

УДК 669.18**Е.Н. Лебедев, К.Н. Шарандин, А.Ю. Лизун, В.Е. Ухин****ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУЙ ГАЗА
КИСЛОРОДНОЙ ФУРМЫ.**

В работе проведено физическое моделирование с целью получения дополнительных данных о наиболее важных конструктивных особенностях кислородной фурмы. Изучено их влияние на изменение реакционной зоны конвертерной ванны. Исследования выполнены на физической модели 160 тонного конвертера. Установлено, что при изменении высоты подъема фурмы струи кислорода претерпевают изменение. Свободное пространство между реакционными зонами непропорционально изменяется относительно выбранного положения фурмы. Установленные в исследованиях закономерности позволяют корректировать конструкцию головки фурмы для повышения активности реакционной зоны.

Ключевые слова: конвертер, фурма, продувка, моделирование, сопла, расстояние.

Введение

От рациональной конструкции фурмы для продувки конвертерной ванны зависят технико-экономические показатели процесса. Правильный выбор конструкции фурмы гарантирует раннее шлакообразование, а также отсутствие выбросов [1,2].

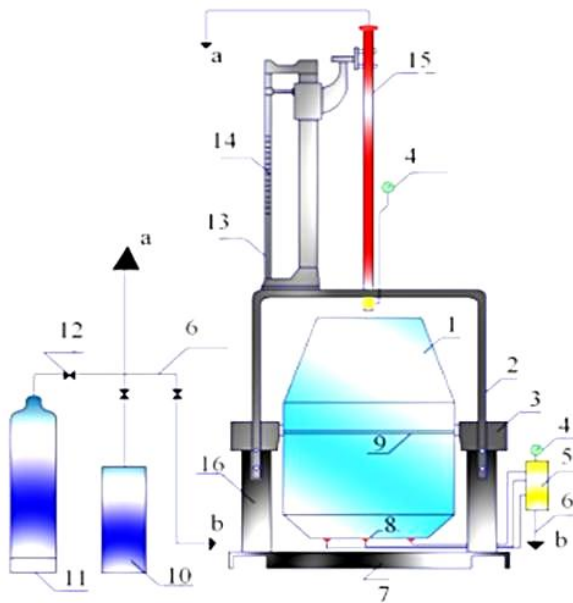
Дополнительной функцией кислородной фурмы может также являться повышение эффективности дожига CO до CO_2 . Фурма может применяться для нанесения шлакового гарнисажа на футеровку для повышения её стойкости [3,4].

Известно, что даже при продувке стали в однотипных конвертерах применяются фурмы отличающиеся наиболее важными параметрами. Это указывает на то, что отдельные параметры фурмы нуждаются в дополнительном исследовании. Одним из методов проектирования фурм является физическое моделирование [5-10].

Экспериментальная установка и методика исследования

Исследования, распространенной фурмы с пятью дутьевыми отверстиями, выполнено на прозрачной модели 160 т конвертера. Масштаб модели составлял 1:6 (рисунок 1).

Модель состояла из корпуса конвертера, изготовленного из органического стекла методом горячего формования. Для продувки в рабочее пространство конвертера вводили с помощью специального механизма фурму. Продувку ванны осуществляли компрессорным и сжатым воздухом из баллона. Конвертер был оборудован приборами для измерения давления и расхода воздуха на продувку.



1 – сосуд (органическое стекло), 2 – опора фурмы, 3 – цапфы, 4 – манометр, 5 – коллектор, 6 – магистраль, 7 – опора установки, 8 – донные продувочные элементы, 9 – опорное кольцо, 10 – компрессор, 11 – баллон, 12 – кран, 13 – направляющая фурмы, 14 – линейка, 15 – фурма, 16 – стойка, 17 – программное обеспечение, 18 – АЦП.

Рисунок 1 – Схема и общий вид лабораторной установки.

Конструкция фурмы позволяла применять сменные наконечники. Общий вид сменных наконечников представлен на рис. 2.



а)

б)

а) – цилиндрические сопла, б) – сопла Лавалья.

