

системам автоматического контроля и управления агрегатами и разработаны предложения по режимам ковшового вакуумирования.

С использованием полученных математических моделей разработана и предложена к внедрению на НТЗ автоматизированная информационно-советующая система участка внепечной обработки стали «АИС УВОС». Эта система позволяет прогнозировать изменение температуры расплава во время внепечной ковшовой обработки, изменение уровня металла в ковше во время вакуумирования, изменение концентрации растворенного в стали водорода в зависимости от продолжительности и режимов вакуумной обработки.

В результате оценки технико-экономической эффективности системы «АИС УВОС» ожидаемый годовой экономический эффект определяется суммой 1,6 млн.грн., что при планируемых затратах 0,4 млн.грн. обеспечит быструю окупаемость системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бойченко Б.М., Поляков В.Ф., Лесовой В.В. Состояние и перспективы сталеплавильного производства Украины // Сучасні проблеми металургії. Том 3. Матеріали науково-практичної конференції «Проблеми і перспективи одержання конкурентноздатної продукції в гірничо-металургійному комплексі України» (24–25.10.2000 р.). – Дніпропетровськ: «Системні технології», 2001. – С.192–207.
2. Кирсанов В.М., Дерюгин А.А., Смоктий В.В. и др. Динамика поведения концентрации водорода при вакуумировании колесной стали // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1998. – № 4. – С.15–17.
3. Прогнозирование изменения температуры расплава во время вакуумной обработки стали / С.В. Бейцун, А.В. Жаданос, Н.В. Михайловский, С.В. Шаталюк // Металургія. Збірник наукових праць. – Запоріжжя: ЗДІА, 2004. – Вип. 9. – С.33–38.
4. Кукушкин О.Н., Бейцун С.В., Жаданос А.В. Моделирование работы производственного участка средствами STATEFLOW // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, 2002. – Вип. 12. – С.172–181.
5. Математическая модель изменения уровня металла при ковшовом вакуумировании / О.Н. Кукушкин, С.В. Бейцун, Н.В. Михайловский, Ю.А. Редичкин // Теория и практика металлургии. – 2003. – №1. – С. 27–32.
6. Микроволновые методы контроля технологических параметров / О.Н. Кукушкин, В.И. Головкин, В.В. Смоктий и др. // Современные проблемы металлургии: Научные труды ГМетАУ. – Днепропетровск: ГМетАУ, 1999. – Вып. 1. – С.279–298.
7. Бейцун С.В., Михайловский Н.В. Моделирование удаления водорода из металла при ковшовой вакуумной обработке. // Материалы XXXI-й международной научно-технической конференции молодежи «Запорожсталь-2004». – Запорожье: ОАО «Запорожсталь». – 2004. – С.24.

УДК 621.396.969

А.А. Верховская, В.И. Головки, О.Н. Кукушкин, Н.В. Михайловский

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДАРОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ГРОХОЧЕНИЕМ И ЗАГРУЗКОЙ ШИХТЫ В ДОМЕННУЮ ПЕЧЬ

Для забезпечення нормального ходу доменної печі необхідна оперативна зміна ефективності відсівання дрібних фракцій шихти. Запропоновано використання радарів для визначення профілю поверхні і розподілу по ній шихтових матеріалів з реалізацією способу корекції ходу доменної печі за рахунок зниження кількості дрібної фракції шихти, в залежності від опускання матеріалу в доменній печі. Показана перевага застосування радарних систем безперервної дії у порівнянні з іншими системами визначення профілю.

Для обеспечения нормального хода доменной печи необходимо оперативное изменение эффективности отсева мелких фракций шихты. Предложено использование радаров для определения профиля поверхности и распределения по ней шихтовых материалов с реализацией способа коррекции хода доменной печи путем изменения содержания мелкой фракции в шихте в зависимости от скорости опускания материала в доменной печи. Показано преимущество применения радарных систем непрерывного действия в сравнении с другими системами измерения профиля.

