

УДК 669.017.113:669.13

Б. Ф. БЕЛОВ^а, А. И. ТРОЦАН^а, И. Л. БРОДЕЦКИЙ^а, Ф. С. КРЕЙДЕНКО^а, О. С. МИСЮРА^б

^а Институт проблем материаловедения НАН Украины, ^б ГБУЗ «Приазовский государственный технический университет»

СТРУКТУРНО-ХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СИЛИКАТОВ КАЛЬЦИЯ

Рассмотрены основные положения разрабатываемой феноменологической теории строения жидких и твердых металлургических фаз по модели гармонических структур вещества; представлены результаты анализа структурно-химического состояния силикатов кальция в процессах рафинирования железуглеродистых расплавов. Определены оптимальные составы рафинировочных шлаков с основностью $1,0 \leq B^0 \leq 2,0$, обладающих повышенной жидкотекучестью и адсорбционной емкостью.

гармонические структуры, рафинирование, полигональные диаграммы, структуризация, шлакообразование, силикаты кальция

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Классическая теория металлургических процессов (ТМП), основанная на химической термодинамике равновесных систем, не позволяет достаточно точно выполнить физико-химический анализ формирования плавильных и ковшевых шлаков, а также неметаллических включений при рафинировании железуглеродистых расплавов и, следовательно, прогнозировать и оптимизировать эффективность технологий печной и ковшевой обработки стали. Ограниченные возможности ТМП обусловлены законами химической термодинамики для закрытых систем, которые не учитывают обмена энергией и веществом с окружающей средой, тогда как металлургические процессы реализуются в открытых необратимых системах, когда константы равновесия становятся условными величинами. Кроме того, ТМП не рассматривает структурные и химические аспекты образования и существования металлургических фаз, которые в значительной степени определяют механизм рафинирования и уровень качества стали.

Физико-химические свойства шлаковых расплавов описывают в рамках молекулярной и ионной теорий, для металлических расплавов используют кластерные модели [1–6], опубликованных в конце прошлого века. Современные публикации являются дальнейшим развитием классических теорий строения металлургических расплавов [7–9] с привлечением накопленной базы экспериментальных данных и компьютерного моделирования металлургических процессов. Полученные результаты служат для расчета термодинамических функций химических реакций и их адекватности экспериментальным данным. В химической термодинамике по знаку и величине термодинамического потенциала определяют направление протекания химической реакции, а при заданной температуре, в соответствии с законом действующих масс, устанавливают константу равновесия. Для необратимых металлургических процессов в стохастических системах направление и полнота протекания химических реакций подчиняется законам вероятности и применение законов термодинамики весьма ограничено.

Технология металлургических процессов определяется не столько законами химической термодинамики, сколько механизмом взаимодействия компонентов в гетерогенной системе газ-шлак-металл, который описывается последовательным рядом структурно-химических реакций в стохастических системах, что позволяет регламентировать тип и количество присадочных материалов, а также шлаковых и неметаллических включений. Предлагаемая в настоящей статье теория строения шлаковых расплавов разрабатывается на основе модельных представлений о межатомных взаимодействиях в металлургических фазах.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение механизмов рафинирования железоуглеродистых расплавов силикатами кальция с учетом структурно-химического состояния исходных и конечных компонентов стохастических систем, исследованных в рамках разрабатываемой теории строения металлургических фаз по модели гармонических структур (теория МГС-фаз).

Теория МГС-фаз [10] включает следующие методические разработки: определение параметров (длина и энергия) химической связи элементов по квантово-механическим параметрам атомов на базе радиально-орбитальной модели электронного строения (модель РОМ-атома, [11]); новый графо-аналитический метод построения полигональных диаграмм состояния двойных и тройных металлургических систем во всем интервале концентраций твердых и жидких компонентов; анализ структурно-химического состояния исходных компонентов и промежуточных фаз на полигональных диаграммах; анализ структуры ионно-молекулярных комплексов (СИМ – комплексов); стохастический анализ металлургических систем с помощью последовательного ряда структурно-химических реакций и уравнений материального баланса технологического процесса.

