

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Хархуш Анмара Аднан Хархуш

на тему: **«Разработка термо- и огнестойких композиционных наноматериалов на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с наночастицами оксидов металлов»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

Рассматриваемая диссертационная работа Хархуш А.А. «Разработка термо- и огнестойких композиционных наноматериалов на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с наночастицами оксидов металлов» посвящена разработке перспективных термостойких композиционных материалов, устойчивых к горению и обладающих достаточной механической прочностью.

Актуальность работы состоит в решении проблемы высокой токсичности полимерных материалов на основе ненасыщенных полимерных смол при горении. Благодаря высоким экономическим и механическим показателям они получили широкое распространение. Однако низкая огнестойкость и токсичность при горении приводят к проблемам и ограничениям при их эксплуатации. Возможным решением может быть введение большого количества антипиренов, однако, это может приводить к разрушению полимерных связей и, как следствие, ухудшению механических характеристик материалов. Оксиды цинка, меди и алюминия могут выступать в качестве эффективных катализаторов коксообразования и способствовать снижению токсического эффекта при горении таких полимеров даже при введении их в небольших количествах. Их применение возможно и в комплексе с традиционными антипиренами, например, полифосфатом меламина.

Таким образом, целью данной работы является разработка термо- и огнестойких нанокомпозиционных материалов на основе ненасыщенных

полиэфирных смол с использованием наночастиц различных оксидов металлов в качестве замедлителей горения.

Научная новизна работы заключается в получении огне- и термостойких полимерных композиционных материалов на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с наночастицами оксидов металлов, в том числе покрытых оксидом кремния для лучшего распределения в полимерной матрице, (ZnO@SiO_2 , $\text{Al}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2$ и Cu_2O) с полифосфатом меламина.

Выявлены оптимальные концентрации добавок антипиренов, при которых наблюдается самозатухание в начале процесса горения: 6 мас.% полифосфат меламина, 1,9 мас.% частиц ZnO@SiO_2 и 0,1 мас.% наночастиц Cu_2O или 6 мас.% полифосфата меламина, 1,8 мас.% частиц $\text{Al}_2\text{O}_3\text{@SiO}_2$ и 0,2 мас.% наночастиц Cu_2O .

Установлен механизм действия наночастиц Cu_2O в процессе горения полимерных композиционных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол. Показано, что повышение концентрации наночастиц Cu_2O способствует увеличению количества образующегося коксового остатка, который в свою очередь формирует термо- и огнезащитный барьер и приводит к самозатуханию материала.

Практическая значимость состоит в том, что были разработаны составы полимерных композиционных наноматериалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол с повышенными термо- и огнестойкостью, которые достигаются путем добавления наночастиц оксидов металлов, а также частиц оксидов металлов, покрытых диоксидом кремния.

Показано, что наиболее перспективным является применение нанокомпозитов, модифицированных следующей композицией антипиренных добавок: 6 мас.% полифосфата меламина, 1,9 мас.% частиц ZnO@SiO_2 и 0,1 мас.% наночастиц Cu_2O . Они самозатухают, обладают достаточными термическими свойствами, но при этом сохраняют свою механическую прочность.

Диссертация изложена на 163 страницах, содержит 75 рисунков и 28 таблиц, введение, 3 главы, заключение и список используемых источников (250 наименований).

Во введении приведены актуальность темы диссертации, сформулирована ее цель и основные задачи, обоснованы научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе представлен обзор литературы, в котором описан процесс горения полимерных материалов, рассмотрены физико-химические свойства ненасыщенных полиэфирных смол, в том числе процессы их термической деструкции, направления исследований по улучшению огнестойкости, а также виды антипиренов, применяемых для этих целей. Особое внимание уделено применению наночастиц в качестве антипиренных добавок в композиционные полимерные материалы, а также синергетическому эффекту при применении их композиций. Описаны методы получения наночастиц оксидов металлов и композиционных наноматериалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол.

Во второй главе приведен перечень реактивов, использованных для получения наночастиц металлов и дальнейшего получения композиционных наноматериалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол, описаны способы получения наночастиц оксидов металлов различной формы и состава, в том числе покрытых оболочкой из диоксида кремния. Приведены методы исследования полученных нанокомпозитов (метод сканирующей электронной микроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, инфракрасной спектроскопии с Фурье-преобразованием, рентгеновской дифрактометрии и пр., методы определения механических характеристик и показателей при горении (коксовый остаток и пр.)).

