

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор
АО «Межотраслевой институт переработки
пластмасс – НПО «Пластик»
Цапенко И. Н.
2021 г.



ОТЗЫВ

Ведущей организации АО «Межотраслевой институт переработки пластмасс» - НПО «Пластик» на диссертацию Хлаинг Зо У «Композиционные материалы на основе винилсодержащих эпоксидных смол», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов.

Полимерные композиционные материалы на основе эпоксидных связующих отличаются высокой адгезией, небольшой усадкой при отверждении, теплостойкостью, улучшенными технологическими возможностями во время переработки в изделия и многими другими ценными свойствами.

Это обеспечивает широкий спектр использования данных композитов в качестве ремонтных компаундов, герметизирующих составов и для многих других целей. Во многих отраслях промышленности производства полимерных материалов предоставлен большой выбор эпоксидных связующих и композиционных материалов на их основе, однако, их характеристики не всегда полностью могут соответствовать требованиям современных технологий.

Поэтому проблема улучшения свойств эпоксидных смол с использованием различных модификаторов актуальна и имеет важное научно-

техническое значение. Эпоксидные олигомеры широко применяются при создании конструкционных материалов, обладающих высокой прочностью и комплексом ценных эксплуатационных свойств.

Вместе с тем, им присуща существенная хрупкость, что создает препятствия для их использования в изделиях, работающих в сложных напряженных условиях.

Диссертационная работа Хлаинг Зо У посвящена разработке композиционных материалов на основе винилсодержащих эпоксидных смол путем совместного использования модификаторов и нанонаполнителей для улучшения технологических и эксплуатационных свойств. Это позволило существенно расширить ассортимент композиционных материалов, в том числе, в области создания связующих и композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров, обладающих повышенными деформационно-прочностными характеристиками, что несомненно является **актуальной задачей.**

В литературном обзоре подробно анализируется состояние и перспективы модификации структуры и свойств эпоксидной смолы соединениями различной химической природы, в том числе наноструктурными, описываются принципы, заложенные в подборе наполнителей для использования композиционных материалов для различных сфер применения в России. При этом особое внимание уделяется описанию применения нанокompозитов на основе эпоксидной смолы. Отмечая достоинства и недостатки методов модификации и наполнения, автор логически приходит к целесообразности использования для разработки композиционных материалов на основе модифицированного полиацетальми эпоксидного олигомера целого ряда нанодобавок: графена, нанотрубок и фуллерена. На основании литературного обзора автор четко определил

задачи своего исследования.

Целью данного исследования являлась разработка композиционных материалов на основе винилсодержащих эпоксидных смол с улучшенными деформационно-прочностными свойствами. В соответствии с этим в диссертационной работе проводились исследования по следующим направлениям: изучение и регулирование процессов отверждения и физико-химических свойств эпоксидных олигомеров; изучение влияния модификаторов различной природы на процесс отверждения эпоксидных олигомеров и структуру образующейся полимерной сетки; разработка композиционных материалов на основе модифицированных нанонаполненных эпоксидных олигомеров с улучшенными свойствами.

В главе методология и методы исследования приводится описание используемых в работе материалов, методов исследования и используемых установок. Приведены подробные данные по свойствам матриц, модифицирующих добавок и наполнителей. Используются современные и традиционные методы исследования новых композиционных материалов, такие как ударная вязкость полученных композиционных материалов, используя приборе «Динстат». Прочность при сжатии определяли для образцов композиционных материалов (10×10×10 мм) по ГОСТ 4651-82 при скорости деформирования 10 мм×мин⁻¹ на приборе «WPM Rauenstein», на котором также определяли прочность при изгибе по ГОСТ 4648-2014. Для построения термомеханических кривых использовали консистометр Хепплера марки «Rheotest KD 3.1». Введение углеродных наночастиц в ЭД-20 осуществляли с использованием ультразвукового диспергатора МОД МЭФ 91.

Исследование кинетики процесса термоокислительной деструкции проводилось методами ТГ-ДТА на приборе NETZSCH F3 Jupiter. ИК-спектры

поглощения были измерены на ИК-фурье-спектрометре VERTEX 70v (Bruker, ФРГ). ^1H , ^{13}C , ^{31}P ЯМР-спектры регистрировали на спектрометре Bruker СХР, 200 MHz. Морфологию и структуру поверхности материалов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) JEOL JSM-6510LV. Определение технологических и эксплуатационных свойств полученных композиционных материалов проводили по стандартным методикам согласно требованиям соответствующих ГОСТ. Это дало диссертанту с большой убедительностью экспериментально обосновать основные научные выводы своей работы.

