

УДК 536+669.18

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ХРОМСОДЕРЖАЩЕГО РУДНО-ИЗВЕСТКОВОГО РАСПЛАВА*

Заякин О.В., к.т.н., старший научный сотрудник (zferro@mail.ru)

Салина В.А., к.т.н., старший научный сотрудник (valentina_salina@mail.ru)

Жучков В.И., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник (ntm2000@mail.ru)

Институт металлургии УрО РАН

(620016, Россия, Екатеринбург, ул. Амундсена, 101)

Аннотация. Приведены результаты термодинамического моделирования восстановления элементов хромового рудно-известкового расплава с применением в качестве восстановителя кремния ферросиликоникеля в зависимости от температуры. Установлено, что повышение температуры с 1300 до 2200 °С способствует снижению степени восстановления хрома с 98,9 до 69,8 %.

Ключевые слова: термодинамическое моделирование, хромовый рудно-известковый расплав, силикотермия, температура, степень восстановления элементов.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-12-993-994

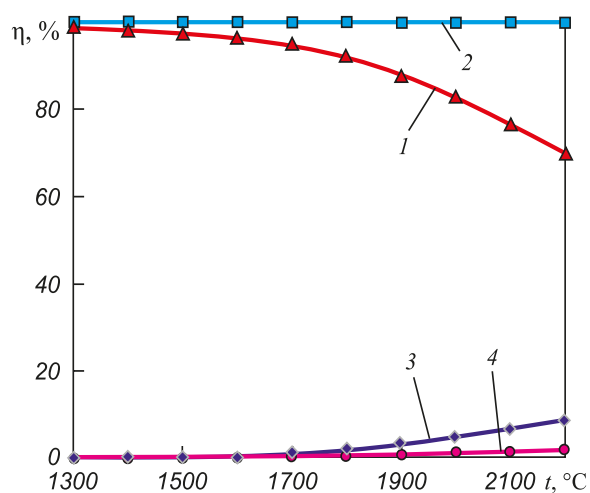
Хром- и никельсодержащие ферросплавы широко используются при выплавке специальных легированных сталей и сплавов, в частности, для производства нержавеющей марок сталей [1, 2]. Целью настоящей работы является изучение возможности применения кремния ферросиликоникеля в качестве восстановителя элементов хромового рудно-известкового расплава, а также оценка влияния температуры на степень восстановления металлов методом термодинамического моделирования. Ранее в работе [3] определены рациональные значения основности шлака и количества восстановителя. На основе полученных данных для исследований выбран следующий химический состав рудно-известкового расплава, % (по массе): 24 Cr₂O₃; 13 FeO; 42 CaO; 3 SiO₂; 9 MgO; 9 Al₂O₃. В качестве восстановителя использовали ферросплав, содержащий, % (по массе): 65 Si; 28 Fe; 7 Ni.

Для моделирования применяли программный комплекс HSC Chemistry 6.12, разработанный Outokumpu Research Oy (Финляндия) [4]. Расчеты выполняли в интервале температур 1300–2200 °С при ранее определенном рациональном расходе восстановителя 1,05 $m_{\text{восст}}$ (где $m_{\text{восст}}$ – количество восстановителя, стехиометрически необходимого для полного восстановления хрома и железа) и давления газовой фазы 1 атм.

На рисунке представлена зависимость изменения степени восстановления элементов от температуры. Установлено, что повышение температуры процесса способствует снижению степени восстановления хрома на 29,4 % (с 98,9 до 69,8 %). Рассматриваемую зависимость можно объяснить тем, что реакция восста-

новления хрома кремнием экзотермическая и протекает с выделением тепла [5]. Необходимо отметить, что наиболее значимое (на 26,6 %) уменьшение степени восстановления хрома наблюдается в высокотемпературной (1700–2200 °С) области. Степень восстановления железа не изменяется во всем интервале температур и составляет 100 %, а алюминия и магния повышается с 0,2 до 8,7 % и с 0,007 до 2,5 % соответственно.

