

бинированного дутья, мартен и ЭДП) и используемых материалов.

### Библиографический список

1. Смоктий В. В., Исаев В. В. // Тр. ЦНИИЧМ. – М.: Металлургия. – 1966. – № 41. – С. 55-59.
2. Petroš J., Haroh M., Borsky V. // Hutník (Č). – 1975. – № 12. – S. 449-455.
3. Малаховский Л. А., Квичанский И. И. // В кн. Металлургия и коксохимия. – Киев: Техніка. – 1968. – № 10. – С. 30-34.
4. Ребров Л. В. // Бюлл. ЦИИН ЧМ. – 1971. – № 8. – С. 40-41.
5. Czavek V. // Hutník (Č). – 1975. – № 12. – S. 455-457.
6. Бира Ж. П. // Черные металлы. – 2003. – С. 32-38.
7. Харахулах В. С., Охотский В. Б. // Металлург. и горноруд. пром-сть. – 1994. – № 1. – С. 8-10.
8. Дидковский В. К., Михневич В. Ф., Подопривога И. Д. и др. // В кн. Металлургия и коксохимия. – Киев: Техніка. – 1973. – № 35. – С. 71-77.
9. Dena J. M., Radtke D. // J. Met. – 1971. – № 8. – P. 27-32.
10. Бапгизманский В. И., Бойченко Б. М., Душа В. М. и др. // Сталь. – 1975. – № 7. – С. 592-594.
11. Яковлев Ю. Н., Олексенко В. В., Подгородецкий А. А. и др. // В кн. Металлургия и коксохимия. – Київ: Техніка. – 1978. – № 55. – С. 41-44.

Поступила 10.09.2014



УДК 669.18

Наука

Заспенко А. С., Низяев К. Г. /д. т. н./,  
Стоянов А. Н. /к. т. н./, Молчанов Л. С. /к. т. н./  
НМетАУ

Сигарев Е. Н. /д. т. н./  
Днепродзержинский ГТУ

## Динамика износа футеровки кислородных конвертеров в условиях ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского»

*Проанализированы статистические данные о динамике износа футеровки кислородных конвертеров. Разработана математическая модель изменения глубины конвертерной ванны от длительности эксплуатации. Установлена необходимость применения кислородных фурм различной конструкции для различных периодов кампании конвертера. Ил. 2. Табл. 2. Библиогр.: 3 назв.*

**Ключевые слова:** кислородный конвертер, футеровка, динамика износа, математическая модель

*Statistical data on the dynamics of lining wear of BOF was analyzed. A mathematical model of the change in depth of converter bath on the duration of operation was developed. Determined necessary of applying different designs of oxygen lances for different periods of the BOF life.*

**Keywords:** oxygen steel-making converter, lining, wear dynamics, mathematical model

### Постановка задачи исследования

Футеровка кислородных конвертеров работает в наиболее тяжелых условиях вследствие контакта со шлакометаллической ванной и высокотемпературными газами.

Факторы, влияющие на стойкость огнеупорной футеровки кислородных конвертеров, можно подразделить на следующие группы [1-3]:

– практически постоянные факторы (конструкция кислородной фурмы и дутьевой режим плавки, толщина отдельных элементов

кладки, емкость конвертера, вид применяемых огнеупоров);

– факторы, изменяющиеся с каждой плавкой, обычно не зависящие или мало зависящие друг от друга (физические и химические свойства чугуна, металлолома, железной руды, извести и доломита, минутный расход кислорода, длительность простоев между плавками, количество промежуточных повалок конвертеров, уровень фурмы над поверхностью металла, марка выплавляемой стали);

– факторы, зависящие друг от друга и от остальных, а также от технических возможностей управления процессом плавки (соотношение расхода отдельных материалов, шлаковый режим, длительность продувки, температура металла в конвертере).

