

Тому остаточний висновок про доцільність використання технологічного кисню для нагрівання доменного дуття можна робити лише після аналізу паливно-енергетичного балансу підприємства та його цінової політики на вторинні енергоресурси та технологічний кисень.

Список літератури

1. Грес Л. П. Высокоэффективный нагрев доменного дутья : монография. – Днепропетровск : Пороги, 2008. – 492 с.
2. Использование кислорода и обогащенного кислородом воздуха в нагревательных печах, колодцах, стендах разогрева сталеразливочных ковшей / Карп И. Н. Зайвий А. Н., Марцевой Е. П., Пьяных К. Е. // Энерготехнологии и ресурсосбережение. – 2012. – № 3. – С. 18–29.

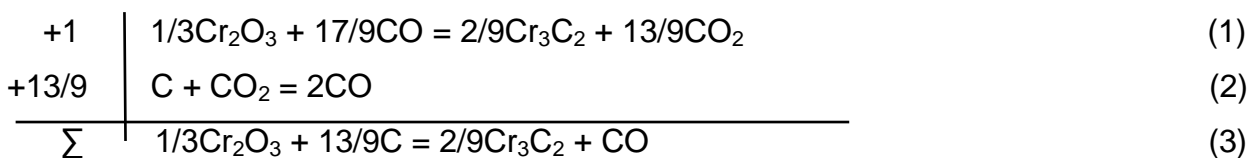
УДК 669.094.22:669.26

А. М. Гришин, А. А. Надточий

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепр

ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТВЕРДОФАЗНОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ Cr_2O_3 УГЛЕРОДОМ

Ранее нами было показано, что определяющую роль в механизме углеродотермического восстановления Cr_2O_3 при умеренных температурах, исключая расплавление шихты, играет газовая фаза $\text{CO} - \text{CO}_2$ [1,2]. Процесс с достаточной степенью точности описывается двухзвенной схемой А.А. Байкова и применительно к превращению $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{Cr}_3\text{C}_2$ может быть представлен совокупностью реакций:



Реакции (1), (2) являются гетерогенными и им присущи особенности, характерные для взаимодействия "твердое тело - газ", определяемые закономерностями диффузионного газообмена и адсорбционно-химических процессов.

При использовании дисперсных шихтовых материалов (как это имело место в настоящей работе) газообмен протекает чрезвычайно быстро. Так, скорость межзеренной диффузии $U_{\text{межз.}}$ можно описать уравнением:

$$U_{\text{межз.}} = 4\pi \cdot r^2 \cdot K_r \cdot \Delta C, \quad (4)$$

где: r – радиус сферической частицы; K_r – коэффициент масс передачи; ΔC – разность концентраций газа у поверхности рудной и углеродистой частицы.

Для расчета примем: $r = 17,5$ мкм, шихтовая смесь содержит $1,25$ г Cr_2O_3 и $0,3$ г графита, температура 1573K . Используя литературные данные по коэффициентам массопередачи и взаимодиффузии в бинарной смеси $\text{CO} - \text{CO}_2$, а также принимая равновесную концентрацию CO_2 в реакциях (1) и (2) согласно термодинамическим сведениям [3] $0,1793$ и $0,0285\%$ соответственно, было показано, что общий объем CO_2 , доставляемого к поверхности графита, составляет 872 см³/мин, что может газифицировать 467 мг/мин углерода. В то же время максимальная скорость газификации графита в ходе восстановления Cr_2O_3 при 1573K не превышает 20 мг/мин. Это позволяет утверждать, что межзеренный газообмен не лимитирует скорость процесса.

Для оценки скоростных возможностей внутризеренной диффузии примем, что удельный объем пор частичек графита $\varepsilon = 0,05$, а коэффициент их извилистости $q = 2,6$. тогда величина эффективного коэффициента диффузии составила $7,639 \cdot 10^{-2}$ см²/с. Количество CO_2 , проникшего вглубь одной частицы графита, определяется по

$$\text{уравнению: } V_{\text{диф.}} = D_e \cdot S \cdot \frac{\Delta C}{X} = D_e \cdot S \cdot \frac{\Delta P_{\text{CO}_2}}{R \cdot T}, \text{ где } \Delta P = (P_{\text{CO}_2})_{\text{пов.}} - (P_{\text{CO}_2})_{\text{равн.}}$$

При 1573K и $P_{\Sigma} = 1$ получим значение $V_{\text{диф.}} = 1,767 \cdot 10^{-11}$ моль/с. Количество CO_2 , поступающего внутрь частицы $S_{\text{ТВ}}$ за 1 мин. составит $2,374 \cdot 10^{-5}$ см³/мин, что позволит газифицировать $80,94$ мг/мин. Эта величина в несколько раз больше фактически наблюдаемой скорости реакции (2) в ходе восстановления Cr_2O_3 графитом. Следовательно, внутридиффузионный газообмен также не может определять кинетические закономерности процесса. Такая роль принадлежит кристаллохимическим превращениям Cr_2O_3 в ходе реакций (1) и адсорбционно-химическим взаимодействиям в реакции (2).

Одним из наиболее эффективных путей влияния на развитие адсорбционно-химических процессов могут служить химико-каталитические воздействия на реагирующую систему. Наиболее часто реализуется это путем ввода в шихту малых добавок солей щелочных металлов. Применительно к восстановлению Cr_2O_3 и Cr_2FeO_4 соответствующие исследования были проведены в ряде работ [4]. В них установлено, что небольшие количества соединений щелочных металлов (до 3% по массе) значительно ускоряют процесс. Позитивный эффект имел место как при восстанов-

лении водородом, так и в случае углеродотермического восстановления хрома из оксидных систем.

Список литературы

1. V.K. Simonov, A.M. Grishin. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon Part 1 Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes, Vol. 2013, № 6. 2013 С. 425-429.

2. Симонов В.К., Золотарева В.В. и др. О механизме твердофазного восстановления Cr_2O_3 углеродом. – Теория и практика металлургии. – 1998. – №2. – С. 17-20.

3. Казачков Е.А. Расчеты по теории металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1988. – 288 с.

4. Топорищев Г.А., Волков В.С., Гетманчук В.М. Влияние примесей на кинетику восстановления окиси хрома углеродом // Восстановительные процессы в производстве ферросплавов. – М.: Наука, 1977. – С.129-132.

УДК 669.1 : 504.1

О. Л. Дан

Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II, Stalowa Wola

ПРОБЛЕМИ УТИЛІЗАЦІЇ ШЛАКОВИХ ВІДХОДІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Металургійні шлаки – побічний продукт або відхід від виробництва металу, який відправляється у відвал після очищення від залишків цінних компонентів.

Основна частина шлаку може бути успішно використана в будівництві (наприклад, доріг). Одним з потенційних великих споживачів металургійних шлаків може бути гідротехнічне будівництво, насамперед морське. Шлаковий щебінь можна використовувати як заміну природного гранітного щебеню під час спорудження дамб, причалів, зміцнення узбережжя, одночасно значно знижуючи витрати на будівництво [1]. Впровадження технологій рециклінгу шлаків є затратним і трудомістким проце-