

УДК 669.046.564.001

Канд. техн. наук Б. Ф. Белов¹, д-р техн. наук А. И. Троцан¹,
канд. техн. наук И. Л. Бродецкий¹, канд. хим. наук Ф. С. Крейденко¹, В. С. Кобец²

¹ Институт проблем материаловедения НАН Украины, г. Киев² ООО Фирма «Уникон», г. Донецк

МЕХАНИЗМ ОБРАЗОВАНИЯ ШЛАКОВЫХ И НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ ПРИ РАФИНИРОВАНИИ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ РАСПЛАВОВ

Выполнен анализ структурно-химического состояния промежуточных фаз на полигональных диаграммах $\text{FeO-SiO}_2\text{-CaO}$ и $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Исследован механизм образования ковшевых шлаков и неметаллических включений при рафинировании железоуглеродистых расплавов присадочными материалами. Предложена технологическая схема ЭРПС-процесса с использованием плавильного шлака и бесфтористых ТШС.

Ключевые слова: шлак, структура, фазы, полигональная диаграмма состояния, рафинирование, расплав.

При ковшевой обработке сталей железоуглеродистый расплав доводят до марочного состава посредством обработки присадочными материалами, в том числе шлаковыми смесями, которые в процессах рафинирования образуют шлаковые и неметаллические включения в жидком металле. При этом существующие рафинировочные шлаки обладают невысокой адсорбционной емкостью по вредным примесям, что указывает на целесообразность совершенствования эффективности рафинирования [1, 2].

Процессы образования шлаков и неметаллических включений при рафинировании железоуглеродистых расплавов подчиняются правилу «С-тетраэдра», определяющему функциональную зависимость структурно-химических параметров жидких и твердых металлургических фаз: состав → структура → свойства → синтез. Правило «С-тетраэдра» сформулировано на основе феноменологической теории строения жидких и твердых металлургических фаз по модели гармонических структур вещества (теория МГС-фаз) [3].

Теория МГС-фаз основывается на комплексе методов физико-химических исследований, включающем: системный анализ (СХС-анализ) структурно-химического состояния жидких и твердых металла и шлака с помощью полигональных диаграмм состояния (ПДС), построенных новым графоаналитическим методом (ПДС-метод); наноструктурный анализ ионно-молекулярных комплексов (СИМ-комплексов), энергетические и геометрические параметры которых рассчитываются на основе радиально-орбитальной модели электронного строения атомов (РОМ-атом); стохастический анализ (СТС-анализ) механизмов шла-

кообразования и рафинирования при обработке железоуглеродистых расплавов присадочными материалами с помощью балансовых уравнений структурно-химических реакций.

Ниже приведен СХС-анализ полигональных диаграмм $\text{FeO-SiO}_2\text{-CaO}$ и $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$, позволяющий определить стехиометрический, химический и фазовый составы, температуры образования и плавления, области гомогенности твердых и жидких растворов и химических реакций образования плавильных и ковшевых шлаков.

Анализ структурно-химического состояния системы $\text{FeO-SiO}_2\text{-CaO}$

На рис. 1 представлена ПДС системы $\text{FeO-SiO}_2\text{-CaO}$, в таблице 1 приведена классификация промежуточных фаз переменного состава $n\text{FeO}m\text{SiO}_2k\text{CaO}$, на основе которой выполнен СХС-анализ тройной системы. В вершинах треугольника – исходные компоненты FeO (вюстит), SiO_2 (кремнезем), CaO (известь), на ребрах треугольника – бинарные системы: FeO-SiO_2 , FeO-CaO , $\text{SiO}_2\text{-CaO}$. Двойные и тройные фазы условно обозначены трехзначными числами: первые цифры отвечают стехиометрическим коэффициентам для вюстита, вторые – кремнезема, третьи – извести.

