

21. Взаимосвязь концентраций серы и магния в чугунах при внепечном рафинировании / А.Ф. Шевченко, А.В. Зотов, Б.В. Двоскин [и др.] // Теория и практика металлургии. – 1999. – № 4. – С. 35–39.

Надійшла до редакції 31.05.2012

Рецензент д-р техн. наук, проф. О.М. Смірнов

О.М. Зборщик, Ю.Ю. Куліш

Донецький національний технічний університет, Донецьк

#### ВПЛИВ НІТРИДОУТВОРЕННЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ДЕСУЛЬФУРАТОРА ПРИ ІНЖЕКТУВАННІ МАГНІЮ У ЧАВУН АЗОТОМ

У статті проаналізовані результати теоретичних та експериментальних досліджень впливу застосовуваного як транспортувальний газ азоту на ефективність використання магнію для позадоменної десульфурзації чавуну. Показано, що значних втрат магнію в результаті взаємодії з азотом не відбувається. Це дозволяє при виконанні технологічних розрахунків з достатньою для практичних цілей точністю розглядати азот як нейтральний по відношенню до магнію газ.

Ключові слова: чавун, позадоменна десульфурация, гранульований магній, транспортувальний газ, азот.

A.M. Zborshchik, U.U. Kulish

Donetsk National Technical University, Donetsk

#### INFLUENCE OF NITROGENIZATION ON DESULFURIZER PERFORMANCE DURING MAGNESIUM INJECTION IN HOT METAL WITH NITROGEN

The results of theoretical and experimental investigations of the influence of nitrogen used as a transport gas on the efficiency of out-of-furnace hot metal desulphurization with magnesium have been analyzed. It has been shown that the reaction with nitrogen does not result in considerable magnesium losses. In technological calculations it allows regarding nitrogen as a gas neutral to magnesium.

Keywords: hot metal, out-of-furnace desulfurization, granulated magnesium, transport gas, nitrogen.

**УДК 669.184**

**Б.О. АНТОНОВ, В.А. БАРАНОВСКИЙ,**

**Е.Н. ЛЕБЕДЕВ** (канд. техн. наук, доц.)

Донецкий национальный технический университет, Донецк

#### **ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХСТАДИЙНОЙ ОТСЕЧКИ ШЛАКА В КИСЛОРОДНОМ КОНВЕРТЕРЕ**

Разработана и изготовлена физическая модель кислородного конвертера, позволяющая моделировать процесс выпуска стали и шлака. Проведены исследования по определению влияния вязкости шлака на его опережение потока стали во время наклона конвертера при выпуске. Подтверждено влияние межфазного натяжения поплавок –

металл – шлак на работу поплавок. Установлена закономерность влияния соотношения удельной массы поплавок к его рабочей поверхности на качество отсечки.

Ключевые слова: конвертер, лётка, физическое моделирование, отсечной элемент.

### **Введение**

Конкурентоспособность металлургической продукции во многом определяется рациональностью технологии её изготовления. При выпуске стали из агрегата, находящийся в нём шлак в той или иной мере попадает в сталеразливочный ковш. В его составе находятся оксид железа и химические соединения серы и фосфора. Они увеличивают угар раскислителей и легирующих элементов, снижают эффективность последующей внепечной обработке и удорожают её [1]. Поэтому исследования по усовершенствованию процессов отсечки шлака являются актуальными.

### **Экспериментальная установка и методика исследования**

Установка для исследований была изготовлена из прозрачного органического стекла. За основу был принят конвертер ёмкостью 160 тонн. Модель выполнена в масштабе 1:6. Для детального изучения процессов, происходящих в лётке, наклон конвертера осуществляли электрическим исполнительным механизмом. Скорость наклона конвертера изменяли в широких пределах.

Эффективную отсечку шлака выполняли в два этапа. Начальный процесс выпуска стали моделировали, применяя специальные, само разрушающиеся запорные устройства – «тампон». В исследованиях его конструкцию изменяли в широких пределах, что обеспечило детализацию полученных результатов.

Для моделирования второго этапа отсечки шлака была изготовлена серия отсечных устройств поплавокотного типа. При общем признаке – одинаковой плотности материала, из которого они изготовлены, изменяли форму рабочей поверхности. Что меняло соотношение удельной массы поплавок к площади и форме рабочей поверхности.

