

РАЗРАБОТКА НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ВОДООХЛАЖДАЕМОГО СВОДА ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ С СИСТЕМОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОГО ГАЗОТСОСА С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ И МАТЕРИАЛОВ

ТИЩЕНКО П.И. (ДОНГТУ)

Выполнено математическое и физическое моделирование водоохлаждаемого свода дуговой сталеплавильной печи с системой распределенного газоотсоса. Определены конструктивные параметры газораспределительной решетки свода, обеспечивающие равномерный отсос печных газов всей рабочей поверхностью свода. Новая концепция свода позволяет сократить потери тепла и материалов из печи.

В современных дуговых сталеплавильных печах отсос газов из рабочего пространства производится через отверстие в водоохлаждаемом своде (рисунок 1, а).

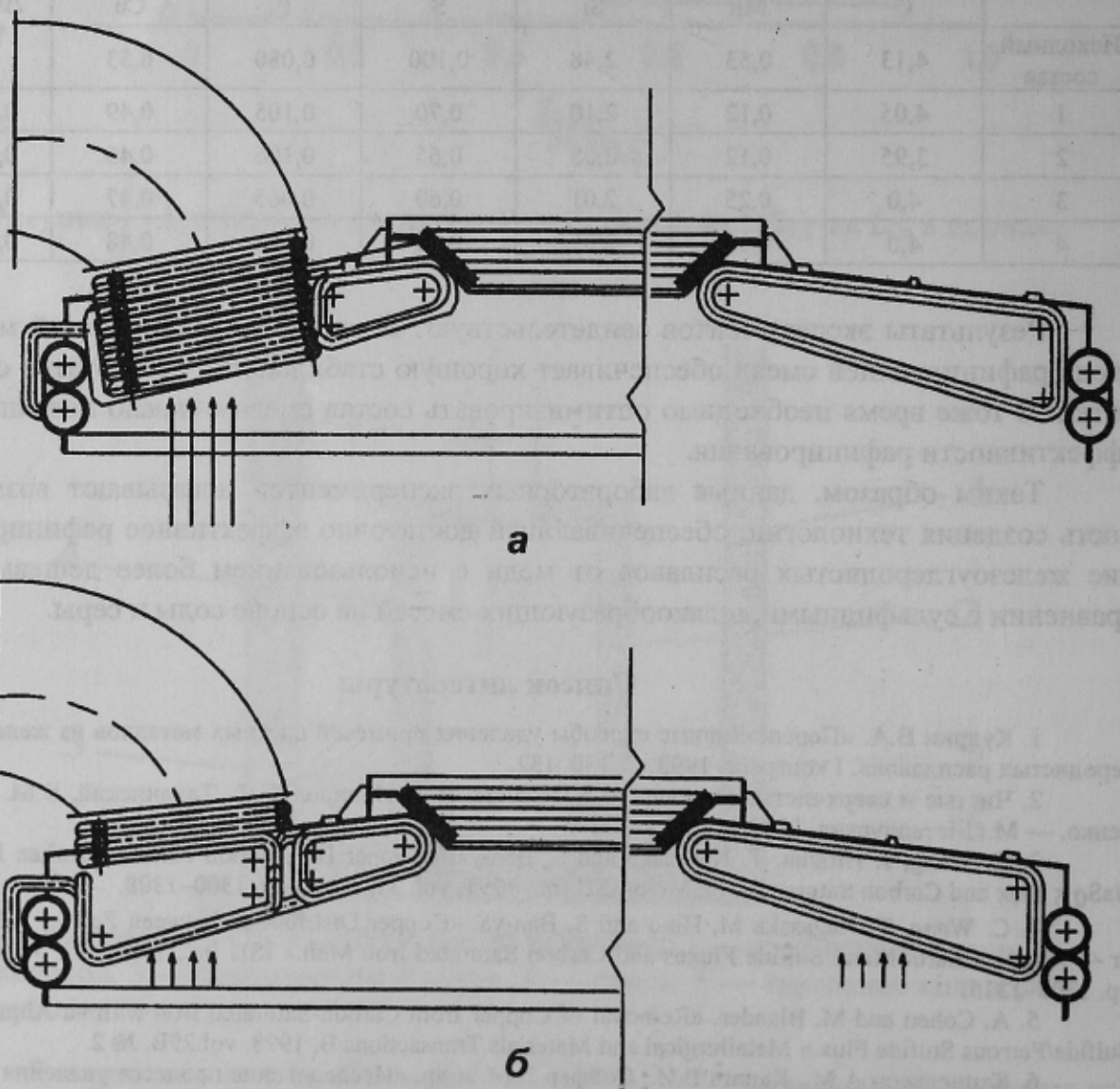


Рисунок 1 – Конструктивные схемы обычного водоохлаждаемого свода (а) и свода с системой распределенного газоотсоса (б)

