

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D073000 - «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Есиркеповой Айым Бакытбековны

«Разработка технологии изготовления железобетонных изделий с использованием сварной арматуры из металлоотходов»

Актуальность исследования. Результаты проведенных исследований в условиях строительных предприятий РК показали, что существует большой расход арматуры на отходы, который превышает нормы, определенные ГОСТом и составляет около 2%. Расход арматуры в таком соотношении приводит к повышению себестоимости изготовления ЖБИ, что играет немаловажную роль в условиях нынешнего состояния строительной индустрии РК.

Также известно, что бетон с добавлением техногенного отхода имеет большую прочность, плотность, и водонепроницаемость, а также меньшую теплопроводность, стойкость к некоторым видам коррозии.

В этой связи исследование возможности использования техногенного отхода (золы уноса) при производстве ЖБИ каркасы которых изготавливаются из немерных арматурных отходов имеет важное научное и практическое значение для строительной отрасли Республики Казахстан.

В связи с этим научно-исследовательская работа, направленная на разработку технологии безотходного использования отходов арматурных прутков и бетонной смеси повышенной прочностью с добавлением техногенного отхода (золы-уноса) при изготовлении ЖБИ является актуальной.

Целью диссертационной работы является повышение эффективности изготовления ЖБИ за счет использования стержней, изготовленных из немерных отходов арматурных прутков и бетонной смеси с добавлением золы-уноса.

Для достижения поставленной цели сформулированы и решены следующие научные задачи:

1. Исследование и анализ конструкции, технологии изготовления ЖБИ и расхода арматурных стальных прутков в условиях отечественных и зарубежных строительных предприятий.

2. Исследование способов сварки для соединения арматурных прутков и разработка конструкции специального устройства для сварного соединения немерных арматурных прутков.

3. Проведение экспериментальных исследований сварного способа соединения немерных арматурных прутков, прочности бетонной смеси с добавлением золы уноса.

4. Анализ и выбор ЖБИ для использования конструкции каркаса из немерных арматурных отходов, бетонной смеси с добавлением техногенного отхода (золы уноса) и изготовление опытных образцов.

5. Проведение испытаний опытных образцов ЖБИ в условиях сертифицированных испытательных центров.

6. Расчет экономической эффективности технологии, разработка практических рекомендаций и внедрение результатов работы в производство.

Объектом исследования является: Технологии изготовления ЖБИ, в частности брусковых перемычек.

Предметом исследования является: Закономерности влияния физико-механических характеристик сварных арматурных прутков и бетонной смеси с добавлением золы-уноса на качественные эксплуатационные характеристики ЖБИ.

Методика исследования. Методика исследования основана на положении таких наук, как технология изготовления ЖБИ, сварочные технологии и оборудование, теория сварочных процессов. Экспериментальные исследования по контактной сварке осуществлялись на машине контактной сварки МСР-25 лабораторной базы Казахстанского института сварки КарТУ. Экспериментальные исследования по сварке трением выполнены на специальном устройстве для сварки трением, монтированном на базе токарного станка в условиях лабораторной базы кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» КарТУ. Арматурные стержни, соединенные контактной стыковой сваркой, прошли испытание на растяжение с использованием электромеханической испытательной машины INSTRON 5980 в лаборатории Инженерного профиля КарТУ. Соединенные сваркой трением образцы арматурных стержней прошли испытание на растяжение в испытательном центре АО «Национальный центр экспертизы и сертификации» (г. Караганда, Казахстан). Для испытания образцов сварных арматурных стержней на статическое растяжение с определением предела прочности в зависимости от нагрузок использована компьютерная программа Solidworks. Исследование прогиба брусковой перемычки каркасом из немерных арматурных отрезков при различных нагрузках осуществлялось с помощью программы ABAQUS CAE.

Опытные образцы брусковых перемычек были изготовлены в условиях ТОО «Карагандастройконструкция». Для использования бетонной смеси с добавлением техногенного отхода и сварных арматурных стержней из немерных отрезков арматуры при изготовлении брусковых перемычек проводилось их испытание на прочность в соответствии с ГОСТ 10180-2012. Испытание образцов-кубов изготовленные с различными содержаниями золы-уноса проведено в лаборатории ТОО «NORD Пром НС» (г. Темиртау, Казахстан).

