

В.И. Большаков, В.В. Лебедь

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОВОГО ПОТОКА ПО СЕЧЕНИЮ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ, ОБОРУДОВАННОЙ БЗУ

Представлены результаты исследований особенностей распределения газов по сечению доменной печи при различных режимах загрузки. Приведен анализ влияния на газовый поток размещения видов материала в бункерах БЗУ и конструктивных особенностей лоткового распределителя.

Современное состояние вопроса.

В процессе развития технологии доменной плавки увеличение ее эффективности, главным образом, осуществлялось за счет улучшения качества шихтовых материалов, управления загрузкой шихты и дутьевым режимом. В настоящее время практически на всех металлургических предприятиях шихтовые условия определяются технологическим персоналом в ограниченных пределах, поэтому основным средством улучшения экономичности плавки является управление распределением шихтовых материалов по сечению доменной печи, которое находится в распоряжении технологов.

На протяжении длительного времени загрузка доменных печей осуществляется конусными загрузочными устройствами, применение которых весьма эффективно, но возможности управления распределением шихты ограничены. Создание бесконусных загрузочных устройств (БЗУ) позволило более гибко и оперативно управлять распределением шихты на колошнике [1]. Наиболее распространенным типом БЗУ являются устройства с двумя шихтовыми бункерами, расположенными параллельно, и лотковым распределителем. Однако загрузка печей с помощью двухбункерных БЗУ не исключает возникновения проблем с неравномерностью распределения шихтовых материалов по окружности колошника. В конусных загрузочных устройствах основной причиной возникновения неравномерности является специфика укладки шихты после ее высыпания в воронку вращающегося распределителя шихты, а в двухбункерном БЗУ – конструктивные факторы, вызывающие смещение материалов относительно оси печи при выгрузке на лоток, изменение параметров потока шихты из-за разных условий его движения по лотковому распределителю в различных секторах печи, а также возникновение незамкнутости колец выгруженной на колошник шихты. Управление окружным распределением, в основном, достигается применением режима «перешагивания» (смещения по окружности точек начала выгрузки порций) и периодической сменой вида материала в бункерах БЗУ [2].

Известно [2–6], что распределение печных газов на колошнике, в основном, определяется распределением шихтовых материалов и параметрами дутьевого режима. Неправильная настройка элементов шихтовых трактов БЗУ, может приводить к неравномерности распределения шихтовых материалов и газового потока по окружности колошника.

Изложение основных материалов исследования.

Сотрудники ОТОСУ ИЧМ приняли активное участие в освоении ДП №6 НТМК, выводе ее на проектную мощность, устранении недостатков, допущенных при проектировании шихтоподачи, составлении и корректировке программ загрузки [7]. В настоящей работе представлены некоторые результаты исследований характера газораспределения по сечению доменной печи объемом 2200 м³, оснащенной БЗУ «Витковице», при различных условиях (режимах) загрузки. Распределение газов в печи оценивалось по показаниям термопар на стационарных балках, диаметрально установленных на колошнике над поверхностью засыпи шихты под углом 18° к оси расположения бункеров БЗУ.

После реконструкции доменной печи №6 НТМК (с сентября 2004 г.) при нормальной работе системы загрузки программа загрузки определяла периодическую смену (не менее 1 раза за 8 часов) вида шихтовых материалов в бункерах БЗУ. В кампании выделяются два периода работы печи, в которых по причинам технических неисправностей БЗУ смена вида материала в бункерах не производилась (период I – август–октябрь 2005г., период II – июнь–июль 2006г.). При этом загрузка печи без смены вида материала осуществлялась достаточно длительное время – более 7 суток, – что привело к изменению структуры столба шихты. На рис.1 представлены среднесуточные диаграммы распределения температуры газов по диаметру колошника в эти периоды, а также среднечасовая диаграмма распределения температуры газов в конце периода I. Во всех случаях максимальные температуры осевого потока колошникового газа смещаются от оси в сторону шихтового бункера, в котором находятся железорудные материалы, а со стороны бункера с коксом происходит уменьшение температуры приосевого газа. Смещение осевого газового потока в направлении бункера с железорудными материалами было подтверждено на остановке печи визуальными наблюдениями через монтажный люк характера горения колошникового газа. Смещение осевого потока и газораспределения происходит не строго по оси бункеров БЗУ, направление смещения газов носит более сложный характер, что видно из распределения температуры газа по периметру колошника (рис.2). Следует отметить, что в указанные периоды применялись различные программы загрузки, поэтому большее значение температуры газа на периферии в периоде II обусловлено не комбинацией вида материала в бункерах БЗУ (ШБ2 и ШБ1), а радиальным распределением шихтовых материалов на колошнике. Основным

