

сті шляхом чисельних розрахунків й фізичного експерименту. З використанням пакета прикладних програм CosmosFloWorks виконаний чисельний розрахунок удосконаленої системи газовидалення сучасної 120-т дугової печі, спрямованої на підвищення енергоефективності процесу виплавки сталі. Показано можливість зниження питомої витрати електроенергії на 10...13 кВт-г/т сталі за рахунок зменшення втрат тепла з технологічними пилогазовими викидами.

Ключові слова: дугова сталеплавильна піч, система газовидалення, чисельне моделювання, енергоефективність.

Н.С. Тимошенко *, А.Н. Семко *, С.Н. Тимошенко **

* Донецький національний університет, Донецьк

** Донецький національний технічний університет, Донецьк

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ГАЗОУДАЛЕНИЯ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЕЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

На основе уравнений гидродинамики разработана математическая модель вытяжного газохода системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи, которая прошла проверку адекватности путем численных расчетов и эксперимента. С использованием пакета прикладных программ CosmosFloWorks выполнено численное моделирование усовершенствованной системы газоудаления современной 120-т дуговой печи с целью повышения энергоэффективности процесса выплавки стали. Показана возможность снижения удельного расхода электроэнергии на 10...13 кВт.ч/т стали за счёт уменьшения потерь тепла с технологическими пылегазовыми выбросами.

Ключевые слова: дуговая сталеплавильная печь, система газоудаления, численное моделирование, энергоэффективность.

УДК 669.18

И.Н. САЛМАШ (канд.техн.наук)

Донецький національний технічний університет, Донецьк

КЛАССИФИКАЦИЯ РЕЖИМОВ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ЖИДКОЙ СТАЛИ В КОВШЕ ПРИ ПРОДУВКЕ ИНЕРТНЫМ ГАЗОМ

В статье представлены результаты исследования процессов перемешивания жидкой стали в ковше при продувке инертным газом для ковшей с одним и с двумя продувочными узлами при различном их расположении. Определено рациональное расположение продувочных узлов. Исследования выполнены путём математического моделирования в прикладном пакете ANSYS.

Ключевые слова: схемы перемешивания, футеровка, ковш, продувочная фурма, диапазон расположения продувочных фурм, термические напряжения, поток.

Введение

Необходимость разработки подобной классификации обусловлена тем фактом, что в промышленных условиях при реализации определённых технологических построений возникают различные ситуации, требующие интенсификации или наоборот снижения интенсивности продувки. Последствия такого варьирования режимами продувки должны быть известны заранее и на практике должны быть рекомендована определённая система по выбору рациональных режимов применительно к конкретной ситуации.

Цель исследования

Цель настоящей статьи заключается в определении рационального расположения продувочных узлов в установке «ковш-печь».

Основная часть

Изучение процесса перемешивания выполнялось методом математического моделирования с помощью существующих математических моделей сталеразливочных ковшей агрегата «ковш – печь» в прикладном пакете ANSYS [1-3] для двух типоразмеров (табл.1).

Для каждого типоразмера ковша варьировалось количество (одно или два) продувочных устройств и их расположение в днище, которое характеризовалось расстоянием r_n от вертикальной оси ковша до центра отверстия. Диапазон расположения продувочного узла (r_n/R_n) изменялся в пределах 0,3 - 0,95. Для упрощения модели с двумя продувочными узлами предполагалось их симметричное расположение относительно вертикальной оси ковша. Установлено, что процесс перемешивания жидкой стали в ковше проходит в несколько стадий: начальная, промежуточная и установившаяся.

Таблица 1- Основные геометрические параметры ковшей.

№	Вместимость ковша, т	Диаметр, м		Высота металла H , м	H/D_n
		нижний D_n	верхний D_e		
1	75	2,250	2,560	2,365	1,05
2	120	2,550	2,990	2,940	1,15

На начальной стадии (рис.1а, г), соответствующей началу продувки, наблюдается формирование потока, движущегося от продувочного узла вверх к свободной поверхности расплава. Максимальные скорости потока отмечаются в зоне продувочных отверстий, основная часть расплава только начинает приходить в движение. Далее по ходу продувки восходящий поток развивается, увлекая в движение все большие слои жидкой стали во всем объёме ковша и формируя циркуляционные зоны. Максимальные скорости движения характерны для восходящей области потока расплава.