Выводы. Результаты термодинамического моделирования могут быть использованы для лабораторных



Изменение степени восстановления элементов (η) в зависимости от температуры (t) при расходе восстановителя 1,05 $m_{\text{восст}}$:
1 – Cr; 2 – Fe; 3 – Al; 4 – Mg

Change in the degree of recovery of elements (η) as a function of temperature (t) at a reducing agent consumption 1,05 $m_{\text{reducing agent}}$:
1 – Cr; 2 – Fe; 3 – Al; 4 – Mg

* Работа выполнена при поддержке РФФИ (Проект № 16-03-00092).

экспериментов и технологических расчетов процесса силикотермического восстановления элементов из хромосодержащих оксидных расплавов с получением различных ферросплавов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гасик М.И., Лякишев Н.П., Емлин Б.И. Теория и технология производства ферросплавов. – М.: Metallurgiya, 1988. – 784 с.
2. Рысс М.А. Производство ферросплавов. – М.: Metallurgiya, 1985. – 344 с.
3. Салина В.А., Заякин О.В., Жучков В.И. Изучение силикотермического способа получения комплексных никель-, хромосодержащих ферросплавов методом термодинамического моделирования // Наука и техника Казахстана. 2017. № 3-4. С. 85 – 90.
4. Roine A. Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical reactions and Equilibrium software with extensive thermochemical database. – Pori: Outokumpu research OY, 2002.
5. Гасик М.И., Лякишев Н.П. Физикохимия и технология электроферросплавов. – Днепропетровск: Системные технологии, 2005. – 448 с.

Поступила 16 апреля 2018 г.

IZVESTIYA VUZOV. CHERNAYA METALLURGIYA = IZVESTIYA. FERROUS METALLURGY. 2018. Vol. 61. No. 12, pp. 993–994.

INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE ELEMENTS REDUCTION FROM CHROMIUM-CONTAINING ORE-LIME MELT

O.V. Zayakin, V.A. Salina, V.I. Zhuchkov

Institute of Metallurgy UB RAS, Ekaterinburg, Russia

Abstract. Results of thermodynamic modeling of the elements reduction from the chromium containing ore-lime melt with the use of silicon from ferrosiliconnickel as a reducing agent are presented as a function of temperature. It has been established that an increase in temperature from 1300 to 2200 °C helps to reduce the reduction degree of chromium from 98,9 to 69,8 %.

Keywords: thermodynamic modeling, chrome containing ore-lime melt, silicothermy, temperature, degree of elements reduction.

DOI: 10.17073/0368-0797-2018-12-993-994

REFERENCES

1. Gasik M.I., Lyakishev N.P., Emlin B.I. *Teoriya i tekhnologiya proizvodstva ferrosplavov* [Theory and technology of ferroalloys production]. Moscow: Metallurgiya, 1988, 784 p. (In Russ.).
2. Ryss M.A. *Proizvodstvo ferrosplavov* [Production of ferroalloys]. Moscow: Metallurgiya, 1985, 344 p. (In Russ.).
3. Salina V.A., Zayakin O.V., Zhuchkov V.I. Thermodynamic modeling of the silicothermic method for the production of complex nickel-chromium ferroalloys. *Nauka i tekhnika Kazakhstana*. 2017, no. 3-4, pp. 85–90. (In Russ.).
4. Roine A. *Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical reactions and Equilibrium software with extensive thermochemical database*. Pori: Outokumpu research OY, 2002.
5. Gasik M.I., Lyakishev N.P. *Fizikokhimiya i tekhnologiya elektroferrosplavov* [Physicochemistry and technology of electroferroalloys]. Dnepropetrovsk: Sistemnye tekhnologii, 2005, 448 p. (In Russ.).

Acknowledgements. The work was financially supported by the RFBR (Project no. 16-03-00092).

Information about the authors:

O.V. Zayakin, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher (zferro@mail.ru)
V.A. Salina, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher
 (valentina_salina@mail.ru)
V.I. Zhuchkov, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher
 (ntm2000@mail.ru)

Received April 16, 2018