For providing of normal motion of blast-furnace it is necessary an efficient change of the sifting of charge shallow factions. Offered to use the radars of charge surface on top with correction of blast-furnace motion by dint of change of shallow faction maintenance amount charge in dependence on sinking speed of material in blast-furnace. The advantage of continuous radar systems of continuous action application in comparison with other profile determination systems is shown.

Важнейшим направлением развития металлургии является автоматизация контроля и управления технологическими процессами с применением компьютерной техники. Это определяет возможность достижения значительного экономического эффекта за счет сокращения расхода сырья, топлива, энергии и повышения качества продукции в условиях высокой материалоемкости и энергоемкости металлургических процессов. Сдерживающими факторами автоматизации в доменном процессе являются разнообразие технологических процессов и агрегатов в условиях непрерывного поточного производства, сложность большинства металлургических объектов, которые подвергаются действию разнообразных внешних факторов и управляющих воздействий; отсутствие или существенные трудности реализации автоматического контроля многих параметров из-за сложности физико-химических процессов и критических техногенных условий. По мнению ряда исследователей [1], дальнейший рост производственных показателей металлургических агрегатов проблематичен без внедрения современных систем контроля, так как наблюдаемость многих параметров не удовлетворяет требованиям управления, а ряд важнейших из них не контролируется из-за отсутствия соответствующей техники.

© ВЕРХОВСКАЯ А.А., ГОЛОВКО В.И., КУКУШКИН О.Н., МИХАЙЛОВСКИЙ Н.В., 2006

Поэтому особый интерес представляют работы по созданию и внедрению сенсорных систем на основе нетрадиционных для металлургии принципов технического зрения и осязания (оптоэлектронной, инфракрасной, радиоволновой локации), проводимые в последние 10-15 лет в Украине России, Японии, Швеции, Германии и Китае. Исследования показали, что годовая потребность стран СНГ только в микроволновых (МКВ) средствах измерения расстояния (уровня) по металлургии, обогатительной, огнеупорной и коксохимической промышленности составляет более 400 комплектов.

В доменном производстве нерешенной остается задача определения профиля поверхности сыпучих тел. Актуальность этой задачи вытекает из взаимосвязи распределения материалов на поверхности засыпи столба шихты с физико-химическими процессами, характером тепловой работы печи и распределением газового потока. Показано [2] существенное влияние распределения шихты на состав колошникового газа в целом и его распределение по радиусу печи, состояние и работу зон горения. Информация о форме профиля позволяет к моменту загрузки в печь очередной порции материала оперативно прогнозировать ход доменного процесса (периферийный, нормальный, центральный либо другой) и изменение теплового состояния печи в комплексе с оценкой других технологических параметров.

Не меньшее значение имеет определение скорости схода, углов откоса, распределение шихты на колошнике по виду, крупности, толщины слоев и других производственных параметров. Наличие этих параметров обеспечивает осуществление своевременных и обоснованных управляющих воздействий, адекватных отклонениям технологического процесса.

Расчет профиля засыпи на основе математического моделирования остается проблематичным. Одной из причин является отсутствие обоснованной физической модели и не всегда оправданное применение положений механики грунтов, основанных на теории предельного равновесия и движения кусковых материалов. Сложность решения этой задачи определяется также неоднородностью состава материала, крупности, гранулометрии, пористости, влажности и других физико-химических свойств компонентов шихты. Так, например, колебания их объемной массы составляют: для агломерата $1,7...2,0 \text{ т/м}^3$, для кокса $0,36...0,53 \text{ т/м}^3$, известняка – $1,6...2,0 \text{ т/м}^3$.

Попытки создания профиломеров многочисленны и достаточно многогранны. Наиболее представительным классом таких устройств являются контактные механические средства измерения. Реализация устройств с применением механических зондов для определения профиля, существенным недостатком которых остается повышенная погрешность показаний и весьма сложный уход за зондами при работе печи на повышенном давлении, а применение ультразвуковых и вибрационных сигналов из-за мощных потоков запыленного газа, громоздкости,

сложности, недолговечности результатов не нашли практического применения.

