

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию

Даниловой Сахаяны Николаевны «Разработка композиционных материалов на основе модифицированного синтетическим волластонитом сверхвысокомолекулярного полиэтилена и технологии их формирования», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов»

Диссертационная работа Даниловой Сахаяны Николаевны выполнена, безусловно, на чрезвычайно актуальную научную тему. Ее актуальность заключается, прежде всего, в том, что современный уровень развития промышленности, а также повышенные требования к качеству и ресурсу изделий, эксплуатируемых в условиях воздействия агрессивных сред, механических и тепловых нагрузок, требует разработки и совершенствования новых материалов, покрытий и технологий. Одним из путей решения данной проблемы является применение сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), который благодаря своим уникальным свойствам широко применяется в областях техники, где обычные марки полимеров не выдерживают жестких условий эксплуатации. СВМПЭ в ряде случаев способен заменить металлы, а в некоторых областях он используется как единственный пригодный материал. Однако, в тяжелых с высокими нагрузками условиях, СВМПЭ испытывает значительный износ, что обусловлено его невысокими прочностными свойствами, а также развитием процессов деструкции и окисления, индуцированных контактным воздействием, особенно в агрессивных средах.

СВМПЭ является одним из морозостойких термопластов, способных выдерживать экстремально низкие климатические условия эксплуатации. Разработка новых ПКМ конструкционного и триботехнического назначения на основе СВМПЭ, включающая выбор комбинации наполнителей-

модификаторов с целью придания специфических свойств материалам, а также исследование их физико-химических свойств и структуры обусловлена реализацией концепции создания материалов с заранее заданными свойствами. В связи с этим рациональный выбор модификаторов СВМПЭ, позволяющих регулировать структуру и свойства материала на стадии его переработки, является актуальной задачей при создании композитов с требуемым комплексом свойств. В данной работе в качестве комплексного наполнителя СВМПЭ выбраны синтезированный автором синтетический волластонит и органический модификатор, которые обеспечивают структурирование матрицы на стадии переработки, и участвуют в трибохимических процессах при изнашивании ПКМ.

Таким образом, проблема разработки ПКМ триботехнического назначения с повышенной износостойкостью и прочностью на основе СВМПЭ с комплексным наполнением является актуальной, характеризуется теоретической и практической значимостью. Актуальность темы диссертации также подтверждается связью работы с федеральными и региональными научными программами.

В связи с вышеизложенным тема диссертации Даниловой Сахаяны Николаевны «Разработка композиционных материалов на основе модифицированного синтетическим волластонитом сверхвысокомолекулярного полиэтилена и технологии их формирования» является **актуальной**.

Что, касается **научной новизны** диссертации Даниловой Сахаяны Николаевны, то оппонент в целом согласен с той формулировкой научной новизны данного исследования, которая приводится в диссертации и автореферате и заключается, во-первых в том, что автором впервые выявлена взаимосвязь между технологией синтеза волластонита из модельных и техногенных систем и его структурой, морфологией, свойствами ПКМ, позволяющие направленно формировать надмолекулярную структуру связующего. При этом показана

трансформация структуры СВМПЭ на мелкосферолитную, центрами кристаллизации которых являются частицы волластонита, с образованием плотной упаковки, приводящая к повышению прочностных показателей ПКМ. Во-вторых установлены закономерности повышения износостойкости ПКМ в условиях сухого трения в процессе фрикционного нагружения, заключающиеся в структурообразовании поверхностного слоя ПКМ и в протекании трибохимических реакций с дальнейшим образованием сложных упорядоченных структур, которые экранируют материал от дальнейшего изнашивания и обеспечивают адаптацию материала в процессе трения.

В качестве замечания к формулировкам научной новизны, приведенных в диссертации и автореферате, необходимо отметить, что третий пункт новизны, по моему мнению, в целом дополняет второй пункт. Но, в принципе все пункты вполне соответствуют критериям научной новизны.

Практическая значимость диссертационной работы Даниловой Сахаяны Николаевны не вызывает у оппонента никаких сомнений и заключается в следующем:

Подобраны оптимальные рецептуры композиционного материала на основе СВМПЭ, волластонита и МБТ с повышенной прочностью и износостойкостью для эксплуатации в экстремальных условиях и. предназначены для изготовления подвижных и неподвижных уплотнительных устройств, подшипников скольжения, способных эксплуатироваться в широком температурном интервале. В частности, разработанную рецептуру ПКМ можно использовать для изготовления футеровочных материалов, используемых для облицовки горно-обогатительного и горнодобывающего оборудования (грант конкурса УМНИК-2019). Результаты исследований соответствуют Стратегии развития Арктической зоны России и национальной безопасности, базирующейся на развитии наукоемких и высокотехнологичных

производств, внедрении новых материалов. Разработаны уплотнительные шайбы упорного шарнира для фургона УАЗ и проставки на передние стойки автомашины Toyota Vitz. Имеются акты внедрения в ООО «Вариант Плюс» и СТО «Avtobaza», свидетельствующие о повышении ресурса деталей автотранспорта в 1,5-2 раза по сравнению со штатными.

