

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБЖИГА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

Нусс М.В., Классен В.К., Трубаев П.А.

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

Определение стратегии управления вращающейся печью

Вращающаяся печь является сложным нелинейным объектом, для которого возможно использование различных неравнозначных способов изменения состояния для перехода в требуемый режим работы. При управлении сложными, не до конца изученными нелинейными системами, характеризующимися неполной и нечеткой информацией широкое применение нашли модели, построенные на основе теории нечетких множеств [1]. Одной из основных задач при создании информационных систем для анализа работы и управления цементной вращающейся печью, основанных на нечеткой логике, является получение адекватного оптимального множества правил, то есть разработка стратегии управления печью. Стратегию управления определяют два фактора – субъективный и методологический: кто составляет правила и как они составляются.

Традиционно правила по управлению техническими объектами составляются на основе опросов операторов, работающих на них. Из-за сложности объекта машинист вращающейся печи выделяет при управлении 2...4 параметра, упуская из виду остальную информацию. Само управление осуществляется машинистом на основе ряда шаблонных действий, часто без понимания сути процессов в печи. Поэтому наборы правил, составленных по опросам машинистов, неполны и противоречивы и обычно не являются оптимальными с точки зрения стратегии управления. Получение правил на основе статистических зависимостей для сложных объектов с большим числом параметров невозможно из-за множественной корреляции параметров. Составление правил высококвалифицированными экспертами, когда они пытаются связать большое количество параметров печи, не приводит к положительному результату из-за второго фактора – методологического.

При создании правил и инструкций по управлению печью по изменению контролируемого параметра определялась причина выхода из режима и для нее задавались необходимые управляющие воздействия. Являясь наиболее целесообразным для несложных объектов, при применении к вращающейся печи такой подход приводит к большому количеству часто по сути одинаковых правил и не позволяет точно описать стратегию управления.

Поэтому главной задачей при разработке информационных систем по управлению цементными вращающимися печами является создание методов построения наборов правил, четко определяющих стратегию управления печью и основанных на современных представлениях и научных знаниях о цементной технологии.

Положения, применяемые при стабилизации технологического режима работы вращающейся печи

Для определения принципов построения правил для управления вращающейся печью был проведен анализ причин нарушения режима работы агрегата и способов возврата печи в нормальный режим. Анализ проводился по результатам промышленных испытаний печей семи заводов в течение шести лет, а также с использованием литературы, посвященной наладке и эксплуатации цементных печей [2-6]. По результатам анализа нахождение необходимого управляющего воздействия предлагается основывать на трех положениях.

1. Исключение причинности отклонения (первопричины выхода печи из заданного режима работы)

При систематизации знаний по управлению вращающейся печью установлено, что необходимое управляющее воздействие зависит лишь от технологического состояния, в котором находится печь. С другой стороны, во многих случаях информация о причине выхода вращающейся печи из режима не позволяет дать количественную оценку степени возмущения, например, при кратковременном изменении питания, загрузлении помола, прекращении пылевозврата. Поэтому предлагается степень и характер возмущения определять по тепловому состоянию печи, вне зависимости от первопричины возмущения. Это позволяет формализовать правила и значительно уменьшить их количество. Положение исключения причинности полностью подтверждается в реальных производственных условиях, если ситуация не является аварийной или критической.

2. Декомпозиция объекта

Вращающаяся печь является объектом с распределенными параметрами, который в соответствии с принципами системного анализа можно представить в виде последовательности зон, характеризующихся завершенностью определенных стадий переработки сырья в клинкер. Вместо оценки состояния всей печи, она разбивается на две-четыре технологических частей (зон), и управляющие воздействия определяются по вектору состояний этих частей. Таким образом, множество возможных состояний цементной вращающейся печи формируется на основе морфологического анализа, когда исходная задача разбивается на ряд независимых подзадач. Исходя из этого принципа, поддержание необходимого режима обжига заключается в перераспределении тепла между технологическими зонами печи. Декомпозиция печи позволяет разделить задачу оценки состояния зон и задачу определения управляющих воздействий. Таким образом, правила управления не будут зависеть от конкретного набора регистрирующих приборов на печи.

3. Разделение воздействий для компенсации возмущения и воздействий для перехода в новый режим работы

Изменение входных параметров приводит к выходу печи из нормального режима работы. Выдвинуто предположение, что количество тепла, подаваемого в технологическую зону печи, складывается из тепла, необходимого для возмещения потери тепла в зоне и

тепла для компенсации текущего изменения параметра. Это положение позволяет в информационной системе произвести объединение нечеткой модели и детерминированных зависимостей.