За рубежом предпринимались попытки использования оптической техники (световой, лазерной и телевизионной), однако сведения об успешном их применении на промышленных объектах отсутствуют. Можно полагать, что, помимо влияния пылегазовых потоков в качестве мощных помех, существенным недостатком их использования является чрезвычайная сложность защиты оптической части систем и обработки сигналов в условиях ограничения временных интервалов получения исходной информации.

Применение систем инфракрасного излучения для определения профиля базировалось на попытках обосновать физическое распределение шихты на колошнике на основе информации о распределении температуры по поверхности материала в доменной печи [3]. Однако промышленные эксперименты ИЧМ с применением системы «Геомет-800» на ДП-3 АК «Тулачермет» не подтвердили этого предположения. Последняя из этих систем [4] позволяет выполнить лишь косвенный контроль ровности профиля и только вблизи стенки печи. При этом ее использование вне связи с рядом других измерений практически может завести технолога в тупик при попытке расшифровать полученную информацию для целей управления.

К 60-70-м годам относится появление различных вариантов следящих изотопных уровнемеров. Однако предназначение этих уровнемеров не позволяет решить задачу определения профиля засыпи, так как, независимо от количества установленных на колошнике печи датчиков, с их помощью фиксируется лишь положение максимальной по высоте точки поверхности («гребень засыпи»). При этом невозможно идентифицировать смещение гребня по радиусу печи и, следовательно, прогнозировать сход шихты при различной его скорости на периферии и в центральной части [5].

Помимо этих недостатков, определение гребня по заданному (опорному) значению поглощения материалом излучаемой энергии приводит к погрешности из-за усредненной величины собственно опорного значения при одновременном изменении формы гребня, вида материалов (или их смеси), а также фракционного состава, влажности и других параметров. Указанная погрешность еще более возрастает вследствие неточности определения положения приемника излучения в шахте доменной печи из-за изменения в процессе эксплуатации состояния электромеханической системы (кабель-тросы, барабан и привод лебедки, сельсин-приборы и другое оборудование). В результате, комплексная погрешность измерения может достигать $\pm 0,5$ м.

Призванные устранить эти недостатки радиоактивные сканирующие системы отличаются аппаратурной сложностью, высокой стоимостью и опасностью для экологии и человека. Опыт их эксплуатации не позволяет

однозначно судить о положительных результатах измерения профиля поверхности шихты. По данным ЦНИИЧерМета им. И.П. Бардина, недостатками таких систем являются аппаратурная сложность, ненадежность обработки и представления информации, невозможность использования, для контроля распределения и скорости схода шихты, данных профилемера без их основательной математической обработки, малое быстродействие и ухудшение условий формирования резкой границы зон облучения и приема при увеличении размеров колошника при недостаточной коррозионной стойкости водоохлаждаемых элементов защиты.

Большое распространение в последние годы в промышленности получили микроволновые радары [6]. Перспективность широкого использования этих измерителей при контроле параметров металлургических процессов определяется их бесконтактностью, быстродействием, возможностью дистанционного управления параметрами радиосигналов. Важным фактором является высокая чувствительность при зондировании на расстоянии до 20 м различных материалов: проводников и диэлектриков, диамагнетиков, парамагнетиков и ферромагнетиков в широком диапазоне величины кусковатости, влажности и температуры материалов.

Наиболее перспективной в настоящее время является схема построения уровнемеров с применением СВЧ-генератора с качающейся частотой радиосигнала. В этом случае на выходе балансного смесителя, в результате смешивания падающей и отраженной от контролируемой поверхности радиоволн, образуются биения, частота которых пропорциональна расстоянию до поверхности материала. Необходимость таких средств определяет создание микроволновой системы измерения с применением не только принципов локации, но и радиоинтроскопии – сравнительно нового метода неразрушающего бесконтактного контроля материалов.

По назначению и условиям работы в металлургии средства радиолокационного измерения относятся к системам контроля с элементами автоматической диагностики их состояния, коррекции показаний при изменении условий внешней среды и состояния объекта наблюдения.