Теория МГС-фаз, как современная парадигма материаловедения металлов и шлаков, является дальнейшим развитием ТМП на базе ассоциированных растворов [7] и квазиполикристаллической модели жидкого состояния [1].

В соответствии с теорией МГС-фаз жидкое состояние, как промежуточное между кристаллическим и газообразным, характеризуется размерными и разноурядоченными структурными элементами: трех → двух → одно → нульмерными. Трехмерные кристаллические образования обладают высшей степенью упорядоченности и включают все остальные структурные элементы. Для кристаллов, например, кубической сингонии структурными элементами являются нульмерные (точечные) вершины куба → линейные (одномерные) – ребра → плоские (двухмерные) грани, обладающие различной степенью упорядоченности. В интервале температур плавления – кипения существуют три структурных типа жидкости: при малых перегревах над ликвидусом – полиэдрическая, при высоких перегревах – разупорядоченная, при средних перегревах – полигональная [1, 10].

В настоящей работе представлены результаты анализа структурно-химического состояния силикатов кальция с помощью полигональной диаграммы состояния системы CaO-SiO₂, построенной графо-аналитическим методом (ПДС-метод) во всем интервале твердых и жидких исходных компонентов. Структура полигональных диаграмм состояния (ПДС) определяется координатами первичной промежуточной фазы (ППФ), которая отличается тем, что образуется в твердом состоянии при низкой температуре, плавится конгруэнтно, включает минимальное число частиц максимально плотноупакованных на плоскости или объеме в виде полигональных (ПГЯ) или полиэдрических (ПДЯ) ячеек, отвечающих определенному стехиометрическому составу химического соединения.

Для бинарной системы CaO-SiO₂ выполнен наноструктурный анализ ПГЯ и ПДЯ исходных компонентов и промежуточных фаз. СИМ-комплексы (таблица 1) включают исходные компоненты – оксиды сеткообразующие и сеткоразрушающие на базе полигональных (SiO₄)⁴⁻ и (Ca₄O₄)⁰ или полиэдрических (Si₄O₈)⁰ и (Ca₈O₈)⁰ ячеек, геометрические параметры которых рассчитаны по уравнениям радиально-орбитальной модели электронного строения атомов [11].

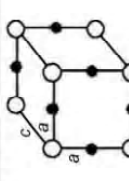
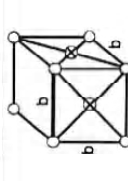
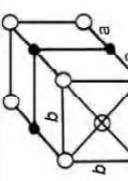
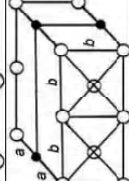
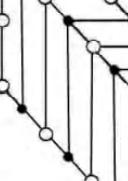
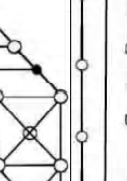
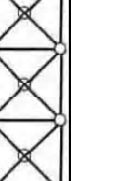
Диаграмма CaO-SiO₂ приведена на рисунке, ее классификация в таблице 2.

Последовательный ряд силикатов кальция включает 12 промежуточных фаз:

CaO → 12CaOSiO₂ (12C) → 8CaOSiO₂ (8C) → 4CaOSiO₂ (Э₁) → 3CaOSiO₂ (АЛ-алит) → 2CaOSiO₂ (БЛ-белит) → 3CaO2SiO₂ (Э₂-ранкинит) → CaOSiO₂ (ВЛ-волластонит) → 2CaO3SiO₂ (Э₃) → CaO2SiO₂ (2К) → CaO3SiO₂ (М₂) → CaO6SiO₂ (М) → CaO24SiO₂ (М₁) → SiO₂.