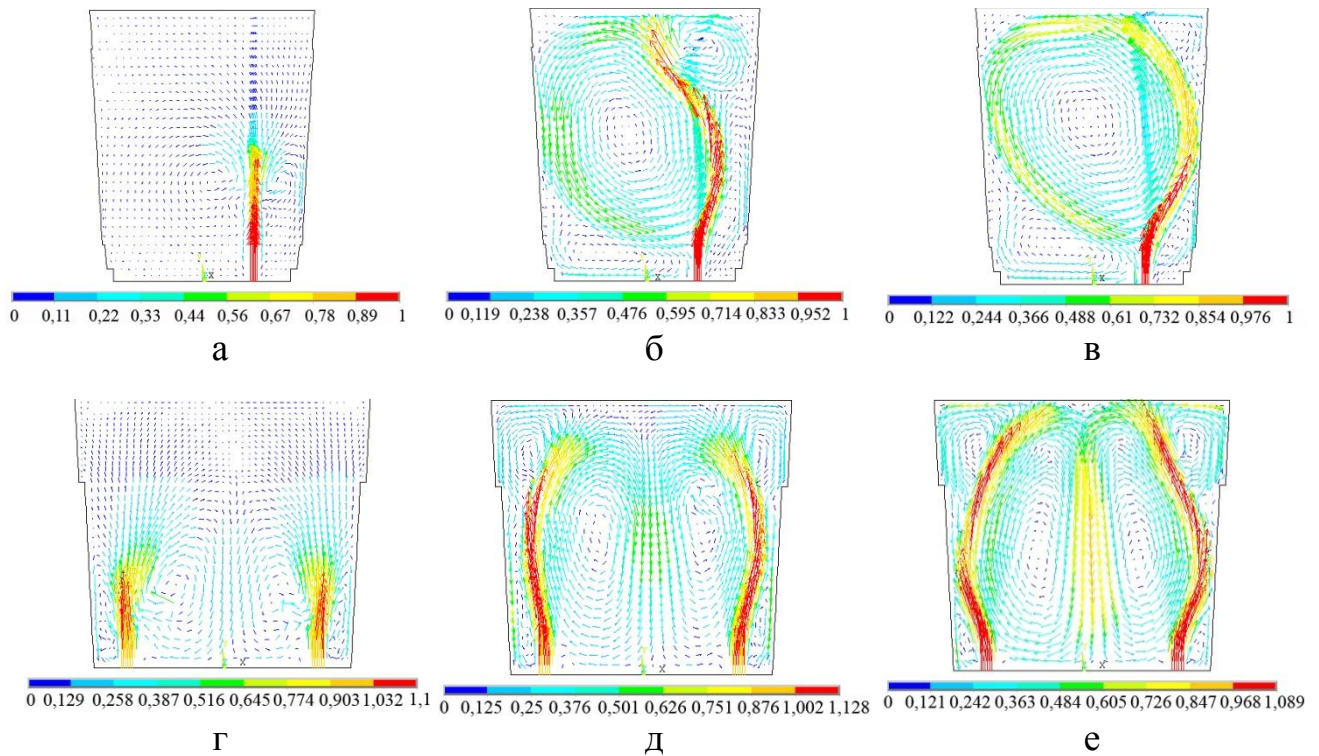


Рисунок 1 – Развитие потоков при перемешивании жидкой стали в процессе продувки инертным газом через: а, б, в – одно продувочное отверстие; г, д, е – два продувочных узла

Такое состояние можно рассматривать, как промежуточную стадию процесса (рис.1б, д). Приблизительно через 300 с после начала продувки в большинстве следующих случаев наблюдается стабилизация картин перемешивания расплава, что можно считать установившейся стадией процесса (рис.1в, е). В этом случае отмечаются установившиеся траектории движения расплава и стабильные циркуляционные зоны.

На основании идентифицированных закономерностей движения потоков жидкой стали в работе предложено для формирования классификации режимов перемешивания использовать картины полей скоростей для установившейся стадии процесса перемешивания. В результате анализа полученных схем движения потоков расплава в ковше была предложена классификация режимов перемешивания стали в агрегате «ковш-печь» (рис.2). Наиболее эффективной представляется схема перемешивания, представленная на рис.2е. В этом случае восходящие потоки отклоняются к стенкам ковша и формируют среднескоростные циркуляционные зоны в области шлакового пояса футеровки. Движение восходящих потоков вдоль футеровки ковша является весьма важным фактором в условиях обработки стали в агрегате «ковш-печь», поскольку в этом случае горячие верхние слои металла вовлекаются в перемешивание и попадают в осевую зону жидкой ванны.

