



The considerable influence of electric effect on viscosity, surface tension and electrical conduction of the slag is determined and also the dependence of the character of these characteristics change on potential polarity is revealed.

В. Ф. ПОЛЯКОВ, С. И. СЕМЫКИН, Е. В. СЕМЫКИНА,
Д. Н. ТОГОБИЦКАЯ, Т. С. СЕМЫКИНА, ИЧМ НАН Украины

УДК 669.184.244

ВЛИЯНИЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ШЛАКОВ ПРИ ВЫПЛАВКЕ МЕТАЛЛА В КОНВЕРТЕРЕ

Результаты лабораторных и промышленных исследований по отработке способа наложения низковольтного электрического потенциала на конвертерную ванну свидетельствуют о существенном изменении химического состава шлака под влиянием такого воздействия, а также влияния полярности потенциала на содержание основных компонентов в шлаке. В связи с тем что в силу известных экспериментальных трудностей получение данных по изменению состава шлака в процессе продувки плавки в производственных условиях не представляется возможным, такое исследование было выполнено в лабораторном 300-килограммовом конвертере. Это относится и к определению физических характеристик шлака.

Для более глубокого изучения особенностей формирования свойств шлакового расплава при наложении на конвертерную ванну низковольтных электрических потенциалов применена методика физико-химического моделирования структуры многокомпонентных металлических и шлаковых расплавов [1, 2].

Исследованы три варианта плавки: без электрических воздействий; с отрицательной и положительной полярностью подводимого к фурме электрического потенциала.

В табл. 1 приведены исходные параметры и результаты расчетов по данным лабораторных исследований, из которых следует, что при практически идентичных начальных условиях проведения плавки при различных вариантах воздействия получены шлаки с разными характеристиками. Так, наибольшее содержание CaO в шлаке достигнуто при отрицательной полярности потенциала, а наименьшее — на плавках без электрических воздействий. Что касается основности шлака, то на ее величину повлияло также исходное содержание кремния в чугуне, поэтому ее распределение было следующим: 1,54, 1,79 и 1,86 соответственно для

плавков без электрических воздействий, с отрицательной и положительной полярностью потенциала.

Количество сформировавшегося шлака для плавков с отрицательной полярностью было в 1,37 раз больше, а при положительной — в 1,18 раз меньше, чем для плавков без электрических воздействий. Увеличение количества шлака при отрицательной полярности объясняется более благоприятными условиями для повышения массы оксидов двухвалентного железа и лучшим усвоением извести. Следствием этого является, как показывает визуальная оценка, формирование активного жидкоподвижного шлака. Расчеты физических характеристик, по упомянутой выше методике, также свидетельствуют (табл. 1) о том, что при этой полярности по сравнению с остальными изученными вариантами шлаки имеют наименьшую вязкость, наиболее высокую электропроводность и более низкое по сравнению с положительной полярностью поверхностное натяжение. Увеличение жидкоподвижности при прочих равных условиях обуславливает возможность более эффективного поглощения примесей (серы, фосфора и др.). Хорошая электропроводность шлака дает основания рассчитывать на улучшение условий передачи электрической энергии конвертерной ванне и повышение влияния последней на процессы, происходящие в рабочем объеме конвертера. Первое из этих положений подтверждается результатами анализа шлаков. Так, коэффициенты распределения серы и фосфора между шлаком и металлом при отрицательной полярности были соответственно в 1,3 и 2,9 раз выше, чем на плавках без воздействий.

При положительной полярности потенциала отмечено не только наименьшее количество шлака, но и самое низкое содержание в нем оксидов железа. Шлаки при этой полярности отличаются высокой ($0,073 \text{ Н} \cdot \text{с}/\text{м}^2$) вязкостью, более низкой электропроводностью, что предполагает меньшую

Таблица 1. Технологические и расчетные показатели опытных и сравнительных плавов, выполненных в лабораторных условиях

Показатель	Плавки без воздействий	Плавки с электрическим потенциалом полярности	
		отрицательной	положительной
Масса жидкого чугуна, кг	304	302	303
Масса лома, кг	–	3,3	10,0
Добавка извести, кг	12	12	12
Химический состав чугуна, %:			
кремний	0,75	0,78	0,67
сера	0,013	0,014	0,017
фосфор	0,155	0,097	0,143
Химический состав стали, %:			
углерод	0,026	0,023	0,027
сера	0,012	0,012	0,013
фосфор	0,087	0,035	0,055
Параметры шлака, %:			
SiO ₂	16,70	20,85	17,10
P ₂ O ₅	1,20	1,42	0,48
MnO	5,86	3,20	4,20
CaS	0,038	0,050	0,040
CaO	25,80	37,45	31,80
MgO	10,4	12,4	15,9
FeO	21,00	20,05	17,70
Основность	1,54	1,79	1,86
Масса шлака, кг	28,1	32,7	23,8
Физические параметры шлака:			
вязкость, Н·с/м ² при T=1500°C	0,071	0,068	0,073
плотность шлака, т/м ³	3,84	3,83	3,77
поверхностное натяжение, кДж/м ²	332	336	342
электропроводность, Ом ⁻¹ ·см ⁻¹	15,0	17,0	14,0
Степень десульфурации, %	15,1	21,1	29,6
Степень удаления фосфора, %	48,4	66,8	64,6
Степень распределения шлак–металл:			
серы	3,17	4,17	3,08
фосфора	13,79	40,57	8,72
Удельная мощность, кВт/т	–	4,0	4,0

эффективность их использования при решении задач десульфурации путем перевода серы в шлак. Это подтверждается значениями показателей распределения серы между шлаком и металлом, который имеет наименьшее (3,08) значение. Вместе с тем полученная в лабораторных условиях наибольшая степень десульфурации по сравнению с двумя другими вариантами (29,6 против 21,1 и 15,1%) позволяет сделать предположение, что в этом случае складываются благоприятные условия для удаления серы в газовую фазу.