Научная новизна заключается в следующем:

1. Разработана технология изготовления ЖБИ, в частности брусковых перемычек, которая включает: конструкции пространственного каркаса,

изготовленной из немерных арматурных отрезков; бетонную смесь с добавлением золы-уноса; конструкцию брусковой перемычки.

2. Установлено, что: добавление 10% золу уноса позволяет сократить расход цемента на 10% и повысить прочность изделия до 20%; в процессе гидратации вследствие преобладающего содержания SiO_2 в составе золоуноса (60,6%) и проникновения диоксида-кремния в микроструктуру бетона увеличивается его плотность и прочность.

3. Предложена математическая зависимость для оценки прочности бетона.

4. Разработан способ соединения немерных арматурных отрезков сваркой трением и конструкция специального устройства для его реализации.

5. Установлено, что арматурные стержни изготовленные из немерных отрезков арматуры, имеющие 2-3 сварных швов, выдерживают изгиб $<45^\circ$ и нагрузку $25000 \div 40000$ Н.

6. Впервые выполнено: моделирование процесса испытания образцов сварных арматурных стержней на статическое растяжение с определением предела прочности в зависимости от нагрузок с помощью компьютерной программы Solidworks; исследование прогиба брусковой перемычки со специальным каркасом из немерных арматурных отрезков при различных нагрузках с помощью компьютерной программы ABAQUS CAE.

Основные научные положения, выносимые на защиту:

1. Технология изготовления ЖБИ, в частности, брусковых перемычек, которая включает новый состав бетонной смеси с добавлением золы-уноса, конструкцию пространственного каркаса и брусковой перемычки, изготовленной из немерных арматурных отрезков.

2. Математическая зависимость для оценки прочности бетона.

3. Способ соединения немерных арматурных отрезков сваркой трением и конструкция специального устройства для его реализации.

4. Результаты экспериментальных исследований соединения немерных арматурных отрезков способом сварки трения и контактной стыковой сваркой.

5. Результаты лабораторного и промышленного испытания прочности сварных соединений и конструкции брусковой перемычки.

6. Методики для моделирования и исследование прочности сварных арматурных стержней и конструкции брусковой перемычки с использованием компьютерных программ Solidworks и ABAQUS CAE.

Достоверность полученных результатов подтверждается: корректностью постановки задачи, адекватностью теоретических и экспериментальных исследований; удовлетворительной сходимостью результатов планирования и экспериментальных исследований и испытаний; патентами РК на полезные модели; внедрением результатов исследования в производство; апробацией результатов исследования на республиканских и международных конференциях, а также публикацией в отечественных и зарубежных высокорейтинговых изданиях; апробацией полученных научных результатов на научных семинарах отечественных и зарубежных вузов и на

технических совещаниях отечественных строительных производств. Диссертационная работа выполнено в рамках реализации государственной программы жилищного строительства "Нұрлы жер" принятой в 2016 году и государственной программы жилищно-коммунального строительства "Нұрлы жер" на 2020 – 2025 гг.

Результаты диссертации внедрены в производство ТОО «Карагандастройконструкция», а также в учебный процесс КарТУ при подготовке специальностей «Производство строительных изделий, материалов и конструкции» и «Строительство».

Апробация работы. Основные положения докторской диссертации докладывались и обсуждались на: международных научно-практических конференциях, на научных семинарах отечественных и зарубежных вузов, на технических совещаниях строительных предприятий.

Личный вклад автора заключается в постановке задач и разработке методики исследования; проведении по теме диссертации обзора научно-технической литературы и патентного поиска; разработке и изготовлении специального устройства для сварки трением; организации и проведении экспериментальных исследований, опытных испытаний; апробации результатов работы на научных семинарах отечественных и зарубежных вузов, на технических семинарах отечественных строительных производств, а также на международных научно-практических семинарах.

Публикации. По результатам докторской диссертации опубликовано 20 работ на русском, казахском и английском языках, в том числе: 4 статьи в международном научном издании, по данным базы Web of Science или входящем в базу Scopus, 5 статей в изданиях, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования РК. Доклады представленной работы были рассмотрены на 5 международных конференциях, в том числе 1 на зарубежной международной конференции. Получено 4 патента РК на полезную модель и 2 свидетельства о государственной регистрации прав на объект авторского права.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении диссертационной работы было выявлено, что отечественная промышленность строительных материалов (в частности, арматурных стержней) в настоящее время способна удовлетворить лишь часть потребностей строительного комплекса РК, и как следствие существенную долю на рынке занимает импортная продукция. Данная сложившаяся ситуация отрицательно влияет на себестоимости изготовления строительных продукций. Также было выявлено, что существует большой расход арматуры на отходы, который превышает нормы определенных ГОСТом и составляет около 2%. Расход арматуры в таком соотношении приводит к повышению себестоимости изготовления ЖБИ, что немаловажную роль играет в условиях нынешнего состояния строительной индустрии РК. Исходя из этого, научное исследование диссертационной