фактором, влияющим на смещение интенсивного газового потока в осевой зоне, является смещение потока шихтовых материалов в центральной трубе БЗУ, что приводит к различному характеру движения шихты по лотку и в печном пространстве.

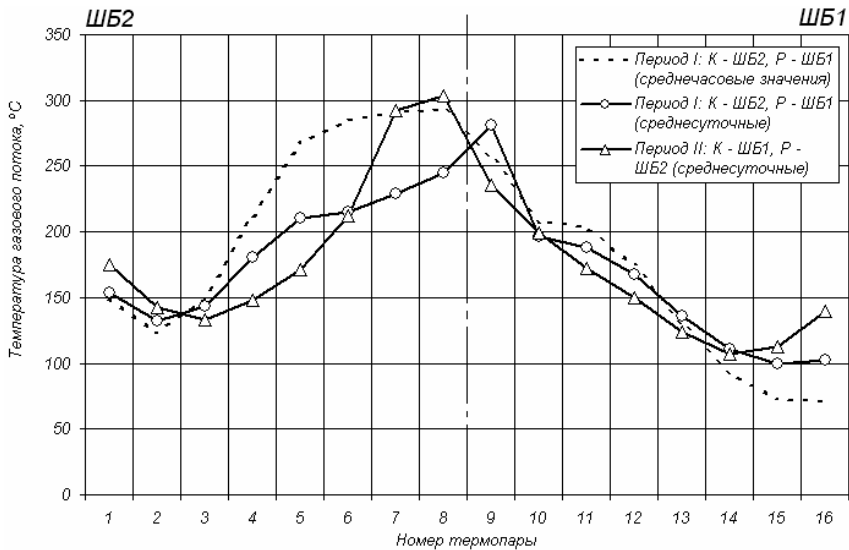


Рис.1. Среднечасовое и среднесуточное распределение температуры колошникового газа по диаметру печи при длительной загрузке печи без смены вида шихтовых материалов в бункерах БЗУ.

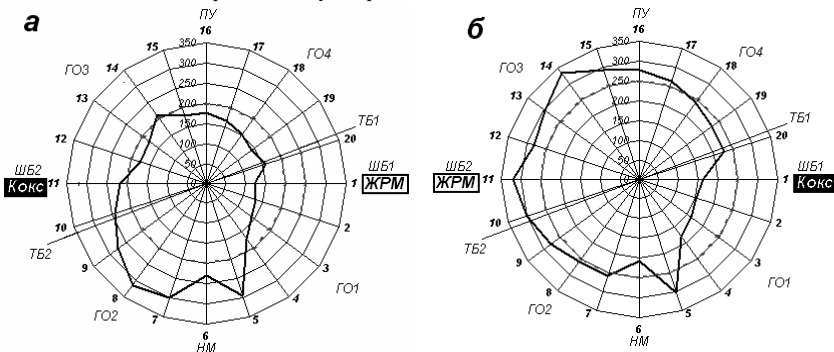


Рис.2. Среднесуточное распределение температуры газа на периферии при загрузке печи без смены вида шихтовых материалов в бункерах БЗУ в периоды I (а) и II (б). ...20 – периферийные термопары; ШБ1, ШБ2 – шихтовые бункера БЗУ; ГО1...ГО4 – газоотводы; ПУ – пылеуловители; НМ – наклонный мост шихтоподачи; ТБ1, ТБ2 – стационарные термобалки.

Для подтверждения указанной причины возникновения окружной неравномерности распределения шихты и газораспределения в печи на 2 суток был установлен экспериментальный режим загрузки, который предусматривал периодическое (через каждые шесть часов) применение секторной загрузки порции кокса в сектор ЧЛ1 – ГО2 (чугунная летка №1 – газоотвод №2) на позициях лотка 6, 7, 9 (промежуточная и приосевая зоны колошника).