Фигуративные точки бинарных систем отвечают ряду промежуточных фаз:

ПДС FeO-SiO_2 : $\text{FeO}(100) \rightarrow 6\text{FeOSiO}_2(610) \rightarrow 4\text{FeOSiO}_2(410) \rightarrow 3\text{FeOSiO}_2(310, \text{Э}) \rightarrow 2\text{FeOSiO}_2(210, \text{ППФ}) \rightarrow 3\text{FeO}_2\text{SiO}_2(320, \text{Э}) \rightarrow \text{FeOSiO}_2(110) \rightarrow \text{FeO}_2\text{SiO}_2(120) \rightarrow \text{FeO}_3\text{SiO}_2(130, \text{M}_2) \rightarrow \text{FeO}_4\text{SiO}_2(140) \rightarrow \text{FeO}_6\text{SiO}_2(160, \text{M}) \rightarrow \text{FeO}_{24}\text{SiO}_2(1.24, \text{M}_1) \rightarrow \text{SiO}_2(010)$.

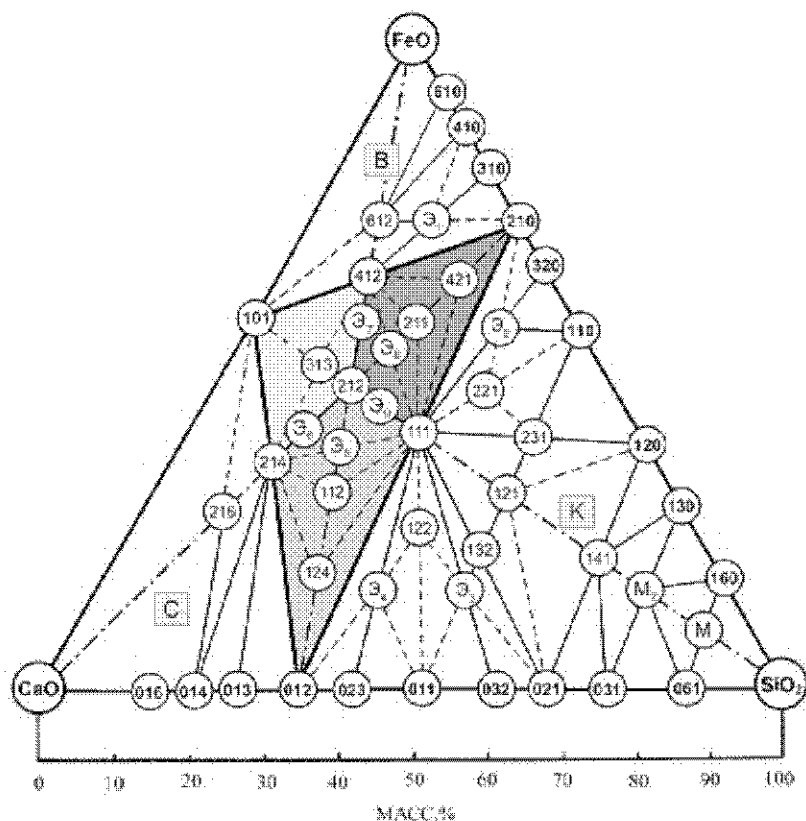


Рис. 1. Полигональная диаграмма системы FeO-SiO₂-CaO

ПДС SiO₂-CaO: SiO₂(010) → 24SiO₂CaO (0.24.1, M₁) → 6SiO₂CaO (061, M) → 3SiO₂CaO (031, M₂) → 2SiO₂CaO (021) → 3SiO₂2CaO (032, Э) → SiO₂CaO (011) → 2SiO₂3CaO (023, Э) → SiO₂2CaO (012, ППФ) → SiO₂3CaO (013) → SiO₂4CaO (014) → SiO₂6CaO (016) → CaO (001).

ПДС FeO-CaO: FeO(100) → FeOCaO (101, ППФ) → CaO(001),

где ППФ - первичная промежуточная фаза, Э-эвтектика, М, М₁, М₂ – монотектические точки купола несмешиваемости.

