Перелік використаних джерел

1. Курпе О. Розвиток наукових основ термомеханічної прокатки плоскої металопродукції з отриманням підвищенного рівня механічних властивостей : дис. … д-ра техн. наук : 05.03.05. Маріуполь, 2020. 534 с.
2. Mazur V.L., Nogovitsyn O.V. Theory and Technology of Sheet Rolling: Numerical Analysis and Applications. CRC Press, 2018. 494 p.

DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-6

PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CARBIDOTHERMAL RECOVERY OF CHROMITE AND MAGNETITE CONCENTRATES

ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КАРБІДОТЕРМІЧНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ХРОМІТОВОГО ТА МАГНЕТИТОВОГО КОНЦЕНТРАТІВ

Hryshyn O.M.
PhD (Engineering), Associate Professor, Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine

Гришин О.М.
к.т.н., доцент, Український державний університет науки та технології, м. Дніпро, Україна

Nadtochii A.A.
PhD (Engineering), Associate Professor, Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine

Надточій А.А.
к.т.н., доцент, Український державний університет науки та технології, м. Дніпро, Україна

Petrenko V.O.
DSc (Engineering), Professor, Ukrainian State University of Science and Technology, Dnipro, Ukraine

Петренко В.О.
д.т.н., професор, Український державний університет науки та технології, м. Дніпро, Україна

Одержання залізохромистих губчастих лігатур шляхом твердофазного відновлення складної шихти за участю карбідної фази є актуальним напрямом, що відкриває можливості значно економити матеріальні та енергетичні ресурси. Можливість використання в якості

твердого відновника складних карбідів розглядалася у роботі [1]. Разом з тим, представляє також інтерес комплексного відновлення хромовмісної шихти за участю синтез-газу [2]. При використанні багатокомпонентної шихти, що складається з різних за властивостями оксидів і концентратів, необхідно детальний фізико-хімічний аналіз такої системи, що дозволить оптимізувати умови процесу відновлення.

Процес спільного відновлення магнетитового та хромітового концентратів має складні фізико-хімічні закономірності, що обумовлені взаємним впливом двох систем. Для розробки та оптимізації технологічної схеми такого процесу необхідна інформація про термодинамічні та кінетичні закономірності його реалізації. Виходячи з цього, на першому етапі досліджень використано два основні мінерали хромітового та магнетитового концентратів – $Fe(CrO_2)_2$ та Fe_3O_4. В якості відновника використані Cr_3C_2 самостійно, а також в потоці газів ($Cr_3C_2 + H_2$) і ($CH_4 + H_2O + Cr_3C_2$).

Спільне відновлення $Fe(CrO_2)_2$ та Fe_3O_4 за участю вуглецю карбіду Cr_3C_2 залежно від O/C та температури може бути реалізовано за двома варіантами: перший варіант реалізується при температурах, що не перевищують температуру початку відновлення Cr_2O_3 за участю карбіду Cr_3C_2 , тобто ~1560 К, і може описуватись реакцією

$$Fe(CrO_2)_2 + Fe_3O_4 + 10/13Cr_3C_2 = 4Fe + 28/13Cr_2O_3 + 20/13CO.$$

При температурах >1560 К спільне відновлення може протікати за реакцією $Fe(CrO_2)_2 + Fe_3O_4 + 62/5\ Cr_3C_2 = 4Fe + 28/5Cr_7C_3 + 8CO$.

Враховуючи послідовне відновлення оксидів заліза та припускаючи, що на завершальному етапі відновлення магнетиту (FeO→Fe) включається реакція відновлення заліза з хроміту, процес може протікати за реакцією

$$Fe(CrO_2)_2 + 3FeO + 8/13Cr_3C_2 = 4Fe + 25/13Cr_2O_3 + 16/13CO.$$

На етапі відновлення оксиду хрому Cr_3C_2 можлива реакція з утворенням Cr_7C_3. У процесі відновлення оксиду хрому за участю карбіду та/або монооксиду вуглецю атоми хрому, що утворилися, можуть розчинятися в залізі, термодинамічно полегшуючи процес відновлення і знижуючи вміст вуглецю в кінцевому продукті.

Розрахунок температури початку відновлення, а також рівноважного складу газової фази, для деяких реакцій виконано за методиками, наведеними в [3, 4]. Наведені у цих роботах значення $T_{поч}$ дозволяють підтвердити припущення про роздільне відновлення $Fe(CrO_2)_2$+Fe_3O_4 на усіх етапах за винятком останнього, при якому можливе паралельне відновлення FeO та заліза хроміту.

