



ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УПРАВЛЕНИЯ РУДНО-ТЕРМИЧЕСКИМИ ПЕЧАМИ ПРОИЗВОДСТВА КОРУНДОВ

В.И. Халимон, О.В. Проститенко (СПбГТИ)

Описан процесс производства корундов, характеризующийся сложной связью и слабой формализованностью технологических и электрических параметров. Такие свойства объекта управления определяют использование систем управления, включающих элементы искусственного интеллекта. Рассматривается программный комплекс, управляющий рудно-термическими печами (РТП) по производству корундов, состоящий из трех функциональных групп: экспертной системы РВ, библиотеки алгоритмов логического управления и программной реализации интерпретированных сетей Петри.

Процессы получения нормального (НЭК) и белого электрокорундов (БЭК) относятся к технологии электротермических производств, в основе которой лежат физико-химические превращения и процессы, реализуемые при высоких температурах, создаваемых электрическим током.

Основной элемент технологической схемы электротермического производства – РТП, представляющая собой довольно сложный объект управления. Процесс выплавки электрокорундов сопровождается горением электрической дуги переменного тока, вследствие чего возможны значительные отклонения параметров работы печи от заданных. РТП является

многопараметрическим объектом и характеризуется потенциальной опасностью, недостаточной изученностью и ограничениями в возможностях контроля параметров процесса.

Агрессивная среда и необходимость проведения большей части плавки при закрытом колошнике не позволяют использовать датчики прямого контроля состава и температуры расплава. Наиболее устойчивые к агрессивной среде средства непрерывного контроля этих параметров дороги и по большей части недолговечны. В течение всей плавки доступно непрерывное измерение сырьевых потоков и электрических параметров печи. Поэтому в последнее время все

шире разрабатываются и применяются косвенные методы контроля, основанные на использовании явлений, сопровождающих протекание основного ТП.

Сложная взаимосвязь и слабая формализованность технологических и электрических параметров процесса производства корунда затрудняет создание системы управления РТП, основанной на формализованной математической модели, что оправдывает целесообразность использования методов искусственного интеллекта.

Для стабильной работы РТП необходимо поддержание заданного распределения энергии в ванне. В противном случае наблюдаются изменения электрических и технологических параметров ТП. Таким образом, имеется возможность оценить технологические параметры по распределению энергии в ванне или распределению энергии по электрическим параметрам.

Однако управление РТП осложняется тем, что большинство параметров процесса взаимосвязаны

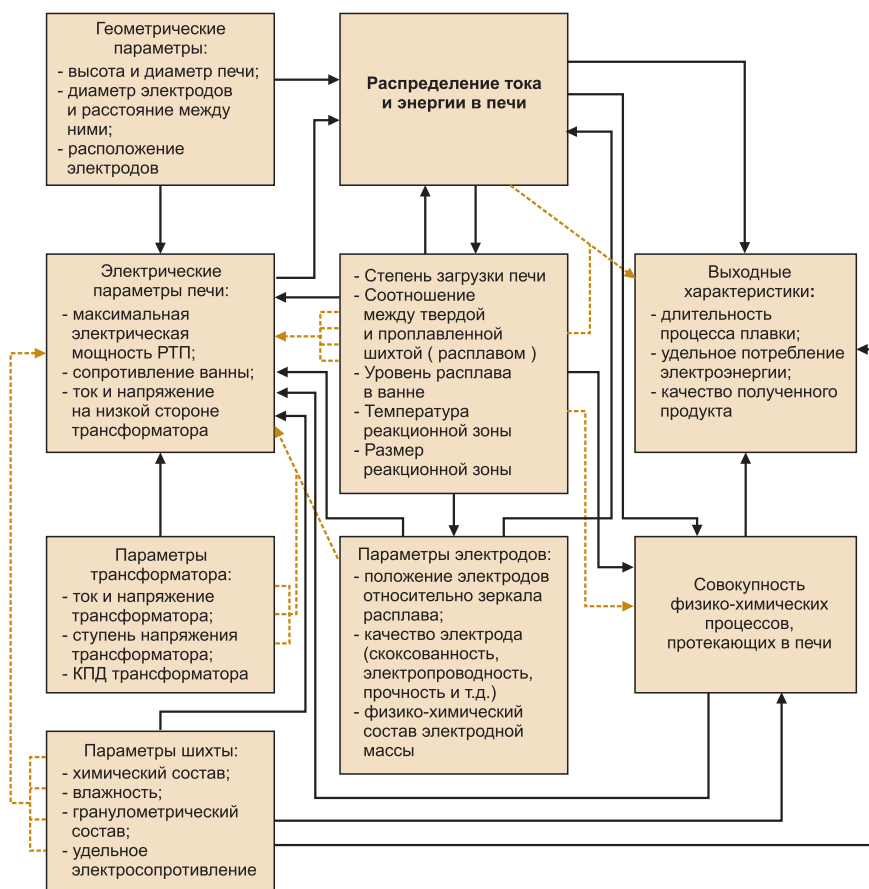


Рис. 1. Взаимосвязь основных параметров процесса плавки электрокорунда

между собой, и случайное изменение одного параметра ТП может повлечь за собой изменение других (рис. 1). Но связь электрических и технологических параметров не всегда носит явный характер. Это, прежде всего, объясняется тем, что преобразование электрической энергии в тепловую происходит в материалах, находящихся в разных агрегатных состояниях. Выделение тепла при прохождении тока через твердый шихтовой материал сопровождается относительно равномерным нагревом этого материала; выделение энергии в электрической дуге происходит в небольшом (по сравнению с самой ванной) объеме, и температура в зоне горения дуги значительно превосходит среднюю температуру в ванне – до 3000 °С.

