

Однако визуальные наблюдения за работой печи указывают на возможность проникновения струй воздушного дутья от внутренней поверхности кессонов не более чем на 300–400 мм. Это связано в основном с неудовлетворительной подготовкой шихты, поступающей в агрегат. При этом повышение расхода воздушного дутья выше 17000 м³/ч сопровождается появлением продувов и нарушениями нормального режима работы печи.

В соответствии с теоретическими и экспериментальными данными рекомендуемый удельный расход воздушного дутья для шахтных печей цветной металлургии должен составлять не более 45–50 м³/(м² мин). В нашем же случае эта величина составляет только 18,89 м³/(м² мин), что подтверждает необходимость дальнейшего совершенствования качества подготовки сырья.

Таким образом, проведенная реконструкция фурменных устройств и распределительного коллектора обеспечила улучшение технико-экономических показателей работы плавильной печи, что подтверждает правильность разработанной методики. Однако низкое качество используемых брикетов не позволили получить более существенное их изменение.

УДК 669.045

В. И. Матюхин, А. В. Матюхина, Р. С. Быков

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,

институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии», г. Екатеринбург, Россия

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ МИНЕРАЛОВАТНЫХ ВАГРАНОК

Аннотация

Анализ конструкции минераловатной вагранки позволил установить основные недостатки ее тепловой работы. На основании особенностей развития теплофизических процессов в вагранке обоснованы новые технические решения по увеличению производительности агрегата до 4т расплава/м² ее поперечного сечения при удельном расходе тепла не более 3500МДж/т за счет оптимизации конструктивных параметров, использования режима слоевого сжигания природного газа, подогретого дутья и пульсирующих технологий.

Ключевые слова: минераловатная вагранка, воздушные фурмы, добавки природного газа, энергия акустического поля, технико-экономические показатели.

Abstract

Analysis of the structure of the mineral wool cupola allowed to establish its main disadvantages of thermal work. Based on the characteristics of development of thermophysical processes in a cupola developed new technical solutions to increase the capacity of the unit up to 4m

rasplava/m² its cross-sectional heat rate not exceeding 3500 MJ / t due to the optimization of design parameters , use the setting bed firing natural gas , heated blast and pulsating technology.

Keywords: mineral wool cupola, air lance supplements of natural gas, the energy of the acoustic field, technical and economic indicators.

Шахтные плавильные печи, к которым относится минераловатная вагранка, отличаются высокой эффективностью работы (возможность достижения удельной производительности по расплаву до 150 т/м²сутки, теплового КПД до 60–70%, относительной простоты управления тепловым и газодинамическим режимами, низкого уровня эксплуатационных затрат и слабой зависимости ее технико-экономических показателей от вида сырья).

Однако тепловая работа большинства существующих конструкций промышленных плавильных агрегатов отличается низкими технико-экономическими показателями. Это выражается в недостаточной производительности агрегата (4,0–4,5 т/ч вместо 6,0 т/ч) и повышенном расходе кокса (270 кг кокса/т расплава вместо 150–200 кг/т). При этом температура перегрева расплава достигает не более 1400 °С. Такое температурное состояние образующегося расплава способствует образованию волокон низкого качества (короткое волокно). Попытка обслуживающего персонала поднять ее уровень путем подачи дополнительного воздуха на вагранку приводит к повышению давления в рабочем пространстве, что сопровождается выбросами расплава на рабочие площадки.

Такое состояние технологии плавки минерального сырья связано в первую очередь с неудовлетворительным состоянием ее тепловой и газодинамической работы.

Существующее их состояние позволяет констатировать, что конструкция и параметры фурменной зоны в агрегате отличаются от оптимальных значений. Имеющееся количество фурм на печи, их размеры и распределение по сечению создают условия для низкой упругости дутья, за счет чего образуются области с пониженной степенью использования топлива на процесс плавки, испытывающего недостаток кислорода. Этот факт может быть устранен при оптимальном распределении воздушного дутья за счет рационализации конструкции фурменного узла и его параметров.

Увеличенный диаметр фурм при максимально возможном для данных условий расходе воздушного дутья обеспечивает скорость воздушной струи на входе в слой не выше 10–15 м/с. Обладая низкой кинетической энергией (150–160 Дж/с) воздушный поток распространяется в горизонтальном направлении на уровне фурм на расстоянии не более 2–3 диаметров куска шихты. Этим же расстоянием ограничивается протяженность окислительной зоны, в пределах которой в основном происходит наибольшее выделение тепла от горения кокса. В остальной части сечения агрегата происходит восстановление углекислоты с образованием оксида углерода и поглощением определенного количества тепла. Это замедляет протекание процессов плавления материалов в печи, а значительная часть кокса расходуется непроизводительно на образование СО, которое теряется полностью в атмосферу. Сознательно уменьшая диаметр фурм при сохранении рационального расхода воздушного дутья, можно повысить кинетическую энергию струи воздуха и увеличить глубину ее проникновения в слой. При этом возрастает протяженность окислительной зоны, что способствует более эффективному использованию кокса и позволяет снизить его расход.