При такой системе газоотсоса стремление уменьшить неорганизованные выбросы газов через зазоры в электродных отверстиях приводит к усилению подсоса воздуха в рабочее окно ввиду локализации разряжения. Скорость движения газов в области отверстия в своде достигает 30–50 м/с, что способствует выносу материалов из печи и негативно влияет на материальный и тепловой балансы плавки [1].

Предложена новая концепция водоохлаждаемого свода [2], в котором разрежение, создаваемое вытяжным вентилятором, передается через сводовый патрубок в тороидальную камеру, образованную трубчатыми водоохлаждаемыми панелями кронштейнового типа (рисунок 1, б). Печные газы всасываются в тороидальную камеру распределенной по периметру поверхностью, составляющей не менее 45–50% площади свода через газораспределительную решетку. При этом вертикальная компонента скорости газов на порядок меньше, чем при традиционной системе газоотсоса, а, следовательно, потери материалов и тепла с печными газами существенно ниже.

В данной работе рассмотрены вопросы расчета и физического моделирования параметров газораспределительной решетки свода, обеспечивающих улучшение тепловой работы печи и снижение потерь материалов за счет создания равномерного по периметру печи отсоса газов с относительно невысокой скоростью. Приведены результаты промышленных экспериментов.

Расчет параметров газораспределительной решетки свода. Схема расчетной модели приведена на рисунке 2. Тороидальная камера свода образована N пане-

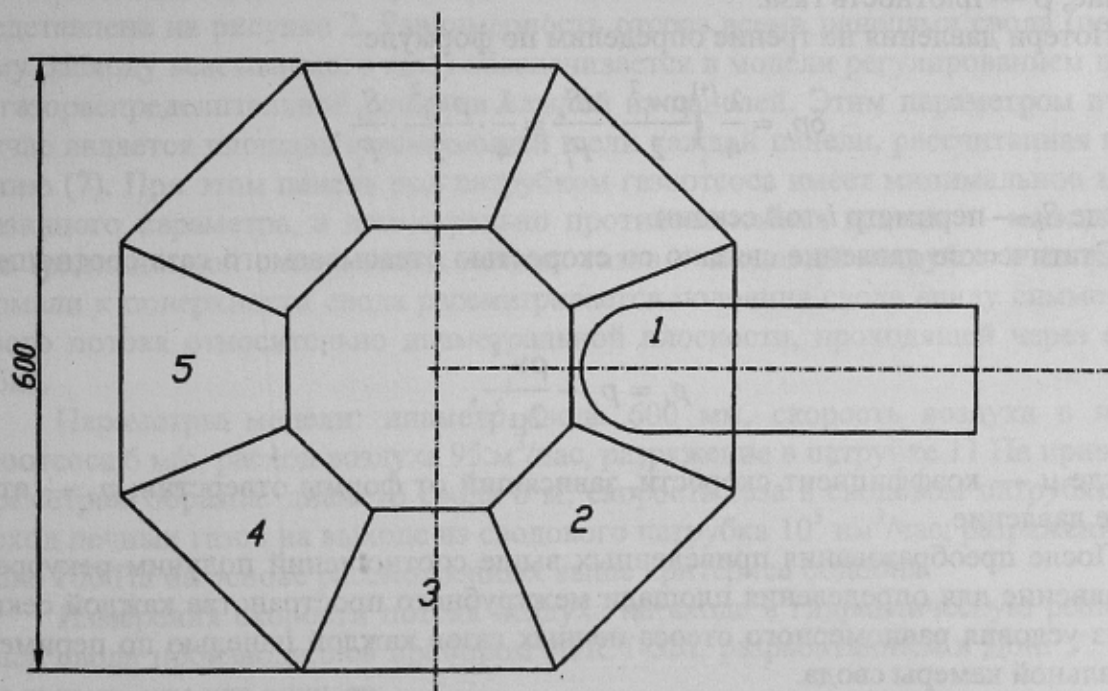


Рисунок 2 – Схема физической модели свода с системой распределенного газоотсоса, 1–5 — номера секций-панелей

лями-секциями равного поперечного сечения, расположенными по кругу. Необходимо определить суммарную площадь межтрубного пространства каждой панели, чтобы обеспечить равномерный (по расходу) отсос газов всеми секциями-панелями при общем заданном расходе газа Q_0 .