Отримані розрахункові дані щодо складів газової фази окремих реакцій карбідотермічного відновлення оксидів, а також реакції газифікації карбіду Cr_3C_2, представлені на рисунку 1.

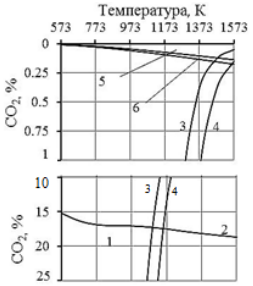

Рис. 1. Склад рівноважної газової фази спільного карбідотермічного відновлення $Fe(CrO_2)_2$ та Fe_3O_4: 1, 3, 6 – α = 0,25; 2, 4, 5 – α = 0,75. 1, 2 – $Fe(CrO_2)_2 + Fe_3O_4 + 5CO = 4Fe + Cr_2O_3 + 5CO_2$; 3, 4 – газифікація Cr_3C_2; 5, 6 – $Cr_2O_3 + 33/7CO = 2/7Cr_7C_3 + 27/7CO_2$

Аналіз отриманих даних свідчить про досить близьку відновність хрому та заліза, що створює передумови для паралельного відновлення Fe та Cr зі складної оксидної сполуки. Найімовірніше, це може мати місце на кінцевій стадії відновлення заліза $FeO \rightarrow Fe$ та $Fe(CrO_2)_2 \rightarrow Fe + Cr_2O_3$.

Відновлення шихти ($Fe(CrO_2)_2 + Fe_3O_4$) в ізотермічних умовах проходить у різних швидкісних режимах (див. рис. 2).

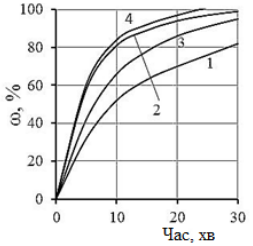

Рис. 2. Кінетика відновлення брикетів на основі хромової руди, магнетитового концентрату та графіту при C/O=1, Fe/Cr=1 та температурах 1573К (1, 3) і 1673К (2, 4): 1, 2 – у потоці аргону; 3 – в потоці H_2; 4 – в потоці «сирого» метану CH_4

Відновлення обох оксидів у початковому періоді йде одночасно, тоді як за умов змінного температурного режиму спостерігається послідовне відновлення.

Перелік використаних джерел

1. Grishin A.M., Ivashchenko V.P., Nadtochiy A.A., Shcheglova I.S. Thermodynamic regularities of obtaining spongyligatures with low carbon content *Теорія та практика металургії*. № 3-5. 2018. С.10-15.
2. Grishin A.M., Simonov V.K, Shcheglova I.S. Physical and chemical background of solid-phase obtaining of Fe-Cr ligature by gas-carbothermic reduction. INFACON XIV – the fourteenth international ferroalloys congress, Ukraine, Kiev, 1-4 June 2015. V. 2. P. 429-435.
3. Simonov V.K., Grishin A.M. 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. C. 425-429. https://doi.org/10.1134/S0036029513060153
4. Simonov V.K., Grishin A.M. Thermodynamic Analysis and the Mechanism of the Solid-Phase Reduction of Cr_2O_3 with Carbon. Part 2. *Russian metallurgy (Metally) Theory of metallurgical Processes*. Vol. 2013. № 6. 2013. C. 430-434. https://doi.org/10.1134/S0036029513060165

DOI https://doi.org/10.30525/978-9934-26-361-3-7

IMPROVEMENT OF THE ROLLING TECHNOLOGY OF COLD-ROLLED STRIPS ON THE PLATE MILL TANDEM 1680

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОКАТКИ ХОЛОДНОКАТАНИХ СМУГ НА СТАНІ ТАНДЕМ 1680

Dobronosov Yu.K.
PhD (Engineering), Associate Professor, LLC "Technical university "Metinvest polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine

Доброносов Ю.К.
к.т.н., доцент, ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Запоріжжя, Україна

Los S.G.
student (group 136C-22-1м), LLC "Technical university "Metinvest polytechnic", Zaporizhzhia, Ukraine

Лось С.Г.
студент гр. 136П-22-1м, ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка», м. Запоріжжя, Україна

Підвищення ефективності роботи устаткування є актуальним завданням для прокатного виробництва. Для застарілого обладнання,