В третьей главе диссертационной работы описаны результаты экспериментов и приведено их обсуждение. Первый раздел главы посвящен получению наночастиц оксида цинка: исследовано влияние концентрации и используемых реагентов (гидроксид натрия, поверхностно-активные вещества),

способы получения частиц определенной формы, а также изучено влияние температуры обжига на их морфологию. Аналогично исследовано получение наночастиц оксида алюминия. Особое внимание уделено влиянию продолжительности синтеза. Также отдельно рассмотрено получение наночастиц оксида меди.

Далее приведены исследования по получению наночастиц оксидов цинка и алюминия, покрытых оболочкой из диоксида кремния, а также дальнейшее их применение в композиционных полимерных материалах на основе ненасыщенных полиэфирных смол. Показано применение их, а также композиций оксидов металлов с полифосфатом меламина в качестве антипиренных добавок.

В дальнейшей работе исследована скорость горения и образование коксового остатка полученных композиционных полимерных материалов, а также рассмотрен процесс их термической деструкции, морфология и состав карбонизированного остатка, образовавшегося при горении. Особое внимание уделено механическим свойствам полученных полимерных нанокомпозитов.

В заключении представлены выводы по диссертационной работе и дальнейшие перспективы развития тематики.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Достоверность результатов работы и обоснованность основных выводов автора подтверждается использованием комплекса взаимодополняющих современных апробированных методов исследования, воспроизводимостью результатов экспериментов. Интерпретация методов исследования основана на современных представлениях о свойствах наночастиц и их влиянии на термо- и огнестойкие свойства полимерных материалов. Полученные закономерности согласуются с результатами других авторов, которые изучают влияние антипиренных добавок на механические свойства и огнестойкость композиционных полимерных материалов на основе ненасыщенных полиэфирных смол, обладающих огнестойкостью и способных к самозатуханию.

Апробация работы. Основные результаты диссертации представлены на 9 научных конференциях всероссийского и международного уровня. По результатам работы опубликовано 3 статьи в журналах, входящих в международные базы данных.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

1. Первая глава диссертации озаглавлена как «Литературный обзор». Более уместно называть её «Обзор литературы по теме диссертации».

2. В работе широко использовалась электронная микроскопия для визуализации поверхности получаемых наноматериалов. Однако химический состав полученных продуктов исследовался оптическими и рентгеновскими методами, которые дают усреднённые характеристики химического состава нано порошков. Электронные исследования, которые позволяют оценить локально химический состав в отдельно взятой порошинке, не проводились.

3. Существенной частью работы является методика приготовления огнестойких композиционных материалов с применением разработанных термо- и огнестойких добавок. К сожалению, эта часть работы представлена недостаточно подробно. Не описана методика первичного контроля наноматериалов перед смешением, метод внесения порошка в ненасыщенную полиэфирную смолу и нет методики контроля конечного продукта.

Переходя к оценке диссертационной работы в целом, следует отметить, что содержание диссертации в полной мере соответствует паспорту специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы по следующим пунктам:

1.2. Исследование влияния наноразмерных элементов структуры на свойства наноматериалов;

1.5. Исследование взаимосвязи химического и фазового составов, структурного состояния с физическими, механическими, химическими, технологическими, эксплуатационными и другими свойствами наноматериалов;

3.2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов;

3.7. Исследование структуры, свойств и технологии композиционных наноструктурированных материалов.

Диссертационная работа Хархуш Анмара Аднан Хархуш на тему: «Разработка термо- и огнестойких композиционных наноматериалов на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с наночастицами оксидов металлов», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой в области исследования и применения термо- и огнестойких композиционных наноматериалов на основе ненасыщенной полиэфирной смолы с наночастицами оксидов металлов, в которой разработаны методики получения таких материалов, совмещающих в себе огнестойкие и достаточные механические свойства, а также исследованы механизмы действия оксидов металлов в качестве антипиренных добавок.

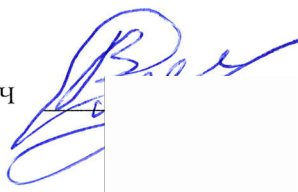
Диссертация соответствует требованиям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденным приказом ректора № 1523ст от 17.09.2021 г., предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Хархуш Анмар Аднан Хархуш заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы.

Официальный оппонент

Доктор технических наук (05.27.06 Технология и оборудование для производства полупроводников, материалов и приборов электронной техники), заведующий кафедрой «Радиоэлектроника, телекоммуникации и нанотехнологии» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт» ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт»

Слепцов Владимир Владимирович

« 13 » апреля 2022 г.



125993, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет)»

Тел.: 8(499)158-92-09

E-mail: 08fraktal@inbox.ru

Подпись В.В. Слепцова заверяю.

