

требовать большее количество ресурсов, а во-вторых, что более важно, поскольку нейронную сеть нельзя отладить как традиционную программу, будет значительно сложнее валидировать и в целом добиться необходимой работоспособности. Поэтому логичный шаг – создание отдельной сети для каждого из видов отклонения. В остальном процесс настройки и обучения остается неизменным. 80 % исходного массива данных представляют собой тренировочный набор, 20 % тестовый. Каждый экземпляр сети имеет трехслойную структуру, с удвоенным количеством нейронов во втором слое по отношению к первому; последний слой состоит из одного нейрона, который на выход подает значение от 0 до 1, характеризующее вероятность заданного вида отклонения.

Последняя, третья часть представляет собой графический интерфейс пользователя, который служит для отображения исходных данных в графическом и табличном виде, а также результатов обработки этих данных. Дополнительно имеется возможность выгрузки этих данных в виде отчетов в формате *xlsx* и *pdf*. Разработка проводилась с использованием среды разработки Visual Studio 2013, технологии WPF и компонентов DevExpress.

На данный момент ведется разработка следующей версии программного продукта, в которой предусмотрено решение следующих задач:

- повысить производительность нейронной сети и точность прогноза, за счет изменения архитектуры сети, принципа подачи данных и увеличения параметров, от которых зависит результат прогноза;
- провести комплексное сравнение и интеграцию с описанным выше программным продуктом, построенном на основе закономерностей, выведенных специалистами-металлургами.

УДК 669-053

А. С. Колесников, В. Г. Голубев, И. А. Стрюковский, Р. М. Кураев

РГП на ПХВ «Южно-казастанский государственный университет
имени М. Ауэзова», г. Шымкент, Казахстан

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ СИЛИЦИДОВ ЖЕЛЕЗА С ОДНОВРЕМЕННОЙ ОТГОНКОЙ ЦИНКА В СИСТЕМАХ $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$, $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$

Аннотация

В настоящей работе приведены теоретические результаты термодинамического исследования образования силицидов железа и возгонов цинка из систем $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$ и $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$. Исследования в виде термодинамического моделирования были проведены с помощью многоцелевого программного комплекса «Астра 4» моделирования химических и фазовых равновесий при высоких температурах, основанного на принципе максимума энтропии – фактора, связанного со степенью упорядоченности энергетического состояния микрочастиц, из которых состоит рабочее тело, и разработанного в МВТУ им. Баумана. Термодинамическое моделирование осуществлялось при интервале температуры от 1600

до 2400 K и давлении 0,1 МПа. В процессе исследований с помощью термодинамического моделирования систем нами были получены следующие результаты, из которых следует, что в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ цинк полностью отгоняется в газовую фазу со степенью перехода $\alpha_{\text{Zn}} = 99,99\text{--}100\%$, при этом также возможно образование низкомарочного ферросилиция (Fe_3Si) со степенью извлечения в сплав кремния α_{Si} от 0,76 до 71,96 %, железа α_{Fe} от 0,99 до 93,37 % при температурном оптимуме 1900 K, в системе $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$ возможно образование ферросилиция группой силицидов железа (Fe_3Si , Fe_5Si_3 , FeSi) с содержанием кремния в прогнозируемом ферросплаве от 20 % до 29 % со степенью извлечения в сплав кремния α_{Si} от 12,21 до 90,63 %, железа α_{Fe} от 36,48 до 99,99 % с температурным оптимумом при 1800 K.

Ключевые слова: термодинамическое моделирование, высокотемпературный процесс, цинк, силициды железа, степень перехода, электроплавка,

Abstract

In this paper, the theoretical results of thermodynamic study of silicides of iron and zinc sublimes of systems $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$ and $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$. Research in the form of thermodynamic simulations were carried out using the multipurpose software complex «Astra 4» modeling of chemical and phase equilibria at high temperatures, based on the principle of maximum entropy - factor associated with the degree of orderliness of the energy state of microparticles, which consists of working body and developed in Bauman. Thermodynamic modeling was performed in the temperature interval from 1600 to 2400 K and a pressure of 0.1 MPa. In the process of research, thermodynamic modeling of systems we have obtained the following results, which show that in the system $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ zinc fully in Argonauts the gas phase with the degree of transition $\alpha_{\text{Zn}}=99.99\text{--}100\%$, this also may formation of low-grade ferrosilicon (Fe_3Si) with a degree of recovery in the silicon alloy α_{Si} from 0,76 to 71,96%, iron α_{Fe} from 0.99 to 93,37% at temperature optimum 1900 To, in the system $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$, the formation of a ferrosilicon group of iron silicides (Fe_3Si , Fe_5Si_3 , FeSi) with silicon content in the forecast Ferroalloy from 20% to 29% with a degree of recovery in the silicon alloy α_{Si} from 12,21 to 90,63%, iron α_{Fe} from 36,48 to 99,99% with temperature optimum at 1800 K.

