

«УТВЕРЖДАЮ»

Первый проректор-проректор по научной
и инновационной деятельности
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ»,
д-р. техн. наук, доцент Бабушкин В.М.



2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Амерхановой Гульнары Ильхамовны
«Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные
базальтовым волокном» на соискание ученой степени кандидата технических
наук по специальности 2.6.17. Материаловедение

Актуальность темы диссертационной работы. Диссертационная работа Амерхановой Г.И. на тему «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном» связана с решением актуальной задачи по разработке и исследованию новых полимерных композиционных материалов на основе полиуретанов, наполненных измельченным базальтовым волокном.

К настоящему моменту разработано достаточно большое количество композиционных материалов с различными наполнителями, в том числе волокнистыми. Эти работы направлены на получение композитов с повышенными прочностными показателями. Выбор полиуретанов в качестве полимерной матрицы основан на том, что эти материалы широко используются в различных отраслях промышленности, благодаря своим уникальным характеристикам. Однако даже такие материалы с высокими прочностными характеристиками, как монолитные полиуретаны, требуют усовершенствования в плане повышения прочностных показателей. Одним из способов создания материалов повышенной прочности является армирование волокнами. Среди большого разнообразия волокон в качестве армирующего материала широкое применение нашли базальтовые волокна, которые обладают сочетанием ряда уникальных характеристик: высокие физико-механические свойства, пониженная абразивность, повышенная термическая стойкость, сопротивление горению и т.д. Кроме того, базальт относится к природным материалам и способы получения волокон на его основе достаточно технологичны и экономичны.

Особенность диссертационной работы Амерхановой Г.И. состоит в том, что автором используется измельченное базальтовое волокно как в

состоянии поставки, так и модифицированное с помощью пропитки поверхностно активным веществом или обработанное высокочастотной емкостной плазмой пониженного давления в среде аргон-воздух. Эта модификация базальтового волокна обеспечивает оптимальные адгезионные взаимодействия между волокном и полимерной матрицей, что приводит к значительному улучшению прочностных характеристик композитов на его основе.

В связи с вышеизложенным, диссертационная работа Амерхановой Г.И. «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном», в которой выявлены закономерности влияния модификации базальтового волокна на конечные свойства материалов с их использованием, является актуальной.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 209 страницах машинописного текста, содержит 38 рисунков и 61 таблицу. Текст работы включает введение, четыре главы, заключение, четыре приложения и список литературы из 134 наименований.

Основные результаты работы.

Во введении обоснована актуальность исследования, проведен анализ степени разработанности изучаемой проблемы, сформулированы цели и задачи, научная новизна, теоретическая и практическая значимость исследования.

В первой главе (аналитический обзор) проведена систематизация имеющихся научной и патентной литературы по производству и переработке полиуретанов, в том числе наполненных, а также базальтового волокна, тенденции развития полиуретановых материалов, преимущества и недостатки существующих композитов на основе полиуретанов. На основании проведенного обзора сформирована цель диссертационного исследования.

Во второй главе (экспериментальная часть) приведены характеристики используемых исходных компонентов, описаны технологии обработки базальтовых волокон, получение наполненных полиуретанов, а также представлены методики их исследования.

В третьей главе представлены основные результаты по получению композиционного материала на основе литьевого полиуретана и базальтового волокна с оценкой его технологических и физико-механических свойств. В этой главе исследованы также вопросы химической и физической обработки измельченного базальтового волокна с целью увеличения адгезионного взаимодействия: полимер-наполнитель.

Разработан способ получения композиционного материала на основе монолитного литьевого полиуретана, наполненного измельченным базальтовым волокном в количестве 1,0 % мас., заключающийся в

порционном введении базальтового волокна в форполимер на основе полиокситетраметилэгликоля и 2,4 толуилеидиизоцианата (СКУ-ПФЛ-100) с последующим отверждением 4,4'-метиле-бис-(о-хлоранилином) (МОКА).

Выявлено, что наиболее высоким уровнем физико-механических показателей обладают материалы, наполненные базальтовым волокном в количестве 1,0 % мас., прочность при растяжении которых увеличилась на 32 % по сравнению с ненаполненным образцом и достигла 30,9 МПа, что объясняется образованием дополнительной пространственной сетки в композите за счет взаимодействия гидроксильных групп, присутствующих на поверхности базальтового волокна с изоцианатными группами форполимера СКУ-ПФЛ-100.

