

Основные технологические параметры продувки металлической ванны в подовом агрегате смесью инертный газ – кислород\*

№ п/п	Тип газа	Время продувки в доводку, % от общ. длительности	Расход, м <sup>3</sup> /т мин
1.	O <sub>2</sub>	0 – 60	22
2.	O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> (10%)	60 – 80	25
3.	O <sub>2</sub> /Ar (30 %)	80 – 90	28
4.	Ar	90 - 100	15

\*для обеспечения производительности плавильного агрегата на заданном уровне недостающее количество кислорода компенсируется вводом железорудных материалов

Разработанная технология позволяет увеличить выход годной стали на 0,37 % (за счет снижения окисленности шлака), повысить качество металла за счет снижения количества неметаллических включений в стали (обеспечивается продувкой ванны чистым аргоном на последней стадии плавки).

УДК 669.184.244.66

**С. П. Пантейков, Е. С. Пантейкова**

Днепродзержинский государственный технический университет,  
г. Днепродзержинск,

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕРМОНАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ  
ОГНЕУПОРОВ ДНИЩА КИСЛОРОДНОГО КОНВЕРТЕРА С УЧЁТОМ ИХ  
ОШЛАКОВАНИЯ**

Одним из важным показателей работы кислородных конвертеров является стойкость футеровки, в частности – футеровки днищ, которая работает в тяжёлых условиях, подвергаясь: воздействию высоких температур; термическим напряжениям от колебаний температур; ударам кусков шихты при загрузке; знакопеременным нагрузкам при вращении конвертера; размывающему действию потоков расплава [1]. Поэтому проблема увеличения стойкости днищ конвертеров всегда являлась и является актуальной.

Применение технологии ошлакования футеровки позволяет в значительной степени защитить огнеупоры днища от механического воздействия лома при его

загрузке и от контакта огнеупоров днища с высокотемпературным расплавом в ходе его продувки за счёт формирования на рабочей поверхности днища агрегата слоя дополнительного гарнисажного покрытия за счёт шлака, оставшегося от раздувки его на стены конвертера. При этом, главными причинами низкой стойкости футеровки днищ конвертеров является постоянная работа огнеупоров в напряжённом состоянии из-за воздействия на их рабочую поверхность высокотемпературной агрессивной среды (расплава) и охлаждения огнеупоров днища со стороны кожуха агрегата. В этих условиях в теле огнеупорных блоков, из которых состоит футеровка днища, возникают термические напряжения [1], связанные с наличием осевого градиента температур, характерного для всех теплотехнических агрегатов [2]. Это приводит к растрескиванию огнеупоров, что снижает стойкость футеровки.

Авторами данной работы разработана математическая модель термонапряжённого состояния огнеупорных блоков днища кислородного конвертера с верхней продувкой с учётом слоя шлака, намороженного на днище. В основу модели положена разработанная ранее математическая модель [3] теплового состояния днища кислородного конвертера с учётом слоя защитного шлакового покрытия. Расчёт поля градиентов температур, возникающих в огнеупорном материале днища кислородного конвертера, произведён путём решения задачи Стефана с двумя подвижными границами методом контрольного объёма [4] с использованием метода Дюзимбера [5] по явной разностной схеме [6]. При этом, значения термических напряжений I рода (т.е. вызываемых градиентом температур) определялись, согласно теории термоупругости, с использованием уравнения Гука [2] при ограничении расширения по толщине днища на основании допущения о чисто упругом поведении огнеупорного материала, постоянстве его упругих характеристик и при предположении об отсутствии внешних нагрузок на огнеупоры днища.

Математическая модель написана на алгоритмическом языке Turbo Pascal 7.0. Её реализация позволила получить информацию о влиянии вида огнеупора днища, его толщины и параметров гарнисажа в необходимый момент времени продувки на изменение величин термонапряжений, возникающих в днище конвертера. Рекомендуется к использованию при разработке, внедрении и совершенствовании технологий ошлакования футеровки конвертеров с целью эффективного продления срока службы их днищ.

#### **Список литературы**

1. Суворов С.А., Тарабанов В.Н. Козлов В.В. Эволюция износа футеровки конвертера для плавки стали // Известия СПбТИ(ТУ).- 2013.- № 19.- С.22-26.

2. *Стрелов К.К., Кащеев И.Д., Мамыкин П.С.* Технология огнеупоров. – М.: Металлургия, 1988.– 528 с.
3. *Пантейков С.П., Пантейкова Е.С.* Математическая модель теплового состояния днища кислородного конвертера с учётом слоя защитного шлакового покрытия // «Современная металлургия нового тысячелетия»: Сб. науч. тр. XI Международной научно-практической конференции.– Часть 1. – Липецк: ЛГТУ, 2015.– С.89-92.
4. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи.- М.:Энергия, 1979.-344 с.
5. *Радл У.* Затвердевание отливок.- М.: Машгиз, 1960.- 391 с.
6. *Самарский А.А., Гулин А.В.* Численные методы: Учебное пособия для вузов.- М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1989.- 432 с.

УДК 669.184.244.66

**С. П. Пантейков, Л. П. Семерунина**

Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск

### **О ТЕРМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЯХ, ВОЗНИКАЮЩИХ В ОГНЕУПОРНОМ МАТЕРИАЛЕ БЛОКОВ SA-ФУРМ КОНВЕРТЕРОВ КОМБИНИРОВАННОГО ДУТЬЯ**

Одним из важных технико-экономических показателей работы конвертеров с донным дутьём является стойкость футеровки днища агрегата, которая лимитируется стойкостью применяемых в процессе конвертирования донных дутьевых фурм, работающих в сложных термонапряжённых условиях.

Для изучения влияния различных факторов на стойкость огнеупоров кольцевых (SA-) фурм для донной продувки расплава нейтральными газами в конвертере была разработана математическая модель термонапряжённого состояния огнеупорного блока кольцевой донной фурмы [1], реализация [2] которой на персональном компьютере позволяет получать информацию о полях температурных напряжений в огнеупорном материале дутьевого устройства по ходу конвертерной плавки. При этом, возможно моделирование различных условий плавки путём варьирования расходом нейтрального газа, его температурой и видом, типом конструкции продувочного устройства и его геометрическими параметрами, видом применяемого огнеупорного материала.

Используя результаты исследований тепловой работы донного блока кольцевой фурмы и полученную информацию о температурных полях блока при