

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента

Сивкова Сергея Павловича

на диссертационную работу **Ковалева Сергея Викторовича** на тему:

**«Интенсификация процесса обжига белого портландцементного
клинкера отдельным вводом минерализаторов»**,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

Актуальность темы диссертационной работы

В настоящее время одним из основных направлений развития цементной промышленности является разработка комплекса мер, направленных на сокращение потребления топлива и энергии при сохранении или повышении качества продукции. Особо остро проблема снижения энергоемкости процесса обжига стоит при производстве белого цемента, который является востребованным отделочным материалом. Температура обжига при получении белого цемента может достигать 1500-1550 °С вместо привычной 1450 °С при получении серого цемента, что ведет к снижению производительности вращающихся печей и увеличивает удельный расход топлива. Одним из способов снижения удельных затрат топлива на обжиг клинкера является использование модифицирующих добавок – минерализаторов. Ввиду вышеизложенного выбранную автором тему диссертационной работы считаю **актуальной**.

Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения и приложений. Изложена на 174 страницах, включает 54 рисунка, 21 таблицу, библиографический список из 129 наименований, 3 приложения.

Структура диссертации

Во введении представлены такие разделы как актуальность, степень разработанности темы исследования, цель работы, задачи работы, научная

новизна работы, теоретическая и практическая значимость работы, методология и методы исследования, положения, выносимые на защиту, степень достоверности полученных результатов, апробация результатов работы, внедрение результатов исследований, публикации, личный вклад, а также объем и структура работы.

В первой главе на основании анализа вопроса использования минерализаторов для интенсификации процесса обжига белого клинкера рассмотрены основные пути увеличения эффективности минерализаторов. Отмечена перспектива использования отдельного ввода минерализаторов как способа интенсификации обжига.

Во второй главе дана характеристика исходных материалов. Приведены методики исследования, в том числе физико-химические.

В третьей главе приведены результаты исследования эффективности минерализаторов R_2O (Na_2O+K_2O), NaF , CaF_2 в зависимости от способа их введения. Обнаружено, что отдельный ввод минерализаторов R_2O и F^- более эффективен при получении белого портландцементного клинкера. Предложен к использованию синтезированный минерализатор $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaF_2$, показана его высокая эффективность по снижению температуры обжига ($1300\text{ }^\circ\text{C}$ в интервале содержания $0,28-1,00\%$ Fe_2O_3 в клинкере) в присутствии R_2O (Na_2O+K_2O) с одновременным увеличением белизны клинкера на $10-16$ абс. %. Установлено, что при отдельном вводе R_2O (Na_2O+K_2O) и $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaF_2$ температура появления клинкерного расплава составляет всего $1200-1250\text{ }^\circ\text{C}$

В четвертой главе показано, что R_2O взаимодействует с Al_2O_3 и Fe_2O_3 с образованием алюмоферритов натрия и калия, температурный интервал существования которых зависит от способа ввода минерализатора CaF_2 . Показано, что повышение белизны клинкера связано именно с образованием алюмоферритов натрия вместо алюмоферритов кальция.

Предложен способ организации отдельного ввода минерализаторов во вращающихся печах цементного производства, заключающийся в подаче сухого измельченного минерализатора $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaF_2$ через отдельную форсунку, положение которой регулируется в зависимости от типоразмера печи.

В заключении представлены основные итоги выполненной работы, рекомендации и перспективы дальнейших исследований.

Диссертация написана автором **самостоятельно**, аккуратно оформлена и изложена грамотным техническим языком. Все главы диссертации обладают внутренним единством. **Автореферат** в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, обосновываются значительным объемом экспериментального материала, использованием современных методов и методик исследований, высокоточных приборов. Логика постановки и проведения экспериментов последовательна и методически обоснована. Выводы взаимно согласованы, вытекают из экспериментальных данных, аргументированы и согласуются с работами других авторов.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Автором разработан механизм влияния отдельного ввода минерализаторов R_2O (Na_2O+K_2O) и F^- на интенсификацию процесса минералообразования при обжиге белого портландцементного клинкера, заключающаяся в образовании алюмоферритов натрия и калия $R_2O \cdot (Al,Fe)_2O_3$, что одновременно способствует повышению белизны портландцементного клинкера на 10-16 абс. %.

Изучен процесс и установлена последовательность реакций при разложении алюмоферритов натрия и калия $R_2O \cdot (Al,Fe)_2O_3$ в системе белого портландцементного клинкера при отдельном вводе щелочных и фторсодержащих компонентов, связанных с термической неустойчивостью $R_2O \cdot (Al,Fe)_2O_3$ при температуре более 1300-1350 °С, а также последующего образования при более высоких температурах алюмоферрита кальция $Ca_2(Al,Fe)_2O_5$, что приводит к снижению белизны портландцементного клинкера.

Установлено, что при отдельном вводе синтезированного соединения $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaF_2$ и щелочного минерализатора R_2O (Na_2O+K_2O)

клинкерный расплав образуется уже в интервале температур 1200-1250 °С, что позволяет полностью завершить процессы клинкерообразования при температуре до 1300 °С и разложение алюмоферритов натрия и калия $R_2O \cdot (Al, Fe)_2O_3$.

Теоретическая и практическая значимость

Автором сформулированы теоретические представления о принципах интенсификации обжига белого портландцементного клинкера при раздельном вводе фторсодержащих и щелочных минерализаторов.