При этом на классической диаграмме (вставка на рис. 1 [12]) представлены только четыре из них, которые находятся на ПДС: АЛ→БЛ→ВЛ→РН(Э₂). Жирная линия ликвидус проходит через точки плавления исходных компонентов, сингулярных фаз (8C⁰, АЛ⁰, БЛ⁰, ВЛ⁰, 2К) эвтектик (Э₁, Э₂, Э₃), монотектик (М₂, М₁) и разделяет твердые и жидкие растворы на базе исходных компонентов и промежуточных фаз. Сплошные линии сольвуса разделяют области гомогенности твердых растворов, штриховые линии ликвуса разделяют жидкие растворы. На оси абсциссы цифрами обозначены стехиометрические коэффициенты промежуточных фаз: первые для CaO, вторые – SiO₂. Сингулярные фазы, которые образуются в твердом состоянии и плавятся конгруэнтно, образуют две модификации α и β в области гомогенности; ниже точки образования находится гомогенный периодический двухструктурный (диссипативный) твердый раствор – (Д), выше точки плавления – жидкий раствор (L). Это же относится к эвтектическим и монотектическим фазам.

Таблица 1 – Структуризация силикатов кальция

№ п/п	Формульный состав		СИМ – комплексы	
	Стехиометрический	Структурный	(O – кислород, ● – кальций, ⊗ – кремний)	Геометрические параметры, нм
1	CaO	$(Ca_4O_4)^0$ N = 8 $S = 0,0949 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0119$	$(Ca_8O_8)^0$ N = 16 $V = 0,0228 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0014$	$a = 0,154, b_0 = 0,229, b = 0,199, c = 0,24, c_0 = 0,34, h = 0,12, d = 0,682$ 
2	SiO ₂	$(Si_4O_4)^4-$ N = 5 $S = 0,0524 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0175$	$(Si_4O_8)^0$ N = 12 $V = 0,0079 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0007$	
3	2CaOSiO ₂ (белит)	$(Ca_2Si_4O_4)^0$ N = 7 $S = 0,0635 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0091$	$(Ca_4Si_2O_8)^0$ N = 14 $V = 0,0122 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0009$	
4	CaOSiO ₂ (воластонит)	$(Ca_2Si_2O_6)^0$ N = 10 $S = 0,1031 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0103$	$(Ca_4Si_4O_{12})^0$ N = 20 $V = 0,0244 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0012$	
5	3CaO2SiO ₂ (рангзит)	$Ca_6Si_4O_{14}$ N = 24 $S = 0,3049 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0127$	—	
6	3CaOSiO ₂ (анорт)	$Ca_6Si_2O_{10}$ N = 18 $S = 0,2257 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0125$	$Ca_{12}Si_4O_{20}$ N = 36 $V = 0,0739 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0020$	
7	CaO2SiO ₂	$Ca_2Si_4O_{10}$ N = 16 $S = 0,1823 \text{ нм}^2$ $S_0 = 0,0114$	$Ca_4Si_8O_{20}$ N = 32 $V = 0,0561 \text{ нм}^3$ $V_0 = 0,0018$	