#### Методика проведения исследования

С целью выявления закономерностей износа огнеупоров по ходу кампании конвертера выполнен статистический анализ динамики стойкости футеровки на конвертерах ПАО «ЕВРАЗ – ДМЗ им. Петровского» в период 2011-2012 гг. Анализировались 5 кампаний работы кислородных конвертеров. Продувка осуществлялась через двухрядную 12-ти сопловую кислородную фурму. Основной ряд – 4 сопла с критическим диаметром 26 мм и углом наклона к вертикали 16°; второй ряд – 8 цилиндрических сопел диаметром 8 мм и углом наклона к вертикали 33°.

Сортамент выплавляемых сталей: 70-80 % ЗПС, 5ПС; 10-15 % ЗСП, 5СП; 5-20 % 09Г2С, 70Г, ПТ70, К63. Для футеровки использовались периклазоуглеродистые огнеупоры следующих производителей: RXI, Dalmond, Harima, Дуферко. В табл. 1 приведен химический состав применяемых огнеупоров по различным зонам конвертера.

Таблица 1

#### Химический состав периклазоуглеродистых огнеупоров, применяемых для футеровки различных зон конвертера

№ П/П	Зона футеровки	Проект фирмы «Dalmond»	
		MgO, %	C, %
1	Шлемовая часть	82	6
2	Шлаковый пояс	82	12
3	Околоцапфенные зоны	78	14
4	Ванна	86	8

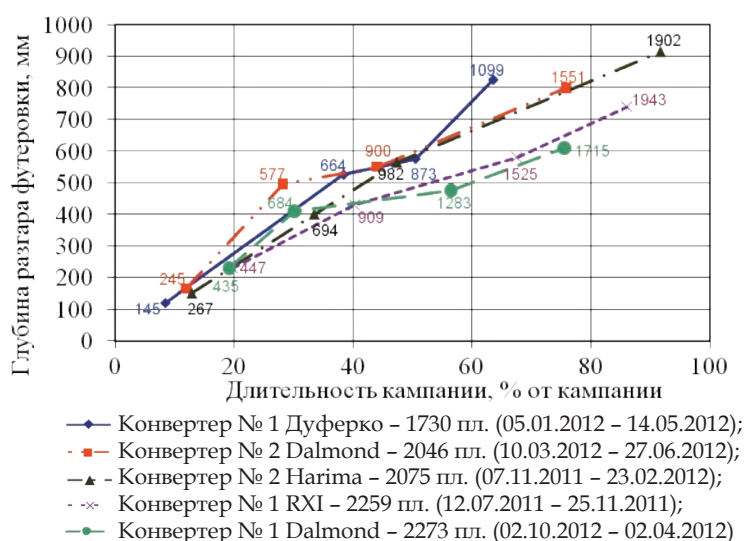


Рис. 1. Зависимость глубины разрушения футеровки от длительности эксплуатации конвертеров (цифры у точек – количество плавков)

#### Результаты исследования

Согласно производственным данным, основной причиной вывода из эксплуатации кислородных конвертеров является интенсивный износ и разрушение футеровки шлемовой части практически до уровня брони (металлического кожуха) и, в меньшей мере, разрушение футеровки всего рабочего пространства со значительной выработкой в околоцапфенных зонах цилиндрической части (остаточная толщина огнеупорного материала  $\leq 100$  мм).

Согласно данным актов слома футеровки и журналов эксплуатации кислородных конвертеров построили зависимости глубины разрушения футеровки в цапфенных зонах от длительности ее эксплуатации при применении огнеупорных материалов различных производителей (рис. 1, цифры у точек соответствуют количеству плавков от начала кампании конвертера). На основании выполненного анализа стойкости футеровки установлено, что при использовании 12-ти сопловой фурмы имеет место повышенный износ футеровки в первой трети кампании эксплуатации конвертера.

Необходимо отметить, что методы замеров и их периодичность может существенно влиять на показатели износа огнеупоров. Поэтому были выполнены расчеты скорости износа футеровки по периодам кампании работы конвертеров (табл. 2).