Триангуляция тройной диаграммы выделяет четыре области существования окислительных силикатных шлаков: шлаки на основе первичных промежуточных фаз бинарных систем – область ППФ, ограниченная внутренним треугольником 012-101-210; шлаки на основе вюститита – область 101-FeO-210; шлаки на основе кремнезема – область 210-SiO₂-012 и шлаки на основе извести – область 012-CaO-101.

Шлаки в области ППФ включают первичную тройную триангуляционную фазу 2FeOSiO₂2CaO(212), разделяющую первичные шлаки на три подсистемы на базе первичных бинарных фаз: примыкающих к SiO₂2CaO на плоскости четырехугольника 012-214-212-111; FeOCaO на плоскости 101-412-212-214 и 2FeO SiO₂ на плоскости 210-111-212-412. Область ППФ содержит 13 тройных фаз: 212-436-112-111-211-634(Э₈) -312 (Э₇) -412-124-313-214-213(Э₆) -323 (Э₉),

из которых пограничными фазами являются 412 (FeO-область), 214 (CaO-область) и 111 (SiO₂-область). Область «FeO» – зона «В» содержит две фазы: 612, 10.3.2 (Э₁) и 412; область «CaO» – зона «С» – две фазы: 2.1.6 и 2.1.4; область «SiO₂» – зона «К» – одиннадцать фаз: 1.12.1-1.6.1-1.4.1-1.2.1-2.3.1-2.2.1-4.3.1(Э₂)-1.2.2-1.3.2-1.4.3 (Э₃)-1.3.4 (Э₄).

Всего в системе FeO-SiO₂-CaO образуются 27 тройных фаз, тогда как на классической диаграмме – три: FeO2SiO₂2CaO (122) – железистый окерманит; FeOSiO₂CaO (111) -железистый монтчеллит (кирштейнит) и FeO2SiO₂CaO (121) – геденбергит [4]. Кроме того, приведенный химический состав тройных фаз на классической диаграмме, стехиометрический состав которых (по нашим определениям) отвечает формулам: FeOSiO₂2CaO (112), 12FeO3SiO₂2CaO (Э₁ 12.3.2), 3FeO2SiO₂CaO(3.2.1) и 2FeO2SiO₂CaO (221).

При заданной окисленности плавильных шлаков, содержащих до 30,0 % FeO, на тройной диаграмме FeO-SiO₂-CaO они располагаются в квазибинарной системе CaO-FeO3SiO₂ на базе волластонита FeO2SiO₂2CaO (23,7/39,5/36,7; B⁰ = 0,93), ранкинита – FeO3SiO₂4CaO (15,1/37,8/47,1; B⁰ = 1,24) белита – FeO2SiO₂4CaO (17,3/28,8/53,8; B⁰ = 1,87) и алита – 2FeOSiO₂4CaO (33,7/14,0/52,3; B⁰=3,73). Максимальной жидкоподвижностью обладают шлаки эвтектического состава на базе ранкинита, для высокой основности оптимальный состав шлаков отвечает FeO2SiO₂4CaO на базе белита.

