

4. Отраслевое решение: разработка и применение АСУ ТП в металлургической промышленности [электронный ресурс], 2015. <http://it-rostov.ru/resheniya/metalurgich-prom/>

5. Автоматизация технологических процессов цветной металлургии на основе имитационных [электронный ресурс], 2015. <http://www.dissercat.com/content/avtomatizatsiya-tekhnologicheskikh-protsesov-tsvetnoi-metallurgii-na-osnove-imitatsionnykh-#ixzz3mCiiNzXx>

УДК 669.13:669

Б. Ф. Белов, А. И. Троцан, И. Л. Бродецкий

Институт проблем материаловедения НАН Украины, Киев

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ БЕСФТОРИСТЫХ ШЛАКОВ И КОМПЛЕКСНЫХ ФЕРРОСПЛАВОВ ДЛЯ ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ

Растущие требования к качеству продукции и необходимость снижения производственных затрат требуют совершенствования существующих сталеплавильных технологий. Одним из решений является внепечная обработка расплавов эффективными жидкотекучими адсорбционноемкими плавильными и ковшевыми шлаками, а также ферросплавами и лигатурами с использованием материалов из отходов горнорудной и металлургической промышленности.

Жидкотекучесть используемых шлаков зависит от их состава и может регулироваться за счет присадочных материалов – разжижителей, в частности, плавикового шпата (CaF_2). Однако подобные шлаки являются лишь физическими адсорбентами вредных примесей, но не вступают с ними в химическое взаимодействие, которое определяет степень их адсорбционной емкости, повысить которую можно, обеспечив в них заданную степень структурно-химического разупорядочения (т.е. перевести в активированное состояние) и максимальный уровень эвтектичности.

Данная проблема решается на основе представлений теории металлургических гармонических структур (теория МГС - фаз), являющейся развитием кластерных моделей строения жидких металлов и теории ассоциированных шлаковых и металлических растворов [1].

Разрабатываемые плавильные шлаки разжижаются не CaF_2 (дефицитным и экологически вредным), а присадками алюмосиликатных бесфтористых флюсов из вторичного сырья (продукты обогащения полиметаллических руд - ставролит, дистен - силлиманит) и отходов огнеупорной футеровки, способных образовывать эвтектики с компонентами шлаков.

Высокая адсорбционная способность предлагаемых шлаков достигается путем их раскисления химическими элементами (C, Si, Al и др.) с высоким сродством к кислороду, что обеспечивает достижение в них максимальной степени эвтектичности и структурно-химического разупорядочения при данной температуре жидкого металла. Разработанные оптимальные составы ферросплавов и лигатур представляют собой интерметаллиды, которые плавятся конгруэнтно и стабильны в области гомогенности жидких и твердых растворов (таблица 1).

Таблица 1 – Бесфтористые шлаки повышенной адсорбционной емкости, эффективные алюмосиликатные флюсы и сплавы интерметаллидов

Состав *	Физико-химические характеристики **
Доменные плавильные и ковшевые шлаки	
Плавильные магнезиальные 12SiO ₂ 4MgO14CaO2CaS (39,8/8,8/43,4/8,0)	$B_0 = 1,1$; $A_S = 3,5$ %; $T_{\text{л}} \geq 1400$ °C;
Плавильные глиноземистые 10SiO ₂ 2Al ₂ O ₃ 4MgO14CaO2CaS (31,7/10,8/8,5/ 41,4/ 7,6)	$B_0 = 1,3$; $A_S = 3,4$ %; $T_{\text{л}} \leq 1400$ °C;
Ковшевые на базе мервинита 16CaO12SiO ₂ 8MgO2MgS (43,8/35,2/15,6/5,4)	$B_0 = 1,24$; $A_S = 3,25$ %; $T_{\text{л}} \leq 1300$ °C
Конвертерный плавильный шлак	
На базе силиката 3CaOSiO ₂ , повышенной адсорбционной емкости к сере и фосфору SO ₃ P ₂ O ₅ 40SiO ₂ 120CaO20MgO12MnO28FeO (0,6/1,1/18,4/51,7/6,2/6,5/15,5)	$B_0 = 2,8$; $A_S = 0,25$ %; $A_{\text{P}_2\text{O}_5} = 1,1$ %; $T_{\text{л}} \geq 1500$ °C
Конвертерный ковшевой шлак	
Вторичный ферроалюминий марки ФА30 (8-20) + шамот (25-35) + обожженный доломит – остальное	$B_0 = 1,87$ $A_S \geq 3,0$ %; $T_{\text{л}} \leq 1350$ °C
Бесфтористые алюмосиликатные флюсы	
Шамот - Al ₂ O ₃ 3SiO ₂ (36,2/63,8); Ставролитовый концентрат - 2Fe ₂ O ₃ TiO ₂ 10Al ₂ O ₃ 10SiO ₂ (15,8/4,0/50,5/29,7); Дистенсиллиманитовый концентрат - 8SiO ₂ 4TiO ₂ 16Al ₂ O ₃ 4MgO8CaO2FeO (15,1/10,0/51,3/5,1/ 14,0/4,5)	
Оптимальные составы ферросплавов и лигатур	
Ферроалюминий ФА30 (FeAl, 550/1400, 6,2); Ферросилиций ФС20 (Fe2Si,700/1250, 6,72); Ферросиликоалюминий ФС10А 25 (Fe ₂ SiAl ₂ , 550/1400, 5,65); Силикоалюминий СА65 (SiAl ₂ , 350/900, 2,6); Силикокальций СК70 (SiCa ₂ , 400/1000, 1,76); Ферросиликокальций ФС10К35 (Fe2SiCa, 500/1200, 4,84)	

* - в скобках – стехиометрический состав интерметаллидов; температуры образования, плавления и плотность, соответственно;

** - V_0 – основность шлака; A_S и $A_{P_2O_5}$ - адсорбционная емкость шлака по сере и фосфору, соответственно; T_l – температура ликвидуса

Использование бесфтористых рафинировочных шлаков и комплексных сплавов ферросиликоалюминия и ферросиликокальция при ковшевой обработке повышает степень десульфурации, раскисления и усвоения химически активных элементов (кремний, алюминий, кальций), а также способствует глобуляризации и снижению загрязненности стали неметаллическими включениями.

Список литературы

1. Белов Б.Ф. Теория МГС - фаз и ее применение для разработки рафинировочных шлаков / Б.Ф.Белов, А.И.Троцан, И.Л.Бродецкий и др. // ОАО «Черметинформация». Бюл. «Черная металлургия». – 2014. – №4. – С.34-41.

УДК 669-154:669.162.2

А. И. Белькова, А. С. Скачко, А. Ю. Гринько

Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, Днепропетровск

КРИТЕРИИ И СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ УСЛОВИЙ СОГЛАСОВАНИЯ РАСПЛАВОВ В ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Одним из приоритетных направлений в оптимизации свойств расплавов является решение проблемы достоверности расчета термодинамических свойств многокомпонентных систем, поскольку они лежат в основе управления процессом выплавки чугуна требуемого качества.

Основными термодинамическими параметрами, контролирующими эффективность и степень завершенности ионообменных процессов в системе «металл-шлак», образовавшейся в горне доменной печи, являются коэффициенты распределения элементов. Поэтому для оценки реакционной способности компонентов металлических и шлаковых систем и разрешения вопросов межфазного распределения элементов в многокомпонентной системе важное значение имеет определение численного значения активности компонентов в системе.