени Д.И. Менделеева»

Н.Н. Тихонов

Подпись Тихонова Н.Н. заверяю



С. Мирошникова

125047, г. Москва, Миусская площадь, д.9

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"

Телефон: +7 (499) 978-86-60

Электронная почта: rochta@muctr.ru

Тихонов Николай Николаевич - кандидат химических наук (05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов), профессор кафедры технологии переработки пластмасс федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

Зход. № 65-7958
«18» 04 2024 г.
подпись