

женных зон: периферии, переходной зоны и центральной части, различающихся по минералогическому составу и структуре.

Окатыши характеризуются высокой пористостью, что в условиях высокотемпературной обработки в доменной печи приведет к интенсификации процессов восстановления оксидов железа.

На основании проведенного минералогического анализа можно сделать следующие выводы:

- при определенных условиях температурно-тепловой обработки возможно сохранить определенное количество углерода в структуре окатыша, что характеризует его, как самовосстанавливающийся железосодержащий окускованный продукт;

- выгорание углерода и использование его восстановительного потенциала происходит зонально. Это определяется распределением углерода по сечению образца. Центральная часть содержит 21,1% по объему, а в переходной зоне сосредоточено 10,1% остаточного углерода. В периферийной зоне топливо отсутствует.

Длительность термообработки рудугольных окатышей и связанная с ней степень окисления углерода определяются достижением заданных температур в нижнем слое окатышей, обусловленных уровнем максимальных температур в горне и скоростью фильтрации теплоносителя. Сократить продолжительность термообработки можно снижением высоты слоя, увеличением скорости фильтрации газа-теплоносителя.

Для сохранения остаточного углерода необходимо стремиться также к увеличению диаметра окатышей, содержания углерода в них и снижению кислорода в газовой фазе.

УДК 621.74

Д. А. Ковалев, Н. Д. Ванюкова

Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО УГЛЕРОДА В ОКАТЫШАХ В УСЛОВИЯХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ

Возросшие потребности всех отраслей народного хозяйства в металлопродукции в последние годы поставили перед металлургами задачи по повышению объема производства металла и улучшению его служебных свойств. В значительной степени решение этой задачи сдерживается повышенным расходом кокса на вылавку чугуна в доменной печи и связанные с этим проблемы качества металла и экологической обстановки. Анализ многочисленных публикаций свидетельствует, что выполненные исследования направлены на совершенствование уже известных энергосберегающих технологий, в частности, вдувание пылеугольного топлива, повышение содержания железа в концентрате, улучшение гранулометрического состава агломерата и окатышей. Каждое техническое решение, научный поиск в области снижения расхода кокса на выплавку чугуна позволяет решить на определенном уровне задачу энергосбережения в металлургии. Установлен предельный расход кокса с учетом научно-технических достижений в доменном производстве.

Расход кокса в значительной мере, как уже отмечалось, регламентируется технологией доменной плавки, составом и свойствами окускованного сырья. В процессе подготовки металлургического сырья к доменной плавке не всегда удается получить гарантированные показатели качества, обеспечивающие низкий расход кокса.

Выполненные в различные годы теоретические и экспериментальные исследования по использованию в доменной плавке металлизированных железорудных материалов с различной степенью металлизации (вплоть до 100%) позволили сделать вывод о возможности их эффективного применения. В ряде работ отечественных и зарубежных авторов отмечалось, что достигаемая при этом экономия кокса составляет от 4 до 8 %, а рост производительности доменной печи – от 1,5 до 10 % на каждые 10 % металлизации шихты. В свое время эти данные обобщил и проанализировал А.Н.Рамм.

Основным фактором, препятствующим до настоящего времени широкому использованию в доменной плавке металлизированных материалов, является достаточно высокая их стоимость, и, как следствие - экономическая нецелесообразность их применения. Это обусловлено, прежде всего, высокими энергетическими затратами, характерными для известных процессов твердо- и жидкофазного восстановления.

Альтернативным решением, заслуживающим дальнейшего развития,

может быть загрузка в доменную печь окискованных материалов, содержащих остаточный углерод. В большей степени это относится к железорудным окатышам, произведенным с добавкой твердого топлива. В этих окатышах остаточный углерод сосредоточен, в основном, в центральной зоне.

Моделирование и анализ поведения железорудных материалов с остаточным углеродом, в частности окатышей, при восстановительно-тепловой обработке в доменной печи, показывают их очевидные преимущества. В верхней части шахты доменной печи эти материалы, обладая достаточно развитой поверхностью, интенсивно восстанавливаются. По мере их опускания и нагрева до температур около 900° получают развитие процессы восстановления за счет «собственного» углерода, в то время как восстановление обычных окисленных материалов в тех же условиях останавливается на стадии вюстита.

