ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ФЕРРОСИЛИЦИЯ В СИСТЕМЕ $FeCO_3$-SiO_2-C

Колесников А.С., Стрюковский И.А., Кураев Р.М., Нурдаулет А.Н., Исаев А. М., Нармагамбетова А.А.

РГП на ПХВ «Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова», (160012, Казахстан, г.Шымкент, пр-т Тауке хана 5), e-mail: *kas164@yandex.ru*

В настоящей работе для количественного термодинамического моделирования процессов образования ферросилиция в системе $FeCO_3$-SiO_2-C был использован программный комплекс «Астра-4», разработанный в МВТУ им. Баумана. Термодинамический анализ проводился в интервале температур 1800-2100К и давлении P=0,1МПа с помощью программного комплекса «Астра 4» основанного на принципе максимума энтропии-фактора, связанного со степенью упорядоченности энергетической состояния микрочастиц, из которого состоит рабочее тело.

В ходе термодинамических исследований в системе $FeCO_3$-SiO_2-C рассмотрено взаимодействие карбоната железа ($FeCO_3$) с кварцитом (SiO_2) и углеродом. Получены зависимости распределения железа, кремния, углерода и кислорода в конденсированную, шлаковую и газовую фазу. На основании полученных зависимостей распределения железа, кремния, углерода и кислорода в конденсированную, шлаковую и газовую фазу построены графики зависимости распределения элементов от температуры.

Ключевые слова: термодинамический анализ, ферросплав, карбонат железа, ферросилиций, степень перехода.

THERMODYNAMIC MODELING OF FERROSILICON EDUCATION IN $FeCO_3$ -SiO_2-C

Kolesnikov A.S., Stryukovsky I.A., Kuraev R.M., Nurdaulet A.N., Isaev A.M., Narmagambetova A.A.

RSE on the RB "South-Kazakhstan State University named after M.AUEZOVA" (160012, Kazakhstan, Shymkent, pr Tauke Khan, 5), e-mail: *kas164@yandex.ru*

In this paper, for the quantitative thermodynamic modeling of the formation of ferrosilicon in the $FeCO_3$ - SiO2-C has been used software complex "Astra- 4", developed in Moscow State Technical University named after Bauman. Thermodynamic analysis was carried out in the temperature range of 1800 - 2100K and the pressure P = 0.1 MPa using a software complex "Astra 4" based on the principle of maximum entropy factor associated with the degree of ordering of the energy state of the microparticles , which consists of the working fluid

In the thermodynamic studies in sisteme $FeCO_3$ -SiO_2-C shows the interaction of iron carbonate ($FeSO_3$) with quartzite (SiO_2) and carbon. Obtained according to the distribution of iron, silicon, carbon and oxygen,

fused to, slag and gas phase. Based on the dependency of distribution of iron, silicon, carbon and oxygen, fused to, a slag phase and a gas plotted against the temperature distribution of the elements.

Keywords: thermodynamic analysis , ferroalloy , iron carbonate , ferrosilicon , the degree of transition.

В настоящей статье рассматривается возможность образования силицидов железа на основе термодинамического моделирования в интервале температур 1800-2100К и давлении Р=0,1МПа. Для количественного термодинамического моделирования процессов образования ферросилиция был использован программный комплекс «Астра-4», разработанный в МВТУ им. Баумана [1-3], основанный на принципе максимума энтропии-фактора, связанного со степенью упорядоченности энергетического состояния микрочастиц, из которого состоит рабочее тело.

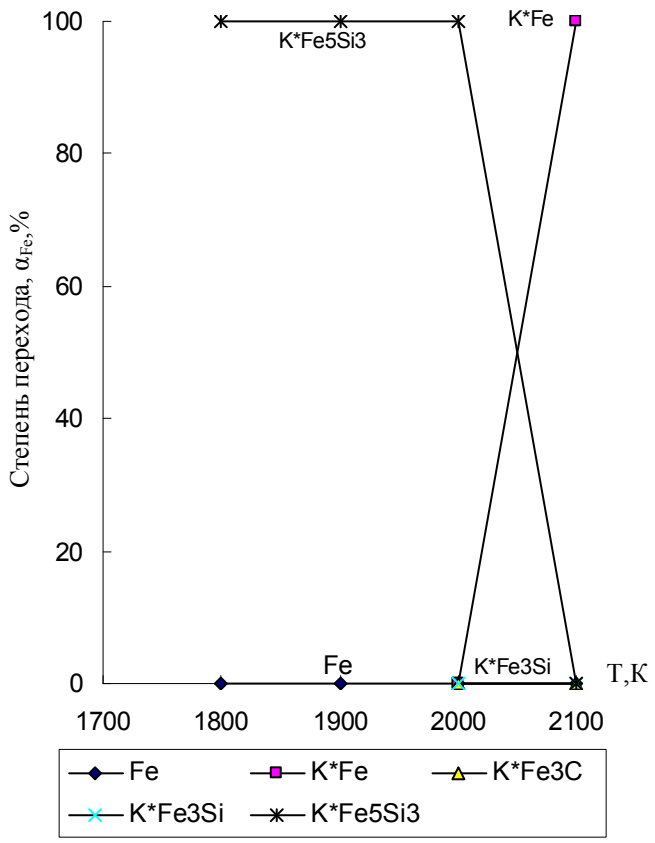

Рисунок 1- Влияние температуры (Т) на степень распределения (α) Fe в системе $FeCO_3$-SiO_2-C

В системе $FeCO_3$-SiO_2-C рассмотрено взаимодействие карбоната железа ($FeCO_3$) с кварцитом (SiO_2) и углеродом.При рассмотрении взаимодействия в системе $FeCO_3$-SiO_2-C была принята реакция $FeCO_3+SiO_2+4C=FeSi+5CO$.

