

УДК 669.162.21

Русских В.П.¹, Аленгос М.А.², Степнов Д.К.³

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СИСТЕМ ЗАГРУЗКИ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГАЗОВОГО ПОТОКА В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Произведены модельные исследования систем загрузок шихтовых материалов в доменные печи. Выполнен анализ действующих систем загрузок используемых в доменном цехе ОАО «МК «Азовсталь». Разработаны предложения по оптимизации распределения газового потока в доменных печах оборудованных различными конструкциями загрузочных устройств

Система загрузки шихтовых материалов в доменные печи должна обеспечивать высокую степень использования энергии печных газов при нормальном сходе шихтовых материалов в доменной печи.

Рациональная организация газораспределения должна удовлетворять двум противоположным требованиям: обеспечение высокой степени использования тепловой и восстановительной энергии печных газов, что требует равномерного распределения железорудной части и кокса по сечению доменной печи, обеспечение плавного схода шихтовых материалов. Для выполнения этих задач существуют следующие технологические способы регулирования распределения шихтовых материалов: изменение порядка загрузки агломерата и кокса на колошник, уровня засыпи шихты, массы подачи, изменение угла наклона и скорости вращения загрузочного лотка при использовании бесконусных загрузочных устройств.

В последние годы получила развитие теория «коксовых окон» при прохождении газов через слой пластического состояния железосодержащих компонентов шихты [1]. Эта теория предполагает, что поток газа в верхние горизонты шихты проходит через прослойки кокса при практической газонепроницаемости слоев пластического состояния агломерата и окатышей. Опыт работы доменных печей ОАО «ММК им. Ильича» и «Криворожстали», с раздельными подачами агломерата и кокса, показали целесообразность использования таких систем. При этом экономия удельного расхода кокса достигала 20 – 25 кг/т чугуна. По нашему мнению это можно объяснить выравниванием распределения газа в слое кокса по сечению печи и равномерным его вхождением в вышележащие слои железорудного материала. Известно, что одним из способов ликвидации канального хода доменной печи является загрузка холостых подач с целью выравнивания газораспределения по сечению доменной печи.

В соответствии с теорией коксовых окон наиболее благоприятное для доменной плавки является Λ -образная форма пластической зоны [2]. Форма пластической зоны является функцией распределения газового потока по сечению доменной печи. Для образования Λ -образной формы зоны когезии необходимо организовать преимущественное развитие газового потока в осевой части доменной печи, что обеспечивает соответствующим распределением шихтовых материалов при их загрузке в доменную печь [3 – 5].

Целью настоящей статьи является исследование: а) распределения материалов на колошнике при различных системах загрузки; б) определение принципов перераспределения шихтовых материалов при их опускании в доменной печи; в) разработка технологических приемов управления радиальным газораспределением в доменных печах на основании проведенных модельных исследований и анализа действующих систем загрузок используемых в доменном цехе ОАО «МК «Азовсталь».

Распределение газового потока по сечению доменной печи зависит от многих факторов, количество дутья и добавок, температурного режима доменной плавки, прочности кокса, профиля печи и зоны размягчения, распределения материалов на колошнике, металлургических свойств железорудных материалов. Металлургические и физические свойства агломерата и окатышей значительно различаются. Необходимо учитывать различное поведение в доменной печи агломерата и окатышей. Угол естественного откоса у агломерата значительно больше угла для окатышей, следовательно, при загрузке агломерата в доменную печь образуется более глубокая воронка. Она определяет распределение по диаметру доменной печи загружаемых после агломерата материалов: кокс в большей степени будет перемещаться в осевую зону печи, в то

¹ПГТУ, канд. техн. наук, доц.

²ПГТУ, аспирант

³ПГТУ, аспирант

время как агломерат распределяется более равномерно. При загрузке на слой агломерата окатышей, в силу их меньшего по сравнению с агломератом угла естественного откоса, они будут концентрироваться в осевой зоне доменной печи. И наоборот: загружаемый на слой окатышей агломерат будет в большей степени концентрироваться у стен доменной печи. Таким образом, замена агломерата в составе агломерационной шихты окатышами влечет существенное изменение распределения шихты, по сечению доменной печи, а, следовательно, и газового потока.

Распределение шихтовых материалов по диаметру доменной печи исследовали на прозрачной модели. За прототип была взята реальная доменная печь полезным объемом 1033 м³. Выбранный масштаб соответствовал 1:20. Толщина модели соответствует межфурменному расстоянию и составляет 50 мм. Вычисленный объем печи равен 24,4 л. Шихтовыми материалами служат агломерат крупностью 1 – 3 мм и кокс окрашенный в белый цвет, крупностью 3 – 5 мм. Используются различные системы загрузки. Характер распределения материалов при их загрузке прямыми подачами на колошник и в процессе движения в нижние горизонты печи представлен на рис. 1. На колошнике доменной печи отчетливо виден послойный характер распределения агломерата и кокса при их ссыпании с нижнего конуса. Однако в процессе опускания столба шихты, кокс (светлая составляющая шихты на рисунках) в значительной степени вытесняется в осевую зону.

