

Влияние тотермана на процесс движения шлака в горне доменной печи

Методом физического моделирования проведено исследование влияния тотермана, малоактивной зоны коксовой насадки в центре горна доменной печи, на движение шлака. Получены линии тока и равных скоростей движения расплава в металлоприемнике в период выпуска продуктов плавки.

Ключевые слова: доменная печь, горн, малоактивная зона, линии тока, тотерман, линии равных скоростей

Большинство проблем, возникающих в работе доменных печей большого объема, – следствие плохой организации работы горна. Важную роль при этом играет рациональное использование полезного объема металлоприемника, на которое оказывает влияние образование застойных зон коксовой насадки, а также объем остаточного шлака, находящегося в горне на момент закрытия выпуска.

Исследования влияния объема остаточного шлака на работу горна уже проводили [1-3], но тогда не учли действие малоактивной зоны коксовой насадки на движение продуктов плавки в металлоприемнике во время выпуска и накопления расплава.

Присутствие тотермана в доменной печи оказывает значительное влияние на изменение уровня продуктов плавки по окружности горна в период выпуска [4, 5]. Движение чугуна и шлака в малоактивной зоне коксовой насадки практически отсутствует, поэтому их массообмен в этом объеме не происходит, и в период выпуска такая зона коксовой насадки создает препятствие для движения расплава к выпускному отверстию металлоприемника печи.

Для теории и технологии доменного процесса важно влияние тотермана на работу горна доменной печи, что требует проведения исследований в этом направлении.

В данной работе определено влияние тотермана на движение чугуна и шлака в горне доменной печи путем физического моделирования процесса выпуска продуктов плавки, а также выявлен характер движения шлака в металлоприемнике к чугунной летке с графическим изображением линий тока и равных скоростей.

Для исследования движения шлака в металлоприемнике разработали и изготовили физическую модель горна доменной печи (рис. 1), которая представляет собой цилиндр, выполненный из прозрачного материала.

При разработке физической модели горна соблюдали геометрическое подобие с размерами доменной печи объемом 3000 м³. Диаметр установки, моделирующей металлоприемник, составил 400 мм, а ее высота – 100 мм.

Физическая модель горна доменной печи состоит из дна 3 и цилиндрической боковой стенки 1. Для их

изготовления использовали прозрачное органическое стекло, что дало возможность визуально оценивать движение жидкости в модели.

В нижней части боковой стенки расположен один выпускной канал 4 для слива жидкости, у которого, согласно законам подобия гидравлики, диаметр 5 мм. Чугунная летка обычно имеет определенный угол наклона, который может составлять от 12 до 17 градусов, но из-за отсутствия избыточного давления газа при моделировании выпускной канал на модели выполнили горизонтально.

Для имитации коксовой насадки использовали пластиковый наполнитель, кусочки которого имели форму шара, приблизительно похожую на кокс (геометрическое подобие при этом соблюдено, то есть диаметр кусков – от 1 до 3 мм). Такая крупность выбранного материала дает возможность соблюдать законы подобия в гидравлике, так как по диаметру модели входит более 100 единиц данного наполнителя.

Точная форма малоактивной зоны коксовой насадки на момент проведения эксперимента была не известна, поэтому в качестве ее ориентировочной формы приняли цилиндр. В модели тотерман выполнили из непроницаемого материала и жестко установили в центре модели.

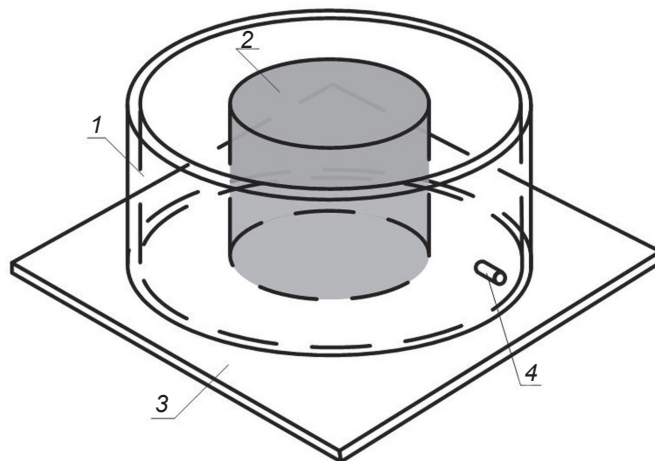


Рис. 1. Устройство физической модели горна доменной печи: 1 – боковая стенка; 2 – тотерман; 3 – дно модели; 4 – выпускной канал

Если при моделировании движения продуктов плавки на физической модели горна доменной печи придерживаться законов подобия гидравлики, то движение жидкости в модели будет аналогично движению расплава в печи (с условием, что все размеры агрегатов геометрически подобны, а также соблюдаются подобие кинематических и динамических характеристик для всех сходных точек потока).