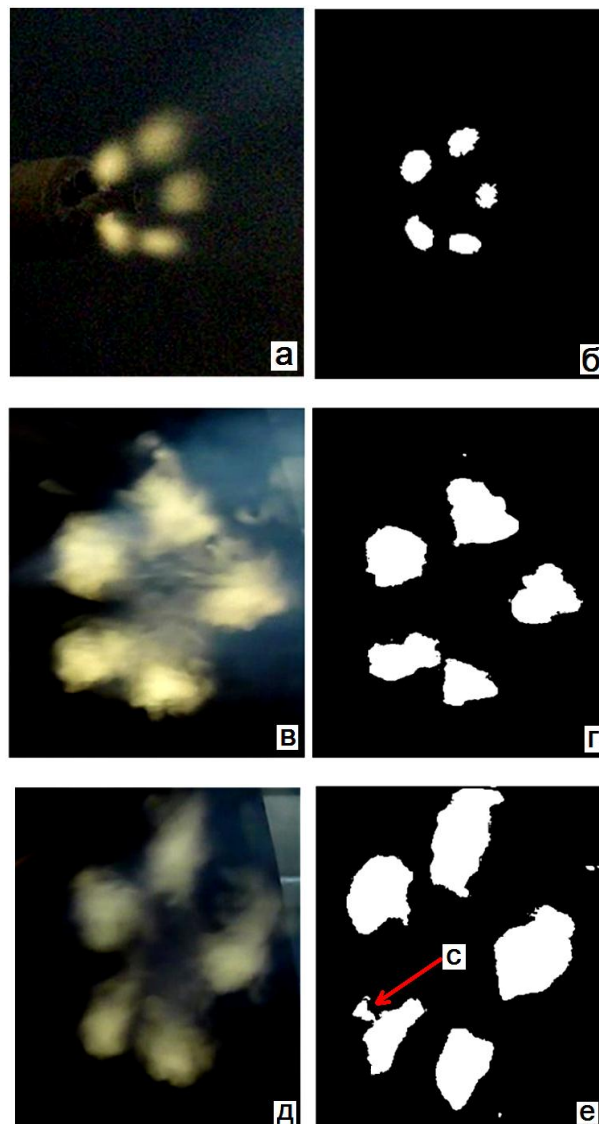
Рисунок 2 – Типы наконечников для верхней продувки.

Перемещение фурмы осуществляли дистанционно с помощью электрического привода. Подкрашивание струй из дутьевых отверстий выполняли дымом, для этого его подавали во внутреннее пространство фурмы, непосредственно перед наконечником.

Уровень ванны задавали виртуально с помощью плоского мощного светового потока. Это обеспечивало визуализацию реакционных зон. Масштабная фотосъёмка позволяла измерять основные размеры реакционных зон в различных сечениях потока окрашенного дутья из фурмы.

Результаты экспериментов и их обсуждение

Характеристика реакционной зоны при перемещении фурмы на расстояние 50, 100, 150мм (рисунок 3) от вертикальной поверхности ванны показаны в таблице 1.



а-50мм; б-50мм; в-100мм; г-100мм; д-150мм; е-150мм; (общий вид), б, г, е – ядро струй.

Рисунок 3 – Влияние расстояния от среза фурмы на характер струи.

Таблица 1 – Основные размеры реакционных зон.

№	Высота подъёма фурмы (мм).	Размеры реакционных зон (мм).			
		Диаметр струи	Диаметр ядра струи	Площадь (мм ²).	
				Общая	Центральная часть
1	50	4,5-5,5	3,4-3,7	200,9	50,2
2	100	9,5-10,5	6,0-6,5	907,5	153,9
3	150	14-15,5	11,0-12,5	1384,7	314,5

Представленные результаты относятся к фурме с пятью соплами Лаваля равномерно расположенные по торцевой площади наконечника. Сопла имели наклон к вертикальной оси фурмы 14 градусов. Диаметр диффузора и конфузора составляли: 7,2 и 6,6 соответственно.

Эти параметры фурмы обеспечивали на расстоянии 50 мм от среза фурмы диаметр струй из сопел 4,5-5,5 мм. Увеличение расстояния от виртуальной ванны в 3 раза (с 50 до 150 мм) увеличивало диаметр струи до 14,0 – 15,5 мм. Увеличение расстояния сопровождалось тем, что границы струй значительно размывались из-за сопротивления окружающей среды. Установив определенный предел контрастности изображения равный для всей фотосъемки, что позволило выявить диаметр ядра струи (рисунок 3 б,д,е). Измеренный диаметр ядра струи был в 1,34-1,6 раза меньше, чем её общий диаметр.