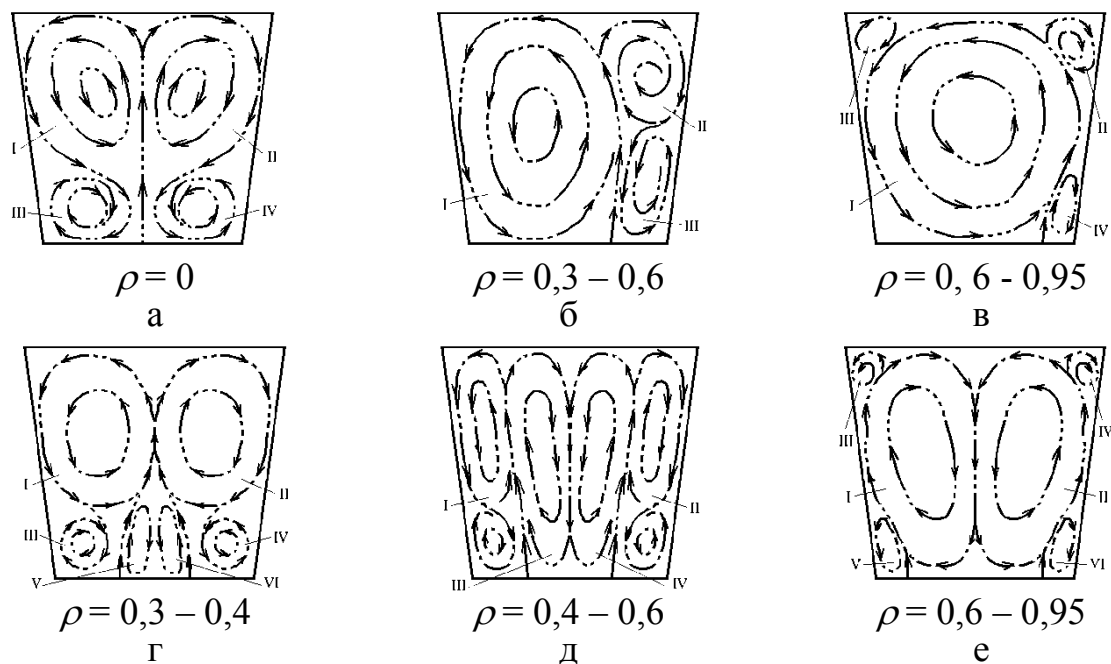


Рисунок 2 – Основные схемы, определяющие классификацию режимов перемешивания жидкой стали в ковше при продувке инертным газом через: а, б, в – один продувочный узел; г, д, е – два продувочных узла, при их различном расположении ρ .

Таким образом, наиболее горячие порции не попадают непосредственно к футеровке ковша, как это получается в предыдущих схемах, что соответственно снижает термическую нагрузку на огнеупоры шлакового пояса. Доля низкоскоростных потоков при этом невелика, а располагаются они в придонной части и в зоне шлакового пояса, что отвечает меньшему износу футеровки шлакового пояса и меньшему вовлечению шлака вглубь расплава. Наиболее интенсивному воздействию потоков подвержена рабочая футеровка ковша ниже шлакового пояса.

Предлагаемая классификация позволяет обеспечить системный выбор режимов обработки в зависимости от производственной или технологической ситуации. Наиболее полному перемешиванию объема расплава соответствует расположение продувочных устройств (и в случае одного, и в случае двух) при их смещении от центра днища ковша на расстояние $r_n/R_n = 0,6 - 0,95$.

Выводы

Установлено, что для ковшей агрегатов «ковш – печь» завода ПАО «Энергомашспецсталь» вместимостью 75 т и 120 т более интенсивное перемешивание расплава происходит в ковше вместимостью 75 т, и доля «застойных» зон в этом ковше несколько ниже, чем в ковше 120 т. Для снижения доли «застойных» зон на этом производстве, рациональное распо-

ложение продувочных фурм в ковшах соответствует диапазону $r_n/R_n = 0,6...0,75$.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ошовская Е.В. Моделирование температурных полей в сталеразливочном ковше агрегата ковш – печь / Е.В. Ошовская, И.Н. Салмаш // Металлургическая и горно-рудная промышленность. – 2004. – №8. – С. 120-123.
2. Моделирование процесса перемешивания расплава в сталеразливочном ковше с двумя продувочными отверстиями / Е.В. Ошовская, И.Н. Салмаш, А.Н. Минтус и др. // Металл и литье Украины. – 2006. – №1. – С. 62-65.
3. Математическое моделирование процесса перемешивания стали в агрегате ковш-печь / А.Н. Смирнов, И.Н. Салмаш, Е.В. Ошовская, В.С. Седуш // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – 2005. – Вип. 102. – С. 71 - 81.

Надійшла до редакції 19.11.2012

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

І.Н. Салмаш

Донецький національний технічний університет, Донецьк

КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЖИМІВ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКОЇ СТАЛІ В КОВШІ ПРИ ПРОДУВЦІ ІНЕРТНИМ ГАЗОМ

У статті представлені результати дослідження процесів перемішування рідкої сталі в ковші при продувці інертним газом для ковшів з одним і з двома продувними вузлами при різному їхньому розташуванні. Визначено раціональне розташування продувних вузлів. Дослідження виконані шляхом математичного моделювання в прикладному пакеті ANSYS.

Ключові слова: схеми перемішування, футеровка, ківш, продувна фурма, діапазон розташування продувних фурм, термічні напруги, потік.

I.N. Salmash

Donetsk National Technical University, Donetsk

CLASSIFICATION OF THE MODES OF LIQUID STEEL MIXING IN THE LADLE IN THE PROCESS OF INERT GAS BLOWING

The paper presents the results of the research into liquid steel mixing in the ladle by inert gas blowing for ladles with one or two blowing units with different location. Rational arrangement of blowing units was discussed. For our studies we used mathematical modeling in ANSYS application package.

Keywords: mixing scheme, lining, ladle, blowing lance, blowing lances location range, thermal stress, flow.