

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор
ФГБОУ ВО «Белгородский
государственный
технологический университет им.
В.Г.Шухова»

доктор технических наук,
профессор

Е.И. Евтушенко

«*Евтушенко*» 2023г.



ОТЗЫВ

ведущей организации – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова» на диссертационную работу Гаджиева Абдуллы Магомедсаламовича «Структура и свойства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электрорагревом смеси», представленную на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия, в диссертационный совет 24.2.295.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Дагестанский государственный технический университет»

Соискателем Гаджиева А.М. для рецензирования его диссертационной работы в виде отзыва были представлены все необходимые материалы в электронном и печатном виде в частности:

текст диссертационной работы, состоящей из: введения, пяти глав, общих выводов, заключения, списка литературы, приложений. Общий объем работы составляет 195 страниц, содержит 55 рисунков, 26 таблиц.

Автореферат объемом 22 страницы.

Актуальность темы диссертационного исследования

По существу, основные задачи, рассматриваемые в работе А.М. Гаджиева, связаны с разработкой и внедрением новых, и развитием существующих технологий строительных материалов. Рецензируемая диссертация, по замыслу ее автора, посвящена разработке применения жаростойких бетонов на пористых заполнителях и модифицированных композиционных вяжущих из местного минерального сырья взамен штучных огнеупоров при футеровке различных тепловых агрегатов, которые позволяют снизить материалоемкость футеровки до 35 %, теплотери, и закономерно, расход энергии до 12 %, получить экономию энергозатрат в процессе изготовления и эксплуатации футеровки до 30 %. Такая постановка изучаемой проблемы включает в себя необходимость решения следующих задач:

- определение рациональных составов композиционного вяжущего, полученного активацией портландцемента и тонкомолотой добавки из обожженного серого аргиллита;
- обоснование технологических параметров получения жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем с предварительным электроразогревом смеси в формах;
- выявление закономерности изменения от температуры нагрева прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем с предварительным электроразогревом смеси в формах;
- разработка технологической схемы производства жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем с предварительным электроразогревом смеси в формах;
- выпуск опытной партии жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем, разработан технологический регламент производства жаростойких бетонов с предварительным электроразогревом смеси в формах;
- выполнение технико-экономическое обоснование эффективности применения керамзитового гравия и песка Кизилюртовского керамзитового завода для производства футеровочных блоков с температурой применения до 1000 °С из

жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси на активированном композиционном вяжущем.

Поэтому при оценке полученных результатов, важно понять уровень оригинальности исследований. Именно с этих позиций в настоящем отзыве рассматривается работа А.М. Гаджиева.

Целью работы автора является разработка научно-обоснованного технологического решения получения жаростойкого керамзитобетона с применением предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси с тонкомолотой добавкой из обожженной аргиллитовой глины, вводимой в бетонную смесь в составе активированного композиционного вяжущего.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, их достоверность и новизна

Постановка задач исследования и путей их решения произведена автором на основе отечественного и зарубежного опыта по разработке и исследованию состава бетона подверженного воздействию высоких температур. Методы исследования жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем из местного минерального сырья с предварительным электроразогревом смеси в формах основаны на фундаментальных положениях технологии жаростойких бетонов. Экспериментальные исследования по оптимизации режимов предварительного электроразогрева смеси в формах до сушки при температуре 105 °С, изучению влияния рецептурно-технологических факторов на свойства жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем с использованием местного сырья проведены с применением методов математической статистики. Исследования процессов формирования структуры и её влияния на свойства жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем проведены по методикам действующих стандартов. Теплофизические и термомеханические исследования свойств бетона проводились по исследовательским методикам.

