

УДК 621.365.22

## **Научные основы обработки паропылегазовых смесей в дуговых сталеплавильных электропечах\***

**В.С. ЧЕРЕДНИЧЕНКО, Р.А. БИКЕЕВ, Е.Г. ИВАНОВА**

Приводится описание новой системы технологической обработки паропылегазовых потоков в газоходах дуговых электропечей, обеспечивающей дожигание CO и H<sub>2</sub>, конденсацию паровой части потока, коагуляцию и сфероидизацию пыли и шлаковых частиц, их охлаждение до температуры ниже температуры спекания, утилизацию 95 % твердых частиц в камере осаждения пыли и частиц. При этом существенно снижается эрозионный износ газоходов, увеличивается срок их службы и снижается эксплуатационный расход воды.

**Ключевые слова:** газоходы дуговых электропечей, паропылегазовый поток, коагуляция, сфероидизация шлаковых частиц.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Экологическая обстановка и тенденции ее изменения в металлургических производствах во многом обусловлены техническим уровнем технологического оборудования (в том числе ДСП) и газоочистных устройств. Несмотря на очевидные достижения в этой области развития техники, общая экологическая среда в металлургии продолжает ухудшаться. В государственных планах разрабатывается новая концепция решения этих задач, включающая обеспечение опережающего развития научных исследований по важнейшим проблемам экологической безопасности металлургического производства, в том числе фундаментальных, с достижением показателей международных стандартов в области охраны окружающей среды.

Общий анализ состояния металлургического производства показал, что повышение экологической безопасности на этапе начала решения проблемы невозможно без разработки эффективных технических решений. Применение инженерно-научного подхода позволило поднять экологическую безопасность эксплуатации ДСП путем использования сопряженных мероприятий: использования более рациональных технологических режимов получения стали, утилизации паропылегазовой смеси в газоходах, переработки и обезвреживанию отходов производства.

Суть инженерно-научного подхода состоит в исследовании кинетики образования загрязняющих веществ в рабочем пространстве ДСП и разработке на этой базе эффективных технических и технологических решений, гарантирующих защиту окружающей среды с одновременным использованием получаемых твердых отходов в полезных производствах.

Существующие в настоящее время пассивные методы газоочистки паропылегазовых смесей в рукавных фильтрах с предварительным дожигом моноокиси углерода и окислением паровой фазы за счет подачи в газоходы большого, часто неконтролируемого, расхода воздуха, нельзя считать перспективными. Повышение надежности работы таких газоочисток без предварительной технологической обработки паропылегазовых потоков, выходящих из ДСП, приводит к существенному удорожанию этих устройств без надежной экологической гарантии предотвращения образования токсичных составляющих в отходящих газах, а выполнение требований ПДК осуществляется разбавлением выбросов воздухом. При этом суммарные массовые характеристики выбросов изменяются незначительно.

\* Статья получена 28 сентября 2012 г.

### 1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При анализе энергосберегающих и экологических проблем, существующих при эксплуатации ДСП, необходимо рассматривать задачи газоочистки и дожигания моноокиси углерода и водорода в рабочем пространстве и в системе удаления газов из печи.

Дожигание в рабочем пространстве определяется не собственно процессами дожигания газов, а обеспечением передачи выделяющейся при этом теплоты к металлической ванне (расплаву). Отсутствие интенсивного отвода теплоты от зоны дожигания вглубь расплава приводит к локальному перегреву отходящих газов, усилинию конвективного теплообмена со стенами и сводом электропечи и делает процесс интенсификации дожигания газов в рабочем пространстве ДСП нецелесообразным. Однако, несмотря на малую эффективность влияния процессов дожигания CO и H<sub>2</sub> на расплав, окисление этих газов наблюдается в печи с увеличением первичной температуры паропылегазовых потоков на 150–250 °C.

