

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛОМАССОБМЕНА В ПЕЧАХ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

alexxxxey@mail.ru

Коновалов В.М., канд. тех. наук, доц.,
Новоселов А.Г., канд. тех. наук, ст. преподаватель,
Литовченко А.В., мл. науч. сотрудник,
Гончаров А.А., мл. науч. сотрудник

*Белгородский государственный технологический
университет им. В.Г. Шухова*

Аннотация. Рассмотрен тепломассообмен в подготовительных зонах цементной вращающейся печи мокрого способа производства. Разработаны принципы проектирования цепных теплообменных устройств с учетом адгезионно-когезионных свойств шламов и изменением их свойств в процессе сушки и подогрева. Показано преимущество предварительной термообработки сырьевой смеси, для практической реализации которой разработан керамический пересыпной теплообменник.

Ключевые слова: тепломассообмен, цепная завеса, керамический пересыпной теплообменник.

Одним из важнейших условий эффективной работы вращающихся печей является интенсификация теплообмена в подготовительных зонах, где происходит сушка, подогрев материала и его декарбонизация. В печах сухого способа эффективность теплообмена определяется работой суспензионных теплообменников и декарбонизаторов. В печах мокрого способа интенсификация теплообмена в зоне сушки и подогрева определяется рациональной конструкцией цепных завес [1].

Для уточнения интенсивности теплообмена при различном состоянии шлама выполнены исследования на горячей модели цепной завесы. Полученные результаты свидетельствуют, что с увеличением пластичности материала в области конвективного теплообмена и ростом толщины пленки материала на цепях интенсивность теплообмена возрастает. При снижении влажности шлама, когда материал переходит в сыпучее состояние, величина регенеративного теплообмена определяется относительным временем пребывания теплообменного элемента в газовом потоке и материале и, следовательно, зависит от заполнения печи материалом.

Согласно расчетам и экспериментальным данным конструкция цепной завесы должна обеспечивать равномерную скорость продвижения материала в зоне навески цепей, при этом требуемый коэффициент заполнения печи материалом в зоне текучего состояния материала должен составлять 2-4%, пластичного состояния – 4-7%, сыпучего – 10-15%. Результаты экспериментов учитываются при проектировании цепных завес для заводов мокрого способа производства. Комплексный подход к процессам теплообмена в энергоемких зонах вращающихся печей позволил разработать принципы проектирования цепных теплообменных устройств с учетом адгезионно-когезионных свойств шламов и изменением их свойств в процессе сушки и подогрева и аэродинамических особенностей различных типов навески цепей.

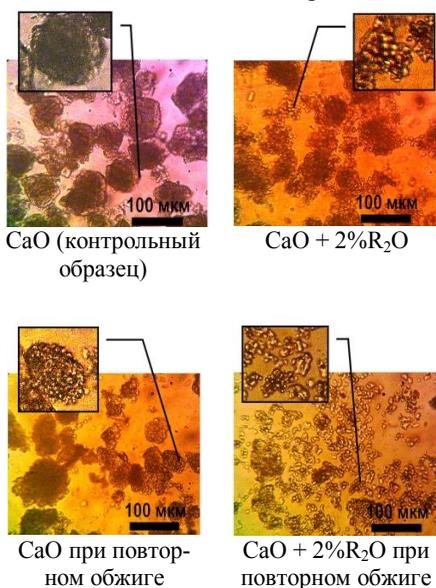


Рисунок 1 – Микрофотографии иммерсионного препарата извести (обжиг при 1250°C)

Под микроскопом можно четко проследить как влияние соли, так и вторичного термовоздействия. В контрольном образце частицы извести представлены округлыми рыхлыми зернами размером 40-100 мкм, края которых имеют четкие, ровные границы (рис. 1).

Основываясь на работах Гипроцемента и НИИцемента по интенсификации теплообменных процессов в цементных печах, работах РХТУ им. Д.И. Менделеева и кафедры ТЦКМ [2-4] по термохимической активации сырья при обжиге клинкера, принципиально новым подходом можно считать целенаправленную активизацию процессов синтеза клинкерных фаз посредством дискретного термического воздействия на цементные сырьевые смеси.

Установлено, что прерывание процессов кристаллизации оксида кальция путем импульсного термического воздействия на низкотемпературных стадиях позволяет изменить его структуру и дисперсность.

При повторном обжиге имеют место процессы рекристаллизации, приводящие к совершенствованию и уплотнению структуры зерна. Присутствие добавки щелочных солей K_2SO_4 и Na_2SO_4 (3:1) в количестве 2% по R_2O от массы извести, как известно, ускоряющих и понижающих температуру разложения $CaCO_3$, усиливает рекристаллизацию оксида кальция за счет появления расплава солей (температура плавления $K_2SO_4=1069^\circ C$, $5CaCO_3 \cdot 4NaK_3(SO_4)_3 - 820^\circ C$).