Теоретические результаты обеспечиваются:

– выявлением роли предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах в обеспечении улучшения прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем «портландцемент + тонкомолотая минеральная добавка из обожженного

аргиллита» с механической активацией на Активаторе-4М вследствие увеличения числа активных молекул вяжущего за счет эффекта самопропаривания и уменьшения миграции влаги в поровых перегородках, что обеспечивает ускорение реакции гидратации вследствие роста химического взаимодействия по причине повышения числа эффективных поверхностей;

– развитием научных представлений о влиянии процессов тепломассообмена и массопереноса при электроразогреве смеси в формах при температуре 60...90 °С и сушке при температуре 105 °С на состав новообразований, формирование структуры и свойств цементного камня и контактной зоны «пористый заполнитель – цементный камень».

Достоверность результатов подтверждается строгой обоснованностью и достоверностью научных исследований, теоретических и практических выводов, сформулированных в диссертации, подтвержденных достаточным большим объемом экспериментальных данных, полученных в лабораторных условиях с использованием современных методов исследований и инструментальных средств измерения на аттестованном оборудовании.

Резюмируя вышесказанное, обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов не вызывает сомнений.

Научная новизна диссертационной работы

– развиты научные представления о количественном изменении содержания несвязанных оксидов SiO_2 , $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ при реализации предварительного электроразогрева смеси в формах жаростойкого портландцементного керамзитобетона с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита и их влиянии на процесс связывания свободных оксидов кальция, образующихся при дегидратации гидроксида;

– доказано, что при реализации предварительного электроразогрева смеси в формах вследствие повышения содержания несвязанных оксидов SiO_2 , $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ и $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$ и образования алюмината магния $\text{Mg}(\text{AlO}_2)_2$, гидроксида алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ и катоита $\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{OH})_{12}$ и их высокой стойкости к температурным и химическим воздействиям и формирования контактного слоя «пористый заполнитель – цементный камень» повышенной плотности обеспечивается рост механической

прочности жаростойкого портландцементного керамзитобетона бетона с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита;

– выявлены основные закономерности влияния рецептурно-технологических факторов: дозы тонкомолотой добавки, состава бетона, продолжительности активации комплексного вяжущего, способа приготовления смеси и формования изделий, продолжительности и температуры предварительного электроразогрева бетонной смеси на изменение прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона в зависимости от температуры нагрева.

Значимость результатов исследований для науки и практики

Значимость результатов исследований для науки:

– выявлены закономерности изменения прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона, полученного с применением предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах на композиционном вяжущем;

– уточнены количественные значения влияния рецептурно-технологических факторов на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона, полученного с применением предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах на композиционном вяжущем;

– доказана возможность эффективного использования керамзитового гравия и песка Кизилюртовского керамзитового завода и композиционного вяжущего «портландцемент + тонкомолотая минеральная добавка из обожженного аргиллита» после механической активации на Активаторе-4М для производства с предварительным электрорагревом смеси в формах жаростойких керамзитобетонов с температурой применения до 1000 °С;

– разработаны составы композиционного вяжущего и керамзитобетонной смеси, технологические параметры производства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электрорагревом смеси в формах на композиционном вяжущем;

– разработан технологический регламент на производство жаростойких изделий – блоков размером 700×400×200 мм для футеровки стен туннельной печи из разработанного жаростойкого керамзитобетона класса по предельно допустимой

температуре применения И10 и класса по прочности на сжатие В10 с общим экономическим эффектом 33 тыс. 658 руб/м³.

Значимость результатов исследований для практики

– осуществлен выпуск опытной партии блоков из жаростойкого керамзитобетона на основе композиционного вяжущего с предварительным электроразогревом смеси в ООО «СпецРемСтройМонтаж» (г. Махачкала).

– разработан технологический регламент на изготовление блоков для жаростойкого бетона на керамзитовом заполнителе с предварительным электроразогревом смеси.