Таблиця 1 – Классификация системы FeO-SiO₂-CaO

Химические формулы	Усл. обозн.	Химсостав, масс. %			В (CaO/SiO ₂)	М (CaO/SiO ₂ +Al ₂ O ₃)
		FeO	SiO ₂	CaO		
2FeOSiO ₂ 2CaO	2.1.2	45,6	19,0	35,4	1,87	4,27
4FeOSiO ₂ 2CaO	4.1.2	62,6	13,1	24,3	1,87	6,63
3FeOSiO ₂ 2CaO	3.1.2 (Э ₇)	55,7	15,5	29,9	1,87	0,41
2FeOSiO ₂ CaO	2.1.1	55,4	23,1	21,5	0,93	3,33
FeOSiO ₂ CaO	1.1.1	38,3	31,9	29,8	0,93	2,13
FeO2SiO ₂ 4CaO	1.2.4	17,3	28,8	53,8	1,87	2,47
2FeOSiO ₂ 4CaO	2.1.4	33,7	14,0	52,3	3,73	6,13
2FeOSiO ₂ 3CaO	2.1.3 (Э ₆)	38,7	16,1	45,2	2,80	5,20
6FeO3SiO ₂ 4CaO	6.3.4 (Э ₈)	51,7	21,5	26,2	1,24	3,64
FeOSiO ₂ 2CaO	1.1.2	29,5	24,6	45,9	1,87	3,07
4FeO3SiO ₂ 6CaO	4.3.6 (Э ₅)	35,8	22,4	41,8	1,87	3,47
3FeO2SiO ₂ 3CaO	3.2.3 (Э ₉)	42,9	23,8	33,3	1,4	3,2
3FeOSiO ₂ 3CaO	3.1.3	48,6	13,6	37,8	2,8	6,4
6FeOSiO ₂ 2CaO	6.1.2	71,5	10,0	18,5	1,87	9,0
10FeO3SiO ₂ 2CaO	10.3.2 (Э ₁)	71,1	17,8	11,1	0,62	4,6
2FeOSiO ₂ 6CaO	2.1.6	26,7	11,1	62,2	5,6	8,0
4FeO3SiO ₂ CaO	4.3.1 (Э ₂)	55,0	34,4	10,6	0,31	1,91
2FeO2SiO ₂ CaO	2.2.1	45,0	37,5	17,5	0,47	1,67
2FeO3SiO ₂ CaO	2.3.1	38,0	47,3	14,7	0,31	1,91
FeO3SiO ₂ 2CaO	1.3.2	19,8	49,4	30,8	0,62	1,02
FeO2SiO ₂ CaO	1.2.1	29,0	48,4	22,6	0,47	1,07
FeO4SiO ₂ 3CaO	1.4.3 (Э ₃)	15,3	51,0	35,7	0,70	1,0
FeO4SiO ₂ CaO	1.4.1 (М ₂)	19,6	65,2	15,2	0,23	0,53
FeO6SiO ₂ CaO	1.6.1	14,8	73,8	11,4	0,16	0,36
FeO12SiO ₂ CaO	1.12.1 (М)	8,5	84,9	6,6	0,08	0,18
FeO2SiO ₂ 2CaO	1.2.2	23,7	39,5	36,7	0,93	1,53
FeO3SiO ₂ 4CaO	1.3.4 (Э ₄)	15,1	37,8	47,1	1,24	1,64

Анализ структурно-химического состояния системы CaO-Al₂O₃-SiO₂

Системным определителем структурно-химического состояния шлаковых и неметаллических включений при ковшевой обработке является диаграмма состояния тройной системы CaO-Al₂O₃-SiO₂. На рис. 2 представлена ПДС CaO-Al₂O₃-SiO₂, построенная новым графо-аналитическим методом на базе бинарных систем CaO-Al₂O₃, CaO-SiO₂, Al₂O₃-SiO₂.

Линии, соединяющие бинарные ППФ, образуют внутренний треугольник 210-011-201, разделяющий общее концентрационное поле на три зоны у каждой вершины треугольника. Зона первичных алюмосиликатов кальция включает 15 промежуточных фаз 211→221→212→411→632→433→623432(Э₂)→412→→613(Э₄)→311(Э₅)→111→122→ 423 (Э₃)→ 421(Э₁).

