

АННОТАЦИЯ

диссертационной работы

на тему: «Разработка состава и технологии получения бесклинкерного вяжущего для бетона из техногенных отходов промышленности»
представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D073000 – «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»

Диссертационная работа посвящена разработке состава и технологии получения бесклинкерного вяжущего из техногенных отходов промышленности и его применению при производстве железобетонных изделий и конструкций.

Целью диссертационной работы является разработка научно-технологического обоснования модифицирования состава бесклинкерного вяжущего путем использования комплексных добавок, включающих кремнеземсодержащий модификатор и суперпластификатор для бетонов на основе техногенных отходов промышленности.

Задачи исследования:

- изучить химический и фазовой состав, гидравлическую и пуццоланическую активность доменных гранулированных шлаков и оценить возможность их использования для получения бесклинкерных вяжущих и бетонов на их основе;
- оценить возможность получения медленноотвердеющих вяжущих композиций на основе доменных гранулированных вяжущих и определить основные способы интенсификации гидратации и твердения техногенных отходов;
- обосновать эффективность механоактивации техногенного сырья различного состава и химической активации как способов повышения его активности в естественных условиях твердения;
- установить закономерности изменения физико-механических свойств, фазо- и структурообразования бесклинкерных вяжущих на основе техногенных отходов от степени дисперсности вяжущего, количества активизатора твердения - гипсового камня и времени твердения;
- определить закономерности влияния микродисперсной кремнеземсодержащей модифицирующей добавки на изменение фазового состава, структуры и свойств бесклинкерного вяжущего и бетона на его основе;
- разработать технологию синтеза наноразмерной добавки для модификации структуры и свойств бесклинкерного вяжущего и бетона на его основе;
- исследовать основные физико-механические свойства и эксплуатационные характеристики бетона на основе бесклинкерного вяжущего с использованием модифицирующих добавок и разработать технологические основы его производства;

- провести опытно-промышленную апробацию результатов научных исследований и дать оценку технико-экономической эффективности использования техногенных отходов в производстве бесклнкерного вяжущего и бетона на его основе.

Методы достижения поставленных задач:

Изучение отечественного и мирового опыта, направленного на исследование возможностей получения бесклнкерных известково-кремнеземистых вяжущих из техногенных отходов, подтвержденный патентами, авторскими свидетельствами на изобретения.

Использование электронно-микроскопических и химических исследований, методов рентгенофазового анализа и др.

Все испытания проводились в соответствии с государственными стандартами и другими нормативными документами РК. Испытания проводились в аккредитованных лабораториях: Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, Центра коллективного пользования имени профессора Ю.М. Борисова (Воронежский государственный технический университет, Россия), Национального центра экспертизы и сертификации (Казахстан).

Научные результаты, выносимые на защиту диссертации:

– научно-технологические основы управления структурообразованием бетона на основе бесклнкерного вяжущего с использованием техногенных отходов за счет применения модифицирующих кремнеземсодержащих добавок различного уровня дисперсности;

– закономерности изменения физико-механических и эксплуатационных свойств бесклнкерных вяжущих с использованием комплексных модифицирующих добавок, включающих кремнеземсодержащий модификатор и суперпластификатор, для бетонов из техногенных отходов промышленности;

– закономерности изменения фазового состава и структурообразования модифицированного бесклнкерного вяжущего;

– механизмы фазообразования в системе «известь – доменный гранулированный шлак - минеральный модификатор» в условиях естественного твердения с учетом химико-минеральных особенностей техногенного сырья и модифицирующих добавок;

– составы и свойства модифицированной бетонной смеси и отвердевшего бетона на основе бесклнкерных вяжущих;

– оценка технико-экономической эффективности и апробация предлагаемых технических решений.

Научная новизна диссертации: теоретически обоснована и экспериментально доказана возможность применения доменного гранулированного шлака в качестве основного сырья для производства бесклнкерного вяжущего и бетона на его основе, свойства которого не отличаются от свойств цементного бетона.