Общая характеристика работы

Во введении показана актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, приведены научная новизна и практическая значимость полученных результатов, данные об апробации работы и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен обзор данных использования жаростойких портландцементных бетонов, в т.ч. на пористых заполнителях, и путей расширения области их эффективного применения. Выявлена перспективность получения жаростойкого керамзитобетона с улучшенными эксплуатационными свойствами при температуре применения до 1000 °С по технологии предварительного электроразогрева бетонной смеси в формах с последующей сушкой при температуре 105 °С. Определена целесообразность получения тонкомолотой добавки, не представленной в СП 27.13330.2017, из местного минерального сырья – обожженного серого аргиллита, с последующим введением её в бетонную смесь в составе модифицированного композиционного вяжущего (КВ).

На основе обзора литературных данных в области лёгких жаростойких бетонов определены цель и задачи исследований.

Во второй главе приведены характеристики используемых материалов, оборудования и методики исследований. В качестве исходных сырьевых материалов для проведения исследований и изготовления опытно-промышленных партий образцов жаростойкого керамзитобетона и жаростойких изделий использованы следующие материалы:

– портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н производства АО «Себряковцемент»;

- тонкомолотая добавка из обожженной аргиллитовой глины Буйнакского месторождения Республики Дагестан;
- керамзитовый гравий и песок ООО «Кизилюртовский завод керамзитового гравия»;
- суперпластификатор СП-1 по ТУ 5870-005-58042865-2005.

Предварительный электроразогрев керамзитобетонной смеси в формах производился на разработанном лабораторном стенде. Каждая серия состояла из 18 образцов 100x100x100 мм, одновременно прогреваемых в трех формах. После электропрогрева смеси по три образца-близнеца от каждой серии испытывали на прочность при сжатии, а остальные образцы помещали в лабораторный сушильный шкаф и выдерживали при температуре 100–110 °С до достижения постоянной массы. После сушки по три образца от каждой серии испытывали на прочность при сжатии. Высушенные образцы нагревали до температуры 800 и 1000 °С в муфельной печи по следующему режиму: подъем температуры в печи со скоростью 200 °С/ч, выдержка при заданной температуре 4 часа. Образцы остывали в печи, испытание образцов на прочность при сжатии производили через 10 суток после нагревания.

Производство КВ включало обжиг аргиллитовой глины с последующим совместным помолом ее с портландцементом в планетарной мельнице «Активатор-4М».

Исследования микроструктуры жаростойкого керамзитобетона до и после нагрева до заданных температур проводились на растровом электронном микроскопе Quanta200 ЗД–SEM/FIB (Duae Buamtm) в научно-исследовательской лаборатории «Наноматериалы и нанотехнологии» Грозненского государственного нефтяного технического университета им. М.Д. Миллионщикова.

Третья глава посвящена исследованиям влияния предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси на прочностные, деформационные и теплофизические свойства жаростойкого керамзитобетона на активированном композиционном вяжущем. Выполнено математическое моделирование процесса предварительного электроразогрева смеси жаростойкого бетона, которое обеспечило хорошее совпадение с результатами экспериментальных данных.

Сравнительный анализ изменения прочности всех составов от температуры нагрева до 1000 °С показал повышение прочности при предварительном электроразогреве смеси в формах на 25÷32 % относительно эталонного образца. Увеличение прочности жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси в формах на композиционном вяжущем связано с особенностями температурного поля по объему образцов и процессами массопереноса между формирующимся цементным камнем и пористым заполнителем, что приводит к интенсификации реакции гидратации портландцемента, как за счет возрастания активности воды при повышенных температурах, так и за счет известного эффекта влияния температуры на скорость химических реакций, что сопровождается значительным ускорением набора прочности бетона в начальный период твердения. Подтверждением является выявленное снижение количества химически несвязанной воды и уменьшение порового пространства в структуре бетона.

