

УТВЕРЖДАЮ
Директор ФИЦ ХФ РАН
Профессор, д.х.н. Надточено В.А.

« » 2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н.Н. Семенова
Российской академии наук

Диссертация «Низковязкие эпокси-полимерные связующие для намоточных армированных пластиков с повышенной трещиностойкостью» выполнена в Лаборатории армированных пластиков (№ 1635) Отдела полимеров и композиционных материалов.

В период подготовки диссертации соискатель Петрова Туяра Валерьевна обучалась в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, с 2020 года по настоящее время работает в Лаборатории армированных пластиков Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук в должности младшего научного сотрудника.

В 2019 г. окончила Факультет специального машиностроения Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана по специальности «Материаловедение и технологии материалов».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2023 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Федеральным исследовательским центром химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук.

Научный руководитель – Солодилов Виталий Игоревич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Лаборатории армированных пластиков Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Диссертационная работа Петровой Т.В. соответствует специальности 1.4.7 – высокомолекулярные соединения (пункты 7, 9 паспорта специальности).

Цель диссертационной работы: разработка принципов создания низковязких эпокси-полимерных связующих и армированных пластиков с повышенной трещиностойкостью.

Актуальность работы обусловлена необходимостью получения на основе термореактивных матриц армированных пластиков, обладающих высокими значениями ударо- и трещиностойкости. Перспективным методом увеличения ударо- и трещиностойкости армированных пластиков является разработка связующих на основе систем эпоксидный олигомер – термопластичный полимер – активный разбавитель.

Наиболее распространенными связующими для производства армированных пластиков являются термореактивные композиции, обладающие высокими показателями прочности и хорошей технологичностью. Для такого типа материалов характерна низкая трещиностойкость и сопротивляемость ударным воздействиям. Для увеличения трещиностойкости термореактивных матриц в качестве модификаторов широко используются теплостойкие термопластичные полимеры.

Введение в эпоксидное связующее термопластичных модификаторов приводит к значительному (до нескольких порядков) повышению вязкости полученных смесей в зависимости от концентрации полимера, что ограничивает использование таких связующих для изготовления армированных пластиков традиционными технологиями. Уменьшение вязкости полимерных смесей может быть достигнуто путем введения в них активного разбавителя.

В работе проведено комплексное исследование тройных систем эпоксидный олигомер – полисульфон – фурфурилглицидиловый эфир, включающее все этапы создания полимерных композиционных материалов.

Научная новизна работы:

Разработано гибридное смесевое связующее на основе эпоксидного олигомера (ЭО), полисульфона (ПСК-1), фурфурилглицидилового эфира (ФГЭ) с пониженной температурой переработки.

Установлено, что значительное (от 2-х до 4-х раз) повышение трещиностойкости гибридных матриц достигается при образовании протяженных структур, образованных фазой, обогащенной термопластом. При этом добавление ФГЭ сдвигает концентрационную область формирования протяженных структур в сторону большего содержания ПСК-1.

Установлена корреляция трещиностойкостей гибридных матриц и армированных пластиков на их основе; экспериментально доказано, что эффект увеличения трещиностойкости гибридных матриц сохраняется и в армированных пластиках.

Практическая значимость:

Полученные результаты имеют практическую значимость для создания изделий из полимерных композиционных материалов на основе низковязких гибридных смесевых связующих с направленным регулированием их конечной структуры, обеспечивающей повышенные значения трещиностойкости. Полученные гибридные связующие предназначены для изготовления армированных пластиков, которые используются как конструкционные материалы в машиностроении.

Практическая значимость работы подтверждена патентом на изобретение №2756806 «Низковязкое эпоксидное связующее для армированных пластиков с высокой трещиностойкостью и теплостойкостью», 2021 г.

Личный вклад автора:

Автор принимал участие в планировании экспериментов, изготовлении экспериментальных образцов и их испытаниях, обработке и анализе экспериментальных данных, обсуждении результатов и формулировке выводов, а также написании научных работ. Лично автором были выполнены исследования термохимических свойств гибридных матриц, морфологии поверхности разрушения матриц и армированных пластиков на их основе.

Работа выполнена на высоком научном уровне, выводы основаны на достоверных экспериментальных результатах и последовательно изложены. Достоверность результатов и выводов диссертации обеспечена соблюдением соответствующих методик, использованием современных методов исследования и анализом точности измерений. Обоснованность применения методик и результатов работы подтверждается анализом литературных источников в области полимерных композиционных материалов. Интерпретация результатов исследований базируется на современных представлениях о структуре и физико-химических свойствах полимерных композиционных материалов. Теоретические положения согласуются с экспериментальными данными, в том числе с результатами исследований других авторов.

Результаты диссертационной работы были представлены на научных конференциях: XXI – XXIII Научные конференции отдела полимеров и композиционных материалов «Полимеры» (г. Москва, 2020, 2021, 2022 г.), Второй международный форум по композитам «Ключевые тренды в композитах: наука и технологии» (г. Москва, 2019 г.), 5-я Международная научно-техническая конференция «Живучесть и конструкционное

материаловедение» (г. Москва, 2020 г.), XXII Международная научно-практическая конференция «Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения» (г. Нальчик, 2021 г.), XXX Симпозиум по реологии (г. Тверь, 2021 г.), V международная научная конференция «Новые материалы и технологии в условиях Арктики» (г. Якутск, 2022 г.), XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика» (г. Туапсе, 2022 г.).

Диссертационная работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) №20-33-90311.

По результатам диссертационной работы опубликованы 4 статьи в рецензируемых журналах, включенных в перечень ВАК, 1 патент, 8 тезисов докладов.

