

УДК 669.018.8

*М.В. Шишимиров, О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, Н.П. Ялов,
М.В. Смирнова, Т.С. Шарыпова, Е.В. Дьякова*

Московский государственный вечерний металлургический институт

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУВКИ КИСЛОРОДОМ ВАННЫ ДСП НА ГОРЯЧЕЙ МОДЕЛИ

Одним из способов снижения себестоимости производства стали в дуговых сталеплавильных печах является сокращение угара металла и удельного расхода кислорода на продувку за счет повышения его усвоения жидкой ванной.

На первом этапе моделирования (холодная модель) процессов продувки ванны ДСП кислородом оценены параметры струи при использовании различных типов продувочных трубок.

С целью получения конкретных рекомендаций в Московском государственном металлургическом институте (МГВМИ) создана установка (рис. 1), на которой исследованы различные способы продувки жидкого металла и оценена их эффективность.

На установке испытаны разные способы продувки: традиционные, когда струя кислорода «обдувала» поверхность зеркала ванны, и когда кислородная струя вводилась под зеркало ванны.

Эксперименты проводились в следующей последовательности. Предварительно взвешенный алундовый тигель 1 и стальной образец (ст. 60) помещали в электропечь сопротивления 2. По достижении печью температуры 1273 К из нее вынимали тигель с образцом и ставили на магнезитовый кирпич 3. С помощью газовой горелки 4, работающей на смеси пропана из баллона 5 и кислорода из баллона 6, образец расплавляли. Расход кислорода и пропана на подогрев образца, а также кислорода на его расплавление во всех опытах был постоянным и составлял 1,5 м³/ч.

После того, как металл 7 полностью расплавился, его начинали продувать кислородом из баллона 6 через кварцевую трубку 8. Высота расположения сопла трубки

в опытах составляла 20 мм над зеркалом ванны (непогружная трубка) и 20 мм под уровнем зеркала ванны (погружные трубки). Вибрацию осуществляли с помощью вибратора шарикового типа 9, работающего на сжатом воздухе, подаваемым из компрессора 10. Для измерения размаха вибросмещения и виброскорости использовали виброметр 11 (ВК-5). Параметры вибрации: размах вибросмещения – 1,0 мм, виброскорость – 2,5 см/с. Температуру металла измеряли с помощью вольфрамиевой термопары ВР5/20 и регистрирующего прибора Ц4313. Температура жидкого металла до продувки составляла 1823 – 1833 К. Расход пропана определяли с помощью ротаметра 12 (РС-3). Расход кислорода определяли с помощью ротаметра 13 (РМ-4). Температура кислорода при проведении экспериментов составляла 288 К. Потери металла с брызгами при расплавлении принимали равными 5 % от массы образца до проведения опыта.

Проведено 7 серий экспериментов:

- 1) продувка через непогружную трубку (опыты № 1 – 2);
- 2) продувка через непогружную трубку с непрерывной вибрацией в горизонтальной плоскости (опыты № 3 – 4);
- 3) продувка через погружную трубку традиционной конструкции (опыты № 5 – 6);
- 4) продувка через погружную трубку традиционной конструкции с непрерывной вибрацией в горизонтальной плоскости (опыты № 7 – 8);
- 5) продувка через погружную трубку традиционной конструкции с непрерывным ее перемещением в горизонтальной плоскости и по глубине расплава (опыты № 9 – 10);