Энергосодержание паропылегазовой смеси без учета дожигания CO и H<sub>2</sub> в рабочем пространстве печи определяется прежде всего нагревом газа в дуговом разряде. Вблизи графитированного электрода столб дуги имеет конусообразную форму и действует в этой области как электромагнитный насос, закачивая в дуговой разряд газ из рабочего пространства печи и нагревая его до среднемассовой температуры  $t \geq 2000$  °C [1]. Из-за различия теплофизических свойств графитированного электрода и расплавляемого металла плотность тока на электроде  $j_e$  и металле  $j_m$  существенно различается ( $j_e > j_m$ ) и, следовательно, на металле площадь контакта дугового разряда всегда больше, чем на электроде. Это приводит к тому, что проходящий через дугу газоплазменный поток всегда направлен от электрода к металлу. При работе ДСП на переменном токе потоки плазмы обладают рядом своеобразных особенностей. Их изменение по размерам и форме не следует за изменениями тока, а существенно от них отклоняются [1]. Происходит это потому, что потоки плазмы обладают определенной газодинамической инерцией и отстают в своих изменениях от тока.

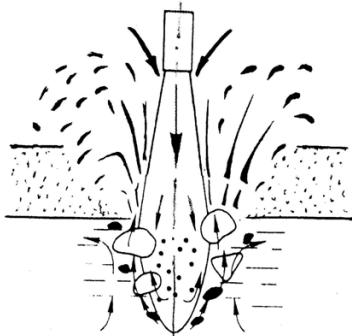


Рис. 1. Схема взаимодействия дугового разряда с ванной расплава

Кинетическая энергия рассматриваемого струйного потока и объемный расход газа при рабочих токах  $I \geq 10000$  А обеспечивают заглубление дугового разряда в шлак и расплавленный металл. Перегретый газ в плазменном состоянии, преодолевая гидростатическое давление расплава в углублении, выходит из образовавшегося углубления вблизи поверхности дуги и электрода не допуская шунтирования дуги жидким шлаком (расплавом металла). Скорость газа в этой области  $v_r \geq 150$  м/с. На рис. 1 приведена схема взаимодействия дугового разряда с ванной расплава [1].

Температура поверхности в рассматриваемом углублении превышает температуру плавления шлака и металлического расплава на 150–200 °C. Это способствует уменьшению вязкости расплава и интенсивному испарению составляющих элементов расплава.

Большие скорости газового потока в этой области вызывают образование паропылегазовых образований с выносом в рабочее пространство электропечи частиц шлака и металла.

Выходящая из области дугового разряда перегретая паропылегазовая смесь смешивается с металлургическими газами, пылью и продуктами взаимодействия расплава с газами топливно-кислородных горелок и кислородных фурм. Часть паровой фазы конденсируется с образованием твердых частиц с дисперсностью 5–100 мкм. В результате над поверхностью расплава формируется электропроводная среда, находящаяся в электромагнитном поле трехфазных электролов. Газ сохраняет плазменные свойства, а частицы, вылетающие из подэлектродного пространства, имеют электростатический потенциал. Электропроводная паропылегазовая смесь попадает в область врачающегося электромагнитного поля трехфазной системы электролов. Формируется асинхронная система в магнитном поле трех токонесущих электролов.

Направление начальной скорости частиц и газа, выходящих из подэлектродного пространства, совпадает с осью дуговых разрядов. Синхронная скорость электромагнитного поля при частоте 50 Гц имеет значение 16,6 об/с, а линейная при диаметре распада электродов  $D = 1,75$  м (для электропечи емкостью 100 т) будет равна 91,2 м/с. Суммирование осевого движения паропылегазовой смеси с вращательным увеличивает турбулентность ее движения. За счет этого формируется почти равномерное распределение жидких и твердых частиц в рабочем пространстве над расплавом. Нагрев этих частиц излучением от дугового разряда и поверхности расплава увеличивает их температуру и снижает поток излучения на стены и свод электропечи. Средняя температура пылегазовых потоков в зависимости от периода плавки изменяется от 1000 до 1650 °C.

Общая энергоемкость паропылегазовой смеси достигает 24–26 % от энергии, вводимой в рабочее пространство ДСП с учетом теплоты сгорания электродов при теплотворной способности 34000 кДж/кг массы электрода. Суммарное за плавку количество выделяющейся пыли составляет 10–12 кг/т стали при проведении плавки по полному циклу без использования альтернативных источников энергии и 25–30 кг/т при плавках в сверхмощных печах с системой интенсификации. Фракционный состав пыли всегда полидисперсный, в том числе крупностью до 2 мкм (70 %), остальное – крупные частицы и конгломераты жидкого металла и шлака. Скорость газа на выходе из сводового патрубка не достигает скорости звука (331 м/с) и составляет 150–200 м/с.

