

Т.С.Семыкина, С.И.Семыкин

## АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕЖДУ МЕТАЛЛОМ И ШЛАКОМ ПРИ ВЫПЛАВКЕ СТАЛИ В КОНВЕРТЕРАХ

На основе химического и структурного анализа шлаковой фазы изучено распределение серы и фосфора между металлом и шлаком. С использованием тройных диаграмм плавкости соединений определен состав шлака, обеспечивающий максимально возможное в данных условиях комплексное удаление этих примесей из металла.

**Актуальность проблемы.** Важным элементом получения высококачественных сталей является сохранение и преумножение эффектов по рафинированию на всех этапах металлургического производства. Центральным звеном является сталеплавильный передел, при котором очистка металла осуществляется, как газовой, так и шлаковой фазами. Последняя фаза своим количеством, химическим и структурным составами определяет направление ионообменных процессов между реагирующими расплавами.

**Цель и задачи.** Определение роли и возможности развития процессов очистки металла от серы и фосфора шлаковым расплавом при конвертерной плавке путем анализа экспериментального массива данных, полученных в 60–т промышленных конвертерах при изучении вариантов наложения низковольтного электрического потенциала на ванну.

**Методы исследования.** Изучение природы ионообменных процессов, сопровождающих конвертирование, было проведено с использованием методики физико – химического моделирования и структурного анализа на основе тройных диаграмм плавкости. Из числа многочисленных изученных параметров акцент в исследовании был сделан на определение влияния изменения зарядового состояния серы и фосфора или перезарядки этих элементов при переходе их из металла в шлак на коэффициент распределения этих примесей между фазами.

**Результаты.** Впервые установлено, что изучаемые зависимости носят экстремальный характер, т.е. существуют условия максимального перехода примесей из металла в шлак (рис.1).

Исходя из электрохимической природы окисления примеси из металла, подвод к системе металл – шлак положительного или отрицательного потенциала должен противоположно влиять на глубину и ход процесса удаления различных примесей в шлаковую фазу. На практике при наложении потенциала отрицательной полярности наблюдается повышение значений коэффициентов распределения примесей по сравнению с обычным вариантом конвертирования, с максимумом распределения соответствующим перезарядке серы и фосфора 1,81–1,85 и 0,91–0,95 соответст-

венно. Обратная картина отмечена при наложении потенциала положительной полярности. При этом при тех же значениях перезарядок изучаемых примесей наблюдаются минимумы.

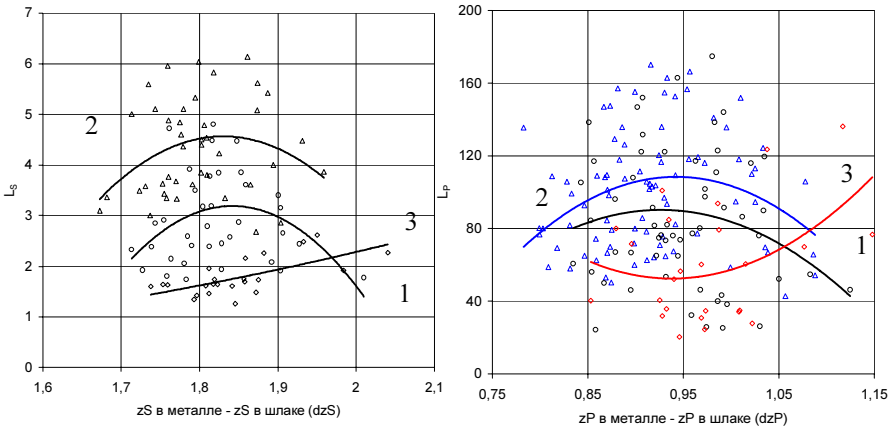


Рис.1. Зависимость коэффициентов распределения серы и фосфора от разности их эффективных зарядов между металлом и шлаком: 1 – без электрических воздействий; 2 – отрицательная полярность потенциала на фурме; 3 – положительная.

Для определения причин появления экстремумов на кривых зависимостей коэффициентов распределения элементов при изменении их зарядов в шлаке и их перезарядки было рассмотрено влияние на эти показатели определенных компонентов и минералогического состава шлаковой фазы. Выполненный комплексный анализ по теории совершенных ионных растворов показывает, что наложение отрицательного потенциала повышает активность  $Cr_2O_3$  и  $CaO$  в шлаке по отношению, как к плавкам с наложением положительного потенциала, так и к плавкам без применения воздействий, о чем свидетельствуют средние рассчитанные активности этих параметров (табл.1). Наложение положительного потенциала наоборот уменьшает активность этих параметров и активность  $FeO$  по сравнению с плавками без электрических влияний, повышая при этом активность  $MgO$ .

Конкретные составы шлака, отвечающие критическим значениям эффективных зарядов в шлаке и перезарядок серы и фосфора, были проанализированы с использованием тройных диаграмм плавкости:  $CaO - FeO - SiO_2$ ,  $CaO - MgO - SiO_2$ ,  $CaO - FeO - MnO$ ,  $FeO - MnO - SiO_2$ ,  $Cr_2O_3 - MgO - SiO_2$  (рис.2). Прежде всего, выявлено, что каждый состав формируемого шлакового расплава, соответствующий максимальным значениям коэффициентов распределения серы и фосфора, отвечает определенной температурной области (табл.2). Наиболее тугоплавкие шлаковые распла-

вы формируются в условиях наложения положительного потенциала, зачастую даже подвергаясь расщелению на две жидкости.