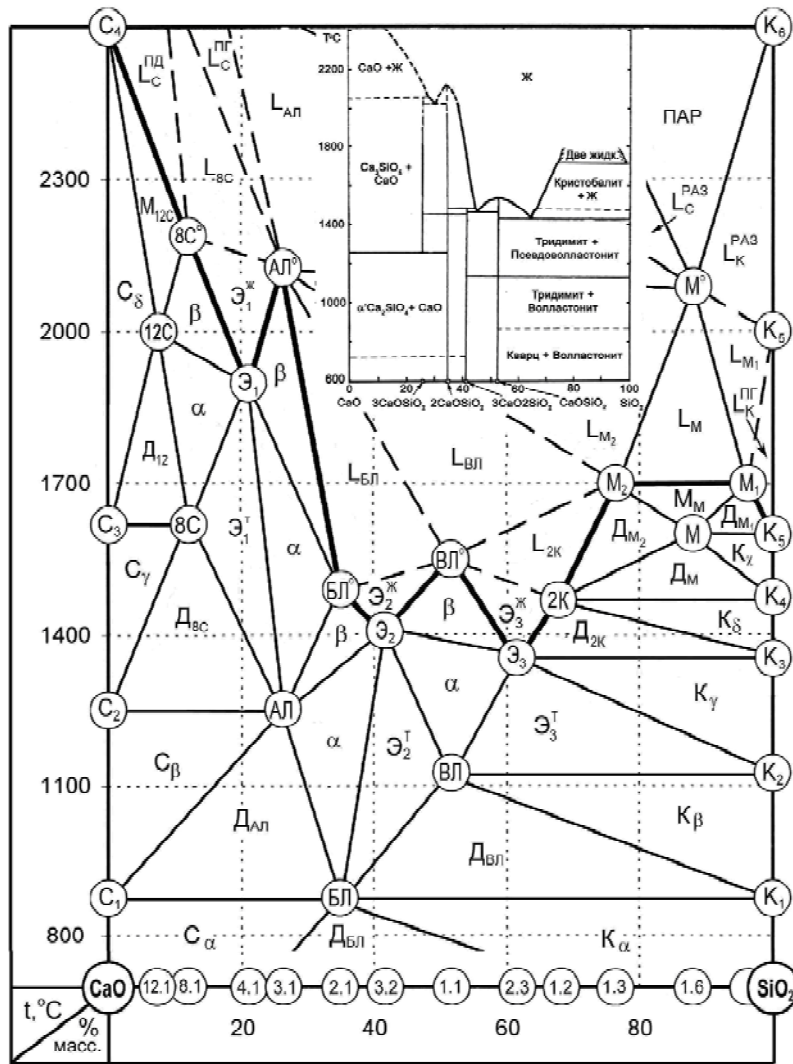


Рисунок – Полигональная диаграмма CaO-SiO₂.

Для промежуточных фаз, плавящихся инконгруэнтно, выше точки их образования существует гомогенный одноструктурный непрерывный твердый раствор (М). Для исходных компонентов выше точки плавления существуют полиэдрическая (L^{II}), полигональная (L^{III}) и разупорядоченная (L^{PA3}) жидкости, в твердом состоянии – структурные модификации α , β , γ и т. д., которые являются следствием тепловых или концентрационных воздействий.

На коноде M_1M_2 находится купол несмешиваемости (L_M) двух жидкостей L_{M1} и L_{M2} с критической точкой M_0 . Кристобаллит (SiO_2) плавится при 1 600 °С, образуя вязкую стеклофазу полигональной структуры (L_K^{III}), оптически прозрачное стекло существует в области гомогенности (L_K^{PA3}). В таблице 2 приведены химические реакции образования промежуточных фаз, температуры их образования и плавления, области гомогенности твердых и жидких растворов.

Информация о структуре и составе СИМ – комплексов позволяет исследовать механизм рафинирования и оптимизировать технологические параметры шлаковой обработки. Для ковшевой обработки стали основное требование к рафинировочным шлакам – низкая температура плавления и высокая адсорбционная емкость к примесным элементам и неметаллическим включениям. Силикатные шлаки заданного химического и фазового состава широко используются при ковшевой обработке стали. Легкоплавкие шлаки в системе силикатов кальция относятся к эвтектическим составам $3CaO \cdot 2SiO_2$ (\mathcal{E}_2 , $T_{пл} \sim 1\,400$ °С) и $2CaO \cdot 3SiO_2$ (\mathcal{E}_3 , $T_{пл} \sim 1\,350$ °С). Адсорбционная емкость определяется структурой СИМ – комплекса, приведенного к активированному состоянию за счет освобождения химической связи кислорода с кальцием и образования его свободных ионов (катионов). Активирование происходит при тепловой обработке с большим перегревом, достаточным для диссоциации оксидов кальция или при