Исследование характера изменения физических свойств шлаковых расплавов по ходу продувки плавки показало, что электрические воздействия увеличивают (отрицательная полярность) или уменьшают (положительная полярность) плотность формируемого шлака по сравнению с обычными плавками на протяжении всей продувки металла. Это, в первую очередь, отражает насыщенность шлака тяжелыми оксидами железа, причем наиболее значительное различие характерно для начала продувки. Вязкость шлаков также снижается в первой трети продувки, но вследствие увеличения температуры ванны, а также за счет насыщения шлака оксидами железа удер-

живается на достаточно низком уровне до конца процесса конвертирования, характерном и определенном для каждой полярности потенциала. Электрическая проводимость формируемого шлака по ходу продувки заметно повышается.

По ходу продувки при электрических воздействиях отмечено более быстрое нарастание основности шлакового расплава. В большей мере этому способствует отрицательная полярность потенциала на фурме.

С использованием результатов плавов, проведенных в промышленных условиях на 60-тонных конвертерах, изучено влияние электрических воздействий на формирование конвертерных шлаков в условиях широкого диапазона изменения содержания кремния в чугуне, поскольку концентрация этого элемента значительно влияет на ход и показатели процесса.

В целом анализ полученных данных (табл. 2) подтвердил выводы, сделанные на базе лабораторных исследований, в первую очередь, в отношении влияния электрических воздействий на формирование шлаков и, как результат, повышения их рафинирующей способности.

Таблица 2. Технологические и расчетные показатели плавков, проведенных на 60-тонных конвертерах с применением низковольтных электрических воздействий

Показатель	Плавки без воздействий	Плавки с электрическим потенциалом, полярность	
		отрицательная	положительная
Масса жидкого чугуна, т	58,9	58,3	58,6
Масса металлолома, т	6,8	6,8	6,9
Добавки извести, т	4,1	4,2	4,2
Добавки плавикового шпата, т	0,11	0,05	0,14
Химический состав чугуна, %:			
кремний	0,80	0,81	0,85
сера	0,032	0,031	0,030
фосфор	0,037	0,038	0,039
Химический состав стали, %:			
углерод	0,26	0,22	0,23
сера	0,033	0,028	0,031
фосфор	0,011	0,011	0,013
Параметры шлака, %:			
SiO ₂	20,43	19,98	22,19
MnO	3,68	3,88	4,22
P ₂ O ₅	0,74	0,72	0,74
CaS	0,10	0,11	0,05
Cr ₂ O ₃	0,52	0,50	0,49
CaO	49,35	50,86	47,65
MgO	7,74	7,54	8,89
Al ₂ O ₃	1,13	1,18	1,28
FeO	14,55	13,43	13,31
Основность	2,44	2,57	2,16
Масса шлака, кг	5,2	5,4	5,0
Физические параметры шлака:			
вязкость, Н • с/м ² при T=1500°C	0,085	0,067	0,075
плотность шлака, т/м ³	3,87	3,86	3,83
поверхностное натяжение, кДж/м ²	363,2	364,8	361,0
электропроводность, Ом ⁻¹ •см ⁻¹	12,8	13,5	10,2
Степень десульфурации, %	5,22	20,1	8,12
Степень удаления фосфора, %	73,63	74,8	69,06
Распределение шлак–металл:			
серы	3,2	4,1	1,7
фосфора	82,3	80,7	68,4
Удельная мощность, кВт/т	–	0,12	0,10

Для более детального изучения влияния электрических потенциалов на свойства конвертерных шлаков опытные и сравнительные плавки, выполненные в одном временном интервале при сопоставимых значениях исходных параметров, дифференцированы по содержанию кремния в жидком чугуне, поскольку на практике содержание этого элемента изменяется весьма существенно (от 0,55 до 1,1%). При этом нашли подтверждение известные тенденции и классические зависимости, а также установлено существенное различие в показателях в зависимости от варианта воздействия. Как и следовало ожидать, с увеличением содержания кремния в чугуне заметно повышается содержание диоксида кремния в покровном шлаке во всех исследованных вариантах. Выявлено, в частности, что при одинаковом содержании этого компонента уровень значений SiO₂ при отрицательной полярно-

сти выше, а при положительной – ниже по отношению к сравнительным плавкам.

Таким образом, проведенное исследование позволило установить существенное влияние электрического воздействия на вязкость, поверхностное натяжение и электропроводность шлака, а также зависимость характера изменения этих свойств от полярности потенциала. Отмеченные различия приводят к изменению характера взаимодействия шлака с металлическим расплавом и газовой фазой и могут быть использованы для повышения степени рафинирования металла от вредных примесей.

Литература

1. Приходько Э.В. Физико-химическая модель структуры шлакового расплава // Сталь. 1990. № 10. С. 14–22.
2. Приходько Э.В. Физико-химическая модель структуры металлических расплавов / Изв. АН СССР. Металлы. 1986. № 4. С. 20–26.