Проведена обработка измельченного базальтового волокна раствором водно-полиуретановой дисперсии с концентрацией от 10 до 20 % мас. Выявлено, что лучшим комплексом прочностных показателей обладают композиционные материалы, наполненные базальтовым волокном, обработанным 15%-ным раствором водно-полиуретановой дисперсии за счет более равномерного распределения наполнителя в полимерной матрице и бифильности полиуретановой дисперсии, что приводит к увеличению адгезионного взаимодействия системы «волокно-полимерная матрица».

Проведена модификация базальтового волокна с помощью «холодной» плазмы высокочастотного емкостного разряда (напряжение на аноде – $3,0 \pm 0,1$ кВ; сила тока – $0,5 \pm 0,02$ А; скорость подачи плазмообразующего газа – 0,04 г/с; давление в вакуумной камере – $20,0 \pm 0,1$ Па; мощность разряда – $1,5 \pm 0,1$ кВт; время обработки – $10 \pm 0,2$ мин, плазмообразующий газ – воздух-аргон 1:1). При этом выявлено, что лучшим комплексом прочностных показателей обладают композиционные материалы, армированные плазмобработанным после измельчения базальтовым волокном в количестве 1,0 % мас. При этом прочность при растяжении увеличилась на 22,3 % по сравнению с аналогичным наполнением без обработки и на 61 % по сравнению с ненаполненным аналогом и составила 37,8 МПа, что объясняется более равномерным распределением наполнителя в полимерной матрице в результате очистки волокна от загрязнений, приводящее к увеличению адгезионного взаимодействия волокно - полимерная матрица.

Разработан способ изготовления материала быстроръемных теплоизоляционных чехлов химического оборудования на основе полужесткого пенополиуретана, наполненного измельченным базальтовым волокном в количестве 10,0 % мас. Наличие в составе пенополиуретана негорючего базальтового волокна увеличивает его стойкость к горению в четыре раза, приближаясь к скорости горения огнезащищенного материала, позволяя отказаться от использования антипирена. Автором также приведено экономическое обоснование производства биodeградируемых ПКМ. По

приведенным показателям проект является эффективным, а его реализация целесообразна.

В четвертой главе приводятся технологические схемы получения высоконагруженного композиционного материала на основе литьевого полиуретана, наполненного измельченным модифицированным базальтовым волокном, а также композиционного материала на основе полужесткого пенополиуретана, наполненного измельченным базальтовым волокном для изготовления теплоизоляционных чехлов химического оборудования и средств контроля. На разработанные материалы представлено экономическое обоснование. Оценка эффективности проектов показала их экономическую целесообразность: - чистый дисконтированный доход (ЧДД) проекта производства КМ-БВ составил 24 908 543,61 руб.; дисконтированный срок окупаемости – 2 года; - ЧДД проекта производства ППУ-БВ составил 46 984 779,51 руб.; дисконтированный срок окупаемости – 2 года 2 месяца. Перспективным направлением дальнейших работ является применение полученных результатов по модификации базальтового волокна плазмой высокочастотного емкостного разряда на ряд других волокон и при создании композиционных материалов на основе различных полимерных матриц.

В заключении обобщены полученные результаты экспериментальных исследований и сформулированы общие выводы.

В разделе «Приложения» приведены акты апробирования разработанных материалов и технологический регламент ТР-20-25 получения композиционного материала КМ-БВ на основе СКУ-ПФЛ и базальтового волокна, а также технологический регламент ТР-21-25 «Производство пенополиуретана ППУ-БВ, наполненного базальтовым волокном».

Научная новизна работы заключается в том, что:

- выявлены 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;

- установлено, что модификация базальтового волокна 15%-ым водным раствором полиуретановой дисперсии значительно повышает механические характеристики композита. Высокая адгезионная прочность соединения базальтового волокна с полимерной матрицей обусловлена бифильностью адгезива, характеризующегося сродством как к волокнам, так и к полимеру;

- выявлено, что обработка базальтового волокна плазмой высокочастотного емкостного разряда пониженного давления в среде аргона-воздух приводит к увеличению капиллярности и гидрофильности материала,

не снижая его прочности. Модификация плазмой базальтового волокна создает благоприятные условия для адгезии между волокном и полимерной матрицей, что в итоге существенно улучшает механические свойства композитов;

- предложен 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.

