

ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММ ЗАГРУЗКИ И ПРИЁМОВ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ШИХТЫ НА ДП-6 НЛМК

Изложен опыт разработки сотрудниками ИЧМ методов проведения предпусковых исследований доменных печей. Приведены результаты комплексных исследований на ДП-6 НЛМК бесконусного загрузочного устройства, распределения рудных нагрузок и объемов шихтовых материалов, загружаемых в равновеликие кольцевые зоны на колошнике печи. Определены рациональные углы наклона лотка. Разработана методика определения рациональных программ загрузки шихты, способы управления окружным распределением шихты и рациональной загрузки смешанных порций агломерата и окатышей. Показана высокая эффективность их применения.

доменная печь, кольцевая зона, программы загрузки шихты, приемы управления окружным распределением шихты, уменьшение энергозатрат.

Важным направлением повышения эффективности работы доменных печей является совершенствование режимов загрузки шихтовых материалов в доменную печь и рациональное их распределение по радиусу и окружности колошника. По современным представлениям уровень технико-экономических показателей работы доменных печей в значительной мере определяется эффективным формированием столба шихты и газового потока. Этому способствует применение на доменных печах бесконусных загрузочных устройств (БЗУ). Как показал отечественный и мировой опыт, после установки БЗУ при рациональном использовании их возможностей расход кокса уменьшается на 5–7 % по сравнению с конусными, производительность увеличивается на 5–10 %, а кампания печей увеличивается на 20 %, при уменьшении вдвое стоимости ремонтных затрат [1].

В связи с тем, что БЗУ с лотковым распределителем позволяют существенно расширить возможности управления распределением шихтовых материалов по радиусу и окружности колошника, а расчётных методов распределения шихтовых материалов на колошнике разработчиками БЗУ предложено не было, поиск рациональных режимов работы БЗУ и программ загрузки печи шихтовыми материалами в начальный период освоения выполнялся методом проб и ошибок, что приводило по данным французских исследователей к колеблемости расхода кокса в диапазоне ± 30 кг/т чугуна. Такой разброс объясняется тем, что БЗУ, в отличие от конусных устройств, позволяют изменением угла наклона распределителя при его вращении обеспечить распределение шихтовых материалов (ш.м.) по всей площади колошника от стенки до оси печи, а это создает многовариантность программ загрузки её шихтовыми материалами. Расчеты показывают, что программу загрузки без достаточных и обоснованных ограничений, например, распределения рудных нагрузок по радиусу колошника, приходится выбирать из 10^{13} вариантов, что требует постепенного,

трудоемкого и продолжительного приближения. Но даже при использовании заданного распределения рудных нагрузок по радиусу печи в семи–девяти порциях в цикле, программа загрузки может быть составлена путем достаточно большого количества (10–15) сочетаний различных наборов рабочих угловых положений распределителя при выгрузке порций шихтовых материалов. В этом случае выбор программы зависит от опыта и индивидуальных способностей технологического персонала. Поэтому авторами была предпринята попытка ограничить число вариантов рассматриваемых программ заданием распределения рудных нагрузок и объёмов шихтовых материалов по радиусу колошника, что в программе загрузки выражается распределением масс Ш.М. по угловым позициям лоткового распределителя [2].