Анализ данных показывает, что скорость износа футеровки является неравномерной на протяжении всей кампании конвертера. Наибольший износ претерпевает футеровка в первой трети кампании эксплуатации кислородных конвертеров. С одной стороны, это может быть объяснено более интенсивным применением операции по раздувке конечного шлака во

Анализ влияния длительности эксплуатации на скорость износа футеровки (мм/плавку) кислородных конвертеров

№ п/п	Сведения о кампании	Длительность кампании, %		
		30	60	100
1	Конвертер № 1 RXI – 2259 пл. 12.07.2011-25.11.2011 г.	0,49	0,39	0,38
2	Конвертер № 1 Дюферко – 1730 пл. 05.01.2012-14.05.2012 г.	0,8	0,75	нет данных
3	Конвертер № 2 Narima – 2075 пл. 07.11.2011-23.02.2012 г.	0,58	0,51	0,48
4	Конвертер № 2 Далмонд – 2046 пл. 10.03.2012-27.06.2012 г.	0,86	0,58	нет данных
5	Конвертер № 3 Далмонд – 2273 пл. 02.04.2012-02.10.2012 г.	нет данных	0,37	0,32

второй половине кампании конвертера с целью поддержания состояния футеровки в рабочем состоянии. Однако нельзя сбрасывать со счетов и характер взаимодействия двухрядной кислородной струи с жидкой ванной.

По результатам исследований построена модель изменения глубины ванны в процессе эксплуатации конвертера (рис. 2).

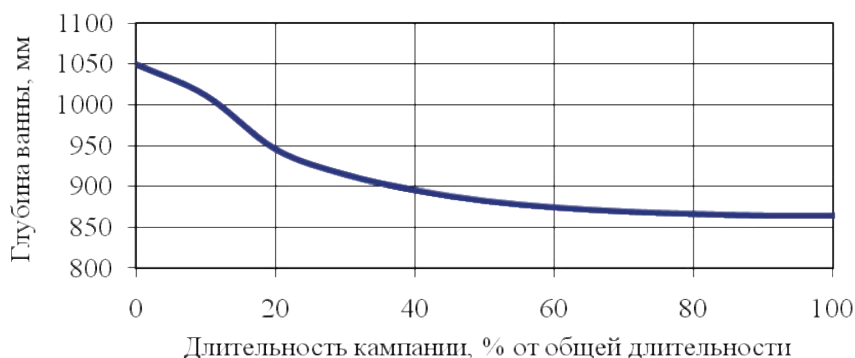


Рис. 2. Зависимость глубины ванны кислородного конвертера от длительности эксплуатации

Полученные результаты показывают, что по ходу кампании конвертера жидкая ванна садится почти на 200 мм. При этом в значительной степени изменяется структура реакционной зоны и характер взаимодействия кислородных струй с жидким металлом.

Это позволило сделать вывод о необходимости использования, по крайней мере, двух различных конструкций головок кислородных фурм, позволяющих оптимизировать гидродинамические и тепломассообменные процессы, протекающие в конвертере в различные периоды его эксплуатации.

#### Выводы

На основании выполненных исследований установлен неравномерный характер динамики разрушения футеровки кислородного конвер-

тера. Скорость износа огнеупоров в первой трети кампании конвертера на 5-25 % выше, чем в остальные периоды эксплуатации. Предложено использование, по крайней мере, двух различных конструкций головок кислородных фурм, позволяющих оптимизировать гидродинамические и тепломассообменные процессы, проте-

кающие в конвертере в различные периоды его эксплуатации.

#### Библиографический список

1. Зражевский А. Д., Альперович Я. Л., Егоров Ю. Г., Охотский В. Б. Анализ причин износа футеровки конвертера // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 1996. – № 4. – С. 16-18.
2. Пищида В. И., Бойченко Б. М., Низяев К. Г., Кравец С. Н., Тарнавский М. С., Шибко А. В. Служба периклазоуглеродистых огнеупоров в горловине конвертера // *Новые огнеупоры.* – 2005. – № 2. – С. 23-25.
3. Пищида В. И., Бойченко Б. М., Низяев К. Г., Кравец С. Н. Служба периклазоуглеродистых огнеупоров в шлаковом поясе конвертера // *Новые огнеупоры.* – 2005. – № 1. – С. 29-31.

**Поступила 23.03.2015**