

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Горленко Николая Петровича на диссертационную работу Хеирбекова Руслана Азеровича на тему «Высокоэффективный поризованный арболит на основе шлакосиликатных вяжущих веществ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Актуальность темы диссертационного исследования

Увеличение выбросов техногенных отходов связано с ростом количества промышленных предприятий. В этой связи вопрос переработки и применения техногенных отходов для производства строительных материалов становится актуальным.

В представленной работе решается вопрос применения техногенных отходов деревообрабатывающей и металлургической промышленности для изготовления высокоэффективного поризованного композиционного арболитового материала на основе шлакосиликатных вяжущих веществ. Поризация смеси ведет к совершенствованию строительно-технических характеристик получаемого композита, а также снижению его теплопроводности. Кроме того, использование отходов промышленности при производстве композиционных строительных материалов не только решает проблему утилизации крупнотоннажных отходов, но в значительной степени снижает себестоимость продукции, что является **актуальной** задачей.

Структура и содержание работы

Представлена диссертационная работа, изложенная на 137 страницах машинописного текста. Данная работа содержит введение, основную часть, включающую 5 глав, заключение, список литературы из 150 наименований и 2 приложений, а также содержит 36 рисунков и 27 таблиц.

Во **введении** представлена актуальность выбранной темы исследования, степень её разработанности, цели и задачи настоящего исследования, научная

новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов, методология исследования, положения для вынесения на защиту, а также личный вклад автора и достоверность полученных результатов.

Первая глава посвящена аналитическому обзору литературных источников по изучению композиционных арболитовых материалов на основе промышленных отходов, выполненных отечественными и зарубежными исследователями. Освещены вопросы создания структуры композиционных арболитовых материалов на различных связующих, и показаны технологические особенности производства арболитов.

Вторая глава посвящена материалам и методам исследования. В работе использовался доменный гранулированный шлак, в котором содержится 85% и более аморфной фазы и дисперсностью $517 \text{ м}^2/\text{кг}$. В качестве затворителя смеси применялось натриевое жидкое стекло с силикатным модулем 2 и плотностью – $1,31 \text{ г/см}^3$. Наполнителем арболитового материала являлась древесная щепа хвойных пород с насыпной плотностью 120 кг/м^3 . В качестве стабилизатора пены использовалась бентонитовая глина.

В третьей главе описаны вопросы разработки составов поризованных шлакосиликатных арболитовых материалов. Для получения стабильной пены оптимальная концентрация раствора синтетического пенообразователя должна быть не менее 3,3%. Кроме того показано, что добавка бентонитовой глины в количестве 4% от массы раствора не оказывает влияния на кратность получаемой пены, но в значительной степени снижает водоотделение до значения в 28,2%. Из чего сделано заключение, что применение бентонитовой глины в качестве добавки модификатора, позволяет получать пены с наилучшими физико-механическими свойствами.

Исследования кинетики процессов формирования структуры композиционного поризованного арболита на шлакощелочном вяжущем показали на высокую гидравлическую активность вяжущего, сроки схватывания композита находятся в пределах от 30 до 50 минут, что является технологичным для производства арболитовых изделий. Автором работы установлены значения марки вяжущего по прочности, а также нормальная

густота шлакосиликатного вяжущего, которые находились на уровне М300 и 46,2% соответственно.

С помощью математических методов планирования были проведены исследования по подбору оптимального состава композиционного материала. Получены уравнения регрессии, позволяющие в заданном интервале значений содержания шлакощелочного вяжущего и древесной щепы, получать арболитовый материал с заданными показателями.

Автором были проведены исследования фазового и химического состава образцов, которые показали, что полученный материал состоит, в основном из низкоосновных гидросиликатов различного состава. Кроме того, с помощью электронного микроскопа изучена зона контакта заполнитель – вяжущее. В ходе экспериментов было установлено, что новообразования возникающее в зоне контакта, а также на поверхности крупного заполнителя из древесной щепы схожи по составу с новообразованиями в самом композите, что может способствовать снижению водопоглощения древесной щепы. Это подтверждают проведенные в работе исследования водопоглощения крупного заполнителя, которые показали снижение данного параметра у щепы, полученной из поризованного шлакосиликатного камня, по сравнению с обычной щепой, что подтверждает факт наличия слаборастворимых в воде низкоосновных гидросиликатов различного состава на поверхности и в порах заполнителя.