Рассмотрев на ряде совещаний итоги строительства и оснащения доменных печей большого объема загрузочными устройствами новых конструкций и публикации о создании и испытании в ФРН лоткового бесконусного загрузочного устройства фирмы П. Вюрт, Минчермет СССР принял решение о закупке экземпляра такого устройства для строившейся доменной печи № 6 НЛМК объемом 3200 м^3 . Эта доменная печь первой в СССР была оснащена лотковым БЗУ, конвейерным подъемником шихты, 32 фурмами, четырьмя летками и круглым литейным двором и в 1978 году была введена в эксплуатацию. Освоение этой новой доменной печи было поручено ИЧМ. Время и опыт эксплуатации подтвердили правильность принятого решения, а высокие показатели работы ДП–6 не заставили себя ждать: проектная мощность агрегата была достигнута через 6 месяцев после задувки при технико–экономических показателях, превышающих проектные. Уже через год эксплуатации, несмотря на отсутствие опыта, при среднесуточном производстве на печи объёмом 3200 м^3 в 6700 т расход кокса составил 435 кг/т (расход природного газа – $113 \text{ м}^3/\text{т}$, концентрация кислорода в дутье – 28%). Такие результаты могли быть получены благодаря постоянному кропотливому научно обоснованному выбору рациональных программ загрузки печи шихтовыми материалами технологической группой в составе специалистов НЛМК: начальника доменного цеха № 2 Н.С.Антипова, его заместителя Е.М.Визлова, и Института черной металлургии МЧМ СССР (ИЧМ): зав. лабораторией машин доменного производства к.т.н. Большакова В.И. (ныне академик НАН Национальной Академии Наук Украины, д.т.н., профессор, директор ИЧМ), зав. лабораторией технологии доменной плавки, к.т.н. Н.М. Можаренко, зав. группой Ф.М.Шутылева. Методика выбора программ загрузки печи шихтовыми материалами, разработанная в те годы на НЛМК, послужила теоретической основой разработки методики и практических приемов распределения шихты на колошнике доменных печей, оборудованных БЗУ с лотковым распределителем шихты [3], таких как № 9 объемом 5000 м^3 меткомбината «Криворожсталь» (Украина), № 5 объемом 5500 м^3 ОАО «Северсталь» (г.Череповец, Россия), а также БЗУ конструкции ВНИИ-

Метмаш – УЗТМ с распределителем воронка–склиз, установленных в Кривом Роге, Запорожье и Караганде. Доменная печь № 6 НЛМК явилась пионером освоения современного лоткового загрузочного устройства.

Успешному освоению БЗУ предшествовал этап предпусковых исследований формирования порций на шихтоподаче и распределения шихтовых материалов непосредственно на колошнике печи при её загрузке перед задувкой, выбора рабочих параметров оборудования и оценки его технологических возможностей, выполненных ИЧМ и НЛМК. Этап включал определение расходных характеристик затворов, регулирующих толщину слоя на грохотах шихтоподачи, оценку эффективности грохочения при различных режимах работы грохотов и распределения гранулометрического состава шихтовых материалов в весовом бункере шихтоподачи, а также расходных характеристик выпускного устройства весового бункера для выполнения функций формирования смешанных порций железосодержащих материалов на конвейере, расчет временных и рабочих уставок формирования порций на конвейере, исследование особенностей движения шихты при загрузке бункеров БЗУ и расположения компонентов смешанных порций железосодержащих материалов в бункерах, движения шихтовых материалов по трактам БЗУ и распределителю, определение расходных характеристик шихтовых затворов БЗУ, исследование распределения материала в печи при выгрузке порций, расчет пропускной способности системы загрузки [4]. Опыт совместной работы НЛМК и ИЧМ по испытанию и наладке механизмов и систем управления на холостом ходу перед загрузкой материалов, исследований в период загрузки печи шихтовыми материалами, анализ работы оборудования, системы управления и хода плавки в период задувки, раздувки и освоения печи с выдачей рекомендаций по управлению ходом плавки и совершенствованию оборудования показал, что они способствуют обеспечению высокой эффективности доменной плавки не только в период освоения печи, но и на протяжении всей кампании. База знаний, накопленная в период предпусковых исследований на доменной печи № 6, позволила ИЧМ совместно со специалистами комбината разработать ряд приемов и режимов работы оборудования, которые в настоящее время применяются на всех доменных печах, оборудованных БЗУ как в России, так и за её пределами, в том числе фирмой П.Вюрт [4].