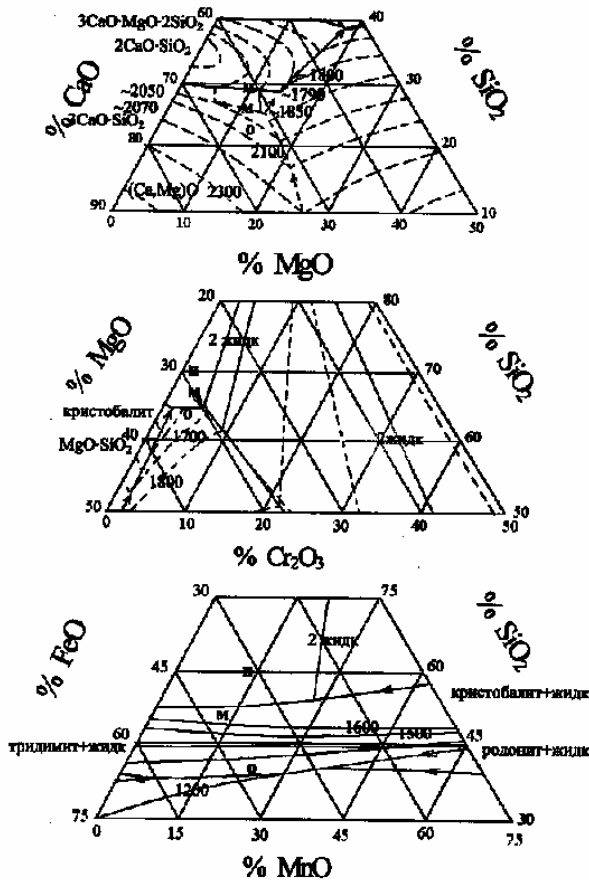


Рис. 2 – Фрагменты диаграмм плавкости систем  $CaO - SiO_2 - MgO$ ,  $MgO - SiO_2 - Cr_2O_3$  и  $FeO - SiO_2 - MnO$  (п – положительный потенциал, м – отрицательный потенциал, о – без электрических воздействий).

При обычном процессе конвертирования и при наложении потенциала отрицательной полярности формируются близкие по температурным параметрам шлаковые расплавы. Причем при воздействии отрицательного потенциала составы, вероятно, отвечают граничным температурным областям, т. е. соответствуют линиям ликвидусов на диаграммах плавкости. Наложение отрицательного потенциала на систему металл – шлак способствует прохождению процессов удаления серы и фосфора по пути формирования активного шлака определенного состава, в котором повышается активность таких оксидов, как  $MgO$ ,  $Cr_2O_3$  и  $CaO$ , способных к связыва-

нию этих примесей в устойчивые соединения с фиксацией их в шлаковой фазе.

Таблица 1. Средние значения активностей компонентов шлака по изучаемым вариантам конвертерного процесса

Вариант ведения процесса	Средние значения активностей компонентов шлака			
	CaO	MgO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO
Наложение отрицательного потенциала	0,413	0,083	0,0014	0,080
Наложение положительного потенциала	0,355	0,090	0,0013	0,077
Без электрических воздействий	0,392	0,080	0,0013	0,083

Для условий ведения продувки конвертерной плавки в 60-т конвертере рациональным можно считать следующий состав шлакового расплава, при котором достигается максимальная степень комплексной десульфурации и дефосфорации металла:

MgO, %	CaO, %	FeO, %	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , %	SiO <sub>2</sub> , %	MnO, %
9	49	16	0,6	18	2,8

Таблица 2. Температурные области тройных диаграмм плавкости при различных режимах ведения процесса конвертирования

Изучаемая тройная система плавкости	Температурная область, °C					
	Для серы			Для фосфора		
	Отрицательная полярность	Положительная полярность	Без наложения потенциалов	Отрицательная полярность	Положительная полярность	Без наложения потенциалов
CaO–FeO–SiO <sub>2</sub>	1900	1950	1800	1850	1950	1850
CaO–MgO–SiO <sub>2</sub>	2070	2060	2800	2070	2065	2750
CaO–FeO–MnO	2300	2330	2250	2300	2330	2250
FeO–MnO–SiO <sub>2</sub>	Кристаллит + жидкость	2 жидкости	Тридимит + жидкость	Кристаллит + жидкость	2 жидкости	Тридимит + жидкость
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> –MgO–SiO <sub>2</sub>	Кристаллит + жидкость	2 жидкости	1600	1600	2 жидкости	1700

Анализ химического и структурного состава шлакового расплава указывает на то, что наилучшие условия (наибольший эффект) по степени очистки металла (т.е. наибольший коэффициент распределения серы и фосфора) при таком варианте ведения процесса конвертирования достигается при содержании в шлаке рационального количества и определенного соотношения активных элементов.

### **Выводы**

Таким образом, в ходе разностороннего анализа был подтвержден сложный ионообменный характер окислительных рафинировочных процессов, параметры которого могут изменяться под воздействием электрического поля. Было определено, что при изучении природы конвертирования необходимо учитывать не только химическую, но и зарядовую сущность компонентов – участников всех протекающих в конвертере процессов. Привлечение структурного анализа позволило выявить, что максимальному удалению изучаемых элементов соответствует определенный набор окислов, активность которых повышается в условиях наложения электрического потенциала. Так при отрицательной полярности потенциала активизируются  $Cr_2O_3$  и  $CaO$  в шлаке, а при положительной –  $MgO$ .

По результатам комплексного анализа выявлено, что одним из важных условий обеспечения максимального удаления серы и фосфора из металла является формирование шлакового расплава близкого по составу к структурным переходам, при которых выделяются новые структурные комплексы.

*Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. В.Ф.Поляковым*