

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

Павленко А.Д.

студент;

Тигарев А.М.

кандидат технических наук, доцент,

Одесская национальная академия связи имени А.С. Попова,

Тигарева Т.Г.

старший преподаватель,

Одесская государственная академия

строительства и архитектуры

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПО ДЛИНЕ ПЕЧИ ОБЖИГА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ КЛИНКЕРА

При производстве строительных материалов для уменьшения затрат на их производство выполняется разработка новых технологий и совершенствование отдельных агрегатов. Однако при этом требуются значительные материальные затраты. Поэтому одним из путей уменьшения затрат на действующих предприятиях является внедрение систем автоматического регулирования различных технологических параметров. Известно, что для обеспечения необходимого качества клинкера во вращающихся печах обжига сырья при производстве цемента необходимо поддерживать требуемые значения температур в различных зонах печи [1, с. 17]. Поэтому совершенствование систем регулирования этим процессом является актуальной задачей.

Для определения значений температур в этих зонах измеряется температура корпуса печи, которая коррелирует с температурой материала внутри печи [2, рис. 68]. При этом достижение требуемого температурного профиля температуры по длине печи на основании измерения температуры отдельных участков корпуса печи не всегда выполняется. Поэтому возникает необходимость в совершенствовании методов управления распределением температур в зонах печи. Это

является актуальной задачей, поскольку позволяет обеспечить требуемое качество клинкера и уменьшить энергозатраты на его производство.

Целью работы является предложение вариантов для решения данной проблемы.

Для печей сухого обжига клинкера обычно выделяют следующие температурные зоны (табл. 1) [2 с. 224–226]:

Таблица 1

Температурные зоны в печи обжига клинкера

Температурные зоны	Температура, °С
Зона подогрева	200...700
Зона кальцинирования	до 1200
Зона экзотермических реакций	1200...1300
Зона спекания	1300...1450
Зона охлаждения	1000...1100

Источник: разработка авторами по источнику [2]

Контроль температуры может осуществляться термопарами в так называемой зоне спекания (или кальцинирования в зависимости от назначения печи) с устройствами беспроводной передачи данных с автономным питанием. Термопара устанавливается в специальный футерованный карман. Конусообразной формы карман для термопары устанавливается на корпус печи, и при вращении печи он засыпается материалом в нижнем положении, а в верхнем положении опустошается. Термопара в этом случае не омывается движущимися газами, поэтому измеряемая температура будет близка к температуре материала [3].

Для определения значений температуры по длине печи также используются пирометры, измеряющие температуру отдельных участков корпуса печи, либо сканирующие пирометры [4]. В связи со значительной длиной печи колебания температуры корпуса печи для различных зон обжига определяются с запаздыванием. Информативность данных, получаемых с помощью пирометров, была недостаточной для управления обжигом. Предлагается для определения температур по всей длине печи использовать тепловизор [4]. Программное обеспечение тепловизора представляет изображение в инфракрасном диапазоне в реальном времени, что позволяет определить и построить график распределения температур по всей длине печи.

На основе этой информации возможно управление температурным режимом печи оператором, так как позволяет оператору быстро и

наглядно получать всю информацию о состоянии футеровки, длине факела и т. п. на основании данных о температуре поверхности печи, и вовремя принимать решения при возникновении внештатных ситуаций.

Для построения системы управления данные, полученные от тепловизора [4], вводятся в компьютер с учетом известных характеристик печи как объекта управления, и на основе разработанных алгоритмов могут быть использованы для достижения необходимого температурного профиля по всей длине печи. Для этого система автоматизации процесса обжига должна содержать системы регулирования расхода сырьевой смеси, систему регулирования движением материала в печи и систему регулирования процессом сжигания топлива для поддержания требуемого температурного режима. Наиболее часто используется регулирование при постоянном расходе сырьевой смеси и частоте вращения печи [1, с. 21]. Поэтому далее будем рассматривать систему регулирования процесса сжигания топлива.

Регулирование температуры по длине печи может выполняться изменением положения топливной форсунки по длине печи, а также изменением угла ее наклона и изменением расходов топлива и воздуха в необходимом соотношении для обеспечения наиболее полного сгорания топлива [1; 5]. Контроль сгорания топлива выполняется на основании измерения газового состава на входе материала в печь.

Для регулирования положения зоны максимальной температуры по длине печи и поля температур по ее сечению форсунки снабжаются специальными механизмами, позволяющими передвигать их вдоль печи, изменять угол наклона или перемещать перпендикулярно оси печи [1].

Теоретические положения разных авторов, приведенные в [5] показывают, что для построения модели конкретной печи как объекта управления, необходимы результаты экспериментальных исследований. Однако многие вопросы для построения системы регулирования сжигания топлива могут быть решены путем имитационного моделирования.

Проведенный анализ показывает, что печь для обжига клинкера представляет многомерный, многопараметрический объект с перекрестными связями. Модель печи может быть описана системой дифференциальных уравнений с учетом перекрестных связей. Используя такой подход можно разработать имитационную модель печи как объекта управления, выбрать наиболее значимые управляющие воздействия с учётом законов распределения флуктуаций всех входных переменных. Наличие взаимовлияний требует применения

многомерного регулятора. Для выбора его параметров при проведении математического моделирования возможно использование программного пакета MATLAB [6]. Возможности программного пакета MATLAB позволяют выполнить переход от дифференциальных уравнений к представлению объекта в пространстве состояний. Для разработки систем регулирования возможно использование стандартных функций, реализующих линейно-квадратичный (LQR) или прогнозирующий (MPC) регуляторы. При моделировании следует учитывать возмущения, вносимые флуктуациями регулируемых параметров, качества топлива и состава компонентов исходного сырья.

Таким образом, применение тепловизора и использование имитационного моделирования с учетом многомерности объекта позволит учесть влияния всех параметров на температурный режим печи и определит возможность регулирования температуры по длине печи обжига при изготовлении клинкера.

Список использованных источников:

1. Повышение эффективности работы вращающихся печей / Е.Г. Древицкий, А.Г. Добровольский, А.А. Колобок. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
2. Колокольников В.С. Производство цемента. Учеб. пособие для индивидуального и бригадного обучения рабочих на производстве. – М.: Высш. школа, 1967. – 303 с.
3. Контроль температуры сырья во вращающейся печи с помощью беспроводных решений от Emerson «ЦементИнформ» № 4(49). – 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.com/>
4. Мониторинг температуры поверхности печи с помощью сканирующего устройства и тепловизора [«Цемент и его применение» 2009 г, № 6, стр. 33].
5. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. – Красноярск: Стройиздат, Красноярск. отд., 1994. – 323 с.
6. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения. Изд-е 2-е, переработанное и дополненное. Библиотека профессионала. – М.: «СОЛОН-Пресс», 2008. – 800 с.