Keywords: thermodynamic modeling of high-temperature process, zinc, iron silicides, the degree of transition.

Запущенный в эксплуатацию в 1966 году на Ачисайском полиметаллическом комбинате металлургический завод с вельц-установками для переработки окисленных цинковых руд, переработав большую массу руды с выделением из руды окиси цинка, оставил после себя 4,7 млн.т клинкеров вельцевания, размещенных в высокогорной местности. Как и всякий отход производства, клинкер вельцевания представляет угрозу окружающей природной среде. Клинкер вельцевания характеризуется следующим химическим составом: 1,5–2 % Zn, 0,1–0,2 % Pb, 0,001 % Cd, 13–16%CaO, 2–3 % MgO, 16–20 % SiO_2 , 3–5 % Al_2O_3 , 20–23 % $\text{Fe}_{\text{общ.}}$, 16–17 % C [1].

В клинкерах вельцевания различных материалов железо находится в восстановленном состоянии в форме Fe, FeO, Fe_3O_4 , а также в виде цементита (Fe_3C), а цинк в виде силикатов в форме ZnSiO_3 , углерод же представлен в виде непрореагировавшего кокса в процессе вельцевания цинковых руд [2–3].

Таким образом, нами предлагается идея переработки клинкера вельцевания с целью его утилизации и снижения антропогенной нагрузки окружающей природной среды с получением товарной продукции в виде возгонов цинка и силицидов железа методом его электротермической плавки в руднотермической печи.

В настоящей статье рассматривается теоретическая возможность образования силицидов железа (Fe_mSi_n) с одновременной отгонкой цинка в газовую фазу на основе термодинамического моделирования в интервале температур 1600–2400 К и давлении $P = 0,1$ МПа. Для количественного термодинамического моделирования процессов образования ферросилиция был использован программный комплекс «Астра-4», разработанный в МВТУ им. Баумана [4; 5] и основанный на принципе максимума энтропии – фактора, связанного со степенью упорядоченности энергетического состояния микрочастиц, из которого состоит рабочее тело.

В системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ рассмотрено взаимодействие цементита (Fe_3C) с силикатом цинка (ZnSiO_3) и углеродом.

При рассмотрении взаимодействия в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ за базовую была принята реакция $\text{ZnSiO}_3 + \text{Fe}_3\text{C} + 2\text{C} = \text{Zn} + \text{Fe}_3\text{Si} + 3\text{CO}$.

Влияние температуры на распределение цинка (Zn), железа (Fe), кремния (Si), углерода (C) и кислорода (O_2) в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ характеризуется образованием 4 элементов и соединений: Zn, Fe, Fe_3Si , Si, Si_2 , SiO, ZnO, CO и CO_2 . Из рис. 1 следует, что степень перехода Zn в газовую фазу в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ достигает до 100 % уже при 1600 К, затем в температурном интервале от 1800 до 2400 К наблюдается понижение до 99,99 %.

Степень перехода Fe в силицид железа (Fe_3Si) в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ при соотношении $\text{ZnSiO}_3/\text{Fe}_3\text{C}/\text{C}$ равном 1/1/2 соответственно, составляет от 0,99 % при $T = 1700$ К до 93,37 % при $T = 1900$ К.

Степень перехода Si в ферросплав (Fe_3Si) в системе $\text{ZnSiO}_3\text{--Fe}_3\text{C--C}$ при вышеназванном соотношении показана на рис. 1, из которого следует, что степень перехода Si в ферросплав составляет для соединения Fe_3Si от 0,76 % (при 1700 К) до 71,96 % (при $T = 1900$ К).