Особо хотелось бы отметить то, что автор обнаружил синергизм в сочетании МТБ и волластонита, позволяющий повысить характеристики разработанных композиций.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертанта.

Фундаментальные и прикладные результаты по влиянию синтетического волластонита, полученного из многотоннажных техногенных отходов борного производства, на свойства ПКМ, составляют основу для выработки конкретных практических рекомендаций по утилизации промышленных отходов с получением полимерных композитов с улучшенными функциональными характеристиками.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы при изготовлении деталей уплотнительных элементов транспортных средств, в том числе материалов узлов трения.

В приложении представлены 3 патента на изобретения РФ, 1 Евразийский патент и 1 база данных, а также 2 акта внедрения, подтверждающих эффективность разработанного состава ПКМ.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Положения, выносимые автором на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и аргументированы, их достоверность не вызывает сомнений. Это обеспечено использованием общепризнанного методологического подхода к решению научно-

технических задач в рассматриваемой области, применением современных методов и средств исследований, взаимной согласованностью результатов диссертационного исследования, полученных различными методами, а также согласованностью результатов, представленных в диссертации, с общепризнанными положениями в области технологии и переработки полимеров и композитов, в области материаловедения. Материал в диссертации излагается логично и последовательно с необходимой степенью аргументации, что также обеспечивает обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

При **анализе содержания работы и ее завершенности** оппонент отмечает, что диссертация Даниловой Сахаяны Николаевны построена традиционно и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка условных обозначений, списка использованной литературы (229 источников), семи приложений и изложена на 168 страницах (без учета приложений), содержит 74 рисунка и 14 таблиц.

Во **введении** обоснована актуальность работы, рассмотрена степень разработанности, сформулированы цель и задачи работы; приведены научная новизна и практическая значимость полученных результатов; представлены сведения о достоверности результатов работы; указано соответствие диссертации паспорту научной специальности; приведена методология и методы исследования и сведения об апробации работы, в том числе, о личном вкладе автора и его публикациях, связи работы с научными программами, структуре и объеме диссертации.

В **первой главе** (литературный обзор) рассмотрено современное состояние исследований по разработке композиционных материалов на основе СВМПЭ, концепции усиления матрицы в зависимости от вводимых наполнителей и анализ применения волластонита в ПКМ.

Во **второй главе** описаны объекты исследования, технология синтеза волластонита и методы изготовления композитов на основе СВМПЭ, а также применяемые методы исследования. Объектами исследования

являются ПКМ на основе СВМПЭ с комбинацией синтетического волластонита и органического модификатора – 2-меркаптобензтиазола (МБТ). В работе были использованы стандартные методы исследования с применением современного оборудования.

В **третьей главе** приведены результаты исследований синтеза волластонита тремя способами: гидротермальным (при температуре 220 °С); из отходов производства борогипса и гидрохимическим методом (при температуре 20 °С). Изучено влияние формирования волластонита в зависимости от условий синтеза и от исходных компонентов, в результате которой получены частицы волластонита с заданными физико-химическими свойствами. Приведены результаты рентгенофазового, гранулометрического и термогравиметрического анализа, инфракрасной спектроскопии, низкотемпературной адсорбции азота, гранулометрического состава и морфологии с применением сканирующей электронной микроскопии для идентификации синтезированных частиц волластонита.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния синтезированных частиц на свойства и надмолекулярную структуру ПКМ на основе СВМПЭ. Применены методы механических испытаний, гидростатический метод определения плотности, сканирующая электронная микроскопия, ИК-спектроскопия и атомно-силовая микроскопия. В результате проведенных исследований установлены закономерности изменения надмолекулярной структуры и физико-механических свойств материала при введении в полимерную матрицу волластонита в зависимости от морфологии и концентрации частиц. Структурными исследованиями показана трансформация надмолекулярной структуры СВМПЭ на мелкосферолитную, а исследования поверхности трения выявили формирование вторичных структур в результате трибохимических процессов.