Четвертая глава посвящена определению физико-механических свойств полученного композита, а также влиянию тепловлажностной обработки на характеристики композита. Показано, что оптимальные физико-механические характеристики могут быть достигнуты при температуре изотермической выдержки 80°C и времени изотермической выдержки равном 10 часов. При этом повышение температуры до 90°C ведет к сокращению времени выдержки с 10 до 8 часов, а показатели прочности при этом повышаются.

В пятой главе диссертации описано проведение опытно-промышленных испытаний. В ходе проведенных испытаний был получен композиционный поризованный арболитовый материал со средней плотность 600-700 кг/м³, коэффициентом теплопроводности 0,081 Вт/(м°C), прочностью при сжатии не

менее 1,9 МПа. Показано, что полученный материал имеет низкую себестоимость по сравнению с существующими аналогами. Снижение себестоимости достигается посредством применения техногенных отходов для производства композита. Разработаны рекомендации по применению полученного материала в строительстве.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Экспериментальные исследования в работе были проведены с использованием современных физико-химических методов анализа и посредством применения сертифицированных и метрологически поверенных лабораторных установок и приборов. Свойства разработанного шлакосиликатного поризованного арболита определялись на основании действующих нормативных документов. Аналитические исследования проведены с использованием современных представлений о составе и структуре арболитовых изделий, опубликованные в научной литературе отечественных и зарубежных источниках. Сделанные автором заключение и основные выводы по работе, а также разработанные рекомендации, не противоречат общепризнанным положениям и дополняют опубликованные данные других авторов. Все это свидетельствует о достоверности результатов научной работы, ее научной новизне, выводов и рекомендаций.

Научная новизна заключается в разработке конструкционно-теплоизоляционного поризованного арболита высокого качества с маркой по плотности D600-D700 на основе отходов промышленности, а именно доменного гранулированного шлака, содержащего 85% и более аморфной фазы с дисперсностью не менее 500 м²/кг, а также натриевого жидкого стекла плотностью не менее 1310 кг/м³, щепы хвойных пород древесины, и технической пены с оптимальными параметрами качества.

Показано, что высокое качество арболита достигается путем поризации шлакосиликатной арболитовой смеси синтетическими пенообразующими добавками стабилизированными тонкомолотой бентонитовой глиной, что позволяет получать пену с низким водоотделением (28,2%) и высокой

кратностью (12,4). Другой особенностью данного материала является сниженное водопоглощение заполнителя посредством проникновения в структуру древесной щепы шлакощелочного связующего с последующим его кристаллизацией в порах заполнителя.

Теоретическая и практическая значимость работы

Теоретическая значимость работы заключается в том, что посредством применения математических методов планирования эксперимента получены математические модели, рационально описывающие исследуемую систему, в рамках выбранного факторного пространства для установления состава композиционного арболитового материала.

Практическая значимость заключается в получении композиционного строительного материала на базе крупнотоннажных отходов промышленности, доменного гранулированного шлака, древесной щепы, натриевого жидкого стекла и технической пены. Полученный композит имеет марку по плотности D600 и прочность не менее 1,9 МПа.

Автором работы предложен способ оптимизации структуры и улучшения свойств шлакосиликатного арболита путем введения в состав композиционного материала технической пены с оптимальными параметрами качества, которые достигаются введением в состав пены добавки модификатора в виде бентонитовой глины в количестве 4% от массы раствора и с концентрацией раствора пенообразователя 3,3%, позволяющего получать техническую пену с высокой кратностью 12,4 и низким водоотделением на уровне 28,2%.

Автором показано положительное влияние ТВО при температурах 80°C и 90°C, установлено, что оптимальные физико-механические характеристики достигаются при температуре 80°C и времени изотермической выдержки 10 часов. При этом повышение температуры изотермической выдержки на 10°C (до 90°C) позволяет сократить время изотермической выдержки с 10 до 8 часов, при повышении показателей прочности.