Для примера на рис. 2 показана динамика колебаний концентраций CO и H<sub>2</sub> по ходу плавки на 100-тонной ДСП [2]. Как видно, интенсивность выделения газов периодически резко возрастает в два – пять раз. Содержание пыли и паров в газовых выбросах изменяется по ходу плавки от 15...30 до 50...60 г/с<sup>3</sup>. При выплавке углеродистых сталей из обычного амортизационного лома пыль на две трети и более состоит из оксида железа; остальное – окислы Si, Mn, Mg и Ca. При содержании в шихте больших количеств обрези автомобильного оцинкованного листа содержание паров цинка достигает 20 %, что делает смесь особо токсичной.

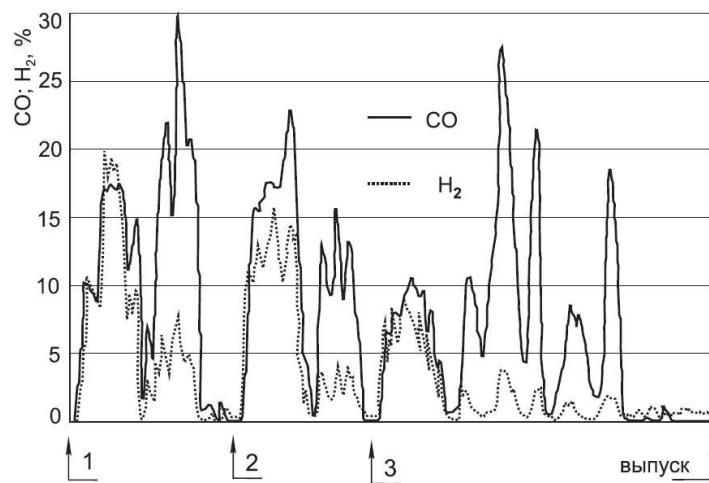


Рис. 2. Содержание CO и H<sub>2</sub> в первичных газах по ходу плавки

Температуры паропылегазовой смеси на выходе из-под свода печи изменяются по ходу плавки в широком диапазоне от 600 °C в начале плавления до 1500...1600 °C в период интенсивной кислородной продувки ванны.

Существующая традиционная схема улавливания выбросов предполагает прямой отсос паропылегазовой смеси из рабочего пространства через водоохлаждаемое отверстие в своде печи. Паропылегазовая смесь передается в стационарный водоохлаждаемый газоход, установленный с зазором относительно сводового патрубка. При этом обеспечивается забор (подсос) воздуха для дожигания оксида углерода и водорода.

Охлаждение газового потока, пыли и паров различных веществ осуществляется за счет разбавления холодным воздухом и взаимодействия с охлаждаемыми стенками газохода. Затем газоход соединяется с камерой осаждения пыли и крупных частиц, которая соединяется водоохлаждаемым участком газохода с рукавным фильтром. Перед рукавным фильтром устанавливаются система орошения и клапаны для подачи воздуха. Таким образом предварительная подготовка первичных выбросов из рабочего пространства печи к очистке в рукавных фильтрах включает в себя следующие операции: дожигание моноокиси углерода и водорода, конденсация паров веществ, подавление образования токсичных соединений, охлаждение газов и их грубая очистка от наиболее крупных фракций с утилизацией в осадительной камере.

Дожигание CO и H<sub>2</sub> производится за счет неуправляемой подачи кислорода воздуха, подсываемого через зазор между сводовым патрубком и стационарным газоходом. При этом в самом начале газового тракта появляется большое количество транспортируемого азота, что вызывает необходимость создания большого разряжения на входе в дымосос. Область пониженного давления распространяется до сводового патрубка и рабочего пространства печи. Это приводит к увеличению локальных скоростей пылегазового потока, который вызывает термоэрозионный и абразивный износ газоходов и сборника шлаков из-за осколочных форм передаваемых по газоходу частиц. Эти процессы существенно ограничивают срок службы газоходов.