Сплошность коксовых окон в нижней, и даже в средней части шахты нарушается или коксовые окна вообще отсутствуют. Это снижает газопроницаемость промежуточной и периферийной зон. При таком распределении газового потока форма зоны когезии имеет Λ-образную форму с высоко поднятой вершиной.

При загрузке обратных подач (рис. 2) часть кокса образует тонкое кольцо непосредственно у стен доменной печи. Основная же часть кокса, так же как при загрузке прямых подач, вытесняется в осевую зону печи. Такое распределение шихтовых материалов определило распределение газового потока и зоны когезии в форме W с менее выраженной вершиной.

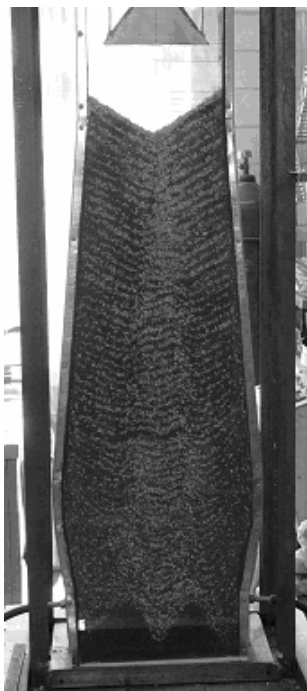


Рис. 1 – Распределение шихтовых материалов по диаметру доменной печи при загрузке прямых подач



Рис. 2 – Распределение шихтовых материалов по диаметру доменной печи при загрузке обратных подач

При отдельной загрузке агломерата и кокса четырехскиповыми подачами типа АААА↓ КККК↓ (рис. 3) высота коксовых окон увеличивается в два раза, а при опускании шихты в доменной печи коксовые окна сохраняются по всей высоте шахты и распара. Таким образом, в зоне когезии при такой системе загрузки шихты наличие коксовых окон очевидно. Такая система загрузки обеспечивает более высокую газопроницаемость столба шихтовых материалов по сравнению с совместной загрузкой в доменную печь агломерата (окатышей) и кокса. Однако

в этом случае исключается возможность регулирования радиальным газораспределением в печи изменением очередности загрузки агломерата и кокса на нижний конус.

Для исключения указанного недостатка предложены другие способы регулирования распределения шихтовых материалов и газов по диаметру доменной печи – загрузка агломерата и кокса с различного уровня засыпи, изменение режима опускания нижнего конуса при загрузке агломерата и кокса. При загрузке одного из компонентов шихтовых материалов (агломерата или кокса) нижний конус опускается на половину хода, при этом изменяется траектория движения шихты.

Модельные исследования показывают (рис. 4), что при частичном опускании нижнего конуса концентрация агломерата у стен доменной печи значительно увеличивается. В то же время увеличивается масса кокса в осевой зоне по сравнению с распределением, показанным на рис. 3, когда нижний конус опускался в обычном режиме.

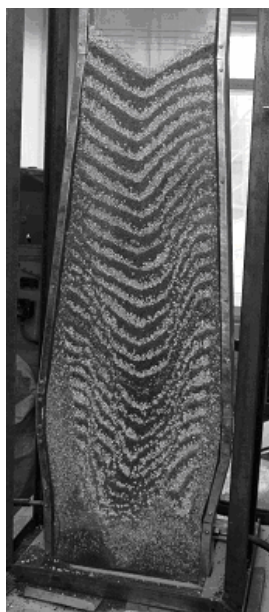


Рис. 3 – Распределение шихтовых материалов по диаметру доменной печи при загрузке подач типа АААА↓ КККК↓



Рис. 4 – Распределение шихтовых материалов по диаметру доменной печи при загрузке подач типа АААА↓ КККК↓ с изменением режима опускания нижнего конуса

В случае использования бесконусных загрузочных устройств регулирование радиальным распределением шихтовых материалов и газов осуществляется общепринятыми методами – изменением угла наклона лотка и скорости его вращения.

Расчет высоты слоя агломерата и окатышей при их загрузке в доменные печи произведен исходя из насыпной массы указанных компонентов шихты и их массы в подаче. Для примера расчета высоты коксовой прослойки при загрузке агломерата и кокса в доменную печь использованы следующие данные: масса коксовой колоши – 5 т, масса агломерата в подаче – 15 т, диаметр колошника – 6 м, насыпная масса кокса – 0,45 т/м³, насыпная масса железорудной смеси 1,8 т/м³. При таких условиях объем кокса в подаче $5/0,45 = 11,1$ м³, объем агломерата в подаче $15/1,8 = 8,3$ м³, площадь колошника 28,3 м². При условии равномерного распределения агломерата и кокса по площади колошника, высота коксовой насадки составит 0,4 м, толщина слоя агломерата 0,29 м. Такая высота слоев кокса и агломерата возникает при загрузке подач типа ААКК↓ или ККАА↓.

