

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ВИДОВ ОТКЛОНЕНИЯ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ ОТ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация

В работе обоснована необходимость выявления наличия отклонений в процессе доменной плавки от нормального режима и их оперативного устранения с использованием искусственного интеллекта. Рассмотрен способ, основанный на анализе скрытых неформализованных зависимостей параметров плавки. Разработана структура программного продукта, который реализует функционал по анализу исходного массива данных с использованием искусственных нейронных сетей. Сформулированы задачи для продолжения исследования в данном направлении.

Ключевые слова: доменная печь, диагностика хода доменной плавки, программный продукт, искусственные нейронные сети.

Abstract

This paper describes the need to identify the presence of deviations from normal operation and rapid elimination of it in the blast furnace process. Two approaches to solving this problem are discussed. In this paper, we consider a method based on analysis of hidden dependencies in the source data. In order to investigate the applicability of this approach, software that implements the functional analysis of the original data set using artificial neural networks was developed. Additionally tasks are designated to continue research in this direction.

Keywords: blast furnace, blast furnace running diagnostics, software, artificial neural networks.

Несмотря на информатизацию, развитие вычислительной математики и алгоритмов идентификации, банки сертифицированных (верифицированных) математических моделей остаются слабо заполненными. Это связано с большими интеллектуальными и временными затратами для создания адекватных математических моделей сложных процессов и систем. Традиционные подходы с использованием существующих математических моделей не всегда дают удовлетворительные результаты, так как они часто основываются на известных закономерностях, которые в свою очередь недостаточно хорошо изучены и плохо формализуемы. Составление и решение системы дифференциальных уравнений, описывающих закономерности тепло- и массообмена с учетом кинетики протекающих в объеме доменной печи химических реакций, лежит в основе кинетических моделей доменного процесса. Примени-

тельно к доменному процессу существуют серьезные проблемы при создании и использовании кинетических моделей этого класса.

Прежде всего:

- из-за отсутствия достаточных данных для достоверного описания процессов, протекающих в нижней части доменной печи. Так, нет надежных данных о зависимости скоростей восстановления железа и кремния от температуры, состава шлака и кокса, о коэффициентах теплоотдачи между газом, коксом и жидкими продуктами плавки, не поддается полному математическому описанию время пребывания чугуна и вспенивающегося шлака между горизонтами перехода в жидкое состояние и уровнем фурм;
- из-за проблематичности учета влияния неравномерности распределения компонентов шихты и газа, фракционного состава шихты на ход процессов теплопередачи, восстановления оксидов, газификации углерода и т. п.;
- из-за исключительной сложности решения системы нелинейных уравнений в частных производных при различных граничных и начальных условиях и др.;
- из-за вынужденных существенных упрощений, положенных в основу моделей этого класса. Необходимость предварительного определения кинетических характеристик железорудного сырья и соответствующей параметрической настройки модели для конкретных условий доменной плавки ограничивает их практическую применимость для решения задач текущего анализа, прогноза и управления ходом доменной плавки;
- из-за сложности описания движения шихтовых материалов в доменной печи.

Диагностика состояний процесса с использованием реально имеющейся информации за ограниченный интервал времени на основе математических моделей не всегда возможна и представляется одной из основных проблем математического моделирования доменного процесса. Таким образом, актуальной является задача поиска новых подходов к решению проблемы диагностики хода доменной плавки.

Одним из дополнительных подходов к синтезу подобных систем является подход, основанный на использовании экспертных систем. Экспертные системы представляют собой компьютерные программы, трансформирующие опыт экспертов в какой-либо области знаний в форму эвристических правил. В настоящее время ведутся разработки таких информационно-логических экспертных систем, которые построены с использованием концепции искусственного интеллекта, включают в себя опыт специалистов-доменщиков и создаются для решения проблем диагностики и управления ходом доменной печи, в частности:

- Нормальной работы доменной печи.
- Отклонения от нормального режима доменной плавки, объединенные в три группы:
 - 1) нарушение устойчивости газового потока (периферийный, центральный и канальный газовые потоки);
 - 2) нарушение теплового режима плавки (горячий и холодный ход плавки);
 - 3) нарушение ровного схода шихты в печи (подвисание шихты и тугой ход).

Рациональным подходом к синтезу подобных систем является использование мягких вычислений и математической статистики. Концепция мягких вычислений основана на применении в задачах синтеза методов искусственного интеллекта и нейронных сетей. В соот-

ветствии с данным принципом искусственная нейронная сеть, обучаемая по исходным данным, получаемым с реального объекта, выступает в качестве универсального аппроксиматора и предикатора и используется для описания процессов, протекающих в агрегате. Ключевое отличие состоит в том, чтобы провести анализ собранных данных и выработать решающее правило, которое позволит диагностировать возможное отклонение от нормального режима и его вид, т. е. данный подход предназначен для моделирования зависимостей не на основе имеющихся знаний об этих зависимостях, а на принципах обучения, когда построение модели производится на основании анализа некоторого статистического материала.