Выделим две соседние секции с номерами i и $i+1$ и проведем посередине секций вертикальные поперечные сечения. Запишем баланс массы для этих сечений:

$$\begin{aligned} Q_{i+1} &= Q_i + \delta Q_i, \\ \delta Q_i &= \sigma_i v_i, \end{aligned} \quad (1)$$

где Q_i, Q_{i+1} — приток газа из рабочего пространства печи в i и $i+1$ секции свода; σ_i — площадь межтрубного пространства i -той секции; v_i — скорость входа газа в i -тую секцию свода.

При равномерном отсосе приток газа в каждую из секций одинаковый и равен:

$$\delta Q_i = \delta Q = Q_0 / N. \quad (2)$$

Расход газа в сечении i связан со скоростью газа в этом сечении w соотношением:

$$Q_i = w_i F_i = i \cdot \delta Q_i, \quad (3)$$

где F_i — площадь поперечного сечения секции i .

Запишем уравнение Бернулли для рассмотренных сечений:

$$p_i + \frac{\rho w_i^2}{2} = p_{i+1} + \frac{\rho w_{i+1}^2}{2} + \delta p_i, \quad (4)$$

где p_i, p_{i+1} — статическое давление в сечениях i и $i+1$; δp_i — потери давления на трение; ρ — плотность газа.

Потери давления на трение определим по формуле:

$$\delta p_i = \frac{\lambda}{4} \int_i^{i+1} \frac{\rho w_i^2}{2} \cdot \frac{dS_i}{F_i} = \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{\rho w_i^2}{2} \cdot \frac{S_i}{F_i}, \quad (5)$$

где S_i — периметр i -той секции.

Статическое давление связано со скоростью отсасываемого газа соотношением:

$$p_i = p_a - \frac{\rho v_i^2}{2\mu^2}, \quad (6)$$

где μ — коэффициент скорости, зависящий от формы отверстия; p_a — атмосферное давление.

После преобразования приведенных выше соотношений получим рекуррентное уравнение для определения площади межтрубного пространства каждой секции свода из условия равномерного отсоса печных газов каждой панелью по периметру тороидальной камеры свода.

$$\sigma_{i+1} = \frac{\sigma_i^2}{\sqrt{1 + \mu^2 \left[\frac{(i+1)^2}{F_{i+1}^2} - \frac{i^2}{F_i^2} + \frac{\lambda}{4} \cdot \frac{S_i}{F_i} \cdot \frac{i_2}{F_i^2} \right] \sigma_i^2}}. \quad (7)$$

Таким образом, задавшись площадью межтрубного пространства панели под газоотсосом и сечением тороидальной камеры (оно может быть как постоянным, так и переменным по периметру свода), рассчитываем по уравнению (7) площади межтрубного пространства остальных панелей с учетом симметрии. Затем рассчитыва-

ются межтрубные расстояния (параметр газораспределительной решетки) для каждой панели.

Экспериментальные исследования на модели. Для механического подобия потоков на модели и натуре необходимо выполнить условия геометрического, кинематического и динамического подобия.

При геометрическом подобии размеры модели и натуре пропорциональны, а углы равны:

$$l_m / l_n = idem, \varphi_m = \varphi_n. \quad (8)$$

При кинематическом подобии пропорциональны скорости потоков в модели и в натуре в сходственных точках:

$$v_m / v_n = idem. \quad (9)$$

При динамическом подобии пропорциональны силы, действующие на сходственные элементы в обоих потоках:

$$Eu = \frac{P}{\rho v^2} = idem, \lambda = idem, \quad (10)$$

где Eu — критерий Эйлера; P — статическое давление; ρ — плотность газа; v — скорость газа; λ — коэффициент сопротивления.

