

Секция
СОВРЕМЕННЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ
ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Н. А. Циватая, Д. Н. Тогобицкая
ИЧМ им. З.И. Некрасова НАН Украины,
г. Днепропетровск, Украина
isi-ofhp@mail.ru

ОЦЕНКА ЩЕЛОЧНОЙ ЕМКОСТИ ДОМЕННОГО ШЛАКА

Изложен опыт и представлены физико-химические модели прогнозирования щелочной емкости доменного шлака на основе параметров межатомного взаимодействия.

Ключевые слова: доменный шлак, параметры межатомного взаимодействия, щелочная емкость, прогнозирование.

Describes the experience and presents the physico-chemical model predicting the alkaline capacity blast furnace slag based on the parameters of the interatomic interaction.

Keywords: blast furnace slag, the parameters of the interatomic interaction, alkaline capacity, forecasting.

Нерегламентированное поступление щелочных металлов в доменные печи, связанное с использованием в составе доменной шихты вторичных материалов различных металлургических переделов, создает проблему «щелочной агрессии», которая не позволяет оперативно изменять режим доменной плавки во избежание потерь производства и перерасхода кокса. Окислы щелочных металлов обладают свойством накапливаться в доменной печи, циркулируя в рабочем пространстве, особенно в диапазоне температур 800–1100 °С [1].

Для сведения к минимуму отрицательных воздействий круговорота щелочей теоретически имеются две возможности: уменьшение внесения щелочей в печь, насколько это возможно, а также увеличение выхода щелочей в доменный шлак и колошниковый газ. Доменный шлак является основным носителем щелочей, удаляемых из доменной печи. Поэтому особо актуальными являются исследования, направленные на поиски эффективных технологических методов вывода щелочных соединений из печи со шлаком и при этом обеспечение ровного хода печи, нормального теплового состояния горна и получение кондиционного по сере чугуна в соответствии с действующими техническими условиями. Получение данных о доле участия отдельных компонентов шлака позволит рассмот-

реть качественную и количественную стороны процессов абсорбции и десорбции шлаком щелочных оксидов.

С целью получения данных о влиянии компонентов шлака на содержание в нем щелочей, исследованы конечные шлаки трех доменных печей с объемом 2000 (А), 3000 (Б) и 5500 (В) м³, работающие в различных сырьевых и технологических условиях. Результаты статистического анализа свидетельствуют, что в зависимости от условий плавки в шлак может переходить от 0,65 до 2,1 % щелочей.

Учет влияния всех составляющих шлака, выявление областей устойчивости содержания в нем щелочей, а также определение условий повышенного удаления щелочей возможно за счет использования физико-химических параметров теории направленной химической связи [2], которые позволяют учесть механизм влияния компонентов шлака на абсорбцию щелочей на уровне межатомных связей. Использование модельных параметров теории направленной химической связи в качестве «свертки» информации о составе позволяет количественно описать влияние химического состава доменного шлака на содержание в нем щелочей с привлечением современных математических методов анализа и обобщения больших массивов экспериментальных данных.

С целью определения щелочной емкости доменного шлака рассчитаны параметры межатомного взаимодействия с помощью системы «Шлак» [3] для щелочесодержащего шлака без учета в нем щелочей.

Из графических зависимостей (рис. 1) следует, что повышение содержания окиси калия в шлаковом расплаве увеличивает показатель стехиометрии (ρ) и количество электронов, локализуемых в направлении связи катион-анион (Δe), а также нарушает равновесие катионной подрешетки (ΔZm).

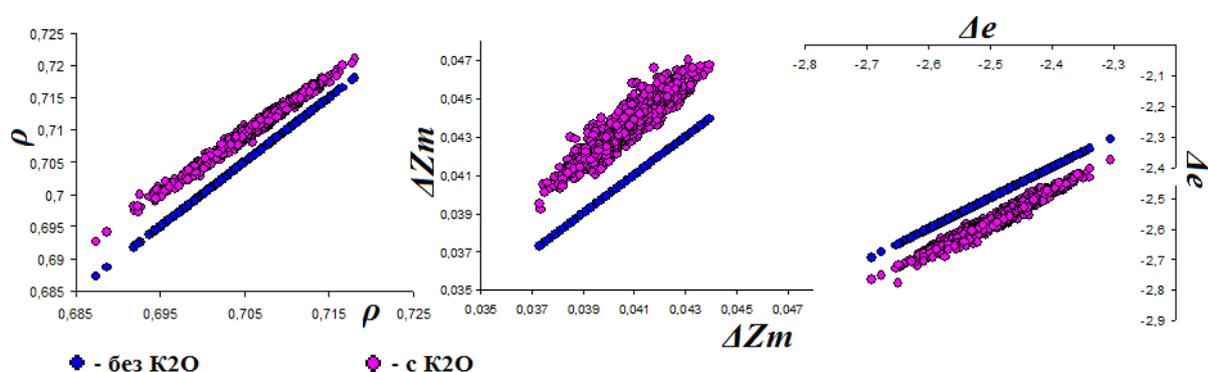


Рис. 1. Влияние содержания щелочей в шлаке на значение параметров ρ , ΔZm и Δe

На основании корреляционно-регрессионного анализа получено эмпирическое уравнение для прогнозирования щелочной емкости доменного шлака на основе параметров межатомного взаимодействия:

$$\%R_2O = 11,81 - 15,67 \cdot \rho + 0,56 \cdot \Delta e + 34,13 \cdot \Delta Zm$$