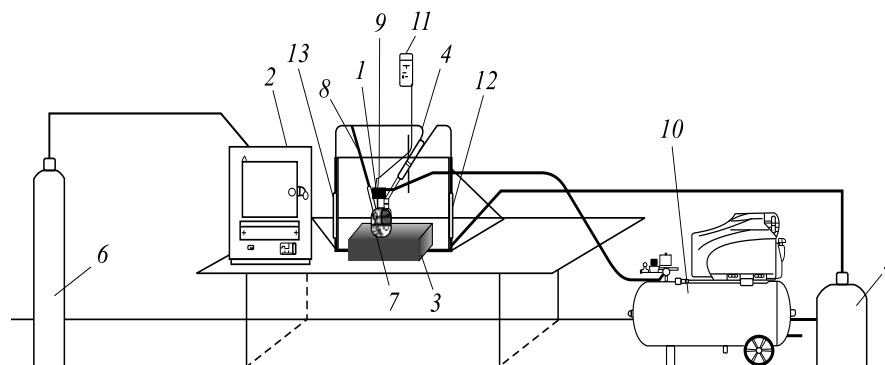


Рис. 1. Схема установки для исследования продувки жидкого металла кислородом

Результаты экспериментов

Показатель	Номер опыта													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Масса металла, г до продувки после продувки	154,4 62,5	145,8 68,7	146,8 79,0	179,1 123,0	148,2 66,3	74,1 20,1	159,6 100,0	157,2 114,5	106,4 63,6	79,6 25,6	95,8 70,0	87,6 60,2	92,2 67,2	123,9 101,6
Угар металла, г	91,9	77,1	67,8	56,1	81,9	54,0	59,6	42,7	42,8	54,0	25,8	27,4	25,0	22,3
Время опыта, с	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30	35	30
Интенсивность угара металла, г/с	2,63	2,57	1,93	1,87	2,34	1,80	1,70	1,42	1,22	1,80	0,74	0,91	0,71	0,74
Скорость обезуглероживания ·10 ³ , %/с	5,1	5,0	6,6	6,7	17,7	19,2	17,7	19,7	12,9	21,3	14,8	22,3	16,6	19,7

6) продувка через погружную трубку предлагаемой конструкции с двумя дополнительными боковыми отверстиями (опыты № 11 – 12);

7) продувка через погружную трубку предлагаемой конструкции с двумя дополнительными боковыми отверстиями и непрерывным ее перемещением в горизонтальной плоскости и по глубине расплава (опыты № 13 – 14).

Результаты экспериментов приведены в таблице.

Сравнение интенсивности угара металла (средние значения) для различных серий экспериментов представлено на рис. 2.

Сравнение скорости обезуглероживания металла (средние значения) для различных серий экспериментов показано на рис. 3.

Выполнен расчет угара отдельных элементов (Fe, Si, Mn, C, Cr, Ni, S, P) для каждого из проведенных опытов.

Угар каждого элемента $Y_{эл}$ вычислялся по формуле [1]

$$Y_{эл} = \frac{Q_{эл}^1 - Q_{эл}^2}{Q_{Me}} \cdot 100, \quad (1)$$

где $Q_{эл}^1$ – количество элемента в образце, г; $Q_{эл}^2$ – количество элемента в металле после продувки, г; Q_{Me} – угар металла, г.

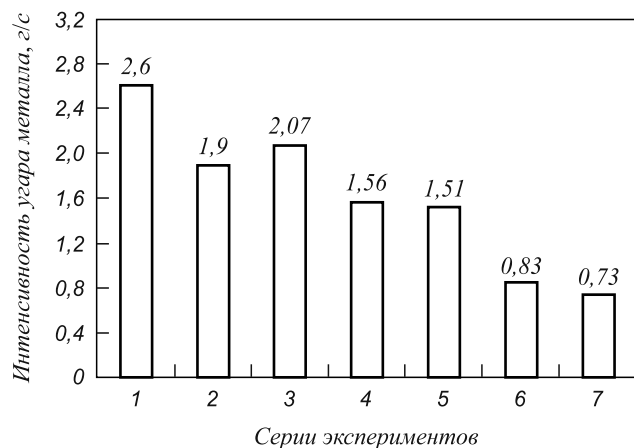


Рис. 2. Сравнение интенсивности угара металла (средние значения) для различных серий экспериментов

Количество элемента, содержащегося в образце и в металле после продувки Q_i , определялся по соотношению

$$Q_i = Mi/100, \quad (2)$$

где M – масса образца или металла, г; i – содержание элемента в образце или металле, % (по массе).

Для определения содержания элементов в образце и в металле после продувки был проведен анализ проб на полный химический состав с помощью квантометра фирмы IRL, Франция.

Средние значения угара от общего угара металла для всех проведенных опытов составляли, % (по массе): Fe – 96,13, C – 1,49, Mn – 1,46, Si – 0,70, Cr – 0,15, S – 0,05, P – 0,02.

Как следует из данных, приведенных в таблице и рис. 2 – 3, способ окислительной продувки металла через погружную трубку является более эффективным по сравнению с продувкой через непогружную трубку, поскольку в проведенных опытах скорость обезуглероживания металла была примерно в 3 раза выше, а интенсивность угара металла на 15 – 70 % меньше.