Для анализа данных необходимо выбрать подходящий инструмент. Этот инструмент должен быть способен выработать решающее правило, которое будет классифицировать вектор входных параметров, относя его к одному или нескольким классам. За последнее время хорошо зарекомендовал себя подход с использованием искусственных нейронных сетей (ИНС). ИНС представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам. Будучи соединенными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

Для того чтобы создать и обучить нейронную сеть, можно воспользоваться математическими пакетами, такими как Mathlab или Statistica. В сети Интернет существуют и более продвинутые разработки, хотя большинство из них – это начальные реализации нейронных сетей, такие как AForge.Neuro или FANN. Преимущества и недостатки различных реализаций нейросетевых пакетов и библиотек были рассмотрены в более ранних работах. Поэтому, исходя из опыта использования этих средств, вновь выбрана библиотека AForge.Neuro. AForge.NET – это фреймворк на языке C#, предназначенный для разработчиков и исследователей в области искусственного интеллекта – нейронные сети и т. д. Как положительный момент стоит отметить то, что библиотека предоставляет большое количество возможностей по созданию нейронных сетей, но все же является более ориентированной в область компьютерного зрения, содержит функции для работы с изображениями и видео, и даже с Microsoft Kinect.

С точки зрения архитектуры программного продукта следует выделить три основные части.

Первая часть отвечает за хранение и обработку данных. В рамках данной работы была создана база данных для хранения данных, необходимых для обучения ИНС и последующей ее валидации. Массив исходных данных содержит реальные данные по печи №8 ОАО «ММК» за 2013 год. Для хранения используется MS SQL Server 2012, при этом стоит отметить, что СУБД была выбрана исключительно из соображений удобства и доступности на момент разработки и при необходимости может быть заменена на другую.

Вторая часть наибольшее внимание направляет на модуль обработки данных. Эта часть отвечает за создание, настройку, обучение, тестирование и конечное использование нейронной сети. Здесь необходимо уточнить, что при планировании архитектуры нейронной сети существует выбор. Изначально может возникнуть желание, создать единственную сеть, которая бы связывала вектора исходных данных сразу с несколькими выводами. Однако этот путь приведет к усложнению сети, которая, во-первых, будет дольше обучаться и в целом

требовать большее количество ресурсов, а во-вторых, что более важно, поскольку нейронную сеть нельзя отладить как традиционную программу, будет значительно сложнее валидировать и в целом добиться необходимой работоспособности. Поэтому логичный шаг – создание отдельной сети для каждого из видов отклонения. В остальном процесс настройки и обучения остается неизменным. 80 % исходного массива данных представляют собой тренировочный набор, 20 % тестовый. Каждый экземпляр сети имеет трехслойную структуру, с удвоенным количеством нейронов во втором слое по отношению к первому; последний слой состоит из одного нейрона, который на выход подает значение от 0 до 1, характеризующее вероятность заданного вида отклонения.

Последняя, третья часть представляет собой графический интерфейс пользователя, который служит для отображения исходных данных в графическом и табличном виде, а также результатов обработки этих данных. Дополнительно имеется возможность выгрузки этих данных в виде отчетов в формате *xlsx* и *pdf*. Разработка проводилась с использованием среды разработки Visual Studio 2013, технологии WPF и компонентов DevExpress.

На данный момент ведется разработка следующей версии программного продукта, в которой предусмотрено решение следующих задач:

- повысить производительность нейронной сети и точность прогноза, за счет изменения архитектуры сети, принципа подачи данных и увеличения параметров, от которых зависит результат прогноза;
- провести комплексное сравнение и интеграцию с описанным выше программным продуктом, построенном на основе закономерностей, выведенных специалистами-металлургами.

УДК 669-053

А. С. Колесников, В. Г. Голубев, И. А. Стрюковский, Р. М. Кураев

РГП на ПХВ «Южно-казастанский государственный университет
имени М. Ауэзова», г. Шымкент, Казахстан

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СИЛИЦИДОВ ЖЕЛЕЗА С ОДНОВРЕМЕННОЙ ОТГОНКОЙ ЦИНКА В СИСТЕМАХ $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$, $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$

Аннотация

В настоящей работе приведены теоретические результаты термодинамического исследования образования силицидов железа и возгонов цинка из систем $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$ и $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$. Исследования в виде термодинамического моделирования были проведены с помощью многоцелевого программного комплекса «Астра 4» моделирования химических и фазовых равновесий при высоких температурах, основанного на принципе максимума энтропии – фактора, связанного со степенью упорядоченности энергетического состояния микрочастиц, из которых состоит рабочее тело, и разработанного в МВТУ им. Баумана. Термодинамическое моделирование осуществлялось при интервале температуры от 1600