Следует отметить, что в своей работе диссертант грамотно использует различные методы исследования, дополняющие друг друга. При этом автор четко определяет границы их применимости.

Представленные в четвертой главе результаты экспериментального комплексного исследования влияния каждого из компонент на структуру и свойства композиционного материала позволяют выявить преимущества определенного соотношения состава для изготовления изделий с улучшенными характеристиками. Подобраны оптимальные количества как модификаторов, так и нанодобавок для получения композитов с высокими физико-механическими характеристиками.

Установлено, что в процессе отверждения модифицированных полиацеталами эпоксидных олигомеров возможно за счет ускорения процесса отверждения, управлять структурой образующихся продуктов, их физико-механическими характеристиками, а также ускорить процесс образования сетчатых полимеров, что является **научной новизной**.

Показано, что применение смесевых композиций на основе эпоксидных олигомеров, модифицированных поливинилацеталами, имеет принципиальное значение для создания конструкционных полимерных

материалов с высокими механическими и теплофизическими свойствами, обеспечивающими их широкое применение.

Интересные исследования проведены по разработке композиционных материалов на основе винилсодержащих эпоксидных олигомеров с различными нанонаполнителями (графен, углеродные нанотрубки, фуллерены), обладающие широким спектром прочностных и деформационных характеристик. В работе убедительно доказано, что характер изменения прочностных свойств и температур стеклования полученных нанокомпозитов коррелирует с геометрической формой углеродных наночастиц, а не с их удельной поверхностью.

В диссертационной работе Хлаинг Зо У разработана препреговая технология получения армированных арамидными волокнами эпоксидных материалов, обладающих повышенной трещиностойкостью, прочностью при изгибе и ударной вязкостью.

В выводах диссертации автор в краткой форме представил резюме выполненной работы, отмечая ее основные результаты как с научной, так и с практической точек зрения. В работе показаны перспективы дальнейшей разработки новых эпоксидных нанокомпозитов функционального назначения. Разработанные композиционные материалы на основе модифицированного армированного эпоксидного полимера могут быть рекомендованы в качестве ударопрочных и защитных материалов в различных отраслях техники.

В целом диссертация Хлаинг Зо У производит хорошее впечатление. Это законченная научно- квалификационная работа, в результате которой разработан новый композиционный материал на основе эпоксидной смолы марки ЭД-20. Представляется беспспорым как большая научная и прикладная значимость полученных результатов, так и высокий научный уровень

представленной работы.

По результатам диссертационной работы опубликовано 13 печатных работ, в том числе 3 статьи, индексируемых в международной базе Scopus, 1 статья в рецензируемых журналах из перечня ВАК РФ, тезисы 9 докладов.

По содержанию работы можно сделать следующие замечания:

1. Недостаточно убедительно показано, что, используя ультразвуковой диспергатор, возможно добиться эффекта интеркаляции при распределении наночастиц в эпоксидной матрице, что несомненно необходимо при введении такого малого количества (до 0,1 мас.%) нанодобавок. Электронные микрофотографии композиций не дают утвердительного ответа, за счет чего происходит равномерное распределение наночастиц в композиции.

2. Считаем, что твердо утверждать об увеличении трещиностойкости армированных композитов при введении нанодобавок в модифицированный эпоксидный полимер невозможно, поскольку параметр трещиностойкости GIR существенно возрастает только по сравнению с исходной армированной композицией без добавок модификаторов.

Приведенные замечания не меняют общего положительного впечатления от работы. Работа содержит научно обоснованные технические и технологические решения в области разработки композиционных материалов на основе эпоксидных олигомеров.

Практическая значимость диссертационной работы Хлаинг Зо У состоит в том, что она является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технические решения, которые вносят вклад в развитие технологии композиционных материалов.

По актуальности, научной новизне и практической значимости диссертационная работа Хлаинг Зо У полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, автореферат полностью отражает содержание диссертации. Представленный для защиты материал в основном отражен в приведённых публикаций.

Выполненная диссертационная работа Хлаинг Зо У на тему «Композиционные материалы на основе винилсодержащих эпоксидных смол» соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, предусмотренных Положением о присуждении ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Автор диссертации Хлаинг Зо У несомненно достоин присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

Зав. лабораторией технологии листовых материалов

АО «МИПП-НПО «Пластик», к.т.н.

 Абрамушкина О.И.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании НТС, протокол № 52 от 01.11.2021г

Почтовый адрес: 121059, г. Москва, Бережковская наб., 20, строение 10.

Тел./ Факс: 8(495)207-75-72

Официальный сайт: <http://www.npoplastic.ru>

E-mail: info@npoplastic.ru

*Подпись Абрамушкиной О.И. и заверение
Ученой секретарь (Чайная)*