Одновременно из-за низкого давления в рабочем пространстве печи происходит подсос большого количества воздуха через рабочее окно и неплотности конструкции с движением воздушных потоков через рабочее пространство к сводовому отверстию. При этом возрастают потери материалов (дополнительный унос брызг и твердых частиц) с перемещением в систему газоочистки, увеличивается угар электродов в результате указанного подсоса воздуха. Дожигание CO и H<sub>2</sub> в прямоточном газоходе повышает температуру газового потока и частиц шлака и вызывает последующее спекание шлаковых составляющих в камере осаждения пыли. Это увеличивает трудоемкость удаления шлака из камеры осаждения шлакосборника.

Охлаждение пылегазовой смеси осуществляется за счет теплообмена с водоохлаждаемыми стенками газохода и камеры осаждения. Малая эффективность такого охлаждения приводит к тому, что в участке газохода, соединяющим камеру осаждения и рукавные фильтры, перемещается пылегазовая смесь с большим количеством высокотемпературной пыли. Это вызывает необходимость выполнения этого участка водоохлаждаемым.

Комплекс указанных недостатков работы системы дожига CO и H<sub>2</sub> и охлаждения пыли снижает срок службы и эффективность работы устройства, требует большого количества воды для охлаждения и увеличивает общее количество газов, проходящих через рукавные фильтры, примерно в 12–15 раз по сравнению с объемом газов, выделяющихся в рабочем пространстве печи. Поэтому одной из главных задач при создании новых технических решений являлась проблема снижения скорости перемещения твердых частиц в пылегазовом тракте, изменение их дисперсности, сфериализация и предотвращение их спекания в осадительной камере.

В настоящее время разработана новая система технологической обработки паропылегазовых потоков, схема которой приведена на рис. 3.

Новый газоход содержит четыре сопряженных участка, выполняющих различные функции технологической обработки паропылегазового потока. Первый участок предназначен для разгона паропылегазовой смеси CO одновременным дожиганием CO и H<sub>2</sub>, формирования на поверхности специально выполненного изгиба газохода плотного защитного гарнисажа, резкого снижения скорости пылегазового потока, коагуляции частиц пыли и конденсата паровой части потока, изменения дисперсности частиц и их сфероидизация. Дожигание газов осуществляется при взаимодействии CO и H<sub>2</sub> с водовоздушным потоком, вводимым в начале первого участка газохода.

В этой области преимущественно протекают реакции прямого окисления CO при взаимодействии с кислородом воздуха  $2\text{CO} + \text{O}_2 = 2\text{CO}_2$  и реакции замещения  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Водородная часть газового потока выносится из первого участка газохода для последующего дожигания. Происходит пространственное перераспределение энергии, выделяющейся при сжигании газов. Количество образующегося водорода ограничивается путем дозировки подачи воды в первом поясе форсунок. Интенсивность протекания реакции замещения

существенно зависит от дисперсности распыления воды и дисперсности пыли в газовом потоке. Этот участок газохода выполнен таким образом, чтобы обеспечить стойкость водоохлаждаемой поверхности в месте изгиба патрубка к ударным нагрузкам высокотемпературных твердых частиц и газового потока. Первичный тепло- и массообмен газа, в котором находятся твердые частицы металла, окислов металлов и шлака формируют на всей поверхности, контактирующей с газовым потоком и потоком частиц, гарнисаж повышенной плотности за счет теплообмена с водоохлаждаемой поверхностью газохода с учетом преобразования кинетической энергии пылевых частиц в энергию сцепления частиц на поверхности твердого (вязкого) гарнисажа. В этой области газохода происходит интенсивная турбулизация газового потока, поддерживается высокая температура за счет увеличения скорости дожигания СО с одновременным взаимодействием частиц с жидкко-вязкой поверхностью гарнисажа. Линейная скорость частиц уменьшается в сотни раз, так как большая часть частиц ударяется о внутреннюю поверхность гарнисажа. Создаются условия для коагуляции твердых частиц с образованием агломерата, т. е. укрупнение частиц с одновременной сфероидизацией и уменьшением скорости перемещения совместно с газовым потоком. Охлаждающийся газовый поток после встречи с поверхностью гарнисажа теряет часть кинетической энергии и начинает в этой области газохода вновь разгоняться с поворотом в своем движении на угол не менее 60 градусов. Большая плотность гарнисажа определяет его термомеханические свойства, обеспечивающие устойчивость при тепломененах во время перерывов в подаче высокотемпературной паропылегазовой смеси при загрузке печи.