В системе $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$ рассмотрено взаимодействие монооксида кремния (SiO) с цементитом (Fe_3C) и углеродом.

При рассмотрении взаимодействия в системе $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$ была принята реакция $3\text{SiO} + \text{Fe}_3\text{C} + 2\text{C} = 3\text{FeSi} + 3\text{CO}$.

Влияние температуры на распределение железа (Fe), кремния (Si), углерода (C) и кислорода (O_2) в системе $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$ характеризуется образованием 4 элементов и соединений: Fe, FeSi, Fe_5Si_3 , Fe_3Si , Si, Si_2 , Si_3 , CO, CO_2 и т. д. Из рис. 2 видно, что степень перехода Fe в силициды железа (Fe_mSi_n) в системе $\text{SiO--Fe}_3\text{C--C}$ при соотношении $\text{SiO}/\text{Fe}_3\text{C}/\text{C}$ равном 3/1/2 соответственно, составляет для соединения Fe_3Si до 36,48 % (при $T = 2500$ К), для соединения Fe_5Si_3 от 9,76 % (при $T = 1900$ К) до 99,99 % (при $T = 1800$ К), для соединения FeSi до 90,23 % (при $T = 1900$ К).

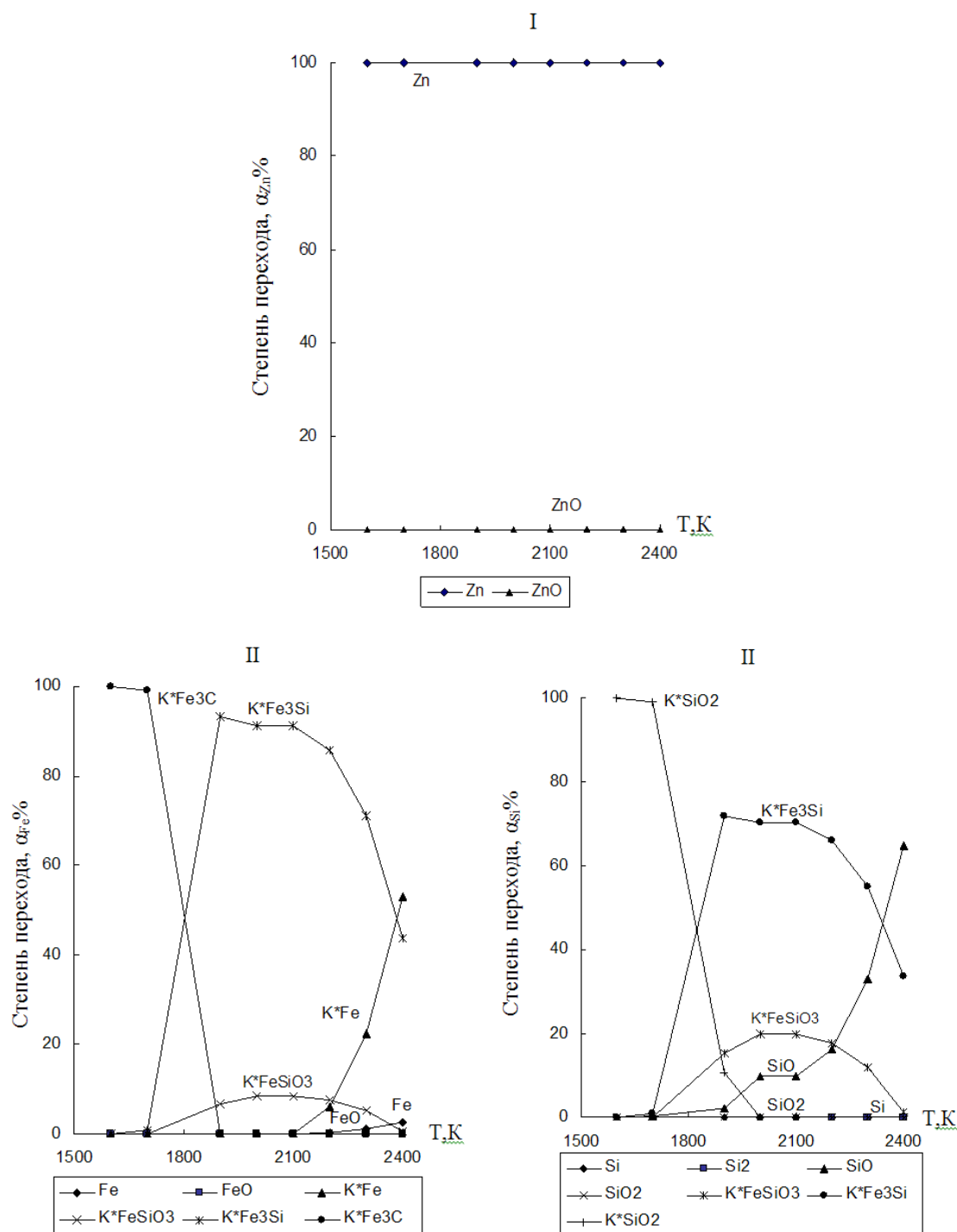


Рис. 1. Влияние температуры (T) на степень распределения (α) Zn, Fe, Si в системе $ZnSiO_3-Fe_3C-C$: I – распределение Zn; II – распределение Fe; III – распределение Si

Степень перехода Si в ферросплав (Fe_mSi_n) в системе $SiO-Fe_3C-C$ при вышеназванном соотношении показана на рис. 2, из которого следует, что степень перехода Si в ферросплав составляет для соединения Fe_3Si до 12,21 % (при $T = 2500$ K), для соединения Fe_5Si_3 до 60,26 % (при $T = 1800$ K), для соединения $FeSi$ до 90,63 % (при $T = 1900$ K).

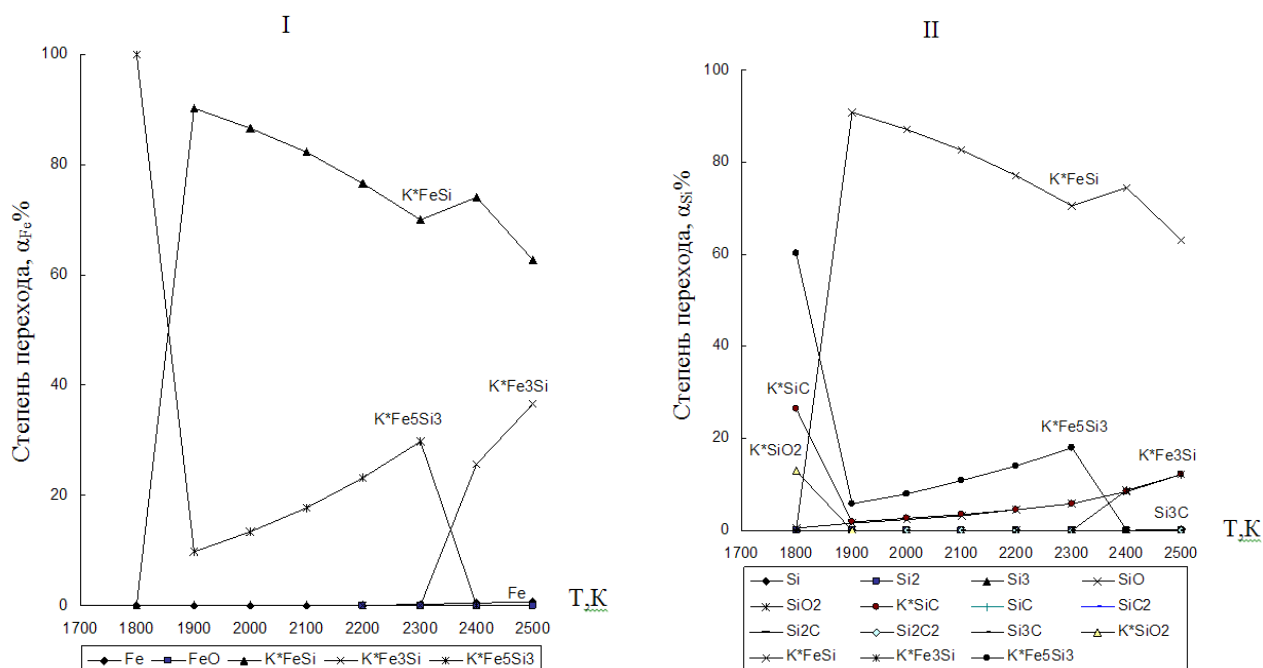


Рис. 2. Влияние температуры (Т) на степень распределения (α) железа и кремния в системе SiO–Fe₃C–C: I – распределение Fe, II – распределение Si

