

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. С. ТОРАЙГЫРОВА



4'2007

НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА



КАЗАХСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

№4 2007

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

С. ТОРАЙҒЫРОВ АТЫНДАҒЫ ПАВЛОДАР МЕМЛЕКЕТТІК
УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

МАЗМҰНЫ

А.С. Абеджанова Реттелетін жол тоғыстарында жол қозғалысын басқару процесін үлгілеу.....	5
Д.С. Аймуханов, М.А. Сұлйменов, В.В. Рыноин Каталитикалық нейтрализаторлармен және оларсыз жабдықталған автомобильдер тұрақтарында қалдықтардың салыстырмалы талдауы.....	11
Б.К. Асамбаева, М.Б. Сандыбаева, Е.А. Аубакирова, О.М. Мұқашева Ескі дертті тонзилитпен ауыратындарды емдеуде имудон препаратын қолдану тәжірибесі.....	16
Б.К. Асамбаева, Е.А. Аубакирова Өткір синуситпен ауыратындарды емдеуде коллоидті жоғарыдисперлі күмісті қолдану тәжірибесі.....	21
Г.Д. Асанова, Т.Д. Асанов, А.Х. Корман Культиваторлар толқуының параметрлерін аналитикалық анықтамасы.....	23
Е.А. Аубакирова Отомикоздан емдеуде кандазолдың қолданылуы.....	30
Н.К. Ахметжанова Тәжірибелі жануарларға күшәнқышқылды натрий мен хлорлы цинкті пероральді енгізуде қан сұйықтығының сиптілі және қышқыл фосфотаз белсенділігінің салыстырмалы талдауы.....	36

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Кадысова Р.Ж., д.и.н., проф. (*главный редактор*)
 Утегулов Б.Б., д.т.н., проф. (*зам. гл. редактора*)
 Ельмуратова А.Ф., к.т.н., доц. (*отв. секретарь*)
 Члены редакционной коллегии:
 Бойко Ф.К., д.т.н., проф.
 Газалиев А.М., д.х.н., проф., член-корр. НАН РК
 Гамарник Г.Н., д.т.н., проф.
 Глазырин А.И., д.т.н., проф.
 Даукеев Г.Ж., к.т.н., проф.
 Ергожин Е.Е., д.х.н., проф., академик НАН РК
 Кислов А.П., к.т.н., доц.
 Кюенцель М.Я., д.т.н., проф.
 Кушерин М.К., к.т.н., доц.
 Мамыров З.А., д.х.н., проф.
 Мұрығұлова К.Б., д.х.н., проф.
 Пичев И.Г., д.т.н., проф.
 Сантров К.Т., к.т.н., доц.
 Селинов А.С., д.т.н., проф., академик НАН РК
 Сүлейев Д.К., к.т.н., проф.
 Сейтаметова Г.Н. (*тех. редактор*)

Адрес редакции:
 140000, г. Павлодар,
 ул. Чомова, 64
 Тел.: (7182) 45-11-60
 (7182) 45-38-66
 Факс: (7182) 45-11-63
 E-mail: publib@yandex.kz

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИИ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.Ф. Хацевский, Т.В. Гоненко

Павлодарский государственный университет

им. С. Торайгырова, г. Павлодар

Мақалада ферроқорытпа өндірісінің өндірістік электропештерінің жұмыс режимі талданады.

В статье анализируются режим работы промышленных электропечей ферросплавного производства.

THE ARTICLE ANALYZES THE OPERATION MODE OF INDUSTRIAL ELECTRIC FURNACE OF FERROALLOY MANUFACTURE.

Современные рудовосстановительные электропечи (РВП) относятся к самым мощным потребителям электроэнергии в промышленности. Номинальные мощности эксплуатируемого оборудования такого типа, в особенности электропечей ферросплавного производства, достигает 100 МВА. Поэтому решения проблем оптимизации энергосбережения рудовосстановительных печей является важнейшим направлением работ не только в Республике Казахстан, но и в других странах, где эксплуатируются такие электропечи. Суммирование мощностей рудовосстановительных электропечей, эксплуатируемых на заводах России, Казахстана и Украины, показывает, что в России установлено рудовосстановительное оборудование мощностью более 1500 МВА, в Казахстане – 2900 МВА, в Украине – 1300 МВА. Такой уровень энергопотребления определяет особую актуальность проблемы оптимизации режимов эксплуатации РТП как с точки зрения глобальной экологической задачи ресурсосбережения, так и для решения частных задач – снижения себестоимости получаемых продуктов и использование РТП как регуляторов потребления электроэнергии в режимах ее избытка или дефицита в энергосистемах. Две указанных частных задачи связаны между собой, входят, как основополага-

ющие в проблему ресурсосбережения и положены в основу постановки исследований РТП как обобщенного электротехнологического агрегата и создания системы управления электротехнологическими процессами в РТП в реальном времени.

