

вого положения синхронного двигателя необходимо предусмотреть компенсатор. Стоит отметить, что влияние рассматриваемых насыщений незначительно и в случае использования синхронного двигателя в системах, которым не требуется высокая точность, возможно отсутствие компенсирующего устройства.

Список использованных источников

1. Басков С. Н., Лицин К. В. Высокочастотная инжекция сигналов при бездатчиковом методе определения углового положения ротора // Электронный журнал «Машиностроение». – 2013. № 1. С. 28–34. <http://indust-engineering.ru/>
2. Басков С. Н., Лицин К. В. Принцип векторно-импульсного управления электродвигателями переменного тока // Вестник Южно-Уральского государственного университета «Энергетика». – 2013. – 13 том. №1. – С. 92–95.
3. Adriano Faggion Algorithms and Rotor Designs for the Position Estimation of PM Synchronous motors at Zero and Nonzero Speed. Universiteta degli studi di Padova. 2011.
4. Filho and E. Avolio, "Dynamic Simulation of an Induction Motor Fed from an Isolated Synchronous Generator", Proc. of th Intemational Conference in Electrical Machine, Pisa, Italy, September 12–14, 1988/
5. Levi E. A Unified Approach to main Flux Saturation Modeling in d-q Axis Models of Induction Machines, ibid. 1995. Vol.EC-10(3). Pp. 455–461.
6. Басков С. Н., Лицин К. В., Коньков А. С., Черкас Т. В. Исследование положения вектора потокосцепления ротора при векторно-импульсном пуске // Вестник Южно-Уральского государственного университета "Энергетика" [Текст] / ФГБОУ ВПУ "ЮУрГУ" (НИИ). – Челябинск: Издат.центр ЮУрГУ. – 2012. – Вып.18. – №37 (296). – ISSN 1990–8512. С. 68–72.
7. Al-bahooth M. A. Analysis of Transient Phenomena Associated with Saturated Three Phase Induction Motor. Msc thesis, King Saud University, Saudia Arabia, 1999.

УДК 669-042

А. В. Лозович, С. О. Джимо

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ПЕРИФЕРИЙНОЙ ЗОНЕ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация

Целью выполненного исследования являлась разработка методов моделирования теплообмена в периферийной зоне доменной печи. Модель позволяет оценить влияние рудной нагрузки, гранулометрического состава железорудных материалов на развитие процессов теплообмена и восстановительной работы газового потока периферийной зоны доменной печи.

Ключевые слова: доменная печь, периферийная зона, теплообмен, рудная нагрузка, косвенное восстановление

Abstract

The purpose of this research was to develop methods of modeling of heat transfer in the peripheral zone of blast furnace. The model allows to estimate the influence of ore load, size distribution of iron materials on development of heat transfer processes and recovery work of the gas flow in blast furnace.

Keywords: blast furnace, peripheral zone, heat transfer, ore load, indirect reduction

На основе закономерностей теплообмена [1–3] и газодинамики разработана математическая модель оценки влияния рудной нагрузки, гранулометрического состава железорудных материалов на развитие процессов теплообмена и восстановительной работы газового потока периферийной зоны доменной печи.

Разработанная модель ориентирована на учет влияния гранулометрического состава железорудных материалов и рудной нагрузки в периферийной зоне печи на высоту верхней ступени теплообмена и степень косвенного восстановления.

В основе модели положены физические закономерности, описываемые следующими уравнениями.

Изменение количества газов рассчитывается по уравнению:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{h}{d_3} \cdot \frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \frac{T}{T_0} \cdot \frac{P_0}{P} \cdot \frac{\rho_0 \cdot w_0^2}{2}, \quad (1)$$

где λ – коэффициент сопротивления; d_3 – эквивалентный диаметр кусков шихты, м; ε – порозность, м³; T – температура, К; P – давление, Па; ρ_0 – плотность газа, кг/м³; w_0 – скорость газового потока при нормальных условиях.

Эквивалентный диаметр куска шихтовых материалов рассчитывался по уравнению:

$$d_3 = \frac{1}{\sum g_i / d_i}. \quad (2)$$

Расчет высоты верхней зоны теплообмена производится по следующему уравнению:

$$H_{в.ст.} = \frac{3 \cdot W_{ш} \cdot c_{каж} \cdot \rho_{нас}}{\alpha_v \cdot \left(1 - \frac{W_{ш}}{W_г}\right)}, \quad (3)$$

где $W_{ш}$ – теплоемкость потока шихтовых материалов; $W_{г}$ – теплоемкость газового потока; $c_{каж}$ – кажущаяся теплоемкость шихтовых материалов; $\rho_{нас}$ – насыпная масса шихты; α_v – коэффициент теплопередачи от газового потока к потоку шихтовых материалов в верхней ступени теплообмена.