1. Предложены научно-технологические основы модифицирования бесклинкерного вяжущего, заключающиеся в использовании модифицирующих кремнеземсодержащих добавок различного уровня дисперсности в качестве регуляторов процессов структурообразования, что обеспечивает получение бетона с повышенной технико-экономической эффективностью. Физико-химическая активность микро- и нанодисперсных добавок обуславливает оптимизацию микроструктуры и формирование полиминерального вяжущего вещества рационального состава и морфологии.

2. Доказано, что механоактивация доменного гранулированного шлака ускоряет процесс его твердения и скорость взаимодействия с известью с образованием преимущественно низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH (I). Введение в состав вяжущего в качестве активизатора твердения добавки гипсового камня повышает прочность силикатного камня за счет образования гидросульфоалюминатов кальция.

3. Установлены особенности влияния активной минеральной добавки – микрокремнезема на увеличение вязкости и требуемой пластической прочности бесклинкерного вяжущего с использованием техногенных отходов. Это обусловлено оптимизацией гранулометрического состава вяжущего путем регулирования содержания в системе «известь – доменный гранулированный шлак» микрокремнезема с образованием плотной упаковки вяжущего и формированием гелевой структуры гидратного камня.

4. Разработана технология синтеза комплексного наномодификатора на основе наноразмерной системы $\text{SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$ и доказана эффективность ее применения для модификации состава и структуры бесклинкерного вяжущего, улучшающего его свойства. Использование в составе вяжущего суперпластификатора не только снижает водовяжущее отношение, но и стабилизирует наномодификатор, пролонгируя сохранения его свойств.

5. С использованием метода математического планирования эксперимента установлены оптимальные составы и условия получения бесклинкерного вяжущего, позволяющие получить бетон на его основе с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными показателями.

6. Выявлены закономерности изменения физико-механических показателей бесклинкерных вяжущих в зависимости от вида и количества модифицирующих добавок, обеспечивающих формирование оптимальной структуры гидратного камня.

7. Установлен механизм фазообразования в системе «известь-доменный гранулированный шлак-минеральный модификатор» в условиях нормального твердения с учетом дисперсности и физико-химической активности модифицирующих добавок.

Новизна и значимость исследования заключается в том, что проведено комплексное изучение бесклинкерных вяжущих с модифицирующими добавками различного уровня дисперсности и физико-химической активности для получения бетона с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Подобраны оптимальные гранулометрические составы вяжущих веществ, в которых используются

добавки-модификаторы для улучшения состава, структуры и свойств композитов на их основе.

Практическая значимость. Разработаны ресурсосберегающие составы и энергоэффективная технология производства бетона для железобетонных ригелей и балок с использованием бесклинкерного вяжущего с модифицирующими добавками. Исследования представляют практическую ценность для строительного комплекса и для предприятий по производству бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Производство бетона на основе бесклинкерного вяжущего с требуемыми физико-механическими и эксплуатационными свойствами позволит снизить себестоимость выпускаемой продукции и улучшить экологическую обстановку за счет утилизации техногенных отходов промышленности. В результате диссертационной работы:

1. Проведена оценка техногенных отходов промышленности как ресурсосберегающего, энергоэффективного сырья для производства бесклинкерных вяжущих и бетона на их основе.

2. Предложен механизм синтеза минерального наномодификатора с использованием золь-гель технологий для формирования высокой физико-химической активности и полидисперсности бесклинкерного вяжущего и проведена оценка его стабилизации в присутствии ПАВ.

3. Разработаны составы бетона на основе бесклинкерного вяжущего, включающие модифицирующие кремнеземсодержащие добавки различной степени дисперсности и суперпластификатор на поликарбоксилатной основе.

4. Установлены зависимости свойств бетона на бесклинкерном вяжущем от вида и количества модифицирующих добавок.

5. Разработаны и утверждены технические условия «Тяжелый бетон на основе бесклинкерного вяжущего на техногенных отходах промышленности для производства железобетонных ригелей», на основании которых проведена опытно-промышленная апробация технических решений на производственной площадке ТОО «ККК Бетон». Также технические условия «Тяжелый бетон на основе бесклинкерного вяжущего на техногенных отходах промышленности для возведения железобетонных монолитных колонн», на основании которых проведена опытно-промышленная апробация технических решений на производственной площадке ТОО «Каздорстройтех».