CaO и MgO имеют схожий с щелочными оксидами характер взаимосвязи с параметрами ρ и Δe , а остальные компоненты шлака – обратный. Такой характер связи говорит о схожести поведения K_2O , Na_2O , CaO и MgO в шлаковом расплаве. Можно предположить, что компоненты шлака, которые имеют обратную связь с параметрами физико-химического взаимодействия, являются синергистами K_2O , Na_2O , CaO и MgO, т. е. связывают эти элементы и удерживают их в шлаке. В свою очередь K_2O , Na_2O , CaO и MgO являются элементами антагонистами, то есть поступление одного оксида в шлак затрудняет поступление другого оксида. Это связано с образованием тугоплавких соединений, а поскольку CaO и MgO имеют большее сродство к SiO_2 , чем K_2O и Na_2O , то связывание щелочных оксидов окисью кремния затрудняется.

С параметром Dzm окись кальция и магния имеет обратную связь, в отличие от остальных компонентов, которые связаны с ним прямой зависимостью. Это говорит о том, что увеличение содержания магния и кальция в шлаке создает благоприятные условия, обеспечивающие стабильность катионной подрешетки, так как имеют устойчивую гранцентрированную кубическую решетку [4].

Вследствие увеличения количества анионов в шлаке способность кремния к комплексообразованию увеличивается, за счет уменьшения энергии связи $O:Si$, а за счет снижения количества электронов локализованных в связи катион-анион поверхностное натяжение расплава снижается, и катионы калия легче абсорбируются шлаком. Следовательно, элементы шлакового расплава, которые уменьшают (ρ) и Δe , создают благоприятные условия для абсорбции шлаковым расплавом оксидов щелочных металлов.

Кремнезем переходит в шлак в виде устойчивых кремнекислородных группировок, характеризующихся различным полимеризационным числом [5]. Эти группировки окружены ионами калия, кальция, натрия, магния, железа и другими, стремящимися отобрать ковалентно связанные ионы кислорода и образовать с ними свои координационные полиэдры. Под воздействием ионных сил полимерные цепи Si-O-Si последовательно разрываются, и в расплаве образуются комплексные соединения Si-O-Me.

Чем больше энергия связи катион-кислород, тем больше кислородных ионов остается связанными с металлом и соответственно с кремнием и другими катионами комплексообразователями, и наоборот, незначительная величина энергии взаимодействия единичной связи катион-кислород вызывает переход ионов кислорода к катионам-комплексообразователям, то есть образование комплексов. Титан в шлаке имеет схожее с кремнием поведение. Поэтому чем больше в шлаке кремния и титана, тем больше щелочей сможет перейти в шлак.

Поскольку энергия связи катион-кислород у калия и натрия больше чем у кальция и магния то легче будут разрываться связи Mg-O и Ca-O, поэтому они являются более сильными катионами комплексообразователями чем калий и натрий. Следовательно, чем больше в шлаке окиси кальция и магния, тем меньше калия и натрия перейдет в шлак.

Окись марганца и железа уменьшают количество электронов локализуемых в связи катион-анион, следовательно, уменьшают поверхностное натяжение расплава и тем самым облегчают попадание в шлак калия и натрия, так как для перехода щелочей в шлак требуются минимальные значения параметра Δe .

Таким образом, уравнения, полученные на основе параметров межатомного взаимодействия, позволяют выполнить оценку щелочной емкости шлакового расплава и повысить эффективность принятия управляющих воздействий при оптимизации шлакового режима доменной плавки, а также производить контроль за поступлением щелочей в доменные печи.

Список литературы

1. *Гладков Н. А.* Влияние щелочей на процесс доменной плавки / Н. А. Гладков, С. А. Николаев, Л. Г. Будник // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. 2004. № 2. С. 12–14.
2. *Приходько Э. В.* Теоретические основы физико-химических моделей структуры многокомпонентных материалов. / Э. В. Приходько // *Изв. АН СССР. Металлы*. 1991. № 6. С. 208–214.
3. *Тогобицкая Д. Н.* Физико-химические основы создания системы контроля и управления шлаковым режимом доменной в изменяющихся шихтовых и технологических условиях / Д. Н. Тогобицкая, А. Ф. Хамхотько, А. И. Белькова, П. И. Оторвин // *Теория и практика производства чугуна : материалы МНТК, посвящ. 70-летию КГГМК «Криворожсталь»*. Кривой Рог, 2004. С. 504–508.
4. *Циватая Н. А.* Прогнозирование свойств щелочесодержащих доменных шлаков на основе параметров межатомного взаимодействия / Н. А. Циватая, Д. Н. Тогобицкая, Н. А. Гладков // *Металлургические процессы и оборудование*. 2014. № 1 (35). С. 19–26
5. *Физическая химия силикатов* / под. ред. А. А. Пашенко. Киев: Вища школа, 1977. 383 с.