Производство товарной продукции в современных РВП основано на комплексных электротехнологических процессах, которые определяются сложными нелинейными взаимосвязями электрических, термодинамических, химических, газо- гидродинамических параметров, самоустанавливающихся в рабочем пространстве электропечей. Сложность протекающих взаимосвязанных процессов определило развитие теории РВП на основе критериев подобия, которые позволяют провести перерасчет параметров оптимальных квазистационарных режимов с номинальной мощностью «образцовой» электропечи для электропечей большей мощности с определением номинальных электрических параметров квазистационарного режима и, что особенно важно, новых геометрических размеров рабочего пространства и электродов для осуществления этих режимов. В теории РВП понятие «оптимальные режимы» неразрывно связано с геометрическими параметрами конкретного рабочего пространства электропечи, а работающая в оптимальных номинальных режимах электропечь при конкретных конструктивных решениях (диаметр электродов, диаметр распада электродов, диаметр и высота электропечи и др.) при снижении вводимой мощности обеспечивает режимы работы, отличающиеся от рассчитанных по теории подобия РВП.

Для развития теоретического понимания возможных изменений электротехнологических процессов в конкретной электропечи при снижении вводимой мощности нами приняты в качестве исходных основные положения самоорганизации электро- и теплообмена, установленные в теории РВП для квазистационарных номинальных режимов и изложенные в научных обобщающих работах А.Н. Попова и В.П. Воробьева. В рабочем пространстве РВП выделяют четыре области преобразования электрической энергии в тепловую: газоплазменная полость – электрическая дуга в подэлектродном пространстве (фазное сопротивление R_{δ}), стенки реакционного тигля (фазное сопротивление R_{τ}), шихта между электродами (линейное сопротивление R_{III}) и шихта между электродами и стенкой футеровки (обобщенное линейно-фазное сопротивление R_{Σ}).

Сложность рассматриваемой задачи определяется не только многофункциональностью внутренних взаимосвязей в рабочем пространстве электропечей, но и разнообразием продуктов, для производства которых созданы промышленные электропечи.

Для обобщения комплексных рудовосстановительных процессов, создания систем управления оптимальных режимов при изменении электротехнических факторов (тока и напряжения) и технологических факторов (соотношений подаваемых основной шихты, восстановителя и др.) необходимо рассмотреть основные принципы, положенные в основу создания отечественных РВП и обеспечивающих конкурентоспособность этих электропечей на мировом рынке.

Как известно, к рудовосстановительным электропечам относятся электротехнологические установки, объединенные основной конечной целью – за счет прямого нагрева электрическим током в этих печах производится восстановление из руд минералов основного и сопутствующих элементов углеродом или расплавление руд с целью гомогенизации или сегрегации их составляющих. Большая обобщенность приведенной характеристики потребовала конкретизации. Поэтому в излагаемом исследовании рассматривается оборудование с производительностью в десятки и сотни тысяч тонн в год для производства ферросилиция, феррохрома, кристаллического кремния, силикомарганца, силикокальция, ферромарганца, фосфора, медного и медно-никелевого штейна, синтетического и сварочного флюсов и т.д.

Для выявления определяющих взаимосвязей параметров электро- и теплофизических процессов был проведен качественный анализ процессов в пространственно-распределенной трехфазной системе преобразования электрической энергии в тепловую, которая реализуется в обобщенной РВП. Анализ экспериментальных результатов исследования промышленных РВП показал, что фактическое формирование электрических и магнитных полей в рабочем пространстве электропечей определяется соотношением фазных и линейных объемно распределенных активных и реактивных электрических сопротивлений. Полное описание такой системы электрической схемой замещения с сосредоточенными параметрами практически невозможно из-за неопределенности и резко выраженных нелинейностей сопротивлений, их взаимосвязей и многофункцио-

нальности зависимостей локальных параметров в объеме рабочего пространства.