Одним из малозатратных мероприятий, позволяющих повысить технико-экономические показатели работы шахтного агрегата, является совершенствование его теп-

ловой и газодинамической работы. При этом основными направлениями реконструкции печи следует считать:

1. Оптимизацию конструкции фурменного пояса (диаметр, количество, угол наклона и др.) на основе данных физического и математического моделирования процесса газораспределения, позволяющую обеспечить наилучшее использование сечения агрегата для процесса шахтной плавки. Данное мероприятие позволит при относительно небольших затратах повысить производительность шахтной печи как минимум на 10–15 %.

2. Оптимизацию режима воздушного дутья по его расходу применительно к изменившимся условиям.

3. Оптимизацию конструкции и параметров газоотводящего тракта при наличии системы дожигания.

Предлагаемые мероприятия связаны с необходимостью корректировки технологических параметров процесса (расхода дутья, кокса, состав шихты). Необходимо оптимизировать основные параметры технологии для изменяющихся условий.

Результатом этой работы должно быть техническое задание на реконструкцию агрегата и изменения, которые необходимо внести в технологическую инструкцию шахтной плавки. Опыт исследований аналогичных агрегатов (чугунолитейная вагранка, шахтные агрегаты обжига известняка, шахтные агрегаты прямого восстановления железа, шахтные печи цветной металлургии) показывает, что выполнение этой работы может быть осуществлено поэтапно при относительно низких капитальных затратах. Экспериментальные данные НИР, проведенных нами ранее на этих агрегатах, позволяют прогнозировать после реализации предлагаемых технических решений:

- увеличение производительности агрегата на 15–20 % или снижение расхода топлива на процесс не ниже 15–20 %;
- снижение объема пылевыноса и газообразных выбросов из рабочего пространства на 20–25 %;
- усилить динамику агрегата в переходные периоды;
- улучшить равномерность химического состава получаемого расплава.

Дальнейшее совершенствование тепловой работы шахтного агрегата может быть осуществлено при использовании добавок природного газа в режиме слоевого сжигания, подаваемого через фурмы основного или дополнительного рядов. Традиционная фурменная подача природного газа непосредственно в слой шихты при существующих параметрах приводит к плохо организованному слоевому сжиганию газообразного топлива. При этом на технологические нужды расходуется не более 5–6%. Остальная часть добавок природного газа, не сгорая, уходит с отходящими газами и при наличии системы факельного дожигания сгорает над слоем, повышая объемы экологических выбросов в атмосферу. Организация процесса слоевого сжигания природного газа предполагает подавать его в количествах, обеспечивающих образование газозвушной смеси перед подачей в слой с коэффициентом расхода воздуха 5,0–6,0. При таких параметрах ее факельное горение невозможно, что делает этот процесс абсолютно безопасным. Однако образовавшаяся газозвушная смесь, попадая в разогретый слой, подогревается до температуры воспламенения и образует непосредственно в нем на глубине не более 20–40 мм высокотемпературную зону горения протяженностью 40–60 мм с температурой 1000–1150 °С, подогревая слой исходной шихты. Благодаря малому количеству добавок природного газа изменение содержания кислорода в воздушном дутье

происходит незначительно. Использование этого способа позволяет дополнительно снизить расход топлива на процесс плавки на 15–20 % или повысить производительность агрегата на эту же величину. Его реализация требует наличие газопровода природного газа непосредственно у агрегата, рациональное распределение и подачу его по горелкам. Способ прошел промышленные испытания.