Для подтверждения кинематического и динамического подобия необходимо использовать критерии Эйлера, Рейнольдса и Фруда. Однако часто, при моделировании процессов движения жидкости, соблюдение одного или двух критериев подобия делает это невозможным для остальных. На движение продуктов плавки в горне доменной печи во время выпуска оказывают влияние давление горновых газов, вязкость расплава, сила тяжести, порозность коксовой насадки, размер тотермана и другие, поэтому моделирование данного процесса имеет сложности в соблюдении всех этих критериев подобия. В связи с этим для анализа движения шлака в металлоприемнике использовали ориентировочное подобие с соблюдением условий автоматодельности явлений путем экспериментального подбора параметров исследуемого процесса [6].

Для определения направления движения потоков жидкости использовали частички алюминиевой пудры, которые помещали в различные точки слоя жидкости. На дно и стенки модели нанесли координатную сетку с квадратными ячейками, стороны которых равны 10 мм.

Перед началом эксперимента в модель установили тотерман и заполнили ее пластиком, который имитировал коксовую насадку. Модель выравнивали относительно горизонта. После этого налили глицерин с вязкостью 0,4 Па·с, который моделировал расплав, слоем высотой 100 мм (подобным уровню шлака в горне доменной печи).

В различные точки слоя жидкости поместили частички алюминиевой пудры при помощи стеклянной трубки диаметром 3 мм. Для качественной съемки вертикальной стенки корпуса под моделью и в двух точках установили видеоаппаратуру, чтобы фиксировать перемещение частичек пудры в слое жидкости.

Эксперимент начали с открытия выпускного канала физической модели и фиксации перемещения частичек алюминиевой пудры при помощи видеоаппаратуры. Опыт завершился появлением пузырьков воздуха в канале летки.

В результате проведенных опытов на физической модели получили линии тока (рис. 2), которые указывают направление движения шлака в горне доменной печи во время выпуска продуктов плавки.

Для нанесения линий равных скоростей использовали графический метод построения гидродинамической сетки, согласно которому линии тока и равных скоростей должны образовывать квадратичную ортогональную сетку согласно методу, предложенному Ф. Форхгеймером [7].

Ортогональная сетка образуется путем восстановления перпендикуляров к каждой точке полученных линий тока, при этом скорость потока направлена по

касательной (по отношению к линиям тока). На рис. 3 представлены линии равных скоростей, полученных в результате экспериментов.

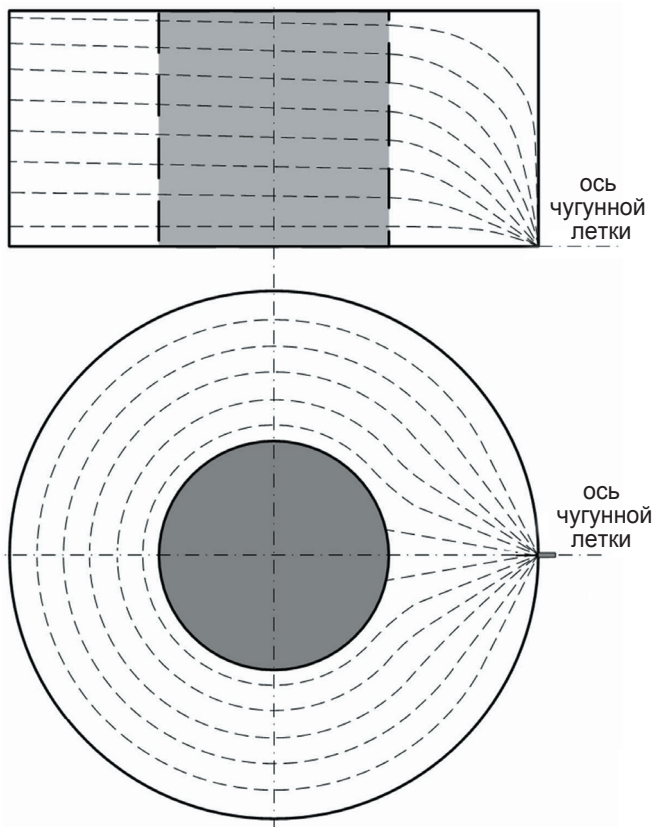


Рис. 2. Линии тока движения шлака в горне доменной печи по горизонтальному и вертикальному сечениям