В исследованиях жидкостью, моделирующей сталь, являлась вода, а шлак – минеральное масло. Поверхностную энергию рабочая среда - поплавок изменяли, покрывая его синтетическими материалами. Вязкость масла изменяли, растворяя в нём определённое количество углеводов. При выполнении исследований широко применяли кино- и фотосъёмку. Поверхностную энергию оценивали методом отрыва пластины, вязкость определяли методом крутильных колебаний.

### **Результаты экспериментов и их обсуждение**

Начальный период выпуска из конвертера характеризуется тем, что первым в зоне лётки появляется шлак (рис. 1).

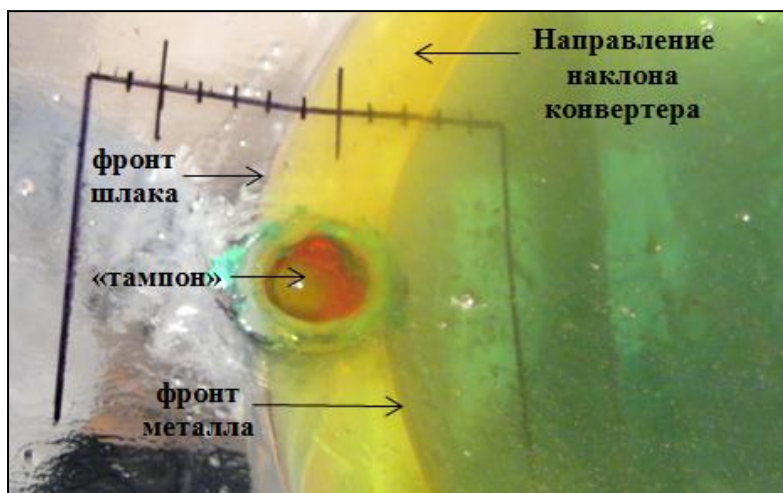


Рисунок 1 – Характер движения жидкостей в конвертере во время наклона.

Без специальных мер по его отсечки он попадает через лётку в стале-разливочный ковш. По данным исследователей [2] его количество равняется 20 - 25 % от общего количества, попадающего в ковш. Из данных рисунка 1 следует, что расстояние между фронтом шлака и объёмом металла, зависит от угла наклона конвертера и вязкости шлака (рис. 2).

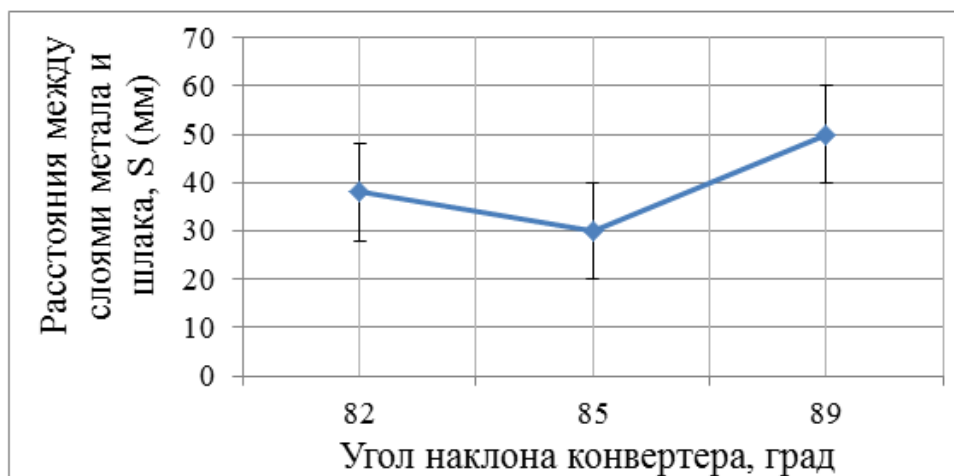


Рисунок 2 – Влияние расстояния между слоями металла и шлака в зависимости от угла наклона конвертера.