Расчет степени косвенного восстановления производится по уравнению:

$$R_i = \frac{V_{C\Sigma} \eta_{CO} + V_{H\Sigma} \eta_{H_2}}{2P\delta}, \quad (4)$$

где η_{CO} , η_{H_2} – степень использования CO и H₂ соответственно; $V_{C\Sigma}$, $V_{H\Sigma}$ – суммарное количество углерода и водорода, поступающих в печь с дутьем соответственно, м³/ч; P – производительность доменной печи, т/час; δ – удельное количество газифицированного кислорода на 1 тонну чугуна, м³/т.

Изменение температуры газового потока рассчитывается по уравнению:

$$\Delta t_G = \Delta m \cdot (t_{ш0} - t_{шк}), \quad (5)$$

где Δm – изменение отношения теплоемкостей шихтового и газового потоков; $t_{ш0}$ – температура шихтовых материалов, К; $t_{шк}$ – температура шихтовых материалов на колошнике, К.

Сравнение изменений параметров производилось относительно работы при рудной нагрузке, равной 2 т/т. Полученные результаты представлены на рис. 1–3.

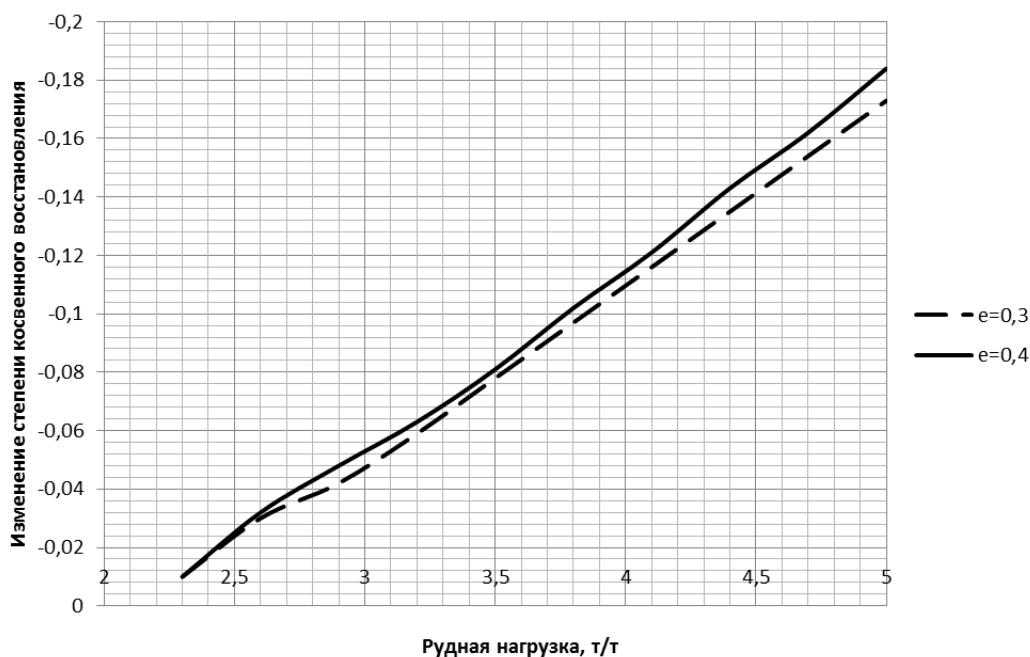


Рис. 1. Зависимость изменения степени косвенного восстановления от рудной нагрузки при разной порозности

Алгоритм моделирования влияния изменения рудной нагрузки и гранулометрического состава железорудных материалов реализован следующими вычислениями.

1. По информации о работе лотка засыпного аппарата за цикл загрузки рассчитывается рудная нагрузка в периферийной зоне печи [4].

2. По известной зависимости [5] определяется порозность как в кольцевом сечении, так и в среднем для всего сечения шахты.

3. Принимая допущение о том, что количество газов в периферийной зоне обратно пропорционально отношению породностей в среднем по печи и в периферийной зоне, рассчитываем с использованием уравнения Эргона расход газов.