Так, в БЗУ фирмы П.Вюрт предусматривался режим работы, в котором после выгрузки очередной порции шихты в печь распределитель на пониженной втрое скорости поворачивался до ближайшего гаражного положения по окружности колошника, где привод отключался, а распределитель тормозился и останавливался. При поступлении команды «грузить» привод запускался после небольшой выдержки времени, достаточной для разгона распределителя, открывался шихтовый затвор бункера. Описанный режим, как показали исследования, обладал существенным недостатком: остановка после выгрузки каждой порции и последующий

пуск приводили к возникновению значительных динамических нагрузок в линии передач привода. Это связано с раскрытием зазоров в линии передач при торможении и ударами при их замыкании во время разгона при пуске. При этом лоток разгонялся и тормозился более 200 раз в сутки, что снижало долговечность одного из сложнейших узлов БЗУ – редуктора. По предложению ИЧМ был внедрен режим постоянного вращения привода распределителя, который сегодня используется в мире на всех БЗУ с вращающимися распределителями шихты.

Существенное влияние на распределение шихты на колошнике печи оказывают приемы формирования смешанных порций железосодержащих материалов на конвейере. Исследования при освоении ДП–6 НЛМК позволили определить рациональную последовательность выгрузки из весовых бункеров шихтоподачи на конвейер агломерата и окатышей в смешанной порции железосодержащих материалов. На этой печи проектное расположение каналов агломерата и окатышей на шихтоподаче определяло выгрузку слоя окатышей сверху на слой агломерата. Это было основано на мнении, что окатыши, как более подвижные, будут лучше перемешиваться с агломератом при транспортировке конвейером на колошник печи. Однако оказалось, что при транспортировке конвейером окатыши слабо внедряются в агломерат, а при загрузке с конвейера в бункер БЗУ, имеющие более пологую траекторию движения окатыши, расслаивались с агломератом, и в печи грузилась недостаточно перемешанная порция материалов. Изменением расположения бункеров на шихтоподаче и укладкой на конвейер агломерата сверху окатышей этот недостаток был устранен. Сегодня не только на печах с конвейерной подачей шихты на колошник, но и скиповой, используется этот прием [5].

Высокая эффективность доменной плавки при использовании богатого железорудного сырья определила бурное развитие новых методов обогащения рудных пород с получением измельченных железорудных концентратов, доля железа в которых может достигать 70 %. Учитывая особенности агломерационного процесса, более быстрыми темпами начало развиваться окомкование тонких концентратов с получением прочных окатышей, главным образом, неофлюсованных. Сложившаяся материально–техническая и экономическая ситуация обусловила в те годы ориентировку многих стран, в том числе СССР, на производство окатышей, разработку и освоение технологии выплавки чугуна на шихте с большой их долей. На доменной печи № 6 НЛМК в 1979–1980 гг. доля окатышей составляла 38–40 %. В то же время исследованиями ИЧМ и НЛМК было установлено, что неофлюсованные окатыши, попадая к стенке печи, ускоряют износ футеровки шахты, распара и заплечиков, увеличивают прогар фурм. Специалистами НЛМК (Н.С.Антипов, Е.М.Визлов, Ю.И.Хрипко) и ИЧМ (В.И.Большаков, Ф.М.Шутылев, Н.М.Можаренко, М.Д.Жембус) разработан способ загрузки шихтовых материалов в доменную печь (А.С.1061469) [5], ограничивающий технологическими мерами попадание

окатышей к стенке печи и позволяющий за счет создания устойчивых гарниссажеобразующих шлаков в пристенной зоне по окружности печи увеличить стойкость её футеровки и практически в 3 раза уменьшить частоту выхода из строя воздушных фурм. Так, если в 1980 г. среднемесячный выход из строя фурм составил 11 шт., а в январе 1981 г. – 14 шт., то с момента внедрения способа (февраль, 1981 г.) среднемесячный выход фурм из строя не превышал 4 шт.