Определение рациональной дозы (30 %) тонкомолотой добавки реализовано с использованием смесей без предварительного электроразогрева в формах при содержании добавки 10...50 % от массы вяжущего. Предел прочности на сжатие жаростойкого керамзитобетона до нагрева, в зависимости от дозы добавки, составил 10,7...12,3 МПа, а в зависимости от температуры нагрева 6,7...18,3 МПа. Повышение температуры предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах свыше 60 оС не способствует росту остаточной, после кратковременного нагрева, прочности, но с учетом влияния параметров электроразогрева на термостойкость жаростойкого керамзитобетона при 800 °С, сделан вывод о целесообразности назначения параметров электроразогрева смеси в зависимости от поставленных задач.

Исследования влияния температурных параметров предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на композиционном вяжущем на кинетику внешнего массообмена выявили, в частности, интенсивный рост влагопотерь при повышении температуры нагрева с 80 °С до 90 °С, что оказывает влияние на формирование структуры и свойств жаростойкого керамзитобетона. Сделан вывод о целесообразности применения предварительного электроразогрева керамзитобетонной смеси в формах на основе активированного

композиционного вяжущего для получения жаростойкого керамзитобетона с улучшенными прочностными, деформационными и теплофизическими свойствами. Также сокращается технологический процесс изготовления жаростойких изделий, период сушки и вывода теплового агрегата на рабочий режим, при этом наиболее благоприятным режимом первого нагрева, способствующим снижению деструктивных процессов в бетоне, является ступенчатый нагрев.

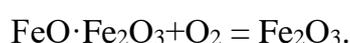
Четвертая глава посвящена исследованию особенностей структуры жаростойких керамзитобетонов с предварительным электроразогревом смеси в формах на композиционном вяжущем.

Анализ пористости жаростойкого керамзитобетона показал, что при общей анализируемой площади 1417,61 мм², общий периметр пор составляет 1774,7 мм, общая площадь пор составляет 145,24 мм² (10,2 %), средняя площадь пор 0,051 мм², средний периметр пор 0,63 мм, средний диаметр пор 0,17 мм, средний фактор формы пор 0,62 мм, максимальный диаметр пор 4,71 мм, минимальный диаметр пор 0,04 мм. Зерна керамзита между собой прочно сцементированы. Адгезионный слой в основном химический, коррозионный.

В образцах, полученных без предварительного электроразогрева смеси в формах после воздействия температуры 1000 °С, фиксируются волосяные микротрещины, появление которых объясняется тем, что в процессе твердения такого керамзитобетона в нем остается повышенное количество химически несвязанной воды, которая при нагреве до 1000 °С переходит в парообразное состояние, что существенно повышает поровое давление, вызывающее дополнительные растягивающие напряжения в структуре бетона, приводящие к появлению микротрещин. Существенное снижение, либо полное отсутствие микротрещин в образцах, полученных из керамзитобетонной смеси с предварительным электроразогревом смеси в формах до 90 °С, объясняется значительным сокращением количества несвязанной воды, испаряющейся в процессе предварительного электроразогрева смеси.

Способ получения жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси в формах оказывает существенное влияние на количественное изменение содержания некоторых оксидов и минералов после воздействия нагрева до 1000 °С (табл. 2). Содержание SiO₂ составляет 58 % против

33,3 % в образцах без предварительного электроразогрева смеси в формах, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ – 27 % против 10,1 %, $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ – 8 % против 3 %. Увеличение содержания $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и Al_2O_3 способствует улучшению прочностных, деформационных и теплофизических свойств жаростойкого керамзитобетона, поскольку $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ и $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ обладают высокой стойкостью к температурным и химическим воздействиям. В частности, $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ обладает огнеупорностью до 1565 °С, способствует в жаростойких бетонах при обжиге появлению железистого стекла и при этом инициирует образование муллита. Увеличение содержания $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ вероятно связано с возможной химической реакцией окисления смешанного оксида Fe_3O_4 кислородом воздуха по схеме:



Наличие в составе $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ также интенсифицирует образование муллита в структуре бетона.