Зона глинозема включает три фазы: 261→231→121, зона извести – три фазы: 1211→811→611, зона кремнезема – 12 фаз: 2.1.72 (М₁)→2.1.18 (М)→2.1.9(М₂)→→2.1.6→ 2.1.4→1.1.2→4.1.5(Э₇)→5.1.4(Э₈)→3.1.3. Здесь трехзначные числа условно обозначают стехиометрический состав тройных фаз: первая цифра – CaO, вторая – Al₂O₃, третья – SiO₂; Э – эвтектики, М – моноэвтектики. ПДС тройной системы CaO-Al₂O₃-SiO₂ включает квазибинарную линейную систему 3CaO2Al₂O₃-3CaO2SiO₂, которая состоит из трех эвтектических фаз: высокоглиноземистая (Э₁) – 4CaO2Al₂O₃SiO₂ (45,9/41,8/12,3; В⁰ = 4,6), среднеглиноземистая (Э₅) – 3CaOAl₂O₃SiO₂ (50,9/30,9/18,2; В⁰ = 2,8) и низкоглиноземистая (Э₄) – 6CaOAl₂O₃3SiO₂ (54,4/16,5/29,1; В⁰ = 1,87). Оптимальный состав ковшевых рафинировочных шлаков, содержащих до 20,0 % глинозема,

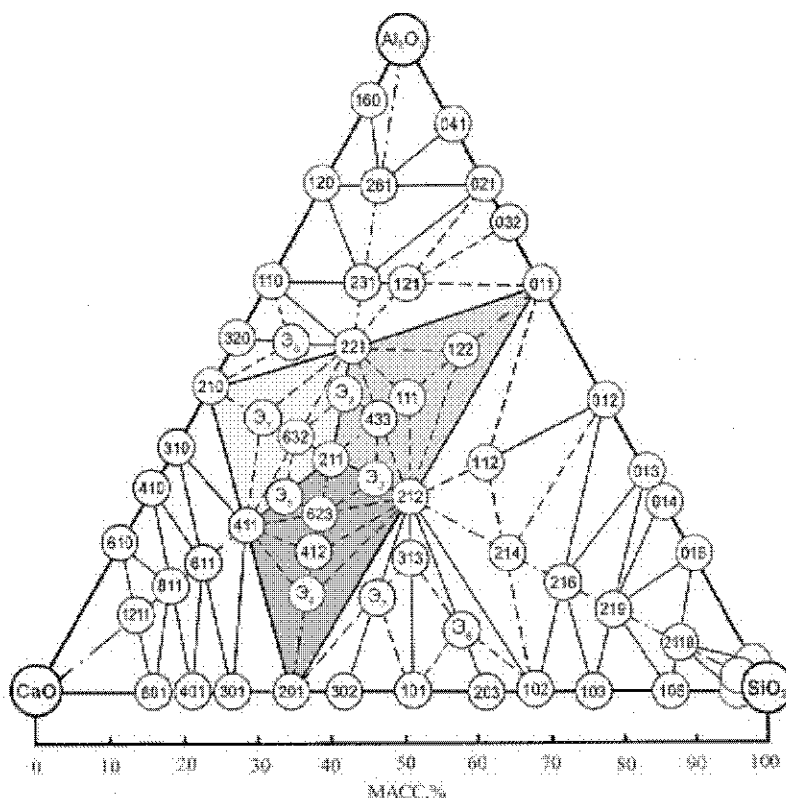


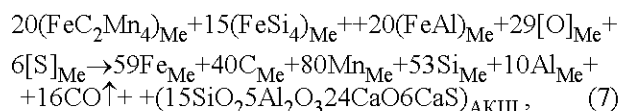
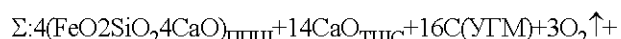
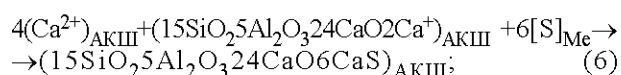
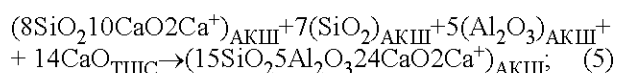
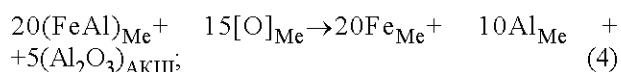
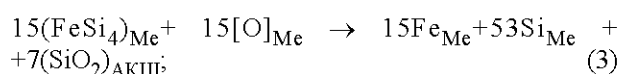
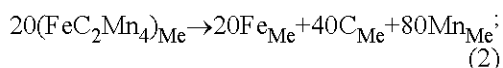
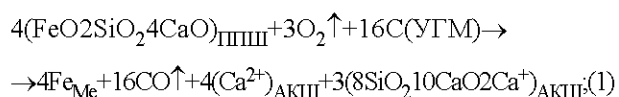
Рис. 2. Полигональная диаграмма состояния системы $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$