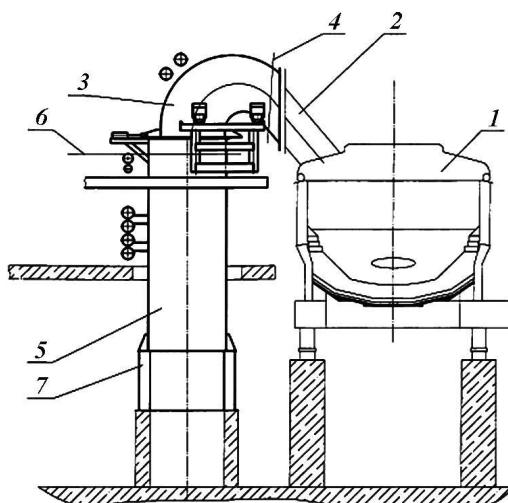


Рис. 3. Конструктивная схема устройства для технологической обработки паропылегазовых потоков в газоходах дуговых сталеплавильных электропечей:

1 – дуговая сталеплавильная печь; 2 – сводовый патрубок; 3 – первый участок газохода; 4 – место установки первого участка водовоздушных форсунок; 5 – второй участок газохода; 6 – место установки второго участка форсунок; 7 – осадительная камера с третьим участком водовоздушных форсунок

На втором участке газохода за счет снижения скорости твердых частиц, их сфероидизации и укрупнением по массе уменьшаются эрозионные процессы. При взаимодействии со стенками газохода скорость газового потока уменьшается в три-пять раз. Это позволяет осуществить закалку пара и газа путем подачи водовоздушной смеси через форсунки второго участка газохода. На водоохлаждаемых стенках формируется защитный малорасходуемый гарнисаж, защищающий эти стенки от механического износа. В этой области газохода осуществляя-

ется охлаждение газового потока и агломерированных частиц до температуры ниже спекания этих частиц ( $\approx 400$  °C).

На третьем участке (камера осаждения – шлакосборник) установлен третий пояс водоизмененных форсунок, в которые вода подается только при превышении температуры газового потока более 400 °C.

Четвертый участок газохода, соединяющий шлакосборник с рукавным фильтром, имеет, как правило, большую протяженность; выполнен не водоохлаждаемым с теплоизоляционной защитой и распределенной подачей воздуха для охлаждения газового потока до допустимой температуры для рукавных фильтров 120–130 °C.

Каждый из перечисленных участков газохода имеет датчики измерения параметров газового потока, которые сопряжены с системой автоматизированного управления технологическим процессом обработки паропылегазовой смеси. Алгоритм управления водовоздушными форсунками учитывает массовый расход и температуру пылегазового потока, поступающего из рабочего пространства печи, включает или отключает подачу воды в форсунки в соответствии с зависимостями, пример которых приведен на рис. 2.

Температурный режим на выходе из шлакосборника не должен допускать отклонений от рабочих параметров: температура газа на выходе не должна быть ниже 300 °C и не должна превышать 400 °C.

На первом и втором участках газохода проводится минимизация расходов распыленной воды и воздуха, подаваемых через форсунки. Базовые параметры этих расходов предварительно рассчитываются для конкретных электропечей и осуществляющей технологии плавки. Количество воздуха, поступающего через зазорстыковки стационарного газохода (накатная секция) и патрубком газохода на своде электропечи должно быть минимальным во все периоды плавки. Это позволяет снизить общую массу газа, перемещающегося в газоходе, и унос пыли в четвертый участок газохода. Указанный эффект достигается также путем управления дозированной подачей воздуха через форсунки.