Таблица 2 – Классификация промежуточных фаз системы CaO-SiO₂

№ п/п	Линейные системы	Промежуточные фазы					Температура, °С	
		Химические реакции	Стехиометрический состав	Условные обозначения	SiO ₂ , масс. %	CaO/SiO ₂	Образования	Плавления
	CaO-SiO ₂	$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 \leftrightarrow 2\text{CaOSiO}_2$ $3(2\text{CaOSiO}_2) \leftrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 3\text{CaOSiO}_2$	2CaOSiO ₂ (белш)	2.1(БЛ)	34,9	1,87	875 н.д.	1 500 2 130
2	SiO ₂ - -2CaOSiO ₂	$\text{SiO}_2 + 2\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 2(\text{CaOSiO}_2)$ $5(\text{CaOSiO}_2) \leftrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + 2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$	CaOSiO ₂ (вопластонп)	1.1(ВЛ)	51,7	0,93	1 125 1 125	1 550 1 545
3	CaOSiO ₂ -SiO ₂	$2(\text{CaOSiO}_2) + \text{SiO}_2 \leftrightarrow 2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$ $2(2\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2) \leftrightarrow \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	2CaO3SiO ₂	2.3(Эз)	61,6	0,62	1 350 1 400	1 350 1 400
4	2CaO3SiO ₂ - -SiO ₂	$2(\text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2) \leftrightarrow \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ $2(\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2) \leftrightarrow \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot 3\text{SiO}_2$	CaO2SiO ₂	1.2(2К)	68,2	0,47	1 475 н.д.	- н.д.
5	SiO ₂ - -CaO2SiO ₂	$4\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 \leftrightarrow \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2$ $10(\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2) \leftrightarrow 9(\text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2) + \text{CaO} \cdot 2 \cdot 4\text{SiO}_2$	CaO6SiO ₂	1.6(ММ ⁰)	86,5	0,16	1 600 н.д.	1 700/2 200 2 200
6	CaO2SiO ₂ - -CaO6SiO ₂	$\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2 + \text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \leftrightarrow 2(\text{CaO} \cdot 4\text{SiO}_2)$	CaO3SiO ₂	1.4(М ₂)	81,1	0,23	1 700 н.д.	1 700 н.д.
7	SiO ₂ - CaO6SiO ₂	$\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 + 18\text{SiO}_2 \leftrightarrow \text{CaO} \cdot 2 \cdot 4\text{SiO}_2$	CaO24SiO ₂	1.24(М ₁)	96,3	0,04	1 700 н.д.	1 700 н.д.
8	CaO- -2CaOSiO ₂	$5\text{CaO} + 2\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 8\text{CaOSiO}_2$ $2(3\text{CaOSiO}_2) \leftrightarrow 4\text{CaOSiO}_2 + 2\text{CaOSiO}_2$	8CaOSiO ₂ (ашп)	8.1(8С)	11,8	7,5	1 250 н.д.	2 000 н.д.
9	CaO- -3CaOSiO ₂	$3\text{CaO} + 3\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 6\text{CaOSiO}_2$ $2(8\text{CaOSiO}_2) \leftrightarrow 4\text{CaOSiO}_2 + 12\text{CaOSiO}_2$	6CaOSiO ₂	6.1(6С)	15,2	5,58	1 600 н.д.	- н.д.
10	CaO- -6CaOSiO ₂	$6\text{CaO} + 6\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 12\text{CaOSiO}_2$	12CaOSiO ₂	12.1(12С)	8,2	11,2	1 900 н.д.	- н.д.
11	3CaOSiO ₂ - -6CaOSiO ₂	$4(3\text{CaOSiO}_2) + 6\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 5(4\text{CaOSiO}_2)$	4CaOSiO ₂	4.1(Э1)	21,1	3,73	1 900 2 000	1 900 2 000
12	CaOSiO ₂ - -2CaOSiO ₂	$\text{CaOSiO}_2 + 2\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$	3CaO2SiO ₂ (ранкинп)	3.2(Э2)	41,7	1,4	1 400 1 400	1 400 1 400
13	12CaOSiO ₂ - -6CaOSiO ₂	$2(6\text{CaOSiO}_2) + 12\text{CaOSiO}_2 \leftrightarrow 3(8\text{CaOSiO}_2)$	8CaO2SiO ₂ (ранкинп)	8.1(8С ⁰)	11,8	7,47	2 100 н.д.	2 100 н.д.