Количественное определение изменения распределения энергии в РТП является исключительно сложной задачей, не имеющей до настоящего времени достаточно простого и надежного решения. Однако предполагается возможность оценки распределения энергии в печи и протекания физико-химических процессов в ней на основе явлений, сопровождающих прохождение тока через твердую шихту, дугу и расплав.

Большие сложности при управлении печью вносит тот факт, что процесс управления идет в условиях неопределенности, т.е. зачастую нет даже возможности получения вероятностных характеристик тех или иных случайных явлений. К таким явлениям можно отнести: сводообразование и обвал сводов; залипание и сколы электродов; распределение токовой нагрузки по шихте; скачки питающего напряжения и т.п., что является причиной возникновения возмущений высокого уровня.

Построение эффективных систем управления подобными объектами возможно при использовании компьютерных технологий обработки получаемой информации на основе статистических оценок ее достоверности, а также накопления опыта управления такими объектами. Для решения этой задачи необходимо предварительное накопление опыта квалифицированных операторов по множеству плавок и на основе полученных данных создание системы поддержки принятия решений (СППР) с использованием экспертной системы РВ.

Так как процессы носят периодический характер целесообразно также использовать алгоритмы логического управления (АЛУ) и сети Петри, которые удобны для моделирования периодических процессов [1].

Таким образом, для повышения эффективности функционирования РТП производства электрокорунда разработан программный комплекс управления на основе:

1) экспертной системы РВ, посредством которой будет приниматься решение о выборе управляющего алгоритма;

2) АЛУ, реализующих управляющие воздействия;

3) сетей Петри, осуществляющих проверку АЛУ.

Этот программный комплекс [2] состоит из нескольких функциональных групп программ, каждая из которых выполняет определенные задачи. Связь



Рис. 2. Структура программного комплекса

между ними осуществляется посредством промежуточных файлов специального формата. Структура программного комплекса и взаимодействия его компонентов представлена на рис. 2.

Основным элементом программного комплекса является функциональная группа программ СППР РВ [3, 4], которая в общей структуре ПК представляет собой верхний уровень иерархии. С ее помощью осуществляется создание базы знаний, настройка экспертной системы на заданную предметную область, анализ ситуаций поступающих с объекта и выработка управляющих воздействий (решений).

Следующим элементом является функциональная группа программ, реализующих АЛУ. С ее помощью осуществляется создание схем дискретного логического управления отдельными операциями химико-технологического процесса. Используя разработанные стандартные модули из библиотеки типовых модулей управления, осуществляется "сборка" управляющей схемы. Посредством таких схем реализуются управляющие воздействия в процессе функционирования системы управления.

Функциональная группа программ "Сети Петри" (СП) [5-6] осуществляет моделирование и проверку АЛУ. Программы комплексов АЛУ и СП образуют нижний уровень иерархии.

Работа с программным комплексом управления РТП производства корунда осуществляется в три этапа.

1. Создание схем дискретного логического управления отдельными операциями химико-технологического процесса (поднятие/опускание электродов; розжиг/отключение печи; включение аварийного охлаждения; измерение гармоник и т.п.) осуществляется с помощью функциональной группы программ "АЛУ". С использованием библиотеки модулей управления строятся управляющие алгоритмы.

2. Проверка разработанных управляющих алгоритмов посредством динамического моделирования

на сетях Петри осуществляется с помощью функциональной группы программ "Сети Петри".

3. Разработка СППР как экспертной системы РВ, построенной на языке таблиц решений (ТР), осуществляется с помощью функциональной группы программ "СППР РВ". В качестве действий выполнения правил ТР используются алгоритмы операций, разработанные на первом этапе и прошедшие проверку на втором.

Программы "СППР РВ" реализуют функционирование системы управления. Благодаря подсистеме анализа информации выполняется проверка и анализ ТР; обработка текущего состояния; выбор и реализация АЛУ, либо выдача рекомендаций по управлению в виде сообщений оператору; сбор статистики с целью "доучивания" системы.

Рассмотрение РТП для производства НЭК и БЭК как объектов управления позволило выявить схожесть процессов плавки, их технологических и электрических параметров. В результате сравнительного анализа ТП получения НЭК и БЭК были выделены следующие типовые операции, одинаковые для обоих процессов: наплавление футеровки; начальная загрузка шихты; корректирующая загрузка шихты; перемещение электродов; перепуск электродов; переключение ступеней трансформатора; изменение мощности печной установки; замеры гармоник; выпуск расплава.

