

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Суворова Дмитрия Сергеевича
«Исследование влияния добавок наноразмерных оксидов на структурные, физико-механические и эксплуатационные характеристики огнеупорных материалов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.17 – «Материаловедение»,
состоявшейся в НИТУ МИСИС 25.02.2025

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 16.12.2024, протокол № 25.

Диссертация выполнена на кафедре функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – Кузнецов Денис Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол № 25 от 16.12.2024 г.) в составе:

1. **Лилеев Алексей Сергеевич**, д.ф.-м.н., профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСИС - председатель комиссии;

2. **Дзидзигури Элла Леонтьевна**, д.т.н., профессор кафедры функциональных наносистем и высокотемпературных материалов НИТУ МИСИС;

3. **Задорожный Владислав Юрьевич**, д.т.н., профессор кафедры физического материаловедения НИТУ МИСИС;

4. **Юрков Андрей Львович**, д.т.н., профессор кафедры химической технологии керамики и огнеупоров Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева;

5. **Бажин Павел Михайлович**, д.т.н., ведущий научный сотрудник, заместитель директора федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения им. А. Г. Мержанова Российской академии наук.

В качестве **ведущей организации** утверждено федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- Показано, что с увеличением массовой доли SiO_2 за счёт уплотнения структуры, обусловленного образованием в процессе гидратации плотного гелеобразного слоя гидратов, физико-механические и эксплуатационные характеристики цементного камня и огнеупорных бетонов возрастают, достигая максимальных значений при 1 масс. %. Последующее увеличение массовой доли SiO_2 до 1,2 и 2 масс. %, напротив, приводит к их снижению.

- Предложен механизм гидратации алюминатно-кальцевого цемента в присутствии оптимального количества (1 масс. %) наноразмерного диоксида кремния, заключающийся в том, что наночастицы диоксида кремния, высвобождая захваченную воду, действуют как центры зародышеобразования и роста гидратов, это приводит к ускорению гидратации и повышению её степени. Наночастицы ограничивают рост кристаллогидратов и замедляют превращение метастабильных фаз в стабильные, в результате в процессе гидратации формируется плотный гелеобразный слой, приводящий к существенному уменьшению размера пор и их количества.

- Предложен механизм гидратации алюминатно-кальцевого цемента, содержащего нанолиты оксида графена, который заключается в адсорбции положительно заряженных ионов Ca^{2+} на поверхности отрицательно заряженных нанолитов оксида графена и непрерывной реакции с ионами $\text{Al}(\text{OH})^{4-}$ и водой, приводящей к нуклеации и росту гидратов непосредственно на поверхности ГО. Ввиду большой удельной поверхности ГО количество центров кристаллизации в цементном композите значительно возрастает, что приводит к существенному ускорению гидратации. За счёт взаимодействия Ca^{2+} с $-\text{COOH}$ образуются прочные межфазные связи, способствующие «сшиванию» нанолитов между собой, частицами цемента и другими продуктами гидратации. Сформировавшиеся пластинчатые структуры, покрытые плотным слоем гидратов, заполняют пустоты и перекрывают поры. В результате структура цементного камня уплотняется.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- Установлены закономерности влияния малых концентраций наноразмерных на структурные и физико-механические характеристики алюминатно-кальцевого цемента;
- Развита теоретические представления о механизме гидратации алюминатно-кальцевого цемента в присутствии наноразмерного диоксида кремния и оксида графена;
- Изложены и изучены этапы процесса гидратации алюминатного цемента при нормальных условия в присутствии малого количества наноразмерного диоксида кремния и нанолитов оксида графена.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- Определен оптимальный режим обработки алюминатно-кальцевого цемента с добавкой наноразмерного SiO_2 , который способствует уменьшению среднего размера частиц в 2 раза и увеличению удельной поверхности в 3 раза в сравнении с исходным АКЦ, а также позволяет достичь равномерного распределения SiO_2 в объёме АКЦ;
- Найдены оптимальные концентрации SiO_2 (1 масс. %) и ГО (0,05 масс. %), способствующие уплотнению, а также повышению прочности цементного камня с 55 МПа до 74 и 70 МПа соответственно;
- Разработан способ уплотнения огнеупорных бетонов, позволяющий повысить прочность на 25 – 30 %, увеличить термическую стойкость на 24 %, а также уменьшить глубину проникновения расплава;
- Разработан способ, позволяющий получить композиционный материал на основе алюминатно-кальцевого цемента, упрочненный нанолитами оксида графена, с пределом прочности при сжатии не менее 65 МПа, плотностью 2,75 – 2,83 г/см³ и пористостью 25 – 26 %.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных исследований использовалось современное аналитическое и исследовательское оборудование и аттестованные методики, с существенным количеством экспериментальных данных и их публикацией в научных журналах;
- испытания в рамках работы были выполнены в сертифицированных испытательных и аналитических лабораториях.

Личный вклад соискателя состоит в формулировании целей и задач исследования, научной новизны и практической значимости. В получении основных экспериментальных результатов, а также комплексном исследовании свойств и характеристик, полученных материалов, установлении закономерностей влияния наноразмерных добавок на структурные и физико-механические характеристики цементного камня, огнеупорных бетонов и исследовании процесса и механизма гидратации. Автор лично занимался подготовкой научных статей и докладов конференций.

Соискатель представил 9 опубликованных работ в рецензируемых научных изданиях из перечня, утвержденного Минобрнауки России и 1 - свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Пункт 2.6 Положения присуждения ученой степени кандидата наук, ученой степени доктора наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

Диссертация Суворова Д.С. соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований установлены закономерности влияния малых концентраций наноразмерных на структурные и физико-механические характеристики алюминатно-кальциевого цемента. Предложены механизмы гидратации алюминатно-кальциевого цемента в присутствии наноразмерного диоксида кремния и оксида графена. Разработан новый способ упрочнения нанодисперсными оксидами графена композиционных материалов на основе алюминатно-кальциевого цемента, а также новый метод уплотнения огнеупорных бетонов. Автором показано, что применение научных результатов на практике, позволит увеличить эксплуатационные характеристики огнеупорных материалов, что приведет к сокращению их расхода и повышению рентабельности огнеупорного и металлургического производства.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Суворову Дмитрий Сергеевичу ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Результаты голосования: при проведении тайного голосования Экспертная комиссия в количестве 2 человек из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за – 5 чел., против – 0 чел., действительных бюллетеней – 0.

Председатель Экспертной комиссии



А.С. Лилеев
25.02.2025 г.