Динамика изменения распределения газового потока по диаметру колошника при осуществлении секторной выгрузки кокса представлена на рис.3, из которого следует, что максимальное влияние на газораспределение проявляется через 3 часа после применения указанного приема загрузки, а уже через 5 часов характер газораспределения возвращается к исходному.

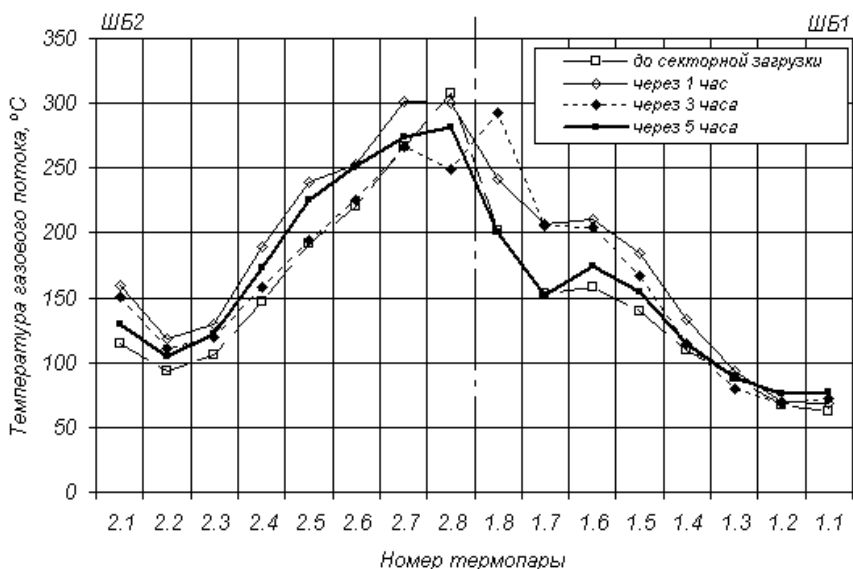


Рис.3. Динамика распределения температуры газового потока на колошнике при секторной выгрузке коксовой порции

Как показали визуальные наблюдения процесса выгрузки шихты на колошник, существенной особенностью движения материалов по лотку, которая может влиять на распределение материалов, является просыпание материала в зазор между нижним срезом центральной трубы и загрузочным (верхним) торцом лотка, при этом материалы образуют видимый гребень на поверхности засыпи вблизи оси колошника. Ссыпание части потока материала через верхний торец лотка при высоких углах подъема является особенностью БЗУ «Витковице» и обусловлено смещением оси подвеса лотка относительно оси БЗУ на 375 мм и

недостаточной длиной его верхней части, что приводит к нерациональному соотношению конструктивных размеров участка тракта «центральная труба – лоток» при нахождении лотка в верхних угловых позициях.

Механизм образования «заднего» потока следующий. При попадании потока на поверхность лотка скорость материала падает, что усугубляется задержкой нижнего слоя потока первыми по ходу движения материала футеровочными ребрами. В результате на лотке образуется конус материала, который в сечении по оси лотка подобен «клину». Последующий поток материала стекает с этого «клина», разделяясь на две части, одна из которых (основная) направляется в сторону разгрузочного конца лотка, а другая – в сторону верхнего торца. Визуально количество материала, ссыпающегося через загрузочный торец лотка, можно оценить в пределах 10–20 %, что приводит к искажению заданного распределения рудных нагрузок. Максимальная интенсивность обратного потока во время выгрузки порции шихты наблюдалась со стороны, противоположной разгружаемому бункеру БЗУ. В случае, когда не осуществляется смена вида шихтовых материалов в бункерах, регулярно происходит пересыпание через задний торец лотка железорудных материалов с одной стороны от оси печи, а кокса – с противоположной. Оба указанных фактора способствуют смещению интенсивного осевого газового потока в сторону бункера с железорудными материалами.