Данные операции можно рассматривать как основные элементы (блоки) при построении общей базы алгоритмов управления процессами плавки. Специфические особенности процессов получения НЭК и БЭК

(масса загружаемого сырья, рабочая длина электродов, измеряемые параметры и т.д.) можно учитывать при задании входных переменных указанных блоков.

Основные результаты представленной разработки использованы при проектировании электрокорундовых производств ООО "НИИГипрохим-Наука" (С.-Петербург).

Список литературы

1. *Васильев В.В., Кузьмук В.В.* Сети Петри, параллельные алгоритмы и модели мультипроцессорных систем. Киев: Наука Думка. 1990.
2. *Сотников В.В., Педро А.А., Халимон В.И., Проститенко О.В.* Разработка программного комплекса управления рудно-термическими печами производства корунда // Информационные технологии в науке, образовании и производстве: ИТНОП-2004. Т.3. Орел, 2004.
3. *Халимон В.И., Емельянова Е.А., Проститенко О.В.* Некоторые особенности системы поддержки принятия решений реального времени // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-16: Сб. тр. Межд. науч. конф. – Ростовская гос. с-хоз. академ. – Ростов-на-Дону, 2003.
4. *Халимон В.И., Проститенко О.В.* Программа "DECISION TABLE TOOLBOX" // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2003611869 от 12 августа 2003.
5. *Халимон В.И., Проститенко О.В.* Программа PETRI-NETS SYSTEM // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2001610774 от 21 июня 2001.
6. *Халимон В.И., Рогов А.Ю., Проститенко О.В.* Программа "GRAF TOOLBOX" // Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ №2002611910 от 12 ноября 2002.

Халимон Виктория Ивановна – канд. техн. наук, доцент,

Проститенко Олег Владимирович – ассистент кафедры "Системы автоматизированного проектирования и управления" Санкт-Петербургского государственного технологического института (СПбГТИ).

Контактный телефон (812) 444-76-19. E-mail: pscorps@newmail.ru

микротест®

Микротест – первый системный интегратор-партнер Phoenix Contact в России



Немецкий электротехнический концерн Phoenix Contact GmbH & Co. KG лидирует в сфере производства электрических соединительных устройств и электронного интерфейсного оборудования. Компания основана в Германии в 1923 г. и на сегодняшний день насчитывает около 7000 сотрудников по всему миру. Продажа продукции осуществляется через собственную сеть продаж и услуг, в которую входят 36 дочерних предприятий и около 25 представительств во всем мире.

Продукты Phoenix Contact предназначены для применения на предприятиях нефтяной и газовой отрасли, химической промышленности, металлургии, в электроэнергетике, автомобилестроении и судостроении, на железнодорожном транспорте, в строительстве зданий и сооружений, в легкой и пищевой промышленности. Ассортимент продукции Phoenix Contact включает более 25000 наименований изделий от комплексных решений до компонентов систем промышленной автоматизации, включая контактные клеммы, интерфейсные модули, системы защиты от импульсных перенапряжений, контроллеры и др.

"Наша компания активно расширяет деятельность на российском рынке, а это возможно лишь при наличии крупного партнера, имеющего широкий опыт работы с российскими производственными предприятиями. И к выбору такого партнера, часто единственного в стране и приобретающего ключевую роль в продвижении наших продуктов на данном рынке, Phoenix Contact подходит очень внимательно. Мы рады, что нашим партнером в России стал такой крупный системный интегратор, как Микро-

тест. Надеемся, что партнерство с Микротест позволит нам занять заслуженное место в процессе автоматизации российской промышленности", – говорит Е. Семенова, ген. директор российского представительства Phoenix Contact.

"У промышленных предприятий есть целый ряд специфических требований, в том числе к взрывобезопасности, пожаробезопасности, надежности и долговечности, виброзащищенности, устойчивости к ударным воздействиям, пыли- и влагозащищенности. Продукция Phoenix Contact лидирует среди решений для промышленных предприятий и разработана специально для использования в сложных условиях. С учетом широкого спектра предлагаемых данным производителем продуктов и соотношения их цены и качества, партнерство с Phoenix Contact позволяет нам предлагать клиентам лучшие решения в своем классе", – говорит А. Ларин, ген. директор компании Микротест.

Ожидается, что уже до конца 2005 финансового года оборот проектов, реализованных Микротест с применением оборудования Phoenix Contact, составит до 5 млн. долл. США. Продукты Phoenix Contact будут использоваться в комплексных проектах Микротест для российских промышленных предприятий, а также будут поставляться компаниям-партнерам Микротест, специализирующимся в области промышленной автоматизации, через дистрибьюторскую компанию Лантри (www.lantree.ru). Сервисный центр Микротест предоставляет сервисную поддержку всей линейки оборудования Phoenix Contact.

[Http://www.microtest.ru](http://www.microtest.ru) [Http://www.phoenixcontact.ru](http://www.phoenixcontact.ru)