После 8 месяцев эксплуатации печи был обнаружен практически полный износ брони (плиты толщиной 90 мм) бункеров загрузочного устройства в месте падения шихты. Резервные плиты, установленные во время ремонта, были заменены по этой же причине уже через 3 месяца. Установкой самофутерующейся защиты из ячеистой брони межремонтный срок службы бункеров увеличен до одного года. Дальнейшему увеличению срока службы бункеров и распределительного лотка способствовал разработанный ИЧМ и внедренный на печи режим работы БЗУ, включающий периодическую смену вида материала в бункерах и направления вращения распределителя, который в настоящее время используется на всех загрузочных устройства данного типа. В процессе исследований режима загрузки установлено его влияние на распределение шихтовых материалов и газового потока в доменной печи. Результаты исследований легли в основу разработок приемов управления окружным распределением шихты и газов в печи, методик компенсации окружной неравномерности процесса, выполненных позднее сотрудниками Института черной металлургии [6].

Заключение. При освоении и сопровождении работы ДП–6 НЛМК в 1978–1983 годах выполнен комплекс исследований, направленных на разработку методики определения рациональных программ загрузки шихты для доменных печей, оснащенных лотковыми бесконусными загрузочными устройствами. Применение методики расчета программы загрузки, обеспечивающей заданное распределение рудных нагрузок и объемов шихтовых материалов, загружаемых в равновеликие кольцевые зоны на колошнике печи, подтвердило высокую эффективность её применения. В результате ДП–6 НЛМК работала с высокой интенсивностью плавки и минимальным расходом энергоносителей и на протяжении 5 лет была признана лучшей доменной печью СССР. Методика расчета программ загрузки для доменных печей, оснащенных бесконусными загрузочными устройствами продолжает совершенствоваться и широко применяться на доменных печах Украины и России.

1. *Большаков В.И., Товаровский И.Г., Шутылев Ф.М.* Особенности применения различных загрузочных устройств на современных доменных печах. // Бюл. Черная металлургия. 2007, №9. – С.24–32.
2. *Большаков В.И.* Теория и практика загрузки доменных печей. – М.: Металлургия, 1990. – 256с.

3. *Большаков В.И., Покрышкин В.Л., Шутылев Ф.М.* Совершенствование способов загрузки доменных печей в СССР и за рубежом // Обзорная информация / Ин-т Черметинформация. Сер. Подготовка сырьевых материалов к металлургическому переделу и производство чугуна.– Вып.2.– М., 1983.– С.32.
4. *Освоение системы загрузки современной доменной печи/ В.И.Большаков, А.Ю.Зарембо, Н.Г.Иванча, А.К.Икконен, Н.М.Можаренко, В.И.Нетронин, В.А.Улахович, Ф.М.Шутылев* // Обзорн. информация. Ин-т Черметинформация.– М., 1989.– 53с.
5. *Способ загрузки шихтовых материалов бесконусным загрузочным устройством в доменную печь: А.с. 1061469 СССР / В.И.Большаков, Ф.М.Шутылев, Н.М.Можаренко, М.Д.Жембус, Н.С.Антипов, Е.М.Визлов, Ю.И.Хрипка.* – № 3212186; Заявлено 04.12.80. Зарегистрировано 15.08.83.
6. *Большаков В.И.* Технология высокоэффективной энергосберегающей доменной плавки. – К.: Наукова думка, 2007. – 412с.

*Статья рекомендована к печати
докт.техн.наук И.Г. Муравьевой*

В.И.Большаков, Ф.М.Шутылев

Досвід розробки програм загрузки та прийомів управління розподіленням шихти на ДП-6 НЛМК

Викладено досвід розробки співробітниками ІЧМ методів проведення передпускових досліджень доменних печей. Наведено результати комплексного дослідження на ДП-6 НЛМК бесконусного завантажувального пристрою, розподілу рудних навантажень і об'ємів шихтових матеріалів, що завантажуються у рівновеликі кільцеві зони на колошнику печі. Визначено раціональні кути нахилу лотка. Розроблено методику визначення оптимальних програм завантаження шихти, способи управління окружним розподілом шихти і раціонального завантаження змішаних порцій агломерату і обкотишів. Показано високу ефективність їх застосування.