На современных ДСП продувку чаще всего осуществляют с помощью нескольких (от 3 до 8) стеновых универсальных устройств (горелка + инжектор кислоро-

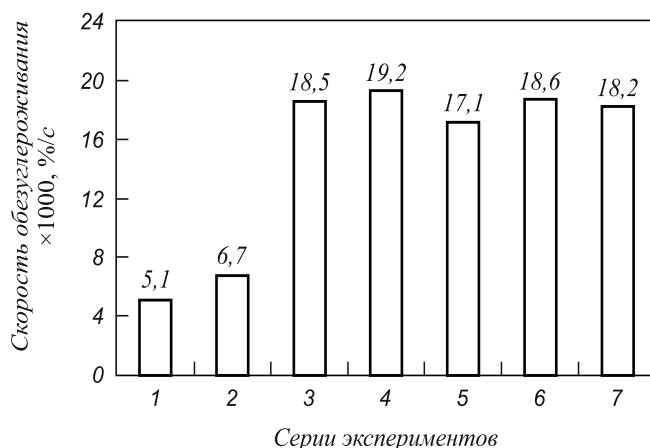


Рис. 3. Сравнение скорости обезуглероживания металла (средние значения) для различных серий экспериментов

да), расположенных над зеркалом ванны на расстоянии 400 – 600 мм. Увеличение эффективности окислительной продувки металла без значительного изменения конструкции печи в таком случае может быть достигнуто за счет выполнения универсального устройства подвижным и с возможностью перемещения продувочной трубки не только вперед-назад, но и влево-вправо.

Среди рассмотренных различных вариантов продувки через погружную трубку наиболее предпочтительными являются способы с расширением зоны взаимодействия кислородной струи с металлом.

Одним из возможных вариантов расширения зоны взаимодействия кислородной струи с жидким металлом является продувка через одну или несколько неохлаждаемых металлических трубок, вводимых через отверстия в стенах печи, с возможностью их перемещения в вертикальной и горизонтальной плоскостях [2].

Другим вариантом расширения зоны взаимодействия кислородной струи с металлом в ДСП является продувка при погружении под зеркало металла сопел сводовой фурмы с непрерывным перемещением среза сопел по глубине ванны и вокруг вертикальной оси [3].

При реализации технических решений, обеспечивающих расширение зоны взаимодействия кислородной струи с металлом, возможно следующее. При продувке у среза сопла трубки или фурмы вероятно образование пузыря кислорода, который вырастает до размеров, обеспечивающих его отрыв от среза сопла и всплытие к поверхности раздела металл-шлак. На этой поверхности пузырь рассыпается, и кислород частично поступает в шлак, а частично уносится с отходящими газами. Реакционная поверхность пузыря, на которой происходит окисление компонентов расплава, мала, из-за чего снижается эффективность использования кислорода и увеличивается угар металла.

Подтверждением вышеизложенного служат результаты проведенных экспериментов. В случае продувки через погружную трубку традиционной конструкции с непрерывным ее перемещением в горизонтальной плоскости и по глубине расплава (пятая серия эксперимента – опыты № 9 – 10) интенсивность угара металла примерно в 2 раза выше, чем при продувке через погружную трубку разработанной в МГВМИ конструкции с двумя дополнительными боковыми отверстиями

без и с непрерывным ее перемещением в горизонтальной плоскости и по глубине расплава (шестая и седьмая серии экспериментов – опыты № 11 – 14).

Для снижения угара металла и повышения эффективности окислительной продувки ванны ДСП кислородом предлагается несколько вариантов решений, основанных на способах расширения реакционной поверхности металл-кислород.

Первый вариант состоит в том, что продувочная фурма вводится под зеркало ванны и обеспечивает подачу кислорода в виде большого количества мелких пузырей, увеличивающих реакционную поверхность металл-кислород [4].

Второй вариант заключается в продувке металла кислородом с помощью фурмы, также введенной под зеркало ванны. Причем фурма выполнена в виде устройства с соплами и возможностью непрерывного возвратно-поступательного перемещения в горизонтальной плоскости [5].

Практическая реализация предложенных способов ввода кислорода обеспечит повышение эффективности использования кислорода и уменьшение угара металла.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шишимиров М.В. Выполнение хронометража производства стали в электросталеплавильном цехе. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 32 с.
2. Пат. 2309182 РФ. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / Сосонкин О.М., Герцык С.И., Шишимиров М.В. Бюл. изобретений. 2007. № 30.
3. Пат. 2278900 РФ. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи / Сосонкин О.М., Герцык С.И., Шишимиров М.В. Бюл. изобретений. 2006. № 18.
4. Пат. 2343205 РФ. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / Сосонкин О.М., Герцык С.И., Шишимиров М.В. Бюл. изобретений. 2009. № 1.
5. Пат. 2364631 РФ. Способ выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи и устройство для его осуществления / Сосонкин О.М., Герцык С.И., Шишимиров М.В. Бюл. изобретений. 2009. № 23.

© 2012 г. *М.В. Шишимиров, О.М. Сосонкин, С.И. Герцык, Н.П. Ялов, М.В. Смирнова, Т.С. Шарыпова, Е.В. Дьякова*
Поступила 24 мая 2012 г.