Эффективность использования радиолокационной системы для нормирования и отображения физической величины зависит от наличия в радиосигнале информации о параметрах объекта (удалении, скорости движения, форме, размерах, агрегатном состоянии и химическом составе) и возможности оценки этой информации на основе анализа параметров электромагнитной волны, отраженной от объекта с присущими ему электрофизическими свойствами.

При определенной достаточности данных по электрофизическим свойствам некоторых материалов (электрической и магнитной

проницаемости, тангенсу угла диэлектрических потерь, удельной проводимости), определяющих характер отражения электромагнитных волн, аналогичные сведения по металлургическим материалам отсутствуют. Это затрудняет даже приблизительную оценку их фактической отражательной способности, что усугубляется изменением их механических и электрофизических свойств во времени и пространстве.

На результат радиолокационного измерения влияют состояние и характер (неровность) отражающих поверхностей, изменение плотности, влажности и кусковатости материалов, особенно дисперсных, температуры, запыленности и загазованности среды распространения радиоволн. Из-за сложной поверхности в пятне лоцирования угол скольжения электромагнитной волны по этим причинам может изменяться от 0 до 90°.

При углах скольжения близких к прямому, возможно более интенсивное отражение от гладкой поверхности, чем от шероховатой, а при углах скольжения достаточно близких к нулю, возможен обратный эффект. Эту неоднозначность в определенной мере объясняет представление поверхности материалов в виде множества элементарных отражателей (фацетов), размеры которых соизмеримы с длиной волны. Поскольку положение этих фацетов относительно источника излучения волны в объеме радиолокационного наблюдения в каждый момент времени случайно, отражение части рассеянной энергии в направлении приемника подвержено флуктуациям.

При всей сложности практического применения физических законов отражения радиоволн в металлургии следует учитывать, что для материалов с чисто мнимым показателем преломления характерно практически 100%-ное отражение. Другими словами, если металлы хорошо отражают электромагнитные волны во всем диапазоне частот вплоть до оптического, то мнимая часть их показателя преломления очень велика, хотя это означает и сильное поглощение.

Определяя в качестве исходной информации для анализа параметров зондируемой среды мощность отраженного сигнала, заметим, что в металлургии, как правило, расстояние от приемопередающей антенны до объекта наблюдения значительно превышает длину волны λ излучения.

Полагая, что в пределах облучаемой области из-за скоротечности распространения волн в сравнении с временем переходных технологических процессов отражательные свойства поверхности существенно не изменяются и удельная эффективная площадь рассеивания (ЭПР) постоянна, можно установить связь между величиной мощности отраженного от поверхности сигнала и физико-математическими, электрофизическими параметрами отражающей поверхности с учетом расстояния до нее. Однако, неоднозначность величины принимаемой мощности ограничивает определение этих параметров. В этой связи определение расстояния до объекта при прохождении электромагнитной

энергии через газопылевые, газоводяные среды является одной из основных предпосылок применения системы.

Принципиальная возможность создания профилемеров на базе радиолокационных дальномеров определяется наличием информативного сигнала при микроволновом зондировании поверхности различных материалов, предельном изменении расстояния до поверхности, углов откоса материалов и соответствующих углов скольжения (встречи) электромагнитной волны с компонентами шихты.

Решение этой задачи неразрывно связано с вопросами обеспечения заданной погрешности измерения расстояния и минимизации времени сканирования. Согласно метрологическому обеспечению технологических процессов в черной металлургии, технологически допустимый предел производственного запаздывания информации для профилемеров достигает трех минут по доменным печам и большегрузным накопительным емкостям. При этом допустимая погрешность измерения уровня засыпи поверхности в доменном производстве составляет $\pm 0,1$ м, а профиля поверхности $\pm 0,2$ м, что ориентировочно соответствует двойному размеру максимального куска кокса.