Вместе с тем при повторном обжиге термомодифицированный оксид кальция приобретает полидисперсный состав, возрастает доля мелких кристаллов размером 1-3 мкм, а так же образуются более крупные частицы размером 20-30 мкм. Структура поверхности частиц CaO уплотняется, и в результате взаимодействия его с SiO_2 скорость диффузии выше и реакция образования двухкальциевого силиката протекает интенсивнее. При этом крупные рекристаллизованные частицы CaO способствуют образованию белита в области высоких температур. Образовавшийся в этих условиях C_2S гораздо меньше подвержен рекристаллизации, что способствует увеличению количества центров кристаллизации алитовой фазы.

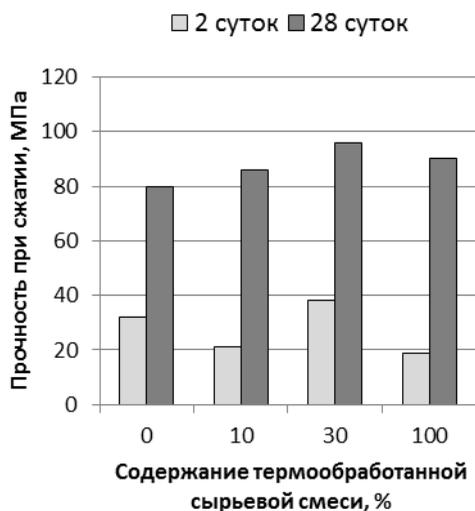


Рисунок 2 – Прочностные цементов на основе сырья с различным содержанием термообработанной сырьевой смеси

Для исследования влияния предварительной термообработки сырьевой смеси на качество получаемого цемента были приготовлены сырьевые смеси с добавлением предварительно обожженной сырьевой смеси при $1000^\circ C$ в количестве 0; 10; 30 и 100%.

На рисунке 2 приведены результаты испытания цементов в малых образцах, приготовленных из теста нормальной густоты состава 1:0. При увеличении количества введенной в сырьевую смесь предварительно обожженной шихты до

30% наблюдается увеличение прочности образцов как в 3-х, так и в 28-ми суточном возрасте.

Это связано с тем, что клинкер, полученный с добавлением 30% предварительно обожженной сырьевой смеси отличается полидисперсным составом фазы алита, что обеспечивает высокий темп набора прочности, как в ранние, так и в поздние сроки твердения.

Для практической реализации предварительной термообработки сырьевой смеси разработан керамический пересыпной теплообменник, моделирующий процесс импульсного термического воздействия. Теплообменник устанавливается в печи мокрого способа производства в зоне декарбонизации при температуре газового потока около 1400°C. Такое расположение теплообменника обеспечивает подачу части материала в газовый поток и дальнейшую его присадку к более холодному материалу, что имитирует двукратный обжиг сырьевой смеси. Это обеспечивает улучшение теплообмена в печи и подготовку материала в зоне декарбонизации, а также позволяет примерно на 20% повысить единичную мощность обжигового агрегата. Незначительные капитальные затраты на установку керамического теплообменника и повышение качества цемента позволяют поднять конкурентноспособность мокрого способа производства.

Таким образом, развитие принципов комплексного подхода к интенсификации процессов тепломассообмена позволяет улучшить технико-экономические показатели обжиговых агрегатов и повысить качество получаемого продукта.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Белгородской области в рамках проекта №14-41-08031 «р_офи_м», с использованием оборудования ЦВТ БГТУ им. В.Г. Шухова.

Список литературы:

1. Борисов И.Н. Управление процессами агломерации материалов и формирования обмазки во вращающихся печах цементной промышленности. Белгород: Изд-во Белаудит, 2003. 113 с.
2. Классен В.К., Шилова И.А., Текучева Е.В. Исследование влияния предварительной термической обработки одного из компонентов сырьевой смеси на активность клинкера // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. №10. С. 109-112.
3. Повышение эффективности работы цементных печей, технологический аспект / В.М. Коновалов, В.В. Ткачев, В.Г. Чекулаев, А.В. Литовченко, М.В. Акулинка, А.А. Бандурин // Мир цемента. 2014. №1. С. 31-34.

4. Шевченко В.Н., Коновалов В.М. Модернизация внутривидных теплообменных устройств в процессе их ремонта или реконструкции // Цемент и его применение. 2002. №6. С. 17-18.