В числе факторов, обеспечивающих длительную безэррозионную работу устройства для обработки паропылегазовой смеси, входит формирование на водоохлаждаемых поверхностях первой секции газохода плотного и сверхплотного гарнисажа. Как известно [3], гарнисаж на водоохлаждаемых поверхностях образуется при температурах ниже линии солидуса (линии затвердевания на диаграмме состояния) одного или более материалов, поступающих на высокотемпературную поверхность гарнисажа. В рассматриваемом устройстве существует квазистационарный слой твердого гарнисажа, который формируется при первых пусках печи на водоохлаждаемой поверхности первой секции газохода не только за счет традиционных тепловых процессов, но и с участием кинетической энергии твердых, вязких или жидкких частиц и высокотемпературного газа, составляющих высокоскоростной поток паропылегазовой смеси.

Участок первой секции газохода, сопрягаемый со сводовым патрубком, конструктивно выполняется расширяющимся по сечению для увеличения скорости газа, твердых и вязких частиц и пара составляющих веществ. В результате формируется плотный и сверхплотный гарнисаж, имеющий различные свойства на внутренней поверхности газохода. Наиболее плотный слой оказывается на участках поверхности, перпендикулярных направлению движения паропылегазового потока. Наличие градиента плотности гарнисажа на внутренней поверхности газохода оказывает двойное влияние на эксплуатационные параметры: обеспечивает механическую устойчивость гарнисажного слоя при теплосменах (нагреве и охлаждении в период загрузки печи) и максимальную теплопроводность в области наибольших тепловых потоков. Толщина квазистационарного гарнисажа рассчитывается по уравнению

$$\delta = \frac{\lambda(T_1 - T_2)}{q}, \quad (1)$$

где  $\delta$  – толщина гарнисажа, м;  $\lambda$  – теплопроводность, Вт/м·К;  $T_1$  – температура солидуса, К;  $T_2$  – температура охлаждающей воды, К;  $q$  – удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup> через гарнисаж.

Из уравнения (1) следует, что толщина гарнисажа изменяется во времени в зависимости от температуры и состава паропылегазовой смеси, выходящей из рабочего пространства печи, а также интенсивности дожигания CO и образования водородной составляющей за счет протекания реакции замещения  $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$ . Состояние динамической тепловой системы, определяющей толщину гарнисажа, зависит от общего энергосодержания первичных паропылегазовых выделений в единицу времени. Энергосодержание газов, представляющее собой тепловую и кинетическую мощности потоков газов  $Q_{\text{газ}}$ , МВт, является суммой трех составляющих: физической теплоты газов  $Q_{\text{газ}}^{\Phi}$ , химической энергии  $Q_{\text{газ}}^X$  и кинетической энергии движущегося газа  $Q_{\text{газ}}^K$ . Физическая теплота газов определяется их расходом, м<sup>3</sup>/мин, теплоемкостью и температурой, которая существенно увеличивается в объеме первой секции газохода за счет дожигания CO при подаче водовоздушной смеси через форсунки. Первичная химическая энергия определяется содержанием в газах CO и H<sub>2</sub>, которые дожигаются в первой и второй секциях газохода. Эта составляющая энергетического баланса значительно превышает начальное физическое энергосодержание газов.

Теплосодержание твердых частиц (пыли) определяется теплоемкостью, массой и температурой частиц. В первой секции газохода температура частиц может увеличиваться, так как реакция замещения при дожигании CO протекает интенсивно на их поверхности. Кроме этого, частицы обладают кинетической энергией, так как скорость частиц оказывается значительной и при малой массе при ударной встрече с поверхностью гарнисажа температура частицы существенно возрастает. Формируется динамический слой расплава на поверхности квазистационарного гарнисажа, который из-за высокой вязкости не стекает, а обеспечивает коагуляцию частиц до размеров 1–2 и более миллиметров. Эти процессы протекают при температурах, близких к температурам расплавления частиц; происходит сфероидизация частиц, которые увлекаются газовым потоком во вторую секцию газохода для закалки и охлаждения. Энергия конденсации паров веществ может не учитываться в общем энергобалансе из-за малости по сравнению с химической энергией.

Внешний вид первой и второй секций (участков) газохода приведен на рис. 4 и 5, где видны места установки рабочих и резервных водовоздушных форсунок специальной конструкции, позволяющих обеспечить дисперсность распыла не более 100 мкм.