Согласно проведенным термодинамическим исследованиям, результаты которых приведены на рис. 1, в системе ZnSiO₃–Fe₃C–C теоретически цинк полностью отгоняется в газовую фазу со степенью перехода $\alpha_{Zn} = 99,99$ –100 %, при этом также теоретически возможно образование низкомарочного ферросилиция (Fe₃Si) с содержанием кремния в прогнозируемом ферросплаве ≈ 14 % (что соответствует марке (ISO) ферросилиция FeSi15 (с содержанием Si в сплаве 14–20 %, согласно ГОСТ 1415 – 93 (ISO 5445 – 80)), со степенью извлечения в сплав кремния α_{Si} от 0,76 до 71,96 %, железа α_{Fe} от 0,99 до 93,37 % при температурном оптимуме 1900 К

В соответствии с рис. 2 в системе SiO–Fe₃C–C теоретически возможно образование ферросилиция группой силицидов кремния (Fe₃Si, Fe₅Si₃, FeSi) с содержанием кремния в прогнозируемом ферросплаве от 20 % до 29 % (что соответствует маркам ферросилиция ФС20, ФС25, согласно ГОСТ 1415–93 (ISO 5445–80)), со степенью извлечения в сплав кремния α_{Si} от 12,21 до 90,63 %, железа α_{Fe} от 36,48 до 99,99 % с температурным оптимумом при 1800 К.

Однако полученные теоретические результаты термодинамического анализа вышеуказанных систем необходимо подтвердить экспериментальными исследованиями и в случае их подтверждения можно будет говорить о начале разработки комплексной технологии переработки техногенного отвала клинкера вельцевания.

Список использованных источников

1. Колесников А. С., Гонтаренко К. И., Овчинникова В. Н., Муртазина Е. Р. Влияние отвала клинкера вельцевания цинковой руды на экологию п.Ачисай и региона в целом // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов II Все-

русской научно–практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (ТИМ'2013) с международным участием (28–29 марта 2013 г.). Екатеринбург: УрФУ, 2013. – С. 66–70.

2. Колесников А. С., Капсалимов Б. А., Колесникова О. Г., Капсалимов А. Б. Термодинамическое моделирование образования ферросилиция в системе $\text{Fe}_3\text{O}_4\text{--ZnSiO}_3\text{--C}$ // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Перспективные научные исследования – 2013» (17.02. –25.02.2013 г.). – София, Болгария, 2013. – С. 7–9.

3. Колесников А. С. Термодинамическое моделирование образования Fe_3Si в системе $\text{SiO}_2\text{--Fe}_3\text{C--C}$ // Материалы VIII международной научно-практической конференции «Ключевые аспекты научной деятельности – 2013» (07.03–15.03.2012 г.). – Пржемысль, Польша, 2013. – С. 6–8.

4. Синярев Г. В., Ватолин Н. А., Моисеев Г. К. Применение ЭВМ для термодинамических расчетов металлургических процессов. – М.: Наука, 1962. – 263 с.

5. Трусов Б. Г. Термодинамический метод анализа высокотемпературных состояний и процессов и его практическая реализация: дис. на соискание докт. техн. наук. – М., 1984. – 272 с.

УДК 669-7

С. П. Куделин, И. А. Илларионов

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ДЕЛОПРОИЗВОДИТЕЛЯ

Корпоративная информационная система в области связи получила название: информационно-биллинговая система (ИБС). Она является одним из наиболее эффективных механизмов комплексной автоматизации, соединяющих: управление абонентами, прием платежей, работы с персональными данными, формирование начислений, балансов и формирования счетов за услуги связи, аналитическую отчетность. В современной информационно-биллинговой системе автоматизированное рабочее место делопроизводителя совмещается с автоматизированным рабочим местом специалиста по массовой выгрузке счетов и не поддерживает редактирование кастомизационных таблиц, что делает неудобным его применение.

Большое количество пользователей сотовой связи (абонентов) и контрагентов (клиентов сотовой связи) обуславливает необходимость применения эффективных механизмов формирования, выгрузки и печати документов для каждого клиента с применением «удачных решений» внешних производителей, позволяющих снизить трудозатраты на формирование пакетов документов.