Модель свода 100-т дуговой печи выполнена в масштабе 1:10 и схематично представлена на рисунке 2. Равномерность отсоса всеми панелями свода (по объемному расходу всасываемого газа) обеспечивается в модели регулированием параметра газораспределительной решетки каждой из панелей. Этим параметром в данном случае является площадь всасывающей щели каждой панели, рассчитанная по уравнению (7). При этом панель под патрубком газоотсоса имеет минимальное значение указанного параметра, а диаметрально противоположная панель — максимальное. Для традиционной схемы входа печных газов в сводовый патрубок в направлении нормали к поверхности свода рассматривается половина свода ввиду симметрии газового потока относительно диаметральной плоскости, проходящей через ось патрубка.

Параметры модели: диаметр свода 600 мм, скорость воздуха в патрубке газоотсоса 6 м/с, расход воздуха 95 м³/час, разрежение в патрубке 11 Па приведены к параметрам образца: диаметр свода 6 м, скорость газа в сводовом патрубке 22 м/с, расход печных газов на выходе из сводового патрубка 10⁵ м³/час, разрежение в патрубке 100 Па на основе рассмотренных выше критериев подобия.

Измерения скорости потока воздуха на входе в гидравлическую решетку панелей свода производились прибором АИСТ-3М, разработанным в ДонГУ. Измерения выполнены для случаев:

1. Одинакового параметра гидравлической решетки для всех панелей.
2. Переменного параметра, рассчитанного по уравнению (7).

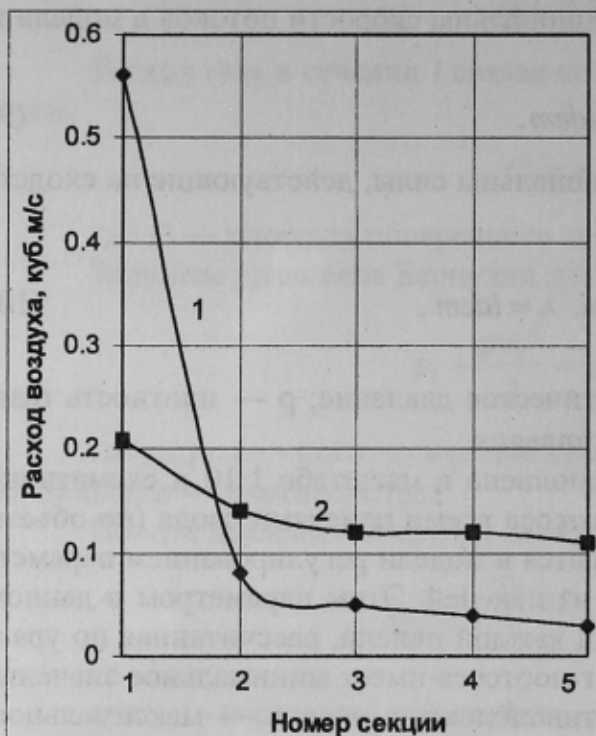
В обоих случаях суммарная площадь всасывающей поверхности одинакова.

Распределение расходов воздуха, всасываемого из рабочего пространства модели печи в каждую панель свода, рассчитанное на основе измеренных скоростей потоков, приведено на рисунке 3.

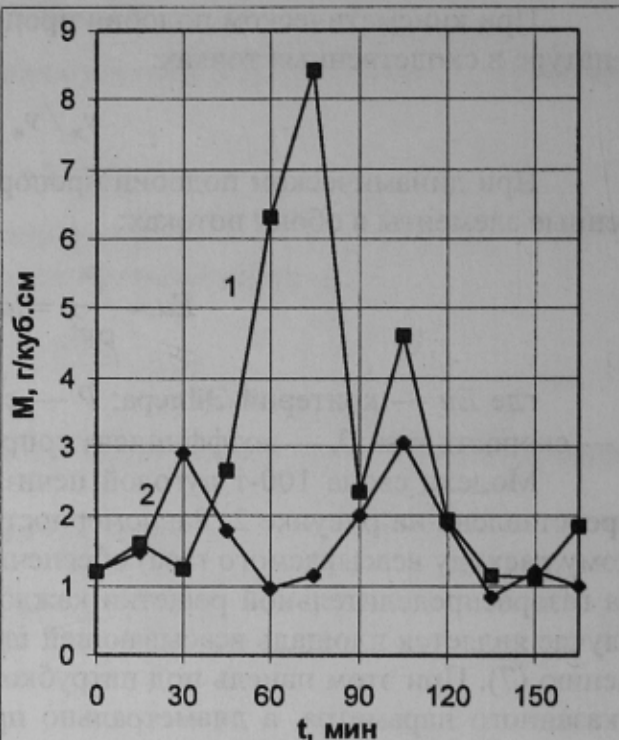
Как следует из приведенных данных, выполнение гидравлической решетки свода с параметром, рассчитанным на основе математической модели, снижает разброс расходов всасываемого воздуха по периметру свода в 4–5 раз.