Экспериментальными исследованиями установлено, что, несмотря на многообразие технологических процессов, объединенных общими принципами (многошлаковости или бесшлаковости), реализованные технологические процессы в оптимальных режимах имеют минимальный уровень преобразования электрической энергии в тепловую во всех областях рабочего пространства электропечей, лежащих за пределами диаметра распада электродов. Это обеспечивает концентрацию вводимой энергии непосредственно под электродом (фазное напряжение) и между электродами (линейное напряжение). Такое представление рабочего процесса позволило заформализовать схему замещения РВП как электротехнологического агрегата с выделением четырех обобщенных областей преобразования вводимой в рабочее пространство электрической энергии в тепловую - электрическая дуга в подэлектродном пространстве (фазное сопротивление R_{ϕ}), протекание тока в стенках реакционного тигля (фазное сопротивление $R_{\text{тг}}$, протекание тока через шихту между электродами (линейное сопротивление $R_{\text{ш}}$) и протекание тока от каждого электрода через шихту на стены футеровки с последующим замыканием на фазное или линейное напряжение (обобщенное сопротивление $R_{\text{см}}$).

На основании этого принципиального положения дальнейший анализ режимов работы промышленных электропечей проводился на основе характеристик соотношения сопротивлений возможных путей протекания токов и, следовательно, соотношений тепловых энергий (мощностей), выделяющихся в шлаке, расплаве, дуге, тигле и контакте «электрод-расплав». Структура рабочего пространства, прилегающего к электроду, разделяется на тигель (газоплазменную полость), область полутвердой шихты (магму) и область электропроводной шихты со значительным градиентом температуры.

Проведенные исследования позволили сформулировать основные положения, которым подчиняются различные РВП, работающие в промышленности.

1. В рабочих (оптимальных) режимах РВП обеспечивается самоподдержание газовых полостей и закрытой стабильной дуги.

2. Дуга горит в атмосфере паров компонентов перерабатываемых продуктов, углерода и монооксида углерода. Это определяет рабочую темпе-

ратуру электрода и градиент потенциала в столбе дуги. Оценка для большинства процессов показала, что давление в разрядном объеме составляет 0,4...0,5 Мпа. Это сближает параметры РВП до квазиравенства для различных технологических процессов, а дифференциальное сопротивление дуги (плазменной полости) $R_o = \Delta U / \Delta I$ для всех рудовосстановительных процессов практически постоянно и не зависит от мощности дуги ($R_o = \Delta U / \Delta I \approx \text{const}$). Термодинамический анализ восстановительных реакций, протекающих в этих областях рабочего пространства показал, что температура на стенках тигля для любого из рудовосстановительных процессов, оптимальна, постоянна и самоподдерживается, так как любое поступление энергии в эту область компенсируется дополнительным развитием эндотермических реакций.

При изменениях вводимой в эту зону мощности сохраняется квазистационарный температурный режим с одновременным изменением геометрических размеров реакционного объема РВП.

3. Анализ балансовых уравнений установил, что при снижении мощности электропечи путем снижения фазного напряжения наблюдается квазипропорциональное уменьшение объемной плотности тепловыделения q_v во всех зонах рабочего пространства электропечи; по мере развития электротепловых процессов происходит перераспределение энерговыделений между газоплазменной полостью и реакционным тиглем, геометрические параметры этих зон (диаметры, радиальная протяженность и высота) самосогласованно уменьшаются до размеров, обеспечивающих увеличение объемной плотности тепловыделения в газоплазменной полости (q_v) до значений, характеризующих работу в номинальном режиме; допустимая кратность снижения мощности электропечи ($P/P_{ном}$), обеспечивающая эксплуатацию в длительном безаварийном режиме, определяется условиями существования газоплазменной полости и квазипостоянством энергообмена между газоплазменной полостью и внутренней поверхностью реакционного тигля (удельная поверхностная мощность $q_s \approx \text{const}$).

4. Анализ энергообменных процессов на рабочем торце самоспекающегося электрода РВП при снижении вводимой мощности, и показал, что в переходном электрическом режиме появляется радиальный градиент температуры на рабочем торце электрода, это сопровождается перемещением коллективного катодного пятна по торцу электрода и изменением частот-

ных составляющих протекающего тока (коэффициент искажения тока изменяется от среднестатистического значения 0,95 до 0,9 и ниже).

На основании проведенных исследований разработана методика определения энергосберегающих режимов работы сверхмощных рудовосстановительных электропечей в нестационарных условиях их эксплуатации, позволяющая достигать более высоких эксплуатационных показателей предприятий и обеспечивающая минимальное расстройство технологического процесса печей при работе в этих условиях.