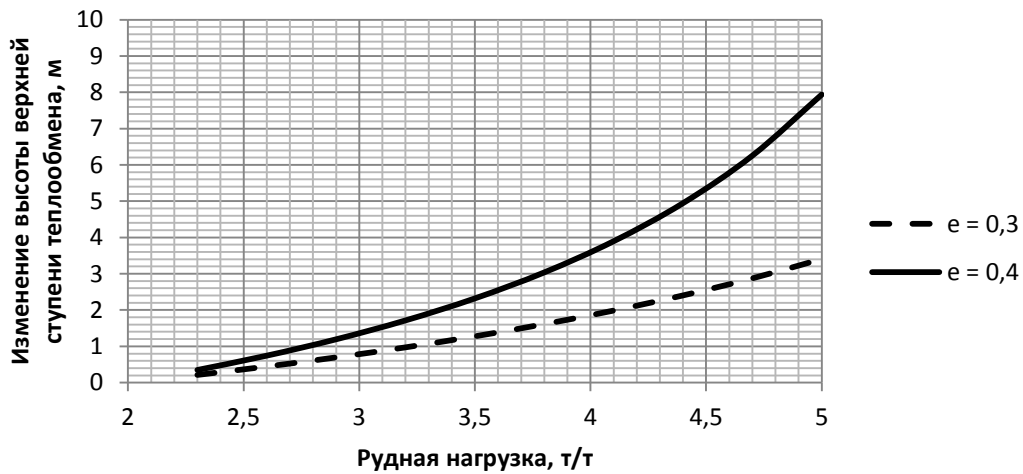


Рис. 2. Зависимость изменения высоты верхней ступени теплообмена от рудной нагрузки при разной порозности



Рис. 3. Изменение скорости восстановления шихтовых материалов и количества газового потока от гранулометрического состава

4. При известном составе газов и рудной нагрузке в периферийной зоне печи находим степень косвенного восстановления, отношение теплоемкостей потоков шихты и газов, высоту верхней зоны печи.

5. Задаваясь изменением рудной нагрузки и гранулометрического состава железорудных материалов, определяем изменение количества газа восстановителя и скорость восстановления железорудных материалов.

6. Задаваясь изменением гранулометрического состава по модели сжимающейся сферы, рассчитываем изменение скорости восстановления частиц слоя. При этом эквивалентный радиус частиц определяется из уравнения (2).

Выводы:

- 1) Разработанная модель теплообмена позволяет оценить тепловое состояние и управлять рудной нагрузкой в периферийной зоне доменной печи.
- 2) Снижение температуры газов в периферийной зоне печи сопровождается снижением степени косвенного восстановления.
- 3) Повышение рудной нагрузки в периферийной зоне доменной печи приводит к увеличению высоты верхней зоны печи и снижению степени косвенного восстановления.
- 4) Увеличение протяженности верхней зоны печи сопровождается повышением тепловых нагрузок в нижней части шахты из-за того, что реакции с выделением тепла смещаются вниз шахты.
- 5) Наличие в агломерате фракции «+ 40» мм сопровождается снижением порозности рудной части шихты и скорости восстановления оксидов железа.
- 6) Наиболее эффективное управление тепловой и восстановительной работой периферийной зоны доменной печи достигается при агломерате фракции 5–25 мм.

Список использованных источников

1. Вегман Е. Ф. Доменное производство : справ. изд-е. В 2 т. Т. 1. Подготовка руд и доменный процесс / под ред. Вегмана Е. Ф. М.: Metallurgia, 1989. 486 с.
2. Китаев Б. И., Ярошенко Ю. Г., Суханов Е. Л. и др. Теплотехника доменного процесса. М.: Metallurgia, 1978. 248 с.
3. Jimoh S. O., Pyhteeva C. B., Zagaynov S. A. Analysis of the characteristics of the blast furnace peripheral zone // International journal of scientific & technology research. September 2013. Volume 2. Issue 9. P. 125–128.
4. Пыхтеева К. Б., Загайнов С. А., Филатов С. В., Филиппов В. В., Тлеугабулов Б. С. Оптимизация загрузки многокомпонентной шихты с использованием БЗУ // Сталь. 2010. № 4. С. 23–24.
5. Ковшов В. Н., Палаганов А. И., Остяков В. Г. и др. Исследование порозности многокомпонентных шихт // Metallurgia и коксохимия. 1977. – Вып. 53. – С. 34–37.

УДК 669-5

А. А. Мицкевич

ФГБОУ ВПО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

НЕПРЕРЫВНОЕ ДОЗИРОВАНИЕ КРАСИТЕЛЯ В ЗАКРЫТЫХ СИСТЕМАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Аннотация

Одним из действенных способов повышения энергоэффективности систем теплоснабжения является снижение утечек теплофикационной воды через неплотные соединения и аварийные прорывы, а также уменьшение ее несанкционированного водоразбора (хищений) потребителями. Для решения обозначенной проблемы в нормативно-технической доку-