

УДК 621.23

**МЕТОД ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ В
МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕЧЕЙ
РУДНОЙ ЭЛЕКТРОТЕРМИИ**

В. И. Нежурин, к.т.н., доцент

В. Ю. Куваев, старший преподаватель

Национальная металлургическая академия Украины

kuvayev@i.ua

В статье рассматривается теоретическое исследование распределения энергии в рабочем пространстве рудовосстановительной печи.

Vadim Neshurin, Victor Kuvayev. Method of secondary sources in mathematical modeling of electrothermics ore furnace. In the article are discussed theoretical research of distributing energy in working space of electrothermics ore furnace.

Ключевые слова: РУДОВОССТАНОВИТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, МЕТОД ВТОРИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ.

Keywords: ELECTROTHERMICS ORE FURNACE, MATHEMATICAL MODEL, METHOD OF THE SECONDARY SOURCES.

Опыт эксплуатации рудовосстановительных электропечей (РВП) показывает, что поддержание оптимального шихтового, электродного и электрического режимов конкретного технологического процесса является основой достижения максимальной технико-экономической эффективности выплавки сплава.

Данные о распределении активной мощности, плотности тока, потенциалов и температур в объеме рабочего пространства ванны получены в результате инструментальных исследований действующих РВП [1], что дало возможность сформировать картину структуры рабочего пространства ванны.

Авторами решалась задача разработки математической модели распределения плотности тока в сечении самообжигающегося электрода и удельной активной мощности в объеме рабочего пространства ванны РВП по методу вторичных источников в форме интегральных уравнений Фредгольма II рода с привлечением экспериментальных данных действующих печей [2].

С учетом сложившихся представлений о структуре электрода была разработана его математическая модель [2], со следующими допущениями: 1) расчетная часть электрода – цилиндрическое тело длиной от верхней кромки щеки до расплава ванны; 2) щеки заменены сверхпроводящим кольцом ($\gamma_{щ} \gg \gamma_1, \gamma_2$); 3) кожухом электрода пренебрегаем; 4) тело электрода имеет две зоны проводимости $\gamma_1 < \gamma_2$; 5) принимая условие квазистационарности, поверхностным эффектом пренебрегаем. Тогда из условий осевой симметрии рассматривается меридиальное сечение электрода с подводом тока через сверхпроводящий контакт и отводом его через сверхпроводящую ванну расплавленного металла (контактную поверхность «электрод-расплав» реакционной зоны), т.е. расчетная часть электрода представляет проводник произвольной формы с двумя зонами проводимости (γ_1 и γ_2), вводом постоянного тока в обе области через сверхпроводящий контакт и выводом через такой же контакт из одной области.

Математическая модель электрода использовалась при разработке обобщенной модели распределения электрических полей в системе «самообжигающийся электрод - рабочее пространство ванны» РВП [2].

Поскольку структура реакционной зоны рабочего пространства круглой трехэлектродной РВП симметрична оси каждого электрода, исходя из условий осевой симметрии, рассматривалось меридиальное сечение электрода и реакционной зоны с подводом тока через сверхпроводящий контакт электрода, находящегося в неоднородной среде, и отводом через сверхпроводящую ванну сплава.

Алгоритм расчета поля плотности тока и удельной активной мощности в объеме ванны следующий:

1. Рассчитывается распределение вторичных источников на поверхности раздела сред с разной проводимостью $\gamma_1 - \gamma_6$.

2. По распределению вторичных источников рассчитывается напряженность поля в выбранных точках сечения электрода и рабочего пространства печи.

3. Рассчитывается плотность тока (j_i) и удельная активная мощность в выбранных точках рабочего пространства ванны печи $j_i = \gamma_i \cdot E_i$ и $p_i = \gamma_i \cdot E_i^2$ с учетом зон неоднородности.

Модель распределения энергии в рабочем пространстве ванны силикомарганцевой печи типа РКГ-75 разработана для полусферической формы торца электрода и глубины его погружения в ванну печи от 1 до 1,5 м.

Результаты моделирования проверены на адекватность на лабораторной модели ванны печи РКГ-75, где выполнялось соотношение проводимостей зон неоднородности.

Анализ показывает, что значения удельных активных мощностей в выделенных точках, полученные расчетным и экспериментальным путем и представленные в относительных единицах, совпадают с инженерной точностью.

Перспективной является разработка динамической обобщенной модели электропечи, позволяющей в реальном времени определять распределение линий равной активной мощности в объеме ванны в зависимости от глубины погружения электрода и величины подводимого к нему тока.

Литература

1. Кузьменко С.Н., Николенко А.В. Определение параметров и характеристик элементов схем замещения ванн рудовосстановительных электропечей [Текст] / Сталь, 2005. - N12 - С. 35-38.
2. Ольдзиевский С.А., Кравченко В.А., Нежурин В.И., Борисенко И.А. Математическое моделирование электрических полей печей рудной электротермии [Текст]. – М. – Металлургия. – 1990. – 112 с.