6. Проведена оценка технико-экономической эффективности получения и применения бесклинкерного вяжущего на техногенных отходах промышленности. Предлагаемые решения подтверждены патентом Республики Казахстан на изобретение №33928 «Бесклинкерное вяжущее из техногенных отходов промышленности».

Результаты исследований внедрены в учебный процесс Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова по дисциплинам «Вяжущие вещества» и «Ресурсосберегающие технологии производства строительных материалов» для образовательной программы– «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Степень достоверности результатов исследования.

Достоверность полученных научных данных подтверждена действующими нормативно-правовыми документами, использованием разнообразных исследовательских методик с применением аттестованного и поверенного лабораторного оборудования. Достоверность результатов также подтверждается высокой степенью соответствия между расчётными и экспериментальными данными, стабильностью воспроизводимых значений с вероятностью 95% при масштабных сериях испытаний. Лабораторные исследования проводились в лабораториях кафедры «Строительные материалы и технологии» Карагандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова, кафедры «Инженерные конструкции, строительные технологии и материалы», аккредитованных центрах испытаний Воронежского государственного технического университета (г. Воронеж). Работы по испытанию полученного бетона производили в лаборатории предприятия ТОО «Компания комплексной экспертизы». Результаты работы не противоречат научным выводам и положениям, установленным ведущими учеными в области вяжущих веществ, производства бетонных и железобетонных изделий, а также монолитного бетонирования, что свидетельствует об их обоснованности и достоверности.

Личный вклад соискателя состоит в разработке целей и задач, выборе методов исследования, а также научных и технологических принципов получения бесклнкерного вяжущего на техногенных отходах промышленности. Результаты всех лабораторных исследований и испытаний получены автором лично или при его непосредственном участии. Проведена апробация разработанной технологии в условиях промышленного производства. В опубликованных статьях в соавторстве, автору принадлежат результаты экспериментальных исследований, анализ, подготовка, оформление, отправка и сопровождение материалов.

Апробация работы. Основные результаты диссертации доложены на 4 конференциях:

1. Теоретические основы использования отходов промышленности для производства вяжущих веществ. Materials of the XV international scientific and practical conference – «FUNDA-MENTAL AND APPLIED SCIENCE-2019» (30 окт. - 07 нояб. 2019 г.). – Sheffield: Science and education LTD, 2019, Volume 13. P. 40-42.

2. Процессы гидратации, протекающие в бесклнкерном вяжущем из отходов промышленности. Materials of the XVI international scientific and practical conference – «SCIENCE AND CIVILIZATION-2020» (30 янв. - 07 дек. 2020 г.). – Sheffield: Science and education LTD, 2020, Volume 8. P. 34-36.

3. Высокопрочные бетоны на бесклнкерном вяжущем из отходов промышленности. Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №12), Караганда: КарГТУ, 2020. - Ч. 2. - С. 389-391.

4. Особенности микро- и макроструктуры шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе. Труды Международной научно-практической

конференции «XVI Сагиновские чтения. Интеграция образования, науки и производства» (часть 3). -Караганда, С. 258-261

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 5 печатных работах:

1. Clinkerless slag-silica binder: hydration process and hardening kinetics. Magazine of Civil Engineering. 2019. 92(8). Pp. 96–105. DOI: 10.18720/MCE.92.8;

2. Морозостойкость бетона на бесклинкерном вяжущем из техногенных отходов промышленности. Труды университета. - Караганда: КарГТУ, 2020. - № 2 (79). - С. 106-109;

3. Clinkerless slag-silica binder: hydration process and hardening kinetics (part 2). Инженерно-строительный журнал, 2020, № 5(97). Номер статьи 9712. DOI: 10.18720/MCE.92.8;

4. Study of the hydrophysical properties of heavy concrete modified with complex organo-mineral additives. International Journal of GEOMATE, Dec., 2024 Vol.27, Issue 124, Japan, pp.24-31. DOI:10.21660/2024.124.4561;

5. Параметры, влияющие на стойкость бетонов к агрессивным средам. Труды университета. - Караганда: КарТУ, 2024. - №3 (96). –С. 175-181.