В пятой главе приведены сведения о внедрении и технико-экономическое обоснование эффективности применения жаростойкого керамзитобетона на комплексном вяжущем с тонкомолотой добавкой из обожженного аргиллита. Опытно-промышленное внедрение разработанного жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем с предварительным электроразогревом смеси реализовано на кирпичном заводе ООО «СпецРемСтройМонтаж» в п. Карабудахкент Карабудахкентского района Республики Дагестан при футеровке стен туннельной печи обжига кирпича блоками из разработанного жаростойкого керамзитобетона. Экономический эффект по сравнению с привозными штучными огнеупорами составляет 15,7 тыс. руб на 1 м³ футеровки.

Степень завершенности и качество оформления диссертация.

Диссертационная работа является завершенной научно-квалификационной работой, подготовленной на высоком научном уровне.

Диссертация оформлена в соответствии с действующими требованиями, стиль изложения позволяет провести на должном уровне экспертизу полученных результатов исследования. Построена логически грамотно, заключение в полном объеме отражает полученные в ходе исследования результаты.

Достаточность и полнота публикаций по теме диссертации

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 15 печатных работах, из них 6 публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ, 2 статьи в изданиях, входящих в наукометрические базы данных Web of Science и Scopus.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Соискатель с достаточной полнотой оценивает влияние предварительного электроразогрева смеси на структуру и свойства жаростойкого керамзитобетона.

Работы А.М. Гаджиева опубликованы отечественных и зарубежных журналах. Автор имеет разносторонний перечень трудов. Ценность научных работ соискателя состоит в том, что в опубликованных работах отражены результаты научного исследования, создающие научно-методический аппарат по влиянию предварительного электроразогрева смеси до нагрева при 105°C жаростойкого керамзитобетона на композиционном вяжущем из местного минерального сырья. Научные положения, на новизну которых претендует автор, достаточно полно отражены его публикациях.

Автореферат и диссертация изложены грамотным языком, ясно, логически последовательно. Работа характеризуется смысловой законченностью и целостностью.

Результаты диссертации неоднократно докладывались на различных конференциях и внедрены в производство.

Замечания по содержанию диссертации:

1. Учитывая большую водопотребность бетонных смесей на пористых заполнителях, следовало бы исследовать влияние пластифицирующих добавок на подвижность предлагаемых бетонных смесей.

2. Глубина изучения термических изменений в фазовом составе цементного камня, контактной зоны, несомненно, была бы большей, если бы был использован метод ДТА.

3. Непонятно, определяли ли продолжительность предварительного электроразогрева смеси в формах и от каких параметров зависит этот показатель.

4. Непонятно, какие оптимальные временные параметры необходимы для активации композиционного вяжущего и проводились ли исследования по определению времени активации.

5. Обладает ли Республика Дагестан достаточным запасом минерального сырья для промышленного производства разработанных составов жаростойких бетонов на композиционном вяжущем.

Отмеченные замечания не снижают ценности и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

**Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным
положениям о порядке присуждения ученых степеней**

Анализ работы позволяет сделать обоснованный вывод, что диссертационная работа Гаджиева Абдуллы Магомедсаламовича на тему «Структура и свойства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси» представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная проблема влияния предварительного электроразогрева на структуру и свойства жаростойкого керамзитобетона из местного минерального сырья. Работа содержит ряд новых научных результатов, имеющих важное теоретическое и практическое значение для развития отрасли строительных материалов.

Полученные результаты диссертационной работы вносят вклад в расширение использования местного минерального сырья для производства специальных бетонов подверженных воздействию высоких температур. Тематика работы, ее содержание, а также содержание публикации автора соответствует паспорту специальности 2.1.5 Строительные материалы и изделия.

Диссертационная работа Гаджиева Абдуллы Магомедсаламовича на тему «Структура и свойства жаростойкого керамзитобетона с предварительным электроразогревом смеси» по своей актуальности, научной новизне и практической значимости полученных результатов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», (Постановление Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г. с изм., внесенными Решением Верховного Суда