Уклоны поверхности сыпучих материалов образуются за счет присутствия им углов естественного откоса. Они возникают как при загрузке бункеров («конус засыпи») и шахтных печей («гребень засыпи»), так и при выпуске материалов («воронка выпуска»). Обычно величина угла откоса основных металлургических материалов колеблется от 30° до 43° к горизонтальной плоскости. Отклонение значений этих углов в ту или иную сторону является следствием физико-механических характеристик материала, формы и размеров емкостей, способов загрузки и выгрузки, интенсивности и методов проведения технологических процессов. В момент окончания загрузки материалов в доменную печь угол откоса засыпи может составлять более 26° .

Вместе с этим, увеличение угла откоса может привести к снижению величины угла скольжения и, как следствие, возникновению дополнительной погрешности при определении расстояний. Причиной может быть искажение информативной составляющей радиолокационного сигнала из-за эллипсообразной формы проекции диаграммы направленности антенны на наклонную поверхность материала. При этом мощность радиоволны, отраженной от ближней к антенне зоны лоцируемой площадки, может превышать отражение от дальней зоны, как из-за меньшего расстояния, так и вследствие местного увеличения угла скольжения. Хотя до 50% электромагнитной энергии излучения сосредоточено в центральной области (20% площади) апертуры антенны, в этом случае возможно возникновение систематической ошибки «в минус» по расстоянию, которую необходимо корректировать при обработке сигнала.

Определяя сегодня применение радарной техники как стандартной измерительной системы бесконтактного контроля уровня можно отметить, что порыв в решении этой проблемы связан с реализацией непрерывной радиолокации. Согласно оценке японских исследователей, в настоящее время наиболее приемлемыми для промышленного использования по сравнению с механическими, лазерными, изотопными и другими средствами измерения по совокупности показателей: надежности, сложности конструкции, монтажа и обслуживания, точностным характеристикам, экологической безопасности и стоимости, являются радары-дальномеры с маломощным непрерывным радиоизлучением и совмещенной антенной.

Система определения профиля засыпи шихты должна предоставлять технологическому персоналу данные об измеряемых профилях поверхности шихты в контролируемых сечениях, скоростях схода шихты в этих сечениях, о положении осевой воронки профиля засыпи, что позволяет оценить ход доменной плавки.

Проблема управления радиальным распределением шихтовых материалов по данным радиального газораспределения состоит в значительном запаздывании регулирующих действий из-за постепенного формирования соответствующей структуры столба шихты как решающего фактора процесса формирования газового потока. Это запаздывание может стать причиной недостаточной эффективности управления распределением шихты при нестабильном газодинамическом режиме доменной печи, то есть именно тогда, когда это управление крайне необходимо. Поэтому обеспечение высокой эффективности управления радиальным распределением шихты возможно за счет использования предусмотренных регулирующих действий. Необходимость в таком управлении возрастает по мере уменьшения потребляемого количества кокса как важного фактора влияния на газопроницаемость шихты и стабильность газодинамического режима доменной печи.

Существенным недостатком известных систем управления радиальным распределением шихты и газового потока является недостаточная их эффективность, в связи с отсутствием надежных средств контроля профиля поверхности шихты, и невысоким, в связи с этим, уровнем предусмотренных регулирующих действий.

Микроволновый бесконтактный метод с одной стороны обеспечивает минимальный контакт измерительного устройства с контролируемой средой, а с другой стороны – практически полностью нечувствителен к изменению ее температуры и давления. Причем и температура и давление могут иметь значения недопустимые для применения других методов, в первую очередь, контактных.

Идеальными для уровнемера с непрерывным частотно-модулированным излучением сигнала являются условия, когда поверхность контролируемой среды имеет достаточно большую площадь, на ней

