

ОТЗЫВ

официального оппонента Корнеевой Натальи Витальевны о диссертационной работе Гульнары Ильхамовны Амерхановой на тему: «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. - «Материаловедение».

1. Актуальность темы работы

Работа, представленная к защите Г.И. Амерхановой, направлена на решение задач разработки новых композиционных материалов (КМ) на основе полиуретана, наполненных базальтовым волокном (БВ). Для решения этих задач в работе исследованы базальтовые волокна, модифицированные с помощью плазменных технологий и обработки водно-полиуретановой дисперсией. Использование природных базальтовых волокон особенно актуально в настоящее время, поскольку в XXI возрастает экологическая нагрузка на природу, и человечество фактически живёт в критическую эпоху антропоцена. Горные породы базальтов, обладающие высокими термическими свойствами, химической стойкостью, хорошими тепло- и звукоизоляционными характеристиками, низкой гигроскопичностью, являются уникальным экологически чистым и дешёвым сырьём для получения новых материалов. Базальт - самая распространенная горная порода на земле и запасы его практически не ограничены, что важно с точки зрения доступности сырья. Сегодня из непрерывного базальтового волокна производятся различные виды продукции: специальные ткани, рулонные базальтопластики, прутки и различные виды сеток. БВ обладает хорошей совместимостью с полимерами, клеями, стеклянными и углеродными волокнами, что даёт перспективу для получения новых материалов. Однако БВ не используется на 100 % при изготовлении полимерных КМ, в связи с исходной инертностью его поверхности. Существует необходимость увеличения поверхностной энергии БВ, и, соответственно, прочностных характеристик КМ на основе БВ за счёт повышения адгезии к полимерным матрицам путём как химических воздействий с помощью ПАВов, так и физических манипуляций, например, неравновесной низкотемпературной плазмой высокочастотного ёмкостного (ВЧЕ) разряда. Поэтому работа Г.И. Амерхановой, посвященная разработке КМ на основе полиуретановой матрицы (ПУ), армированной БВ модифицированным ВЧЕ плазмой, безусловно, актуальна и представляет ёмкий научный и практический интерес.

2. Научная новизна работы

К научной новизне работы, несомненно, следует отнести следующие результаты:

1. Автором установлены закономерности влияния количества армирующего наполнителя в виде измельченного базальтового волокна,

на комплекс основных физико-механических показателей композиционных материалов на основе литевых полиуретанов. Результаты показали, что композиционные материалы, содержащие 1,0 % мас. измельченного базальтового волокна, демонстрируют повышение прочностных характеристик.

2. Автором впервые установлено, что модификация базальтового волокна 15 % - ым водным раствором полиуретановой дисперсии значительно повышает механические характеристики композита за счёт более равномерного распределения наполнителя в полимерной матрице и бифильности полиуретановой дисперсии.
3. Достоинством работы является обработка базальтового волокна плазмой высокочастотного ёмкостного (ВЧЕ) разряда пониженного давления в среде аргон-воздух, что приводит к увеличению капиллярности и гидрофильности материала, не снижая его прочности. Установлено, что модификация плазмой базальтового волокна создает благоприятные условия для увеличения адгезии между волокном и полимерной матрицей, что в итоге существенно улучшает механические свойства композитов.
4. Заслугой автора является предложенный новый способ модификации состава пенополиуретана, при котором армирование 10 % мас. базальтового волокна длиной 6 ± 1 мм не только улучшает прочность образцов, но и в четыре раза увеличивает их стойкость к горению.