Влияние температуры на распределение, железа (Fe), кремния (Si), углерода (C) и кислорода (O_2) в системе FeCO3+SiO2+4C=FeSi+5CO характеризуется образованием 4 элементами и соединениями: Fe, Fe_5Si_3, Si, Si_2, CO и CO_2.

Из рисунка 1, следует, что степень перехода Fe в силициды железа (Fe_mSi_n) в системе $FeCO_3$-SiO_2-C при соотношении $FeCO_3/SiO_2/C$ равном 1/1/4 соответственно составляет для соединения Fe_5Si_3 до 99,99% (при T=1800K), для соединения Fe_3Si до 0,008% (при T=2100K).

Степень перехода кремния в ферросплав (Fe_mSi_n) в системе $FeCO_3$-SiO_2-C при вышеназванном соотношении показана на рисунке 2. Из которого следует, что степень перехода Si в ферросплав составляет для соединения Fe_5Si_3 до 29,91% (при T=1800K) это объясняется тем, что степень перехода кремния в карбид кремния SiC при данной температуре достигает 68,93%, то есть происходит процесс карбидообразования.

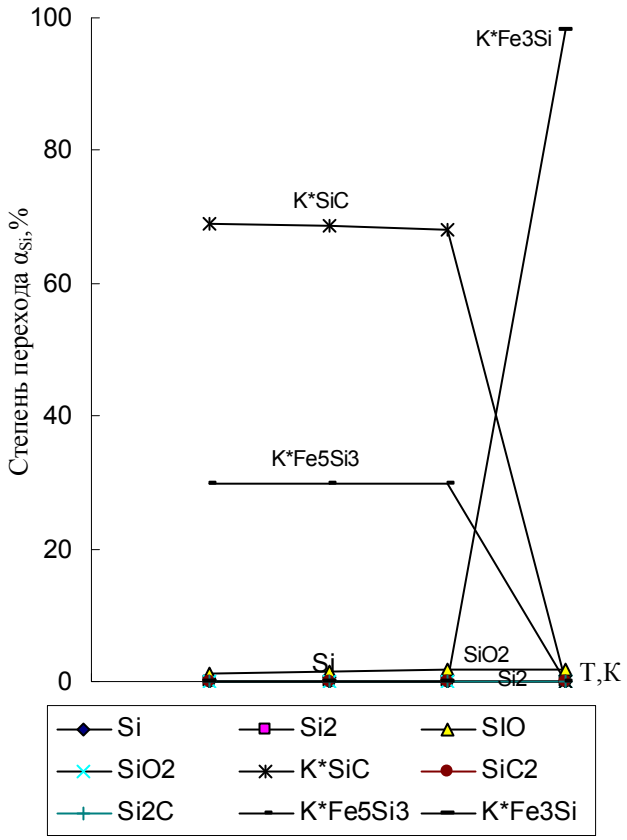

Рисунок 2- Влияние температуры (T) на степень распределения (α) Si в системе $FeCO_3$-SiO_2-C

Для соединения Fe_3Si степень перехода кремния в ферросплав достигает до 98,24% (при T=2100K).

Таким образом, как видно из рисунка 1, в системе $FeCO_3$-SiO_2-C возможно образование ферросилиция группой силицидов кремния с содержанием кремния в прогнозируемом ферросплаве от 14 до 24% (что соответствует марке (ISO) ферросилиция

FeSi15 и ФС25 (с содержанием Si в сплаве 14-20% и 22-27% соответственно, согласно ГОСТ 1415-93 ISO 5445-80)), со степенью извлечения в сплав кремния α_{Si} до 29,91%, железа α_{Fe} до 99,91% с температурным оптимумом при 1800К.

Список использованной литературы

1. Колесников А.С., Капсалямов Б.А., Колесникова О.Г., Кураев Р.М., Стрюковский И.А. Технология переработки отхода цинковой промышленности с получением ферросплава и возгонов цветных металлов. //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Металлургия. Челябинск, 2013г. Т.13, №1, С.34-39.
2. Колесников А.С. Термодинамическое моделирование получение ферросплава и возгонов цветных металлов в системе клинкер вельцевания - углерод. //Электронное научное издание «Актуальные инновационные исследования: наука и практика» 2013 год, № 2. С/ 77-81.
3. Предварительный патент № 16191 Казахстан. Шихта для получения ферросилиция / Бишимбаев В.К., Капсалямов Б.А., Колесников А.С. и др. Опубл.15.09.05г. В бюлл. №9.
4. Синярев Г.Б., Слынько Л.Е., Трусов Б.Г. Принципы и методы определения параметров равновесного состояния // Тр.МВТУ.- 1978, №268.- С. 4-21.
5. Слынько Л.Е., Трусов Б.Г. Описание алгоритма и программы термодинамического расчета // Тр.МВТУ, 1978, №268. -С. 21-54.
6. Barin J., Knacke O. Chemical properties of inorganic substances- Berlin Springer- verlag, 1973- 921p.