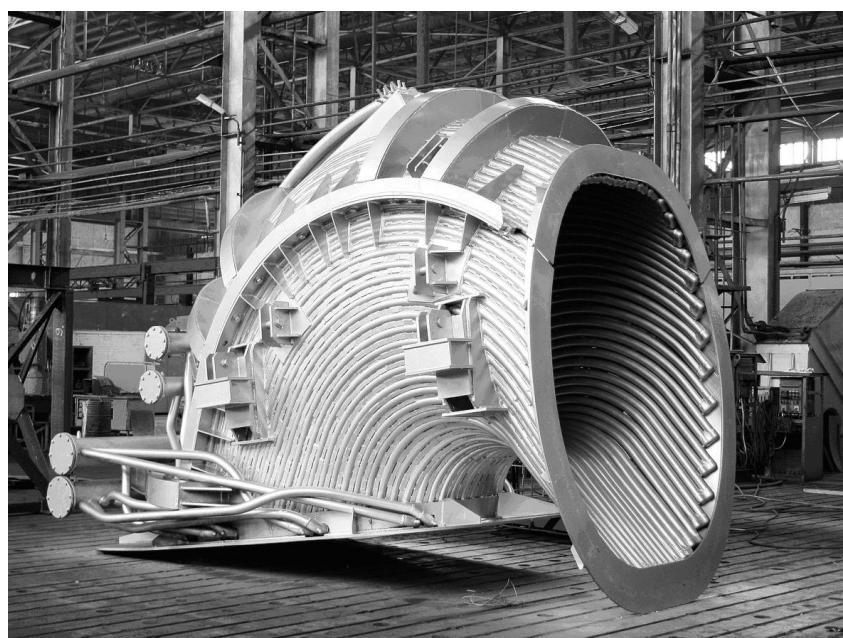


Рис. 4. Внешний вид первой секции газохода

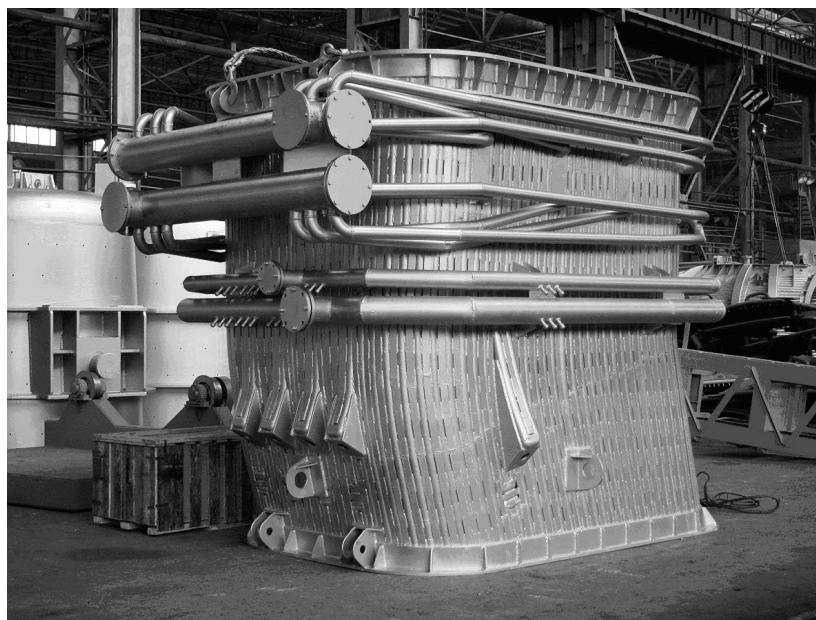


Рис. 5. Внешний вид второй секции газохода

При оптимальном ведении процесса технологической обработки паропылегазовой смеси газоход имеет запас надежности и утилизации вредных веществ, так как позволяет:

- использовать положительные свойства «мокрой» очистки газопылевого потока с полным исключением отрицательных свойств этого метода очистки и одновременно оптимизировать систему подачи газов на рукавные фильтры без образования загрязненных потоков воды и отвальных шлаков (в шлакосборнике концентрируется до 95 % частиц металла, шлака и легколетучих цветных металлов в окисных и металлических фракциях). За счет коагуляции мелкой фракции пыли унос в рукавные фильтры пыли снижается в 2–3 раза;
- скорость газового потока в конце первого этапа снижается в 2–5 раз с формированием области повышенного давления газа вблизи гарнисажа;
- скорость частиц пыли при попадании на поверхность жидкно-вязкого слоя гарнисажа уменьшается до нуля с последующим формированием вторичных коагулированных шлаковых частиц при взаимодействии с жидкно-вязким слоем под действием пылегазового потока;
- увеличивается время пребывания газа и коагулированных частиц на втором этапе обработки при их последующей передаче по тракту газохода в область закалки газа и охлаждения коагулированных частиц за счет испарения воды в области расположения гарнисажа (конец первого этапа технологической обработки паропылегазового потока и на участке закалки газа);
- конденсация паров легколетучих примесей преимущественно осуществляется на поверхности охлаждаемых коагулированных частиц на втором этапе обработки паропылегазового потока в газоходе.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Созданная конструкция нового газохода для реализации технологической обработки паропылегазовой смеси в газоходах показала высокую эффективность в работе и длительный срок службы: первый экземпляр газохода, установленный на дуговой сталеплавильной электропечи емкостью 100 тонн, обеспечил устойчивую работу и безаварийную эксплуатацию систем газоочистки электропечи в течение 36 тысяч плавок. При этом расход охлаждающей воды снизился в 3,2 раза, а в осадительной камере (шлакосборнике) утилизировалось до 95 % пыли и конденсата.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- [1] Кузьмин М.Г. Отечественный комплекс электросталеплавильного оборудования на основе печи ДСП-30 Н2 и агрегата ковш-печь АКП-30 (Часть I) / М.Г. Кузьмин, И.Н. Николаев, В.С. Чередниченко // Электрометаллургия. – М.: Изд-во ООО «Наука и технологии», 2006. – № 7. – С. 9–15.
- [2] Тулувеский Ю.Н. Инновации для дуговых сталеплавильных печей. Научные основы выбора: монография / Ю.Н. Тулувеский, И.Ю. Зинуров. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010. – 347 с. (Серия монографий «Современные электротехнологии». – Т. 12).
- [3] Электротехнологические установки и системы. Теплопередача в электротехнологии. Упражнения и задачи: учеб. пособие для вузов / В.С. Чередниченко, В.А. Синицын, А.И. Алиферов и др.; под ред. В.С. Чередниченко, А.И. Алиферова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2011. – 571 с. (Серия «Учебники НГТУ»).

*Чередниченко Владимир Семенович*, доктор технических наук, профессор, академик АЭН РФ, профессор кафедры автоматизированных электротехнологических установок, заместитель технического директора, главный конструктор ОАО «Сиблектротерм». Основное направление научных исследований: современные электротехнологии. Имеет более 250 научных публикаций, в том числе 6 учебников, 7 монографий, 58 авторских свидетельств, 48 патентов. e-mail: gk@therm.ru

*Бикеев Роман Александрович*, кандидат технических наук, доцент, кафедра АЭТУ. Основное направление научных исследований: современные электротехнологии. Имеет 37 научных публикаций и 6 учебно-методических работ. e-mail: bikeev@ngs.ru

*Иванова Елена Геннадьевна*, магистрант второго года обучения, кафедра АЭТУ. Основное направление научных исследований: современные электротехнологии. Имеет 2 научных публикации. e-mail: ivlen1234@yandex.ru

**V. S. Cherednichenko, R.A.Bikeev, E.G.Ivanova**

*Scientific bases of processing steam dust gas mixes in the arc steel-smelting electric furnaces*

The description of new system of technological processing of steam dust gas streams in gas flue of the arc electric furnaces is presented. This system provide afterburning CO and H<sub>2</sub>, condensation of a steam part of a stream, coagulation and a sferoidization of a dust and slag particles, their cooling to temperature are lower than a sintering point, utilization of 95 % of firm particles in the chamber of sedimentation dust and particles. Erosive wear of gas flue and the operational consumption of water essentially decrease and the term of their service increases.

**Key words:** gas flues of electric arc furnaces, steam dust gas stream, coagulation, sferoidization of slag particles.