Разработаны рекомендации по получению и применению поризованного арболитового материала в строительстве и проведены опытно-промышленные испытания разработанного шлакосиликатного поризованного арболита.

Технология по изготовлению высокоэффективного поризованного композиционного арболитового материала позволит в перспективе выпускать строительные изделия и материалы с оптимальными характеристиками и свойствами для активного использования их в области строительства сооружений и зданий. Указанная технология позволяет снизить себестоимость готовой продукции посредством применения техногенных отходов, а также в значительной степени расширить перечень строительной продукции.

Теоретические положения и экспериментальные результаты настоящего диссертационного исследования могут быть успешно использованы при подготовке бакалавров по направлению «Строительство».

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Для обоснованности научных положений получения конструкционно-теплоизоляционного поризованного арболита с применением шлакосиликатных вяжущих веществ, изготовленных на основе отходов металлургической промышленности, а также щепы хвойных пород древесины, отхода производств деревообрабатывающей промышленности, натриевого жидкого стекла и технической пены, был проведён анализ современного состояния вопроса, изложенного в научных трудах отечественных и зарубежных авторов.

Сделанные выводы и разработанные рекомендации основываются на испытаниях, которые были проведены согласно действующим стандартам и нормативным документам. Изучение структуры полученного арболита проводилось с применением современных методов анализа.

Полученные результаты достаточно полно отражены в научных статьях и докладах, представленных на научных конференциях разного уровня. По теме диссертации было опубликовано 9 научных работ, в том числе 4 публикации в журналах, включённых в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертации, 1 работа опубликована в журнале, индексируемом в международной реферативной базе SCOPUS и 4 из них опубликованы в других международных научных журналах и изданиях. Результаты

исследования апробированы на предприятии ООО «Мечел-Материалы», о чем свидетельствуют акты опытно-промышленного опробования результатов диссертационной работы.

Приведенные выше аргументы позволяют заключить о высокой степени обоснованности научных положений, заключения и разработанных рекомендаций, и не вызывают сомнений. Основные положения, выводы и рекомендации диссертационного исследования Хеирбекова Руслана Азеровича подтверждают научную новизну, высокую степень ее обоснованности и достоверности.

Замечания

1. Диссертантом на рисунках 3.12 – 3.15 приведены данные полученные с помощью ДТА-ТГА анализа, но графики сложно анализировать, поскольку они не приведены к одной шкале, точке отсчета.

2. В четвертой главе приведены результаты экспериментов по оценке влияния тепловлажностной обработки полученного композиционного материала на его физико-механические свойства. Для экспериментов был выбран интервал времени 6, 8, 10, 12 часов изотермической выдержки. Но не понятно, почему был выбран именно этот временной интервал и не совсем понятно какой цикл испытаний использовался для проведения ТВО.

3. В диссертации встречаются опечатки и неудачные выражения, к примеру, в четвертой главе автором показаны исследования зоны контакта заполнитель вяжущее с помощью электронного микроскопа. Результаты, полученные в ходе данного исследования показаны на рисунках 3.23 и 3.24. В названиях данных рисунков фигурирует термин Микроанализ и микрохимический анализ, хотя данные исследования правильней назвать энергодисперсионный анализ.

Приведенные выше замечания не носят принципиального характера, а также не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Хеирбекова Руслана Азеровича.

Заключение

Диссертационная работа Хеирбекова Руслана Азеровича является самостоятельно научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Высокоэффективный поризованный арболит на основе шлакосиликатных вяжущих веществ» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Хеирбеков Руслан Азерович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.5 – Строительные материалы и изделия.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук,
ФГБОУ ВО "Томский
государственный архитектурно-
строительный университет",
кафедра физики, химии и
теоретической механики,
профессор

Горленко Николай Петрович

«23» ноября 2023 г.

Адрес: Соляная пл., д. 2, г. Томск, 634003
E-mail: gorlen52@mail.ru
Тел.: 8(909)540-09-55

Подпись проф. Горленко Н.П. подтверждаю:

Ученый секретарь ученого совета ФГБОУ ВО
"Томский государственный
архитектурно-строительный университет"



Ю.А. Какушкин