отвечает составу низкоглиноземистой эвтектики.

В таблице 2 представлены промежуточные фазы тройной системы стехиометрический и химический состав, основность, модуль шлака, температуры образования и плавления).

Технологическая модель рафинирования стали

Механизм рафинирования при ковшевой обработке стали и включает последовательный ряд структурно-химических реакций активирования и формирования попутного плавильного и ковшевого шлаков, раскисления, десульфурации и легирования жидкого металла. В качестве плавильного шлака, как уже отмечалось, служит стехиометрическая фаза $\text{FeO}_2\text{SiO}_2\cdot 4\text{CaO}$ на ПДС $\text{FeO}-\text{SiO}_2-\text{CaO}$, для ковшевых рафинировочных шлаков – $6\text{CaO}\cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$ на ПДС $\text{CaO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$. К присадочным материалам относятся ТШС (известь), углеродистые материалы (УГМ), ферросилиций ФС65 (FeSi_4), ферромарганец ФМн70 (FeC_2Mn_4) и ферроалюминий ФА30 (FeAl). Последовательный ряд структурно-химических реакций рафинирования включает:



где ПППШ – попутный плавильный шлак, АКШ – активированный ковшевой шлак; FeC_2Mn_4 , FeSi_4 , FeAl – стехиометрические составы ферросплавов; химические реакции: 1 – активирование ПППШ + УГМ; 2 – легирование металла ФМн70; 3 – раскисление металла ФС65; 4 – раскисление металла ФА30; 5 – присадка ТПС+АКШ; 6 – десульфурация металла АКШ; 7 – реакция материального баланса.

Реакция материального баланса (7) описывает технологическую модель энергоресурсоприродосберегающего процесса (ЭРПС-процесса) рафинирования ста-