отсутствуют какие-либо возмущения, а сам резервуар полностью свободен от каких-либо внутренних конструктивных элементов. Однако реальные условия сильно отличаются от идеальных и приносят дополнительные проблемы, связанные с образованием большого числа паразитных эхо-сигналов от элементов конструкций, неровностей поверхности (особенно при контроле сыпучих материалов) и т.п. Кроме того, прием и передача сигнала осуществляются одновременно. В результате на входе приемника уровнемера присутствует ложная смесь сигналов с очень большим разбросом по амплитуде. Для выделения частот эхо-сигналов применяется алгоритм, основанный на методе быстрого преобразования Фурье. Для его реализации требуются значительные вычислительные ресурсы и относительно продолжительное время. Результатом преобразования является частотный спектр принятого сигнала, в котором относительная амплитуда каждой частотной составляющей пропорциональна мощности конкретного эхо-сигнала, а величина частотного сдвига пропорциональна расстоянию источника этого эхо-сигнала от излучателя. Выделять полезный эхо-сигнал и игнорировать остальные позволяет специальное программное обеспечение, установленное на сервисном компьютере или встроенное в уровнемер. Главная проблема заключается в том, что каждому эхо-сигналу в частотном спектре соответствует не одиночная частота, а интервал частот, ограниченный некоторой огибающей. Это вносит дополнительную погрешность в определение расстояния.

В радарных уровнемерах применяются СВЧ-сигналы с несущей частотой, лежащей в диапазоне от 5,8 до 37,5 ГГц. К сожалению, не существует какой-то одной оптимальной частоты для всех возможных случаев применения радарных систем контроля уровня: любое преимущество в одном случае может оказаться существенным недостатком в другом. Для высокочастотных уровнемеров ситуация осложняется тем, что из-за более короткой длины волны излучения паразитные эхо-сигналы будут формироваться от более мелких объектов, которые для низкочастотных уровнемеров могут быть незаметны.

Определенным недостатком использования радиоизлучения с частотой 37 ГГц является некоторая потеря мощности электромагнитного излучения при высокой концентрации пыли и влаги. При расстоянии до зондируемой поверхности более 10 м и концентрации пыли до $0,25 \text{ кг/м}^3$ потери мощности могут достигать 30...50%.

Поэтому, только учитывая особенности используемого метода, грамотно осуществляя выбор конфигурации уровнемера, скрупулезно прорабатывая способ и место монтажа, а затем так же скрупулезно его осуществляя и, наконец, тщательно выполняя настройку всей системы, можно получить ожидаемый результат.

Таким образом, применение радарной техники для определения профиля засыпи шихты доменной печи прежде требует решения комплекса

технических и программно-алгоритмических задач, исходя из следующих особенностей доменного процесса:

- высокой температуры доменных газов и поверхности колошника;
- значительной запыленности рабочего пространства печи;
- динамического состояния поверхности материалов;
- насыщенности рабочего пространства печи металлоконструкциями и движущимися механизмами, порождающими помехи при зондировании шихты.

С учетом конструктивных особенностей и габаритных размеров доменных печей, а также расположения оборудования загрузочных устройств определение профиля засыпи шихты на колошнике должно обеспечиваться многопозиционным (веерным) зондированием поверхности засыпи шихты, которое реализуется несколькими радарами, объединенными в блоки радиолокационного наблюдения.

Применение расчетно-экспериментальной методики в сочетании с обширными данными о расположении материалов в печи при их загрузке существенно расширит возможности и увеличит точность расчетов, обеспечит оперативное решение широкого круга задач управления распределением шихтовых материалов и газового потока в доменных печах.

Технология и оборудование современной доменной печи настолько сложны и многогранны, что управлять ее ходом с учетом информации о работе многочисленных подсистем и об изменении технологических параметров без АСУ ТП затруднительно. На крупных доменных печах все шире применяются АСУ комплексом механизмов системы загрузки, основанные на применении современных вычислительных средств.

Система загрузки современной доменной печи должна обеспечивать загрузку кокса, агломерата (нередко нескольких видов), окатышей и двух-трех разновидностей добавок. Из приемных бункеров шихтовые материалы подают на грохоты для отсева мелочи, и далее в весовые воронки. Расход материала, подаваемого на грохот, может регулироваться с помощью регулируемых затворов или питателей, управляющих толщиной слоя материала и качеством отсева мелких частиц.

Загрузка в печь шихтовых материалов различного фракционного состава приводит к неравномерному распределению пустот по концентрическим сечениям столба шихты, так как мелочь заполняет пустоты между крупными кусками.