3. Значимость результатов диссертации для науки и практики

Научная ценность и практическая значимость результатов работы, выводов и рекомендаций диссертанта заключается в следующих положениях:

1. Выявлены закономерности процесса взаимодействия гидроксильных групп на поверхности БВ с NCO-группами изоцианатного компонента, что приводит к дисбалансу соотношения NCO/ОН-групп и, соответственно, влияет на прочность материала.
2. Разработаны технологии изготовления высокопрочного КМ на базе литевого ПУ, армированного измельчённым, модифицированным плазмой ВЧЕ разряда базальтовым волокном, рекомендованным для изделий, работающих в широком диапазоне температур, и композитов на основе пенополиуретана и измельченного базальтового волокна, которые применяются в виде быстротъемных теплоизоляционных кожухов для труб и химического оборудования.
3. Разработан полужесткий пенополиуретановый композит, армированный термостойким базальтовым волокном, который обладает теплоизоляционной способностью, сравнимой с показателями классических жестких пенополиуретанов, что расширит область его применения и повышает эффективность использования подобных конструкций.
4. Осуществлено технико-экономическое обоснование производства КМ

из литьевого ПУ, наполненного модифицированным измельчённым базальтовым волокном, которое подтвердило прибыльность проекта для акционеров (FCFE) при окупаемости в течение 2 лет и чистом приведенном доходе в размере ~ 24 908 543,61 рубля.

5. Техничко-экономическое обоснование производства материала из пенополиуретана с добавлением фибры базальтового волокна, также продемонстрировало экономическую выгоду, при этом период окупаемости составил 2 года 2 месяца, а чистый приведенный доход ~ 46 984 779,51 руб.
6. Полученные автором новые материалы прошли успешную апробацию на ООО «Доркомтехника», г. Москва и ООО «Пенополиуретан», г. Казань.

4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, а также результаты диссертационной работы Г.И. Амерхановой в целом, являются новыми, обоснованными и достоверными, и подтверждены экспериментально и документально. Основные выводы диссертации получены автором в ходе проведения большого объёма экспериментальных исследований на новейшем оборудовании современными методами, в соответствии с имеющейся научной и патентной литературой. Результаты экспериментов и рекомендации диссертации не противоречат основным фундаментальным законам.

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, безусловно, несомненна, и подтверждается как использованием, стандартных и специализированных методов исследования свойств КМ, так и согласованием полученных данных между собой, и с опубликованными результатами теоретических и экспериментальных исследований других авторов.

Личный вклад автора несомненен, и состоит в выборе направления и методов исследования, получении, научном анализе, обобщении и интерпретации результатов и рекомендаций диссертации.

5. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Работа Г.И. Амерхановой соответствует паспорту научной специальности ВАК 2.6.17-«Материаловедение»:

по п.1 – Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств путем установления фундаментальных закономерностей влияния дисперсности, состава, структуры, технологии, а также эксплуатационных и иных факторов на функциональные свойства материалов. Теоретические и экспериментальные исследования фундаментальных связей состава и структуры металлических, неметаллических материалов и композитов с комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств с целью обеспечения надежности и долговечности деталей, изделий, машин и конструкций (химической, нефтехимической, энергетической,

машиностроительной, легкой, текстильной, строительной);

по п.4 – Разработка физико-химических и физико-механических процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической чистотой.

6. Оценка содержания диссертации, степень ее завершенности в целом и качество оформления

Содержание диссертации Г.И. Амерхановой полностью раскрывает её цель, посвященную решению актуальной задачи разработки КМ на основе полиуретана и базальтового волокна, отличающихся комплексом улучшенных физико-механических свойств, термической стабильностью, стойкостью к горению с сохранением эластичности и высокими теплоизоляционными свойствами.

Основное содержание работы изложено на 209 страницах машинописного текста, содержит 61 таблицу и 38 рисунков. Список используемой литературы содержит 134 наименования. Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы и 4 приложений с копиями документов.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне, представляет значительную ценность для науки и практики и будет интересна научной общественности, поскольку её результаты развивают материаловедение. Диссертация, в целом, представляет собой завершенное исследование, оформленное в полном соответствии с требованиями ВАК РФ.

7. Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях

Основные результаты диссертации, её научная новизна и практическая значимость отражены в 15 публикациях, в том числе: в 2-х статьях в журналах, входящих в перечень научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ; 1-ой публикации в научном журнале из международной базы данных Scopus; 7 работ представлены на конференциях; остальные 5 статей - в материалах др. журналов.