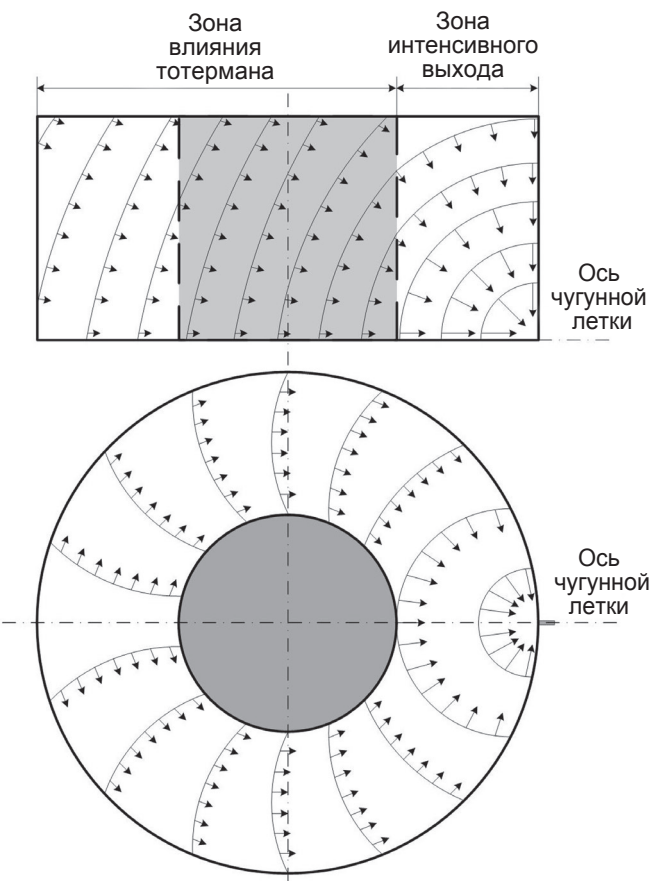


Рис. 3. Линии равных скоростей движения шлака в горне доменной печи

Наличие тотермана в горне доменной печи обуславливает граничную область, которая приводит к искривлению линий тока и равных скоростей движения расплава в период выпуска. В связи с этим металлоприемник по характеру истечения делится на две зоны – интенсивного выхода и влияния тотермана.

Движение расплава в зоне интенсивного выхода шлака из печи к выпускному отверстию проходит по сферическим поверхностям, поэтому линии равных скоростей расположены по окружностям (рис. 3). В результате образуется депрессионная воронка. Законы движения шлака в этой части горна изучали в предыдущих работах [1-3].

В зоне влияния тотермана в период выпуска шлак движется к чугунной летке между стенками горна и малоактивной зоны коксовой насадки. При этом в идеальных условиях, созданных в физической модели, линии равных скоростей проходят равномерно по вертикали, а в горизонтальном сечении они направлены по одинаковым кривым.

В результате проведенных экспериментов на физической модели горна получены линии тока и равных скоростей движения потока шлака в металлоприемнике доменной печи во время выпуска продуктов плавки по двум зонам.

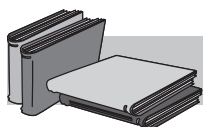
Дальнейшее направление исследований будет заключаться в анализе изменения формы слоя шлака в горне доменной печи, что даст возможность разработать путем математического моделирования метод расчета объема тотермана и шлака, остающегося в металлоприемнике по окончании выпуска.

Выводы

1. С помощью физического моделирования определены линии тока и равных скоростей движения шлака в горне доменной печи к чугунной летке в период выпуска продуктов плавки (при наличии тотермана в металлоприемнике).

2. Образование малоактивной зоны коксовой насадки в горне приводит к изменению линий тока и равных скоростей движения продуктов плавки в период выпуска. В результате металлоприемник делится на две зоны – влияния тотермана и интенсивного выхода шлака из печи.

3. На основании проведенных экспериментов запланировано разработать метод расчета объема тотермана путем математического моделирования движения потока шлака в горне доменной печи в период выпуска.



ЛИТЕРАТУРА

1. *Новохатский А. М.* Совершенствование режима выпуска продуктов плавки из горна доменной печи // Вісник Приазовського державного технічного університету. – 2008. – Вип. 18. – С. 19-22.
2. *Новохатский А. М.* Особенности работы горна доменной печи при выпуске чугуна и шлака через канал чугунной летки // Металл и литье Украины. – 2009. – № 1. – С. 9-12.
3. *Новохатский А. М.* Анализ закономерностей протекания массообменных процессов в горне доменной печи // Там же. – 2008. – № 6. – С. 5-7.
4. Characterization of the permeability of the blast furnace lower part / P. Nogro, C. Petit, A. Urvoy et. al. // Rev. met. (France). – 2001. – № 6. – С. 521-531.
5. *Freuer A., Winter J., Hiebler H.* Computation of the iron flow in the hearth of a blast furnace // Steel Res. – 1992. – № 4. – С. 139-146.
6. Физико-химические методы исследования металлургических процессов / П. П. Арсентьев, В. В. Яковлев, М. Г. Крашенинников и др. – М.: Металлургия, 1988. – 503 с.
7. *Чугаев Р. Р.* Гидравлика. – Л.: Энергия, 1975. – 600 с.

Анотація

Новохатський О. М., Діментьєв О. О., Михайлюк Г. Д.

Вплив тотерману на процес руху шлаку в горні доменної печі

Методом фізичного моделювання проведено дослідження впливу тотермана, малоактивної зони коксової насадки у центрі горна доменної печі, на рух шлаку. Отримано лінії току та рівних швидкостей руху розплаву у металоприймачі в період випуску продуктів плавки.

Ключові слова

доменна піч, горн, малоактивна зона, лінії току, тотерман, лінії рівних швидкостей