Практическая значимость. На уровне технологических регламентов разработаны:

- технология получения композиционного материала на основе литьевого полиуретана, содержащий 1,0 % мас. измельченного базальтового волокна, обработанного плазмой высокочастотного емкостного разряда пониженного давления в среде аргон-воздух, демонстрирующий повышенные прочностные характеристики;

- технология получения полужесткого пенополиуретана, армированного 10 % мас. базальтового волокна длиной 6 ± 1 мм, что не только улучшает прочность образцов, но и в четыре раза увеличивает их стойкость к горению.

Разработанная технология производства полимерного композиционного материала КМ-БВ на основе полиуретана СКУ-ПФЛ, наполненного измельченным базальтовым волокном с положительным заключением от ООО «Доркомтехника» (г. Москва) в качестве элементов снегоуборочных машин, а технология производства полужесткого пенополиуретана, наполненного измельченным базальтовым волокном ППУ-БВ, апробирована на ООО «Пенополиуретан» (г. Казань).

Достоверность результатов и обоснованность выводов, полученных в работе Амерхановой Г.И. подтверждается использованием современных методов анализа и оборудования. Результаты, полученные с применением разных методов исследования, хорошо согласуются между собой и с опубликованными данными в литературе.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Работа 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); 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.

Публикации и апробация результатов. Результаты диссертационного исследования достаточно полно опубликованы в 15 работах, в том числе 2 статьи в журналах, рекомендованных ВАК для размещения материалов диссертаций, 1 статья в журнале, входящем в реферативную базу Scopus, 5 статей в других журналах, 7 тезисов докладов в сборниках научных трудов Российских и международных конференций.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Результаты работы могут быть использованы в ряде научно-исследовательских и промышленных предприятий.

По диссертации Амерхановой Г.И. можно сделать следующие замечания:

1. В качестве оптимального количества базальтового волокна автор предлагает 1 % мас., что представляет очень небольшое количество. В тоже время такое количество базальтового волокна, даже обработанное плазмой, приводит к существенному упрочнению материала. Желательно, чтобы в работе было рассмотрены и другие причины такого повышения прочности материала. Например, каталитического воздействия самого базальтового волокна на реакцию уретанообразования, приводящее к увеличению стойкости к разрывному усилию.

2. Рис 6а и 6б автореферата и рис. 3.8 (а, б) диссертации трудно сопоставимы из-за нечеткости изображения на рис. 6а.

3. Автор в подтверждение термической стабильности разработанного материала приводит показатели термогравиметрического анализа. В дополнение к этому было бы необходимо привести данные по термическому старению разработанных материалов.

4. Можно ли зависимости, выявленные в диссертационном исследовании перенести на другие типы полимерного материала?

5. При оценке свойств базальтового волокна желательно было бы привести химическую структуру замасливателя.

Заключение

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Диссертационная работа Амерхановой Г.И. «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение является самостоятельным, законченным научно-квалификационным исследованием. По актуальности, объему материала, научной новизне, теоретической и практической значимости и достоверности полученных результатов диссертации Амерхановой Г.И. соответствует требованиям ВАК Минобрнауки России п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (в текущей редакции). Автор диссертации «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном» Амерханова Гульнара Ильхамовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. Материаловедение.

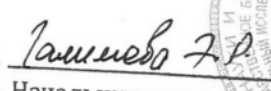
Диссертационная работа Амерхановой Г.И. «Композиционные материалы на основе полиуретана, наполненные базальтовым волокном» обсуждена, отзыв заслушан и утвержден на заседании кафедры «Материаловедение, сварка и производственная безопасность». Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет» им. А. Н. Туполева-КАИ (протокол № 6 от «10» июня 2025 г.)

Отзыв составил:

Заведующий кафедрой
«Материаловедение, сварка и
производственная безопасность», доктор
технических наук (02.00.16- химия и
технология композиционных материалов),
профессор кафедры «Материаловедение,
сварка и производственная
безопасность»,
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технический
университет» им. А. Н. Туполева-КАИ



Галимов
Энгель Рафикович

Подпись 
заверяю. Начальник управления
делопроизводства и контроля



420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет» им. А. Н. Туполева-КАИ
e-mail: kai@kai.

Вход. № 05-8475
« 10 » 06 2025 г.
подпись 