Таблица 2 – Тройные фазы системы CaO-Al₂O₃-SiO₂

Стехиометрический состав	Химический состав, масс. %			Условные обозначения	В	М	Температура, °С	
	CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂				Образования	Плавения
2CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	40,9	37,2	21,9	2.1.1(ГН)	0,87	0,69	900	1600
2CaO2Al ₂ O ₃ SiO ₂	29,8	54,2	16,0	2.2.1	1,87	0,42	1100	1500
2CaOAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	33,5	30,5	36,0	2.1.2	0,93	0,50	1000	1500
4CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	58,0	26,4	15,6	4.1.1	3,73	1,38	1200	1500
6CaO3Al ₂ O ₃ 2SiO ₂	44,1	40,2	15,7	6.3.2	2,8	0,79	1200	—
4CaO3Al ₂ O ₃ 3SiO ₂	31,5	43,1	25,4	4.3.3	1,24	0,46	1300	1300
6CaO2Al ₂ O ₃ 3SiO ₂	46,7	28,3	25,0	6.2.3	1,87	0,88	1250	1250
4CaO3Al ₂ O ₃ 2SiO ₂	34,5	47,1	18,4	4.3.2(Э ₂)	1,87	0,53	1300	1300
4CaOAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	50,2	22,9	26,9	4.1.2	1,87	1,00	1050	1350
6CaOAl ₂ O ₃ 3SiO ₂	54,4	16,5	29,1	6.1.3(Э ₄)	1,87	1,20	1200	—
3CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	50,9	30,9	18,2	3.1.1(Э ₅)	2,8	1,04	1300	1300
CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	25,7	46,8	27,5	1.1.1	0,93	0,35	1100	1500
CaO2Al ₂ O ₃ 2SiO ₂	14,7	53,7	31,6	1.2.2	0,47	0,17	1400	—
4CaO2Al ₂ O ₃ 3SiO ₂	36,8	34,6	29,6	4.2.3(Э ₃)	1,24	0,58	1400	1400
4CaO2Al ₂ O ₃ SiO ₂	45,9	41,8	12,3	4.2.1(Э ₁)	4,67	0,60	1500	1500
2CaO6Al ₂ O ₃ SiO ₂	14,3	78,1	7,6	2.6.1	1,87	0,17	1500	1800
2CaO3Al ₂ O ₃ SiO ₂	23,4	64,0	12,6	2.3.1	1,87	0,30	1400	—
CaO2Al ₂ O ₃ SiO ₂	17,5	63,8	18,7	1.2.1(ГЛ)	0,93	0,21	н.д.	1550
2CaOAl ₂ O ₃ 72SiO ₂	2,5	2,2	95,3	2.1.72(М ₁)	0,03	0,02	1700	1700
2CaOAl ₂ O ₃ 18SiO ₂	8,7	7,9	83,4	2.1.18(М/М ^б)	0,10	0,09	1600	1700
2CaOAl ₂ O ₃ 9SiO ₂	14,9	13,5	71,6	2.1.9 (М ₂)	0,21	0,17	1700	1700
2CaOAl ₂ O ₃ 6SiO ₂	19,5	17,8	62,7	2.1.6	0,31	0,24	1475	1475
2CaOAl ₂ O ₃ 4SiO ₂	24,7	22,5	52,8	2.1.4	0,47	0,33	1300	—
CaOAl ₂ O ₃ 2SiO ₂	20,1	36,7	43,2	1.1.2 (АН)	0,47	0,25	н.д.	1265
4CaOAl ₂ O ₃ 5SiO ₂	35,8	16,3	47,9	4.1.5 (Э ₇)	0,75	0,55	1300	1300
5CaOAl ₂ O ₃ 4SiO ₂	45,0	16,4	38,6	5.1.4 (Э ₈)	1,17	0,82	1350	1350
3CaOAl ₂ O ₃ 3SiO ₂	37,3	22,7	40,0	3.1.3	0,93	0,60	н.д.	1000
12CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	84,7	9,6	5,7	12.1.1	14,9	5,5	1700	—
8CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	73,5	16,7	9,8	8.1.1	7,5	2,8	1900	1900
6CaOAl ₂ O ₃ SiO ₂	67,5	20,5	12,0	6.1.1	5,6	2,1	1400	—

Примечания: ГН – геленит; Э – эвтектики; ГЛ – глинозит; М – монотектики; АН – анортит.

ли, регламентирующую расходные коэффициенты присадочных материалов, состав и количество шлаковых и неметаллических фаз, а также химический состав металлического расплава.

Присадочные материалы для ковшевой обработки стали в количестве 2,64 кг/т шлакообразующих (1,66 кг/т ПППШ + 0,78 кг/т ТПШС (CaO) + 0,19 кг/т УГМ (C) и 10,2 кг/т ферросплавов (6 кг/т ФМн70+2,5 кг/т ФС65 + 1,66 кг/т ФАЗ0) формируют рафинировочный шлак в количестве 3,2 кг/т, содержащий (масс. %) 28,2 SiO₂ + 16,0 Al₂O₃ + 42,2 CaO + 13,6 CaS с основностью B⁰ = 1,5 и адсорбционной емкостью (масс. %) 6,0A_с + +13,2 SiO₂ + 16,0 Al₂O₃ + 24,6 CaO + 13,6CaS. Металлический расплав, без учета химического состава полупродукта, содержит (масс.%): 0,05 C + 0,15 Si + 0,44 Mn + +0,03 Al, масса которого увеличивается на 3,3 кг/т Fe, уменьшается на 0,46 кг/т [O]_{ме} (0,046 %) и 0,192 кг/т [S]_{ме} (0,019 %). Присадка ферросплавов (ФС65, ФАЗ0) формирует в количестве 0,93 кг/т заданный тип силлиманит-кварцитовых неметаллических включений стехиометрического состава 7SiO₂5Al₂O₃, которые