Предложен механизм формирования алюмоферритов щелочных металлов и их разложения в присутствии минерализаторов, позволяющий регулировать белизну портландцементного клинкера.

Разработана технология интенсификации обжига клинкера белого портландцемента во вращающихся печах путем раздельного ввода синтезированного минерализатора $2(2CaO \cdot SiO_2) \cdot CaF_2$ в обжигаемую сырьевую смесь, содержащую оксиды щелочных металлов Na_2O и K_2O , позволяющая снизить температуру обжига на 200 °С, удельный расход топлива при обжиге клинкера на 1,9 % и увеличить белизну клинкера на 10-16 абс. %. Показано, что для получения клинкера максимальной белизны при допустимом содержании свободного оксида кальция температура обжига белого портландцементного клинкера должна быть ниже 1350 °С.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, подтверждается комплексом современных методов исследования с использованием высокотехнологичного оборудования. Полученные рекомендации справедливы для широкого интервала содержаний оксида железа Fe_2O_3 в клинкере для производства белого портландцемента. Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждена лабораторными испытаниями на ООО «Цементум Центр» (г. Коломна). Основные положения обсуждались на международных и всероссийских конференциях и форумах.

Оценка публикаций автора

Основные научные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе: 3 – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК РФ; 5 – в зарубежных изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science. Получено 4 патента на изобретение, в том числе: 3 патента РФ, 1 патент Евразийского патентного ведомства.

Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы и автореферата

Работа Ковалева Сергея Викторовича не лишена недостатков. При ознакомлении с материалами диссертации возник ряд вопросов, замечаний:

1. Для характеристики степени белизны портландцементного клинкера диссертант в своей работе использовал различную терминологию: «коэффициент яркости», «яркость», «коэффициент отражения», «степень отражения», что несколько затрудняет восприятие работы. Более правильным, по мнению оппонента, было бы использование единого термина «белизна», который применяется в ГОСТ 965-89 «Портландцементы белые. Технические условия».

2. Использованные в работе в качестве минерализатора фториды щелочных и щелочземельных металлов весьма летучи. Вследствие этого после обжига при температурах 1300-1350 °С может улетучиться до 50-70% минерализатора. Для более точной оценки влияния минерализаторов на процессы клинкерообразования целесообразно было бы определить остаточное содержание ионов фтора в клинкере.

3. В главе 4 при исследовании влияния K_2O на образование C_3A и C_4AF диссертантом указано, что в продуктах обжига обнаружен ряд гидратных фаз: $Ca_3Al_2(OH)_{12}$ (C_3AH_6), $Ca(OH)_2$, $K_2(Al_2O(OH)_6)$, $K_2CO_3 \cdot 1,5H_2O$, что, учитывая температуру синтеза 1100 °С, является маловероятным. Ссылка на высокую гигроскопичность образующихся фаз и их взаимодействие с водяными парами из воздуха малоубедительна, так как подобные фазы, образующиеся в сходных условиях при исследовании влияния Na_2O на образование C_3A и C_4AF , склонности к гидратации не

проявляют; вероятно, в данном случае речь идет о погрешности эксперимента или неправильном истолковании его результатов.

4. Вывод диссертанта о снижении времени помола цемента до заданной удельной поверхности $350 \pm 10 \text{ м}^2/\text{кг}$ на 60-33 % из белого клинкера с содержанием 0,28-1,00 % Fe_2O_3 , полученного при отдельном вводе R_2O ($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$) и $2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot \text{CaF}_2$, не подтвержден экспериментом.

5. В предлагаемой технологии синтеза и применения фторсодержащего минерализатора $2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot \text{CaF}_2$ не предусмотрен этап его тонкого измельчения.

6. Не выполнена оценка стоимости получения минерализатора $2(2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2) \cdot \text{CaF}_2$ и дополнительных расходов на его введение во вращающуюся печь. При учете данных показателей экономический эффект от применения минерализатора при обжиге белого портландцементного клинкера может заметно уменьшиться.

Представленные замечания не являются принципиальными и не снижают высокую положительную оценку диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертационная работа **Ковалева Сергея Викторовича** является завершенной научно-квалификационной работой, которая **содержит решение актуальной научной задачи** по интенсификации процесса обжига клинкера белого портландцемента и повышению его качественных характеристик, имеющей **значимость для развития соответствующей отрасли знаний** (технические науки) в области производства специальных видов цемента.

Учитывая актуальность затронутых вопросов, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что диссертационная работа на тему: **«Интенсификация процесса обжига белого портландцементного клинкера отдельным вводом минерализаторов»** соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемым к работам,

представленным на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Ковалев Сергей Викторович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.14. Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук
(специальность 05.17.11 –
«Технология силикатных и
тугоплавких неметаллических
материалов»), доцент, профессор
кафедры химической технологии
композиционных и вяжущих
материалов ФГБОУ ВО «Российский
химико-технологический университет
им. Д.И. Менделеева»



Сивков Сергей Павлович

« 30 » марта 2026 г.

Телефон: +7 (910) 460-04-11

E-mail: sivkov.s.p@muctr.ru

Личную подпись к.т.н., доцента Сивкова С.П. заверяю

Ученый секретарь РХТУ им. Д.И. Менделеева к.т.н., профессор



 Макаров Н.А.

Адрес Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева:

125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9, стр. 1

Тел.: +7 (499) 978-86-60

Сайт: <https://www.muctr.ru>