Существенное замедление потока материалов ребрами футеровки лотка позволяет заключить, что по мере уменьшения высоты футеровочных рёбер, установленных на рабочей поверхности лотка, или в случае применения более гладкой футеровки (проектной), интенсивность потока, ссыпающегося с загрузочного торца лотка, будет уменьшаться, следовательно, будет уменьшаться искажение распределения рудных нагрузок.

Для исследования влияния изменения вида материала в бункерах БЗУ и футеровки лотка на распределение печных газов по диаметру колошника были зафиксированы среднечасовые показания термопар на стационарных балках при загрузке доменной печи с различной футеровкой лотка БЗУ. На рис.4 представлена динамика изменения газораспределения на колошнике при изменении вида материала в шихтовых бункерах БЗУ при загрузке печи лотком с ребристой (рис.4,а) и гладкой (рис.4,б) футеровкой.

Как видно, из рис.4, независимо от типа рабочей поверхности лоткового распределителя, тенденции смещения интенсивного осевого газового потока одинаковы. Уже через 1 час после смены вида материала в бункерах БЗУ наиболее интенсивный поток газов (максимальная температура колошникового газа) сдвигается в сторону шихтового бункера с железорудными материалами. Однако при загрузке печи ребристым лотком смещение интенсивного газового потока

сопровождается существенным уменьшением интенсивности присевого потока со стороны бункера с коксом. Следовательно, просыпание шихтовых материалов через входной торец лотка при использовании лотка с ребристой футеровкой влияет на газораспределение в большей степени, чем загрузка печи гладким лотком. Следует отметить, что просыпание шихты через входной торец лотка с гладкой футеровкой не фиксировалось во время выгрузки порций визуальными наблюдениями, однако изучение характера износа футеровки лотка после его замены позволяет предполагать, что верхнее просыпание имело место, но было менее интенсивным.

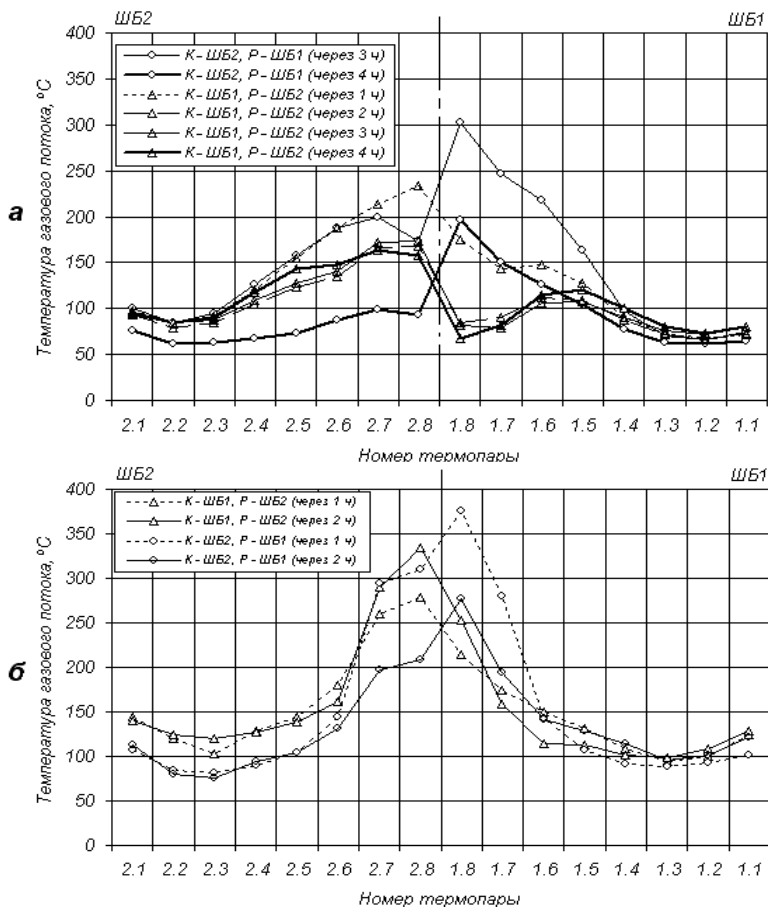


Рис.4. Динамика изменения газораспределения на колошнике при изменении вида материала в шихтовых бункерах БЗУ при загрузке печи ребристым лотком (а) и гладким лотком (б).