Из полученных данных вытекает, что расстояние между слоями изменяется неравномерно. Угол наклона конвертера 85 градусов уменьшает расстояние между фронтами шлака и металла до 30 мм. Отмеченное на графике минимальное значение расстояния объясняется заполнением объёма конвертера между цилиндрической частью и горловиной. При значениях углов больше и меньше чем 85 градусов перераспределение металла примерно одинаково увеличивает расстояние между фронтом модели металла и шлака. Представленная зависимость получена на основании обра-

ботки данных 3-5 параллельных опытов. Поэтому результаты являются усреднёнными.

При увеличении вязкости модели шлака и сохранении аналогичных углов наклона конвертера получена зависимость (рис. 3).

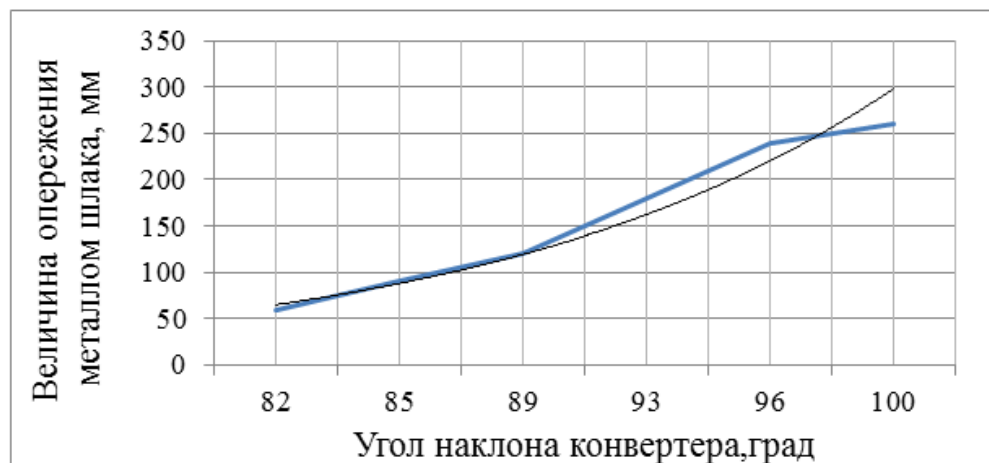


Рисунок 3 – Опережение металлом шлака в зависимости от угла наклона конвертера.

Увеличение вязкости шлака в трёх диапазонах вызывает монотонное возрастание расстояния  $S$  между фронтами металла и шлака. Это расстояние, в зависимости от угла наклона, изменялось от 70 мм до 260 мм. Полученная зависимость удовлетворительно аппроксимируется уравнением вида:

$$S = 47,848 \cdot e^{0,3051x} \quad (1)$$

где  $S$  – расстояние, мм;  $x$  – угол наклона конвертера, град.

Второй этап отсечки реализуется тогда, когда слой металла уменьшается до момента опускания поплавка в лётку (рис. 4). На эффективную работу оказывает влияние рациональное соотношение сил, затягивающих поплавок в лётку ( $F_z$  и  $F_g$ ) и выталкивающих ( $F_B$  и  $F_{y(\sigma)}$ ).

В первую очередь определялась эффективность работы исследуемых поплавок №1 и №2, из материала, который имеет меньшую поверхностную энергию относительно модельных жидкостей металла и шлака. Из расположения линий на рисунке 5 следует, что минимальное количество шлака попадает в ковш при использовании поплавок №2. При увеличении угла наклона конвертера количество попадающего в ковш шлака увеличивается. Измеренное его количество меньше, чем при эксплуатации поплавок №1.

С увеличением угла наклона конвертера попадание шлака в сталеразливочный ковш закономерно увеличивается. Эффективность отсечки шлака одновременно зависит от качества контакта поплавкового запорного устройства с поверхностью сталевыпускного отверстия.

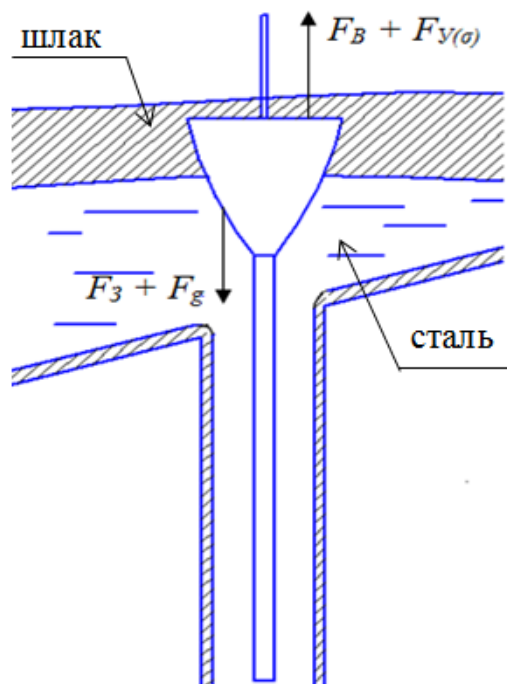


Рисунок 4 – Направление сил, действующих на поплавок.