При увеличении расстояния от среза фурмы в 3 раза площадь межструйного пространства увеличивалась более чем в 6 раз. Последнее обстоятельство является важным при выборе количества дутьевых отверстий и угла их наклона к вертикальной оси.

В испытанном наконечнике центральное межструйное пространство может оказаться малоактивным даже с учётом того, что рядом расположенные объёмы ванны взаимодействуют между собой.

Выводы

Физическое моделирование работы кислородной фурмы позволяет выявлять малоактивные участки реакционных зон, которые могут быть устранены последующей оптимизацией конструкции кислородной фурмы.

Результаты моделирования могут быть использованы для корректировки конструкции головки фурмы. Это обеспечит интенсификацию процесса перемешивания ванны за счёт равномерного распределения дутья в реакционной зоне. В итоге это усовершенствует тепло- и массообменные процессы в рабочем пространстве конвертера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баптизманский В.И. Теория кислородно-конвертерного процесса. – М.: Металлургия, 1975. – 376с.
2. Явойский В.И. Теория продувки сталеплавильной ванны./ В.И. Явойский, Г.А. Дорофеев, И.Л. Повх – М.: «Металлургия». -1974. -496с.
3. Протопопов Е.В. Исследование взаимодействия кислородных струй с отходящими конвертерными газами / Е.В. Протопопов, А.Г. Чернятевич // Изв. ВУЗов «Черная металлургия». – 1996, №10. – С. 5-9.
4. Чернятевич А.Г. Комбинированная продувка в конвертерах с использованием двухъярусной фурмы. / А.Г. Чернятевич, Л.А. Гензер, Р.С. Айзатулов и др.// Изв. ВУЗов «Черная металлургия». – 1988, №7. – С.48-51.
5. Maia B.T. Effects of the use of twisted nozzles on jet-bath Interaction and on mixing time in a BOF top blow Converter / B.T. Maia, J.A. Alvarenga, R.F. Reis , R.P. Tavares // The 6th European Oxygen Steelmaking Conference, Programme No.1-12 - Stockholm 2011.
6. Tago Y. Fluid flow analysis of jets from nozzles in top blown process / Y. Tago, Y. Higushi // ISIJ International - 2003, v.43, No.2. - P.209–215.
7. Higushi Y. Effect of nozzle twisted lance on jet behavior and spitting rate in top blown process / Y. Higushi, Y. Tago // ISIJ International. - 2003, v.43, No.9. - P.1410–1414.
8. Singh V. Optimization of the bottom tuyeres configuration of the BOF vessel using physical and mathematical Modelling / V. Singh, J. Kumar, C. Bhanu [at. al.] // ISIJ International - 2007, v.47, № 11. - P.1605-1612.
9. Zhang Lei Shen Hydraulic model experiment of converter coherent jet oxygen lance / Zhang Lei Shen, Minggang Zhang Zhenshan Kang Shumei // Asia Steel 2009. May 24 – 27, 2009, Pusan, Korea.
10. Meidani R. Modelling shrouded supersonic jets in metallurgical reactor vessels / R. Meidani, M. Isac, A. Richardson [at. al.] // ISIJ International.- 2004, v.44, No.10. – P.1639–1645/

Надійшла до редакції 14.10.2011

Рецензент д.т.н., проф. М.О. Маняк

© Лебедев Е.М., Шарандин К.Н., Лизун А.Ю., Ухин В.Е.

УДК 669.18:519.876.3:621.43.013.1

Ю.В. Костецкий, А.В. Мач

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА
ФЛОТАЦИИ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ
ПУЗЫРЬКАМИ АРГОНА**

Рассмотрены современные представления о процессе пузырьковой флотации неметаллических включений из стали. Описан механизм взаимодействия включения и пузырька газа в процессе флотации. Рассчитана эффективность процесса флотации неметаллических включений различного размера пузырьками газа разного диаметра.