Экспериментально подтверждено, что при конструктивных недостатках и недостаточном внимании технического и технологического персонала к центрированию потока шихтовых материалов относительно оси печи в двухбункерных БЗУ возникают условия, существенно влияющие на окружное распределение шихты. Возникающая при этом неравномерность распределения шихтовых материалов по окружности колошника приводит к неравномерности распределения газового потока по сечению печи. Это проявляется в смещении наиболее интенсивного осевого газового потока от оси в направлении бункера с железорудными материалами. Основным фактором, влияющим на смещение интенсивного газового потока, является смещение потока шихтовых материалов в центральной трубе БЗУ, что приводит к различному характеру движения шихты по лотку и в печном пространстве. Особенностью движения материалов по лотку БЗУ «Витковице», которая влияет на распределение материалов, является также просыпание материала через задний (загрузочный) торец лотка, при этом материалы попадают на поверхность засыпи на расстоянии 1–1,5 м от оси колошника. Интенсивность просыпания материалов определяется типом футеровки рабочей поверхности лотка, особенно на участке падения материалов на лоток из центральной трубы.

Заключение.

Результаты исследования причин существенного и стабильного смещения газового потока в доменной печи объемом 2200 м³, оснащенной БЗУ «Витковице», при длительной ее работе без регламентированной программой загрузки смены вида материалов в бункерах БЗУ, показали, что при таком режиме загрузки возникает ощутимая неравномерность распределения шихты и газового потока по окружности печи, сопровождающаяся ухудшением технико-экономических показателей.

Периодическая подача кокса в сектор, противоположный смещению осевого потока, подтвердила, что основной причиной смещения потока является нарушение распределения шихты. Установлено, что результаты такого воздействия максимально проявляются через 3 часа, а через 5 часов исходное газораспределение практически восстанавливается.

Направление смещения центра осевой воронки (осевого газового потока) по окружности печи не совпадает ни с осью расположения бункеров БЗУ, ни с расположением термобалок, а смещено относительно бункера с железорудными материалами на 40–90°. Существенное нарушение распределения газового потока происходит вследствие смещения центра падения материалов на рабочую поверхность лотка, что приводит к изменению траекторий движения шихты в колошниковом пространстве при вращении лотка и сыпанию через задний (верхний) торец лотка части загружаемого материала в секторе, противоположном разгружаемому бункеру. Даны рекомендации по устранению причин и последствий указанного явления. Для устранения причин необходимо

обеспечить подачу материала по оси печи, а для устранения последствий нужно обеспечить в программе загрузки периодическую смену материала в бункерах.

1. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. М.: Металлургия, 1990. – 256 с.
2. *Большаков В.И., Шутылев Ф.М.* Рациональный режим работы вращающегося распределителя шихты бесконусного загрузочного устройства // *Сталь*. – 1988. – № 3. – С.17–20.
3. *Влияние движения шихты по трактам загрузочного устройства на окружное распределение шихты* /В.И.Большаков, И.Е.Варивода, Н.А.Рослик, Ф.М.Шутылев //«Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». Сб.трудов ИЧМ. – 1995. – С.51–68.
4. *Кройц Л., Гуденау Х., Штандиш В.* Влияние на симметрию распределения материалов в доменной печи при применении засыпного аппарата с вращающимся желобом // *Черные металлы*. – 1991. – №3. – С.26–32.
5. *Большаков В.И.* Особенности управления окружным распределением шихты и газов в доменных печах. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2001. – № 5. – С.80–84.
6. *Доменное производство «Криворожстали».* Монография под редакцией чл.-корр. НАНУ В.И.Большакова. Дн–вск, ИЧМ – Криворожсталь, 2004 – 378 с.
7. *Освоение загрузки реконструированной доменной печи Нижнетагильского металлургического комбината* / В.И. Большаков, Н.Г. Иванча, В.В. Лебедь, И.Г. Муравьева // *Бюлл. НТЭИ «Черная металлургия»*. – 2005. – Вып.11. – С.34–40.

Статья рекомендована к печати д.т.н., проф. И.Г.Товаровским