работы было направлено на повышение эффективности технологии изготовления ЖБИ за счет использования стержней, изготовленных из немерных отходов арматурных прутков и техногенного отхода (золы-уноса).

Для решения данной задачи была выполнена комплексная научно-исследовательская работа и получены следующие результаты:

1. Исследованы конструкции ЖБИ и их технологии изготовления, а также расход арматурных стальных прутков. В результате был определен предмет исследования – технология изготовления брусковых перемычек.

2. Для соединения немерных отрезков арматурных стержней были выбраны и исследованы способы стыковой контактной сварки и сварки трением. Для реализации способа сварки трением было разработано и изготовлено специальное устройство на базе токарного станка (Патент РК №4676).

3. Испытания прочности (на растяжение и изгиб) сварных соединений были проведены в лабораторных условиях и в условиях специальных сертифицированных центров. В результате испытания установлено, что:

- стержни соединенные из нескольких отходов арматуры способом контактной стыковой сварки, имеющие по 2-3 стыка, выдерживают нагрузку на растяжение в пределах 25000 - 40000 Н и при изгибе $\geq 45^\circ$;

- механические свойства сварного соединения, полученные сваркой трением, получаются выше, чем механические свойства основного металла арматурного проката и соответствуют требованиям установленным ГОСТ 34028-2016. Разрыв арматуры происходил не в сварном шву, а в основном металле. Арматурные стержни при изгибе выдерживали изгиб $\geq 45^\circ$.

4. С помощью программы Solidworks выполнено моделирование процесса испытания на статическое растяжение с определением предела прочности арматуры со сварным швом в зависимости от нагрузок.

Результаты испытания также подтверждены расчетом, при этом условия прочности стыковых сварных соединений выполняются согласно нормативным документам.

5. Разработан специальный состав бетонной смеси с добавлением техногенного отхода (Патент на полезную модель РК №6277). В результате испытания установлено, что:

- добавление 10% золу уноса позволяет сократить расход цемента на 10% и повысить прочность изделия на 20%;

- в процессе гидратации вследствие преобладающего содержания SiO_2 в составе золо-уноса (60,6%) и проникновения диоксида-кремния в микроструктуру бетона увеличивается его плотность и прочность.

6. Предложена математическая зависимость для оценки прочности бетона:

$$R_{\text{сж}}(x,y,z) = 37,586164601763 \cdot x + 31,689571020189 \cdot y + 16,828267035537 \cdot z.$$

7. Разработана специальная конструкция пространственного каркаса для брусковых перемычек (Патент РК №6375).

8. Разработана конструкция брусковой перемычки (Патент №6360). Изготовлены опытные образцы брусковых перемычек в условиях завода

ЖБИ ТОО «Карагандастройконструкция». Результаты испытания опытного образца брусковой перемычки ЗПБ 13-37 проведенного в лаборатории испытательного центра ТОО «GIO TRADE», а также результаты исследования, выполненные с помощью программы ABAQUS CAE, показали, что предлагаемая технология изготовления железобетонных изделий с использованием сварной арматуры из металлоотходов и бетонной смеси с добавлением техногенных отходов позволяет, получить ЖБИ, в частности брусковые перемычки, в соответствии нормативными данными предъявляемые к брусковым перемычкам. Значение прогиба при максимальном приложении нагрузки 50 кН составляет 1,48 мм, который не превышает нормативное допустимое значение 2,2 мм.

9. Разработаны методики определения прогиба брусковой перемычки со специальным каркасом из немерных арматурных отрезков (Свидетельство №25063) и моделирование процесса испытания на растяжение арматуры со сварным швом при различных нагрузках (Свидетельство №25062).

10. Разработаны рекомендации для производства. Разработанная технология изготовления брусковых перемычек внедрена в производство ТОО «Карагандастройконструкция» (г. Караганда, Казахстан). Ожидаемый годовой экономический эффект составляет до 18%.