взаимодействии оксидов и химических элементов с высоким средством к кислороду. Последовательный возрастающий ряд химической активности отдельных элементов к кислороду, рассчитанный по модели РОМ-атома [11], включает: $Fe \rightarrow Mn \rightarrow Ca \rightarrow Mg \rightarrow Al \rightarrow C \rightarrow Ti \rightarrow Si$, следовательно, оксиды кальция восстанавливаются Mg, Al, C, Ti, Si . Механизм рафинирования шлаками металлических расплавов включает последовательный ряд структурно-химических реакций шлакообразования, активирования и адсорбции примесных элементов (кислород, сера и др.). Сопоставительный анализ эффективности рафинирования шлаками на базе силикатов кальция, представленных на построенной полигональной диаграмме состояния $CaO-SiO_2$ (рис.), приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Эффективность рафинирования силикатными шлаками

Параметры шлака и металла	Стехиометрический состав силикатов кальция						
	$3CaOSiO_2$	$2CaOSiO_2$	$3CaO_2SiO_2 (Э_2)$	$CaOSiO_2$	$2CaO_3SiO_2 (Э_3)$	CaO_2SiO_2	CaO_3SiO_2
B^0	2,8	1,87	1,40	0,93	0,62	0,47	0,31
$T_{пл}, ^\circ C$	2 100	1 500	1 400	1 550	1 350	1 475	1 700
$A_s, \%$	24,6	17,0	20,0	13,0	10,4	8,7	6,6
$\Delta S, \%$	0,028	0,018	0,022	0,014	0,011	0,009	0,007

где $B^0 = CaO / SiO_2$ – основность шлака; $A_s, \%$ – содержания S в шлаке; $\Delta S, \%$ – эффективность рафинирования (убыль серы в металле при расходе рафинировочного шлака 1,0 кг/т металла).

При температурах металлического расплава порядка 1 600 °С рафинировочные шлаки находятся в жидком состоянии, кроме алита $3CaOSiO_2$ и монотектики CaO_3SiO_2 (таблица 3). Оптимальными являются шлаки с основностью ($1,0 \leq B^0 \leq 2,0$); при этом наиболее эффективен эвтектический ранкинит-шлак $3CaO_2SiO_2$ с основностью ($B^0 = 1,4$), обладающий высокой жидкотекучестью ($T_{пл} \approx 1\,400\,^\circ C$), адсорбционной емкостью ($A_s \approx 20\%$) и существующий в области гомогенности сингулярных фаз волластонита и белита.

ВЫВОДЫ

1. Представлены основные положения теории строения металлургических фаз, позволяющей исследовать механизмы металлургических процессов в стохастических системах, которая базируется на модели гармонических структур и представляет дальнейшее развитие теории жидкого состояния по моделям квазиполикристаллических и ассоциированных растворов.

2. Выполнен полный анализ структурно-химического состояния силикатов кальция на полигональной диаграмме состояния системы $CaO-SiO_2$, построенной графо-аналитическим методом во всем интервале концентраций жидких и твердых исходных компонентов.