В **пятой главе** исследовано влияние комплексного наполнения на основе волластонита, синтезированного гидротермальным методом, и

органического модификатора (МБТ) на свойства СВМПЭ. Установлена эффективность применения комплексного наполнителя, приводящая к максимальному повышению прочности и износостойкости композитов. Установлены закономерности повышения износостойкости композитов с формированием сложноупорядоченных структурных организаций на поверхности трения, состоящие из кластеров продуктов трения. Также приводятся результаты сравнения физико-механических и триботехнических свойств, разрабатываемых ПКМ с известными композитами, наполненных волластонитом, триботехнического и уплотнительного назначения на основе СВМПЭ и сведения о внедрении результатов исследования.

В **заключении** приводятся выводы, отражающие основные результаты исследований, проведенных в рамках диссертационной работы. Выводы полно и адекватно отражают полученные в диссертационном исследовании результаты.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в научных изданиях, в том числе, в журналах из перечня ВАК (8 публикаций), 5 публикаций в изданиях, индексируемых в Web of Science/SCOPUS), в 5 РИД.

Работа представляет завершенное научное исследование, в котором достигнута поставленная в работе цель и решены сформулированные задачи исследования.

Замечания и вопросы по диссертации:

По третьей главе:

1. По каким характеристикам определено преимущество волластонита с игольчатой и волокнистой структурой?
2. За счет чего и при каких условиях формируется игольчатая и волокнистая структура?

3. В пояснении к рисунку 42 утверждается, что на всех поверхностях образуются бороздки от трения, однако на рис. б и г они не наблюдаются, чем это можно объяснить?

По четвертой главе:

1. Утверждение автора, что снижение теплоты плавления говорит об увеличении вязкости расплава не совсем корректно, скорее это вызвано увеличением содержания наполнителя.

2. В пояснении к рисункам 42, 48 и 57, автором на основании визуального анализа утверждается, что «обнаружены «включения», состоящие из частиц наполнителя и продуктов износа», однако такое заключение является неправомерным вследствие отсутствия исследований по идентификации этих включений.

3. Чем объясняется упрочнение поверхностного слоя при наличии процессов термоокислительной деструкции, которая, как правило, приводит к снижению свойств?

4. На ИК-спектре тонких пленок композита с МБТ на стр. 115 зафиксированы пики, соответствующие «кислородсодержащим группам». Не связано ли это с окислением самого органического модификатора при переработке?

5. Исследовалась ли поверхность стального контртела после трения исследуемых композитов?

6. Имеются замечания по оформлению представленных данных по диссертации:

- в таблицах по результатам ДСК не приведены пределы погрешности измерения в каждой серии;
- линии на рисунке 54 по кривым напряжения-сжатия сливаются;
- пояснительные надписи на рисунке 57 нечитаемые.

Указанные замечания не затрагивают сути основных выводов и выносимых на защиту положений диссертации, ее оригинальности и не снижают научной значимости.

Результаты, полученные диссертантом, имеют большое значение для науки и практики, они должным образом обоснованы, апробированы и опубликованы.

Содержание диссертационной работы Даниловой Сахаяны Николаевны «Разработка композиционных материалов на основе модифицированного синтетическим волластонитом сверхвысокомолекулярного полиэтилена и технологии их формирования», объекты исследования, используемые методы и методики, научная новизна и практическая значимость полученных результатов **соответствуют паспорту научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов**, а именно:

- п. 2, в части: полимерные материалы, а также технологии изготовления и исследования свойства композиционных материалов из них;
- п. 3, в части: физико-механические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления ПКМ, разработка способов переработки техногенного отхода (борогипса) с последующим получением волластонита – эффективного модификатора полимерных материалов, что решает экологическую проблему переработки отходов;
- п. 5, в части: оборудование, применяемое для синтеза и для переработки СВМПЭ в композиты;
- п. 6, в части: разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры композиционных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств изделия; испытание и определение физико-механических и трибологических свойств.

Диссертация Даниловой Сахаяны Николаевны является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи создания полимерных композиционных материалов на основе СВМПЭ, содержащих синтетический волластонит в сочетании с органическим модификатором, с повышенной износостойкостью и прочностью,

исследованию их физико-механических и триботехнических свойств в зависимости от состава композиций и их структуры.

Диссертация Даниловой Сахаяны Николаевны «Разработка композиционных материалов на основе модифицированного синтетическим волластонитом сверхвысокомолекулярного полиэтилена и технологии их формирования» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 26.09.2022), а ее автор Данилова С.Н. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Технологии
переработки полимеров и композиционных
материалов» ФГБОУ ВО «Казанский
национальный исследовательский
технологический университет»
доктор технических наук, доцент
(05.17.06. Технология и переработка полимеров
и композитов)


Хузаханов Рафаиль Мухаметсултанович

Адрес места работы:
420015, Казань, ул. Карла Маркса, 68
e-mail: huzahanov62@mail.ru,
тел. +7 917 932 41 71

Вход. № 05-4469
«24» 11 2023г.
подпись 