Изложенные эмпирико-теоретические положения были использованы при оценке эффективности применяемых в доменном цехе ОАО «МК «Азовсталь» следующих систем загрузки.

На доменной печи № 1: АКК↓ АК↓

На доменной печи № 2 ААКК↓ в цикле КААК↓ и периодической загрузкой 3-х скипов кокса.

На доменной печи № 3 ААКК↓ 4п КК↓ с периодической загрузкой отдельных подачи типа АА↓КК↓ 4п КК↓.

Доменная печь № 4 КА↓ АК↓ 4п КК↓.

Доменная печь № 5 АА↓ ККК↓ 2п КА↓АКК↓ 3п.

Доменная печь № 6 АА↓КК↓ 2п КА↓АКК↓ 3п.

Сведения об объеме загружаемых в доменные печи материалов, высоте слоя агломерата, окатышей и кокса на колошнике при условии их равномерного распределения по площади колошника приведены в таблице 1. При расчете было принято: насыпная масса кокса – 0,45 т/м³, агломерата – 1,46 т/м³, окатышей – 1,95 т/м³.

Таблица 1 – Параметры загрузки шихты в доменные печи ОАО «МК «Азовсталь»

Параметр	ДП-1	ДП-2	ДП-3	ДП-4	ДП-5	ДП-6
Диаметр колошника, м	6,3	6,9	7,1	7,3	6,6	6,9
Площадь колошника, м ²	31	37,4	39,6	41,8	34,2	37,4
Объем агломерата и окатышей в подаче, м ³	7,9	7,4 – 14,8	18,1	5,3	8,2-16,4	15,2
Объем кокса в подаче, м ³	4,8 – 9,6	15,8 – 23,7	20,8	5,9 – 11,8	6,2 – 18,6	11 – 16,5
Высота слоя агломерата и окатышей, м	0,25	0,2 – 0,4	0,46	0,25	0,24 – 0,48	0,41
Высота слоя кокса, м	0,15 – 0,3	0,42 – 0,63	0,53 – 0,79	0,28 – 0,56	0,18 – 0,54	0,29 – 0,44

Как видно из приведенных данных, применяемые в доменном цехе системы загрузки не всегда обеспечивают образование в пластической зоне коксовых окон достаточной высоты и стабильности их размеров.

В связи с этим предложена система отдельной загрузки агломерата и кокса типа АААА↓ КККК↓. В этом случае, высота коксовых окон увеличивается почти в два раза, обеспечивается стабильность их размеров, и как показывают исследования на прозрачной модели, послонный характер распределения агломерата и кокса сохраняется по всей высоте доменной печи вплоть до расплавления железорудных материалов. На печах оборудованных бесконусными загрузочными устройствами целесообразно использование систем загрузки расщепленными АА↓ КК↓ совместно с подачами ААА↓ ККК↓ и даже систему с отдельной загрузкой в доменную печь четырех скипов рудной части и четырех скипов кокса так как они позволяют оперативно и рационально регулировать радиальное газораспределение и обеспечивают развитие осевого газового потока.

В дальнейшем планируется проведение ряда экспериментов на прозрачной модели с использованием легкоплавких материалов и продувкой нагретым воздухом для образования зоны пластического состояния и изменение вследствие этого распределения газового потока.

Выводы

1. На прозрачной модели доменной печи исследовано влияние систем загрузки на характер радиального распределения шихтовых материалов на колошнике.
2. Произведен расчет объема загружаемых в доменные печи материалов и высоты слоев агломерата, окатышей и кокса в реальных условиях работы доменного цеха ОАО «МК «Азовсталь».
3. Предложены технологические приемы управления радиальным газораспределением в доменных печах, оборудованных различными конструкциями загрузочных устройств.
4. Подтверждено существенное перераспределения шихтовых материалов при их опускании в доменные печи.

Перечень ссылок

1. *Товаровский И.Г.* Эволюция доменной плавки / *И.Г. Товаровский, В.П. Лялюк.* – Днепропетровск: Пороги, 2001. – 424 с.
2. *Гиммельфарб А.А.* Процессы восстановления и шлакообразования в доменных печах / *А.А. Гиммельфарб, К.И. Котов.* – М: Металлургия, 1982. – 328 с.
3. *Товаровский И.Г.* Особенности формирования расплава в условиях малококсовой доменной плавки / *И.Г. Товаровский, Н.А. Гладков, А.С. Нестеров* // *Сталь.* – 1994. – № 2. – С. 7 – 12.
4. *Шатоха В.И.* Плавление, шлакообразование и формирование состава чугуна в доменном процессе / *В.И. Шатоха.* – Днепропетровск: Пороги, 1997. – 111 с.
5. *Никитин Г.М.* Определение параметров вязкопластичной зоны в доменной печи / *Г.М. Никитин, В.Н. Беляков, Н.Т. Данаев* // *Сталь.* – 1992. – № 4. – С. 11 – 16.

Рецензент: А.А. Томаш
д-р техн. наук, проф., ПГТУ

Статья поступила 05.01.2009