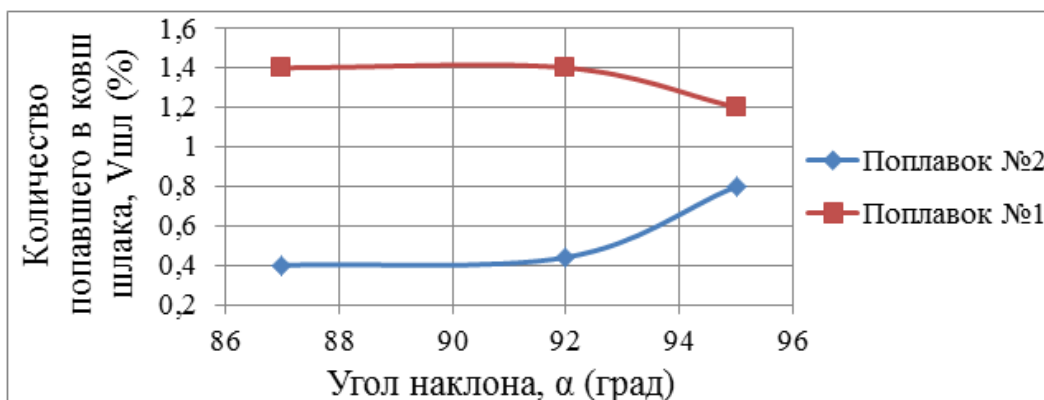
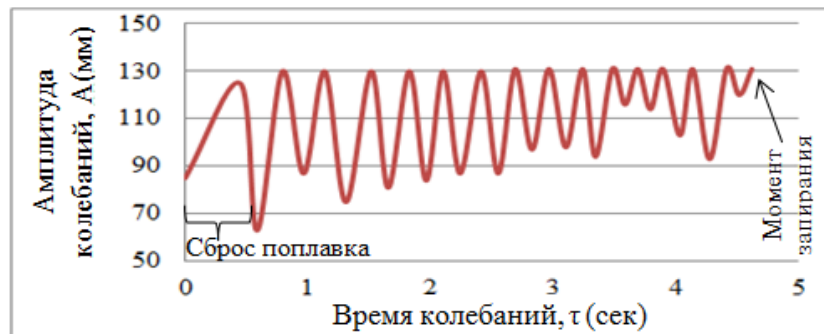


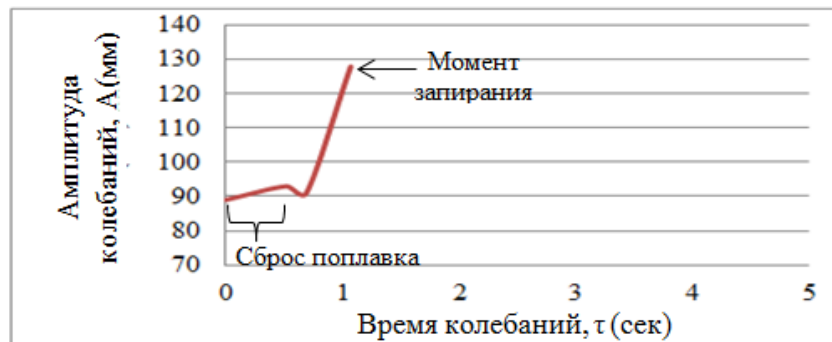
Рисунок 5 – Зависимость количества шлака в ковше от угла наклона конвертера.

При запирации лётки струя под поплавком приобретает признаки турбулентного движения. Из-за этого поплавок начинает колебаться в вертикальном направлении. Это указывает на не стабильность системы поплавок – торец лётки [3]. В процессе эксплуатации она размывается, изменяя свою форму торцевой части.