Статьи и патент:

1. **Petrova T.V.**, Solodilov V.I., Kabantseva V.E., Karelina N.V., Polezhaev A.V. Furfurylglycidyl ether: a new effective active diluent for epoxy resins from bio-renewable raw materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V.683. DOI:10.1088/1757-899X/683/1/012070.
2. **Petrova T.V.**, Kireynov A.V., Polezhaev A.V., Solodilov V.I. Properties of an Epoxy Blends Modified with a Thermoplastic Heat-Resistant Polymer and an Active Diluent for Manufacture of Reinforced Plastics // Polymer Science - Series D. – 2022. – V.15, № 2. DOI: 10.1134/S1995421222020198.
3. **Petrova T.V.**, Tretyakov I.V., Kireynov A.V., Shapagin A.V., Budylin N.Y., Alexeeva O.V., Beshtoev B.Z., Solodilov V.I., Yurkov G.Y., Berlin A.A. Structure and Properties of Epoxy Polysulfone Systems Modified with an Active Diluent // Polymers. – 2022. – V. 14, № 23. – P.5320. <https://doi.org/10.3390/polym14235320>.
4. **Petrova T.V.**, Tretyakov I.V., Solodilov V.I. Technological Parameters of Epoxypolysulphone Binders Modified with Furfuryl Glycidyl Ether // Russian Journal of Physical Chemistry B. – 2023. – V. 17, № 1. – P. 177 – 181. DOI: 10.1134/S1990793123010086.
5. Низковязкое эпоксидное связующее для армированных пластиков с высокой трещиностойкостью и теплостойкостью: пат. 2756806 Рос. Федерация: МПК C08L 63/02, C08K 5/06, C08K 5/09, C08K 5/3445, C08K 5/42, C08J 5/24 / Полежаев А.В., Кирейнов А.В., Солодилов В.И., Петрова Т.В., Бородулин А.С., Нелюб В.А.; заявитель и патентообладатель МГТУ им. Н.Э. Баумана. - № 2020143209; заявл. 26.12.20; опубл. 05.10.21, Бюл. № 28.

Тезисы докладов:

1. **Петрова Т.В.**, Слободянюк И.О., Солодилов В.И., Полежаев А.В., Кирейнов А.В. Влияние активных разбавителей на физико-механические свойства стеклопластиков // Полимеры 2020: Сборник трудов XXI Научной конференции Отдела полимеров и композиционных материалов ФИЦ ХФ РАН. – М.:ТОРУС ПРЕСС, 2020. – С. 67-69.
2. **Петрова Т.В.**, Солодилов В.И., Горбаткина Ю.А. Прочность стекло- и углепластиков при сдвиге в широком диапазоне скоростей нагружения // 5-я Международная научно-техническая конференция в дистанционном формате «Живучесть и конструкционное материаловедение» (ЖивКом – 2020): Сборник трудов конференции. – М.: ИМАШ РАН, 2020. – С. 207-208.
3. **Петрова Т.В.**, Кирейнов А.В., Полежаев А.В., Лория Н.К., Пономорева П.Ф., Солодилов В.И. Свойства эпоксидной матрицы, модифицированной полисульфоном и фурфурилглицидиловым эфиром // Полимеры 2021: Сборник трудов XXII Научной конференции Отдела полимеров и композиционных материалов ФИЦ ХФ РАН. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2021. – С.108-112.
4. **Петрова Т.В.**, Полежаев А.В., Солодилов В.И. Влияние фурфурилглицидилового эфира на физико-механические свойства эпоксиполисульфоновых матриц // Новые полимерные композиционные материалы. Микитаевские чтения: Материалы XVII Международной научно-практической конференции. – Нальчик.: Принт Центр, 2021. – С. 183.
5. **Петрова Т.В.**, Полежаев А.В., Солодилов В.И. Низковязкие эпоксиполисульфоновые связующие для изготовления армированных пластиков методом намотки // XXX Симпозиум по реологии. Материалы докладов. – Тверь.: ИНХС РАН, 2021.
6. **Петрова Т.В.**, Солодилов В.И. Структура и свойства эпоксиаминной матрицы, модифицированной полисульфоном и активным разбавителем // Полимеры 2022: Сборник трудов XXIII Научной конференции Отдела полимеров и композиционных материалов ФИЦ ХФ РАН. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2022. – С.93-97.
7. **Петрова Т.В.**, Солодилов В.И. Трещиностойкость эпоксиполисульфоновых матриц, модифицированных активным разбавителем // Новые материалы и технологии в условиях Арктики: материалы V Международной конференции с элементами научной школы. – Якутск.: Издательский дом СВФУ, 2022. – С. 111.
8. **Петрова Т.В.**, Солодилов В.И. Влияние температуры и типа отвердителя на структуру и свойства эпоксиполисульфоновых систем, модифицированных фурфурилглицидиловым эфиром // XXXIV Симпозиум «Современная химическая физика»: Сборник тезисов докладов. – М.: Издательство Доблесть, 2022. – С. 118.

Диссертация «Низковязкие эпоксидно-полимерные связующие для намоточных армированных пластиков с повышенной трещиностойкостью» Петровой Туяры Валерьевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.7 - высокомолекулярные соединения.

Заключение принято на заседании ученого совета Отдела полимеров и композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук. На заседании присутствовало 15 членов ученого совета из 20. Решение принято единогласно, протокол №4 от 01.03.2023 г.

Секретарь секции № 7
ученого совета ФИЦ ХФ РАН
к.х.н., доц.



Кузнецова О.П.