3. Изучен механизм рафинирования силикатами кальция железоуглеродистых расплавов и определены оптимальные составы рафинировочных шлаков повышенной жидкотекучести и адсорбционной емкости, причем максимальной эффективностью обладает силикатный эвтектический ранкинит-шлак с основностью 1,4 и стехиометрическим составом $3CaO_2SiO_2$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Архаров, В. И. О квазиполикристаллической модели расплавов [Текст] / В. И. Архаров, И. А. Новохатский // Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов : Научные сообщения Всесоюзной конференции по строению и свойствам металлических и шлаковых расплавов / Под ред. Ватолина Н. А. – Свердловск : РИСО УНЦ, 1974. – С. 52–53.
- Убеллоде, А. Р. Расплавленное состояние вещества [Текст] / А. Р. Убеллоде. – М. : Металлургия, 1982. – 376 с.
- Жидкая сталь [Текст] / Б. А. Баум, Г. А. Хасин, Г. В. Тягунов [и др.]. – М. : Металлургия, 1984. – 208 с.
- Еланский, Г. Н. Строение и свойства металлических расплавов [Текст] / Г. Н. Еланский. – М. : Металлургия, 1991. – 160 с.
- Есин, О. А. Физическая химия пирометаллургических процессов [Текст]. Ч. 2 : Взаимодействия с участием расплавов / О. А. Есин ; соавт. П. В. Гельд. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Металлургия, 1966. – 703 с.
- Mills, K. C. The Influence of Structure on the Physico-chemical Properties of Slags [Текст] / K. C. Mills // ISIJ International. – 1993. – V. 33, № 1. – P. 148–155.
- Зайцев, А. И. Жидкие шлаки как ассоциированные растворы [Текст] / А. И. Зайцев, Б. М. Могутков // Фундаментальные исследования физикохимии металлургических расплавов: памяти акад. А. М. Самарина / Отв. ред. Н. П. Лякишев. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2002. – С. 228–246.

8. Zhang, I. State of the Art in Evaluation and Control of Steel Cleanliness [Текст] / I. Zhang, B. G. Thomas // ISI Int. – 2003. – V. 43, № 3. – P. 271–291.
9. Скребцов, А. М. О термодинамическом методе вычисления температуры разупорядочения структуры металлических расплавов [Текст] / А. М. Скребцов // Изв. ВУЗов, ЧМ. – 2005. – № 12. – С. 5–8.
10. Белов, Б. Ф. Структуризация металлургических фаз в жидком и твердом состояниях [Текст] / Б. Ф. Белов, А. И. Троцан, П. С. Харлашин // Изв. ВУЗов, ЧМ. – 2002. – № 4. – С. 70–75.
11. Троцан, А. И. О природе химической связи элементов в металлургических фазах [Текст] / А. И. Троцан, Б. Ф. Белов, П. С. Харлашин // Изв. ВУЗов, ЧМ. – 2002. – № 4. – С. 60–64.
12. Атлас шлаков [Текст] : справочник / Пер. с нем. под ред. И. С. Куликова. – М. : Металлургия, 1985. – 208 с.

Получено 30.05.2013

Б. Ф. БЕЛОВ^а, А. І. ТРОЦАН^а, І. Л. БРОДЕЦЬКИЙ^а, Ф. С. КРЕЙДЕНКО^а,
О. С. МІСЮРА^б

СТРУКТУРНО-ХІМІЧНИЙ СТАН СИЛІКАТІВ КАЛЬЦІУ

^а Інститут проблем матеріалознавства НАНУ, ^б ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

Розглянуто основні положення розроблювальної феноменологічної теорії будови рідких і твердих металургійних фаз по моделі гармонійних структур речовини; представлені результати аналізу структурно-хімічного стану силікатів кальцію в процесах рафінування залізівуглецевих розплавів. Визначено оптимальні склади рафінувальних шлаків з основністю $1,0 \leq B^0 \leq 2,0$, що мають підвищену рідкоплинність й адсорбційну ємність.