В современных доменных печах непрерывная шихтоподача осуществляется в течение длительного времени. Однако практика показывает, что для обеспечения нормального хода доменной печи необходимо оперативное применение отсева мелких фракций шихты. Причем, при торможении хода доменной печи требуется увеличение эффективности отсева мелких фракций, что способствует развитию доменной плавки.

Принципиально новым шагом в данном направлении будет разработка способа дозирования материала шихты для доменной печи. Данный способ позволит совершенствовать доменный процесс и предназначается для изменения эффективности грохочения шихтовых материалов в зависимости от хода доменной печи.

Наиболее близким является способ дозирования материала шихты для доменной печи, включающий подачу этого материала из приемного бункера с заслонкой на грохот, грохочение, транспортирование материала по грохоту и последующую его загрузку за постоянное время набора дозы материала в весовой бункер.

Способ реализуется по сигналу о необходимости набора заданной дозы в весовой бункер. При этом включается привод грохота, и материал из приемного бункера поступает на грохот слоем, высота которого устанавливается ограничительной заслонкой для дозирования за постоянное время (определяется работой печи в режиме «догонка меры»). В процессе прохождения материала по грохоту часть мелкой фракции материала отсеивается, а другая поступает в весовой бункер. В весовом бункере текущая величина материала с помощью силоизмерительных датчиков взвешивается и сравнивается в дальнейшем с заданным значением массы, установленным датчиком дозы. При достижении равенства заданной и поступившей в весовой бункер массы материала для доменной печи прекращается.

Недостатком этого способа дозирования материала для доменной печи является то, что он не позволяет осуществить загрузку материала в весовой бункер одновременно с качественным отсевом мелкой фракции по мере опускания материала в доменной печи, изменения гранулометрического состава материала, влажности и других факторов его физико-химического состояния.

Задачей является изменение эффективности отсева мелкой фракции путем оперативной подачи материала на грохот в зависимости от опускания материала в доменной печи, которое целесообразно будет определять методами радарной техники. Способ дозирования материала для доменной печи включает подачу материала шихты из приемного бункера с заслонкой на грохот, грохочение, транспортирование материала по грохоту и, до набора дозы, изменение загрузки материала в весовой бункер на разницу времен прогнозируемого окончания дозирования и прогнозированного достижения заданного уровня материала по мере его опускания в доменной до момента равенства этих времен нулевому значению.

В результате данный способ позволяет реализовать автоматическую корректировку наличия мелкой фракции материала в дозе шихты в зависимости от изменения работы доменной печи: с ухудшением работы доменной печи уменьшается количество мелкой фракции материала.

Дальнейшие исследования в данном направлении и последующая доработка рассмотренного способа дозирования материала шихты позволят

оперативно изменять эффективность грохочения материала в процессе его дозирования в весовой бункер с учетом хода доменной печи и, таким образом, осуществить возможность широкого применения данного способа в промышленных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Научное обоснование и применение микроволновой техники для информационного обеспечения АСУ ТП в металлургии / В.И. Головки // Автореферат диссертации на соискание степени доктора технических наук. – Днепропетровск, 2003. – 40 с.
2. Смоляк В.А., Щербицкий Б.В. Автоматизация и оптимизация процесса доменной плавки. – М.: Металлургия, 1974. – 153 с.
3. Серов Ю.В. Метрологическое обеспечение технологических процессов черной металлургии (метрология и информатика): Справ. изд. в 2 кн. Кн. 1, 2. – М.: Металлургия, 1993. – 624 с.
4. Гольдин М.Л., Тамаров И.С. Радиоизотопный контроль газопроницаемости кокса. – М.: Атомиздат, 1974. – 94 с.
5. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий: Справочник в 2 кн. / Под. ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 1986. – Кн. 1. – 488 с.
6. Микроволновые методы контроля технологических параметров // О.Н. Кукушкин, В.И. Головки, Н.В. Михайловский и др. / Современные проблемы металлургии. Научные труды ГМетАу. – Вып. 1. – Днепропетровск. 1999. – С. 279-296.