Одновременное восстановление оксидов железа твердым углеродом и восстановительным газом называется комплексным восстановлением. Кинетика комплексного восстановления и доли участия в нем различных газов и углерода определяются температурой, составом газа, реакционной способностью и содержанием углерода, степенью совершенства контакта углерода и оксидов железа, а также минералогическим составом.

Проведены сравнительные исследования окатышей с остаточным углеродом и окисленных окатышей. Преимущество углеродсодержащих окатышей по сравнению с окисленными заключается в их более высокой степени восстановления и металлизации. Так при испытаниях по ДСТУ 3202-95 степень восстановления возросла на 13,49%, а степень металлизации на 19,42% при степени использования углерода 67%. Аналогичные результаты получены и при испытании по ДСТУ 3205-95, где при полном использовании углерода степень восстановления возросла на 5,56%, а степень металлизации на 10,22%. Улучшению этих показателей способствовали увеличение содержания углерода и пористости. Дополнительными экспериментами установлено, что при увеличении пористости и содержания углерода на 1%, степень комплексного восстановления увеличивается на 0,84% и 7,87% соответственно. Это вдвое снизило выход первичного шлака с 17% до 9%, а также значительно улучшило высокотемпературные характеристики опытных окатышей. Результаты испытаний показали, что температуры начала образования жидкости и формирования первичного шлака поднялись на 600°C , а температура капельного течения и образования жидкости на 40°C .

УДК 621.74

Д. А. Ковалёв, Н. Д. Ванюкова, А. Ю. Худяков, М. Н. Бойко
Национальная металлургическая академия Украины, Днепропетровск

АНАЛИЗ РАБОТЫ ОБЖИГОВОЙ МАШИНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЖИМА ИНТЕНСИВНОЙ СУШКИ

С помощью динамической математической модели обжига железорудных окатышей, проведено исследование по отработке эффективного высокотемпературного режима сушки, осуществлено сравнение особенностей и результатов работы зоны сушки в базовом и опытном высокотемпературном режимах. Анализировали влияние режима сушки на прочность окатышей, содержание FeO, распределение температур по высоте слоя и производительность обжиговой машины. В качестве объекта для исследований была выбрана обжиговая машина ОК-1-520, как наиболее современная из используемых в настоящее время и отвечающая большинству требований, которые предъявляются к обжиговым агрегатам конвейерного типа.

Используемая для исследования динамическая математическая модель, основана на описании реальных физико-химических и тепловых механизмов, вовлеченных в процесс обжига окатышей. Превращения в этой системе анализируются из позиций кинетики, основанной на кинетических уравнениях. Для общего случая топохимического реагирования модель массопереноса включает химическое взаимодействие и диффузию газового компонента в пограничной пленке и через пористый слой продукта реагирования.

В общем виде модель представлена следующей системой уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{H_2O} \rho_{ок} (1-\xi) \frac{\partial W_{H_2O}}{\partial \tau} - \alpha_v (t_{ок} - t_{исп}), \\ \rho_{ок} (1-\xi) C_{ок} \frac{\partial t_{ок}}{\partial \tau} - \alpha_v (t_2 - t_{ок}) + Q_1 - Q_2 + Q_3, \\ \rho_2 C_2 W_2 \frac{\partial t_2}{\partial x} = - \alpha_v (t_{ок} - t_2) \end{array} \right. \quad (1)$$

где: $\rho_{ок}$ - плотность концентрата; ξ - пористость слоя окатышей; $t_{ок}$ - температура обжиги; τ - время; α_v - коэффициент теплопроводности (от газа к окатышам); t_2 - температура газа; Q_1 - теплота окисления магнетита; Q_2 - теплота разложения известняка; Q_3 - теплота окисления углерода.

Для описания физико-химических процессов окисления магнетита, окисления углерода, диссоциации известняка применяются соответствующие частные модели этих процессов.