8. Соответствие содержания автореферата основным идеям и выводам диссертации

Автореферат отражает основное содержание диссертационной работы.

9. Замечания и недостатки диссертационного исследования

1. В работе автор исследовал воздействие плазмы ВЧЕ разряда на измельченное базальтовое волокно. Известно, что к настоящему моменту

промышленность выпускает специальные базальтовые ткани, рулонные базальтопластики, прутки и различные виды сеток. Интересно узнать прогноз о том, как может распространяться эффект плазменной обработки на эти материалы?

2. В диссертации показано, что с ростом количества используемого базальтового волокна в КМ выше 1% мас. прочностные свойства композита снижаются из-за нарушения баланса реакционно-способных групп изоцианатного компонента по отношению к гидроксильным группам базальтового волокна и аминных групп отвердителя. В таком случае, почему бы не попробовать оптимизировать рецептуру материала в плане увеличения количества форполимера - поставщика изоцианатных групп? И есть ли возможность ввести большее количество базальтового волокна, добившись большего роста прочностных показателей, огнестойкости и т.п.?

3. Интересно было бы сделать сравнительную характеристику предлагаемого метода ВЧЕ обработки измельчённого БВ с другими плазмохимическими методами.

4. Из каких соображений для модификации базальтовых волокон был выбран плазмообразующий газ аргон-воздух (1:1)? Каков прогноз обработки БВ в другом плазмообразующем газе?

5. В диссертации в табл. 3.26, 3.27 и 3.28 (стр. 110) приведены результаты физико-химических показателей пенополиуретанов (ППУ), наполненных измельчённым базальтовым волокном (ИБВ) при разных размерах волокон (6 ± 1 , 12 ± 1 , 18 ± 1 мм), и на рис. 3.23 (стр.111) представлена зависимость прочности при сжатии образцов ППУ от степени наполнения ИБВ. Как объяснить, что лучшие показатели прочности достигнуты для образцов ППУ, наполненных ИБВ с размером 6 ± 1 мм и количеством 10 % мас.? Аналогичные результаты приведены в табл.10 автореферата (стр.15). Почему с ростом количества ИБВ материал становится более прочным, при этом незначительно снижается его эластичность и в четыре раза увеличивается стойкость к горению?

10. Заключение

В целом, оценивая диссертационную работу «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном», считаю, что она полностью соответствует специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки) в части «Разработка новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, в том числе капиллярно-пористых, с заданным комплексом свойств» путём установления «фундаментальных связей состава и структуры процессов формирования новых металлических, неметаллических и композиционных материалов, обладающих уникальными функциональными, физико-механическими, биомедицинскими, эксплуатационными и технологическими свойствами, оптимальной себестоимостью и экологической

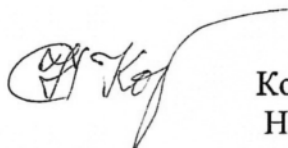
чистотой» и соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её соискатель, Гульнара Ильхамовна Амерханова, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. «Материаловедение» (технические науки).

Официальный оппонент

Доктор технических наук,

Старший научный сотрудник ФИЦ ХФ РАН

«09» июня 2025 года



Корнеева
Наталья Витальевна

Подпись Н.В. Корнеевой удостоверяю

Зам. Учёного секретаря ФИЦ ХФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Иким
Мария Ильинична

Корнеева Наталья Витальевна, доктор технических наук, 05.17.06 - «Технологии и переработка полимеров и композитов; 05.19.01 - «Материаловедение производств текстильной и лёгкой промышленности», Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук» (ФИЦ ХФ РАН), старший научный сотрудник.

119991, г. Москва, ул. Косыгина, д.4, тел. +7(499)135-78-48

e-mail: natakorneeva@mail.ru

Вход. № 05-8477

«10» 06 2025 г.

подпись