гармонійні структури, рафінування, полігональні діаграми, структуризація, шлакоутворення, силікати кальцію

BORIS BELOV^а, ANATOLY TROTSAN^а, IGOR BRODETSKY^а,
FIRA KREYDENKO^а, OKSANA MISYURA^б

STRUCTURALLY-CHEMICAL CONDITION OF CALCIUM SILICATES

^а Institute for Problems of Materials Science, ^б Department of the «Pryazovskyi State Technical University»

The fundamentals of developed phenomenological theory of a structure of liquid and solid metallurgical phases on model of harmonious structures of substance are observed; findings of the investigation of a structurally-chemical condition of calcium silicates in refining processes iron-carbon melts are presented. Optimum compositions fining slags with basicity of $1,0 \leq B^0 \leq 2,0$, possessing the raised fluidity and a adsorptive capacity are defined.

harmonious structures, refining, polygonal diagrammes, structurization, scorification, silicates calcium

Белов Борис Федорович – кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України. Наукові інтереси: теорія металургійних процесів, фізична хімія, рафінування й модифікування металевих розплавів.

Троцан Анатолій Іванович – доктор технічних наук, проф., зав. відділом Інституту проблем матеріалознавства НАН України. Наукові інтереси: фізичне матеріалознавство, ливарне виробництво, безперервне розливання сталі, мікролегування, модифікування й рафінування залізівуглецевих розплавів.

Бродецький Ігор Леонідович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України. Наукові інтереси: фізичне матеріалознавство, безперервне розливання сталі, мікролегування, модифікування й рафінування залізівуглецевих розплавів.

Крейденко Фіра Семенівна – к.х.н., науковий співробітник Інституту проблем матеріалознавства НАН України. Наукові інтереси: фізична хімія, мікролегування, модифікування й рафінування залізівуглецевих розплавів.

Місюра Оксана Сергіївна – аспірант кафедри технології та комп'ютеризації ливарного виробництва Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет». Наукові інтереси: аналіз структурно-хімічного стану сталеплавильних шлаків і оптимізація технології рафінування залізівуглецевих розплавів.

Белов Борис Федорович – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Института проблем материаловедения НАН Украины. Научные интересы: теория металлургических процессов, физическая химия, рафинирование и модифицирование металлических расплавов.

Троцан Анатолий Иванович – доктор технических наук, проф., зав. отделом Института проблем материаловедения НАН Украины. Научные интересы: физическое материаловедение, литейное производство, непрерывная разливка стали, рафинирование, модифицирование и микролегирование железоуглеродистых расплавов.

Бродецкий Игорь Леонидович – технических наук, старший научный сотрудник Института проблем материаловедения НАН Украины. Научные интересы: физическое материаловедение, непрерывная разливка стали, микролегирование, модифицирование и рафинирование железоуглеродистых расплавов.

Крейденко Фира Семеновна – к.х.н., научный сотрудник Института проблем материаловедения НАН Украины. Основные научные интересы: физическая химия, рафинирование, модифицирование и микролегирование железоуглеродистых расплавов.

Мисюра Оксана Сергеевна – аспирант кафедры технологии и компьютеризации литейного производства Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет». Научные интересы: анализ структурно-химического состояния сталеплавильных шлаков и оптимизация технологии рафинирования железоуглеродистых расплавов.

Belov Boris – candidate of engineering sciences, the leading research assistant of Institute for Problems of Materials Science. Scientific interests: the theory of metallurgical processes, physical chemistry, refining and modification of metal melts.

Trotsan Anatoly – doctor of engineering sciences, professor, the manager of Department of Institute for Problems of Materials Science. Scientific interests: physical materials science, foundry production, continuous casting of steel, refining, modification and microalloying iron-carbon melts.

Brodetsky Igor – candidate of engineering sciences, the senior research assistant of Institute for Problems of Materials Science. The scientific interests: physical materials science, continuous casting of steel, refining, modification and microalloying iron-carbon melts.

Kreydenko Fira – candidate of chemical sciences, the research assistant of Institute for Problems of Materials Science. Scientific interests: physical chemistry, refining, modification and microalloying iron-carbon melts.

Misyura Oksana – post-graduate student, Technology and Computerization in Foundry Production Department, Pryazovskyi State Technical University. Scientific interests: structural and chemical analysis of smelting slags and optimization of iron-carbon melts refining technology.