Принципы обеспечивают основу модели управления процессом обжига, состоящей из двух этапов:

- по значениям контролируемых параметров определение состояния технологических частей печи;
- нахождение управляющих воздействий по состоянию этих частей.

Нечеткие зависимости (лингвистические правила) для цементной вращающейся печи

В соответствии с выдвинутыми положениями, разработана нечеткая модель процесса обжига клинкера. Печь разбивается на 2... 4 части, количество которых определяется системой контролируемых параметров на печи:

- холодная часть, состоящая из зон сушки и подогрева;
- средняя часть – зона декарбонизации;
- горячая часть – зона спекания;
- зона охлаждения печи и клинкерный холодильник.

Состояние каждой части представлено лингвистическими переменными и определяется по контролируемым параметрам, имеющимся на печи. Параметры и состояние элементов печи описываются семью термами – «много ниже нормы», «ниже нормы», «несколько ниже нормы», «норма», «несколько выше нормы», «выше нормы», «много выше нормы». Исходя из полученного состояния, управляющими параметрами производится перераспределение тепла между зонами или изменяется количество тепла, подаваемого в печь.

Оценка состояния элементов и определение управляющих воздействий происходит с использованием нечеткой логики согласно разработанным множествам технологических правил. Данные множества правил являются, по сути, нечеткими технологическими зависимостями между параметрами, характеризующими процесс обжига. Лингвистические правила разрабатывались по результатам промышленных испытаний, анализа литературных данных, а так же исходя из практического опыта работы на печи. Пример правил:

Определение состояния технологической части печи:

ЕСЛИ

«Температура отходящих газов» = «Выше нормы»

И

«Температура в зоне подогрева» = «В норме»,

ТО

«Состояние холодной части печи» = «Несколько перегрета».

Определение значений управляющих воздействий:

ЕСЛИ

«Состояние горячей части печи» = «Остыла»

И

«Состояние холодной части печи» = «В норме»,

ТО

«Расход топлива» = «Несколько увеличить»

И

«Разрежение в пыльной камере» = «В пределах нормы»

И

«Характер горения и профиль факела» = «Интенсивное горение, сконцентрированный факел».

Получены множества правил для различных вариантов наборов параметров, имеющихся на отечественных заводах. Так, для холодной части рассмотрено пять вариантов возможной комбинации контролируемых параметров, для зоны декарбонизации – три, для горячей части – семь. В каждый из этих вариантов входит от пяти до 25 правил. Все правила основаны на ряде линейных зависимостей. Для холодной части использованы следующие зависимости: между состоянием технологической части и температурой отходящих газов – прямая зависимость; температурой в зоне подогрева – прямая; влажностью материала после цепей – обратная; количеством гранул материала после цепной завесы – прямая, растекаемостью шлама – прямая.

Для зоны декарбонизации между состоянием зоны и температурой материала – прямая зависимость; содержанием CO_2 в отходящих газах – обратная.

Между состоянием горячей части печи и контролируемыми параметрами имеются зависимости вида: видимость в головке печи – не может быть выражена в численном виде; нагрузка на главный привод – прямая; преобладающий размер гранул клинкера – в зависимости от значения возмущения прямая или обратная; температура в зоне декарбонизации – прямая; уровень подъема материала в печи – прямая.

Все множества правил подтверждаются известными детерминированными зависимостями.

Аналогично разработаны правила оценки состояний технологических зон вращающейся печи и определения управляющих воздействий для возможных наборов управляющих параметров. Первоначально определяются основные управляющие параметры: расход топлива; процент открытия шиберы дымососа (либо необходимое разрежение в пыльной камере); характер горения и форма факела. Параметр «Характер горения и профиль факела X_{ϕ} » определяет распределение температуры в зоне спекания, а также режим горения топлива. По нему рассчитываются управляющие параметры горелки. Предлагаемый способ позволил создать универсальные множества лингвистических правил для любых типов горелок, в том числе комбинированных.

Лингвистические правила осуществляют привязку информационной системы к конкретным задачам и условиям работы печи. Изменяя множество правил, можно корректировать технологическую задачу режима обжига, необходимую технологию. Преимуществом нечеткой логики, кроме использования качественных параметров, являются также в том, что правила в лингвистических моделях не должны охватывать все возможные варианты, так как возможности теории нечетких множеств позволяют производить вывод в неизвестных ситуациях, основываясь на заданных правилах.