Для интенсификации шахтной плавки с целью ускорения тепломассообменных процессов в слое и повышения производительности агрегата можно рекомендовать использование энергии акустического поля, формирование и использование которого предполагается непосредственно в слое. С этой целью следует изменить конструкцию фурм с установкой на них короткого патрубка с фланцем, к которому присоединяется с помощью болтового соединения звуковой излучатель типа свистка Гартмана. Образование акустического поля осуществляют при помощи компрессорного воздуха давлением не ниже 3 атмосфер. Вся энергия акустического поля используется полностью непосредственно в рабочем пространстве агрегата. Экспериментальными исследованиями, как в лабораторных, так и на ряде промышленных агрегатов с плотным слоем (чугунолитейная и минераловатная вагранки, агломерационная машина), было показано, что при определенных параметрах акустического поля частицы слоя сами становятся источниками звука, т. е. становятся вибрирующими. Акустическое поле, создаваемое непосредственно в слое, является источником вибрационного воздействия на частицы слоя. Вследствие локальных периодических колебаний частиц слоя каждая из них находится в газовой среде, давление которой может изменяться от положительного до отрицательного значения. Избыточное давление в слое, вызываемое колебаниями, компенсируется оттоком избыточного или недостающего количества газов через поры слоя в направлении распространения колебаний. Абсолютное локальное давление в слое зависит от частоты и амплитуды колебаний, величины протяженности слоя, размеров частиц и их формы, общего газодинамического давления дутья и других параметров. При колебаниях частиц слоя происходит разрушение пограничного слоя вдоль их поверхности, что интенсифицирует тепломассообменные процессы за счет дополнительной турбулизации газового потока и возникающего поршневого эффекта. Особенно эффективно применение акустического поля для тех технологических процессов, где имеют место малые значения скорости движения газов, а слой характеризуется значительным газодинамическим сопротивлением.

Использование акустического поля на агрегатах с плотным слоем предназначено для интенсификации в нем тепломассообменных процессов и газодинамики путем использования энергии акустического поля. Это способствует увеличению производительности агрегата на величину до 15–20 % за счет снижения газодинамического сопротивления слоя, снижению вредных выбросов из него (СО, NO_x, пыль), повышению глубины протекания физико-химических реакций в слое, уменьшению удельного расхода топлива на 10–15 %. Результаты испытаний этого способа на промышленных агрегатах полностью подтвердили отмеченные результаты. Способ прошел промышленные испытания и используется на шахтных агрегатах ОАО «Уралэлектромедь».

Богатый опыт работы с чугунолитейными вагранками позволил разработать принципиальный подход к созданию их рациональной конструкции, элементы которой были внедрены на ряде предприятий Урала (Синарский трубный завод, Нижне-Сергинский метизно-металлургический завод, Ревдинский метизно-металлургический завод, Пашийский метал-

лургическо-цементный завод и др.). Однако совершенствование металлургического производства привело к ликвидации этого агрегата.

Многочисленные работы, проведенные на заводах минераловатного производства, позволили перенести проверенные технические приемы и новые технические решения на их шахтные плавильные печи.

Результаты исследовательской работы на ОАО «Билимбаевский завод термоизоляционных материалов» позволили на минераловатной вагранке с холодным дутьем при заданном производстве 3 т/ч обеспечить удельный расход кокса не выше 180–200 кг/т расплава, а после установки и модернизации отдельного воздухонагревателя с температурой подогрева до 450 °С опуститься до 120–130 кг/т расплава.

Принимая участие в совершенствовании минераловатной вагранки на ОАО «Эковер» в период 2010–2012 гг. было достигнуто увеличение производительности агрегата с 4,5–5,0 т/ч до 8,0–9,0 т/ч за счет совершенства ее тепловой работы. При этом удельный расход кокса составил 130–140 кг/т расплава.

Большой объем исследований по совершенствованию тепловой работы печи полимеризации на ряде предприятий (ОАО «БЗТИМ», ОАО Нижне-Тагильский завод теплоизоляционных материалов, ОАО «Красноярский завод теплоизоляционных материалов», ОАО «АК-СИ») позволил создать принципиальный подход к созданию рациональной конструкции высокоэффективного низкотемпературного агрегата. При этом, в зависимости от требований технологии, возможно увеличение производительности печи при снижении удельного расхода топлива, улучшение качества получаемой продукции, снижение объема экологический выбросов. В каждом случае после анализа состояния техники и технологии устанавливался возможный перечень мероприятий по их совершенствованию. При этом неизменно наблюдалось увеличение теплового КПД агрегата до 50–60 %, снижение объема вредных выбросов в атмосферу как минимум в два раза, снижение расхода топлива на 30–40 % при сохранении или улучшении качества тепловой обработки изделий.

УДК 669.013

А. А. Оленников, В. П. Цымбал

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

О ПРОБЛЕМЕ ГЛУБОКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГИИ ИСХОДНОГО ТОПЛИВА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

Аннотация

Рассмотрены основные задачи по глубокому использованию энергии исходного топлива металлургических агрегатов, включающие утилизацию энергии отходящих газов, использование тепловой энергии от систем гарнисажного охлаждения и систем охлаждения газоходов, соединяющие металлургический агрегат с энергоутилизационными установками и системами газоочистки.