Если поплавок по геометрическим размерам не соответствует торцевой части лётки, то возникающие колебания описываются установленными зависимостями, представленными на рис. 6а и 6б. Частота колебания поплавка колеблется в диапазоне 1,40 – 3,14 Гц (рис. 6а) и запираение шлака происходит через 4,7 секунды. Изменение соотношения массы поплавка к площади его рабочей поверхности изменением её формы существенно повышает стабильность запираения (рис. 6б) снижая время с 4,2 до 1,1 сек.



а



б

Рисунок 6 – Амплітуда коливань поплавка.

### Выводы

В заключении следует отметить преимущество двухэтапной отсечки шлака. Её эффективность определяется точностью времени срабатывания «тампона», гарантирующей то, что ни фронт шлака, ни воронка не будут являться причиной его попадания на ранней стадии выпуска.

С увеличением угла наклона конвертера для завершения процесса выпуска стали принципиальное значение имеет форма рабочей поверхности поплавка. Она должна соответствовать лёгке, в зависимости от её кампании и предотвращать колебания поплавка в момент записания.

Дополнительно на качество отсечки шлака оказывает влияние материал, из которого изготовлен поплавок. Решающим фактором является межфазное натяжение материал поплавок – металл – шлак.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Смирнов А.Н. Конвертируемый металл / А.Н. Смирнов // Металл бюллетень. Украина. – 2006. – № 11. – С. 64-74.
2. Еронько С.П. Разработка эффективных схем отсечки шлака при сливе металла из конвертера / С.П. Еронько, А.Н. Смирнов, Д.П. Кукуй // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2003. – №8. – С. 33 – 37.
3. Проектирование систем автоматизации технологических процессов / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

Надійшла до редакції 27.11.2012

Рецензент д-р техн. наук, проф. О.М. Смірнов

Б.А. Антонов, В.О. Барановський, Є.М. Лебедев  
Донецький національний технічний університет, Донецьк

### ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДВОСТАДІЙНОГО ВІДСІКАННЯ ШЛАКУ В КИСНЕВОМУ КОНВЕРТОРІ

Розроблена та виготовлена фізична модель кисневого конвертера, яка дозволяє моделювати процес випуску сталі та шлаку. Проведені дослідження по визначенню впливу в'язкості шлаку на його випередження потоку сталі під час нахилу конвертера. Підтверджено вплив міжфазного натягу поплавків – метал – шлак на роботу поплавка. Встановлена закономірність впливу співвідношення питомої маси поплавка до його робочої поверхні на якість відсічки.

Ключові слова: конвертер, лютка, фізичне моделювання, відсічний елемент.

B.O. Antonov, V.O. Baranovsky, Ye.M. Lebedev  
Donetsk National Technical University, Donetsk

### PHYSICAL SIMULATION OF TWO-PHASE SLAG CLOSING IN LD CONVERTER

A physical model of BOF is developed and produced. It can simulate the process of steel and slag outputting. Research is aimed at defining the influence of slag viscosity on its proactive steel flow during the converter tilt. The influence of interfacial tension 'float - metal - slag' on the floats work is discussed. The laws of the specific influence of the ratio of float mass to its surface on the quality of the cut-off process are defined.

Keywords: converter, hive, physical simulation, gate element.

## UDK 669.187.2

**S.N. TIMOSHENKO** (Candidate of Technical Sciences, Associate professor)  
Donetsk national technical university, Donetsk

### IMPROVING BATH GEOMETRY AS A WAY OF INCREASING EAF THERMAL EFFICIENCY

Numerical simulations of time depending problem for electric arc heating of molten steel bath, stirred by inert gas through bottom porous plugs has been made. For 120-ton AC EAF we showed the possibility of 12...16% reduction of the liquid bath heating time up to tapping temperature and 5...6% heat loss reduction due to the decrease of ratio between bath diameter and height from traditional 5,5 to 3,0.

Keywords: electric arc furnace, bath geometry, numerical simulations, thermal efficiency.

#### State of the problem

Improving electric arc furnaces (EAF) energy efficiency is one of the major problems of modern electrometallurgy. Traditional EAFs with bucket charging