адсорбируются активированным шлаком с образованием покровного шлака в ковше.

Выводы

На основе теории МГС-фаз сформулировано правило «С-тетраэдра», регламентирующая функциональную зависимость структурно-химических параметров состав → структура → свойства → синтез жидких и твердых металлургических фаз. Выполнен анализ структурно-химического состояния промежуточных фаз на полигональных диаграммах состояния тройных систем FeO-SiO₂-CaO и CaO-Al₂O₃-SiO₂, являющихся системным определителем плавильных и ковшевых шлаков, соответственно. Исследован механизм образования ковшевых шлаков и неметаллических включений при рафинировании железоуглеродистых расплавов присадочными материалами и разработана технологическая модель ЭРПС-процесса с использованием попутного плавильного шлака и безфтористых ТПШС.

Список литературы

1. Процессы шлакообразования и рафинирования жидкого полупродуктопродукта в конвертере и при ковшевой обработке стали / [Буга И. Д., Белов Б. Ф., Троцан А. И. и др.] // Процессы литья. – 2011. – №1. – С. 17–24.
2. Повышение эффективности рафинирования с использованием конвертерного шлака при ковшевой обработке стали / [Исаев О. Б., Кислица В. В., Троцан А. И. и др.] // Электрометаллургия. – 2011. – № 2. – С. 16–20.
3. Белов Б. Ф. Структуризация металлургических фаз в жидком и твердом состояниях / Б. Ф. Белов, А. И. Троцан, П. С. Харлашин // Изв. ВУЗов. ЧМ. – 2002. – № 4. – С. 70–75.
4. Торопов Н. А. Высокотемпературная химия силикатных и других окисных систем / Н. А.Торопов, Н. А. Борзакковский В. П. – М. : Изд-во АН СССР. – 1963. – 255 с.

Одержано 29.02.2012

Белов Б.Ф., Троцан А.И., Бродетский Л.Л., Крейденко Ф.С., Кобец В.С. Механізм утворення шлакових і неметалічних включень при рафінуванні залізовуглецевих розплавів

Виконано аналіз структурно-хімічного стану проміжних фаз на полігональних діаграмах $FeO-SiO_2-CaO$ і $CaO-Al_2O_3-SiO_2$. Досліджено механізм утворення ківшових шлаків і неметалічних включень при рафінуванні залізовуглецевих розплавів присаджувальними матеріалами. Запропонована технологічна схема ЕРПС-процесу з використанням плавильного шлаку та безфтористих ТШС.

Ключові слова: шлак, структура, фази, полігональна діаграма стану, рафінування, розплав.

Belov B., Trotsan A., Brodetskiy, Kreydenko F., Kobets V. The mechanism of slag shots and nonmetallic inclusions formation under iron-carbon melts refining

The analysis of structural-chemical condition of intermediate phases on polygonal diagrams of state $FeO-SiO_2-CaO$ and $CaO-Al_2O_3-SiO_2$ was done. The mechanism of ladle slag and nonmetallic inclusions formation under refining iron-carbon melts by filler materials is investigated. The technological scheme energy-resource-nature saving process with use of the melting slag and without the fluorine solid slag alloys is offered.

Key words: slag, structure, phases, polygonal diagram of state, refining, melt.