Модель стабилизации процесса обжига строится на основе нечеткого вывода по следующему выражению:

$$B' = \max_i (\bigcap_j (A_j \circ R_{ij}),$$

где B' - выходное нечеткое множество; A' - входное нечеткое множество; R - матрица нечеткого отношения, вычисляемая по одному из видов импликаций. i - номер правила; j - номер входного параметра; \circ - операция минимаксной композиции.

Выводы

Разработаны модель и правила для управления технологической работой цементной вращающейся печи применительно к информационным системам, основанные на анализе и управлении физико-химическими и тепломассообменными процессами обжига клинкера. Получение рекомендаций по управлению печью состоит из двух этапов: определение технологического состояния частей (зон) печи и нахождение управляющих воздействий по вектору состояний этих частей. Структура определения необходимых значений управляющих параметров построена на основе принципа декомпозиции, то есть перераспределения тепла между технологическими частями печного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений/Пер. с англ. – М.: Мир, 1976. – 164 с.
2. Дуда В. Цемент/Пер. с англ. – М.: Стройиздат, 1981. – 464 с.
3. Древицкий Е.Г., Добровольский А.Г., Коробок А.А. Повышение эффективности работы вращающихся печей. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
4. Holmbland L.P. Erfahrungen mit automatischen Ofenuberwachung durch einen Computer und Fuzzy Logic//Verfahrenstechnik der Zementherstellung: VDZ – Kongress' 85. – Wiesbaden; Berlin: Bauverlag, – 1987. – S. 539-547.
5. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. – Красноярск: Стройиздат, 1994. – 323 с.
6. Классен В.К. Основные принципы и способы управления цементной вращающейся печью//Цемент и его применение. – 2004. – №2. – С.39-42.

НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ СДОБНЫХ СУХАРЕЙ

Пашенко Л.П., Остробородова С.Н., Пашенко В.Л.

ГОУ ВПО Воронежская государственная

технологическая академия,

Воронеж

Одним из направлений государственной политики в области здорового питания является создание функциональных продуктов питания. В этих условиях целесообразным и эффективным путём коррекции структуры питания населения является дополнительное обогащение хлебобулочных изделий новыми рецептурными компонентами.

В качестве такого компонента, позволяющего придать изделиям пониженной влажности функциональную направленность, нами применены семена

кунжута, подвергнутые умеренной тепловой обработке. В результате такой обработки в них протекает целый комплекс химических и биохимических реакций. Наиболее чувствительны к тепловому воздействию белки семян, представляющие собой гидрофильные коллоиды. При умеренной тепловой обработке протекает неглубокая денатурация белков, что повышает их перевариваемость. Тепловая обработка способствует перемещению фосфолипидов из гелевой фазы в масляную фазу семени, что повышает стойкость семян и их липидов против окислительных процессов и степень последних к усвоению. Создаются благоприятные условия для взаимодействия реакционноспособных веществ и образования новых соединений. Часть аминокислот и других промежуточных продуктов распада белка семян кунжута вступают во взаимодействие с восстанавливающими сахарами с образованием меланоидинов. Это положительно сказывается на изменении цвета семени кунжута, усилении их аромата и улучшении вкуса. Семена приобретают вкус, присущий орехам.

Контрольной пробой служили сухари сдобные сливочные (ГОСТ 8494-96). Особенностью приготовления опытной пробы теста является сокращение дозировки сливочного масла (или маргарина) на 60 % и добавление семян кунжута в дозировке 20 % к массе муки в тесте, липиды которого заменяют сливочное масло (или маргарин).

Сокращение дозировки жирового продукта повышает интенсивность газообразования в тесте. В контрольной пробе через 120 мин выделяется 950 см³ диоксида углерода, а опытной пробе этот результат достигается через 90 мин с начала брожения теста. Расстойка тестовых заготовок идёт быстрее на 15 мин.

Кроме этого, накопление требуемой титруемой кислотности (3,0 град) в тесте, замешанном по разработанной рецептуре, протекает быстрее, чем у контрольной пробы, что позволяет сократить период брожения полуфабриката на 20 мин. Это объясняется снижением дозировки жирового продукта на 60 %. Дозировка жира более 10 % снижает бродительную активность дрожжей и замедляет процесс кислотообразования.

Разработанные нами сухари сдобные «Мудрёные» по сравнению с контрольной пробой обладают лучшими органолептическими показателями качества. Изделия приобретают золотисто-коричневый цвет, ореховый привкус и аромат, что немаловажно для завоевания рынка сбыта. Кроме того, разработанное технологическое решение позволяет расширить ассортимент хлебобулочных изделий функционального назначения; уменьшить технологический цикл производства готовых изделий за счёт сокращения продолжительности брожения и расстойки, повысить выход сдобных сухарей.