Таким образом, выполнение панелей свода с переменным по периметру печи параметром гидравлической решетки обеспечивает в значительной степени равномерный отсос газа всей рабочей поверхностью свода.

Промышленные исследования. На печи ДСП-100 Донецкого металлургического завода установлен и находится в эксплуатации с августа 1998 г. прототип свода с элементами системы распределенного газоотсоса. Для исследования эффективности его работы с точки зрения снижения выноса материалов из печи газовым потоком выполнено исследование запыленности печных газов на опытном и обычном



1-постоянный параметр решетки, 2- переменный параметр решетки
Рисунок 3- Распределение расхода воздуха на входе в решетку по секциям свода



1- обычный свод, 2- свод с системой распределенного газоотсоса
Рисунок 4- Концентрация твердых частиц в печных газах (M) по ходу плавки (t)

водоохлаждаемых сводах на сопоставимых по энерго-технологическому режиму двух плавках. Отбор газа производили из камеры дожигания. Исследования выполнены в институте «Укрэкология». Результаты, приведенные на рисунке 4, свидетельствуют о снижении концентрации частиц пыли в печных газах в среднем в 2 раза за период плавки на опытном своде в сравнении с традиционным.

В результате выполненных теоретических, лабораторных и промышленных экспериментов подтверждена эффективность новой концепции водоохлаждаемого свода дуговой сталеплавильной печи с совмещенной функцией системы распределенного газоотсоса и адекватность принятой математической модели для расчета параметров газораспределительной решетки свода.

Список литературы

1. Григорьев В.Н., Нечкин Ю.М., Егоров А.В., Никольский Л.Е. Конструкции и проектирование агрегатов сталеплавильного производства. — М.: МИСиС, 1995. — 512с.

2. Разработка и моделирование новых конструктивных решений водоохлаждаемых элементов высокомошных ДСП/ Павличевич М., Тищенко П.И., Тимошенко С.Н., Торшин А.М. // Сб. трудов Конгресса сталеплавателей России — М.: 1997. — С 82–83.

© Тищенко П.И., 1999.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОСОБО ЧИСТОЙ СТАЛИ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО ТРАНСПОРТА

ОВЧИННИКОВ Н.А. (ДОННИИЧЕРМЕТ), РАЗУМНЫЙ П.К., ШЕБАНЕЦ Э.Н.
ГАЖУРА М.П., (ОАО «МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ ИМ. ИЛЬИЧА»),
КОВАЛЁВ А.Г. (ДОНГТУ)

Исследовано влияние химической и структурной неоднородности на служебные свойства металла для газонефтепроводных труб. Установлено, что при содержании кальция 0,003–0,005% содержание серы и фосфора необходимо регламентировать для снижения склонности металла к водородному растрескиванию.

Для производства труб из высокопрочных сталей необходим штрипс с минимальной загрязненностью неметаллическими включениями, отсутствием дефектов типа «несплошность» и стабильным уровнем механических свойств. Существующая на комбинате им. Ильича технология производства штрипса низколегированных марок стали из непрерывно-литых слябов не исключает поставку листов с наличием микронесплошностей площадью до 100 см² и скопление микронесплошностей площадью от 7 до 50 мм² в зоне осевой структурной и химической неоднородности [1, 2].

Структурная и химическая неоднородность в листах стали марки 09Г2ФБ заключается в наличии в осевой зоне структуры, отличной от основной структуры листа. Она переменной ширины, сплошная или переходящая в несколько полос с протяженными строчечными скоплениями неметаллических включений карбонитридов состава (Ti, V, Nb)·(C, N) кристаллической формы и пластинчатых сульфидов марганца (рисунки 1; 2, а, б). Химическая неоднородность осевой зоны заключается в обогащении металлической матрицы основной зоны углеродом, марганцем, фосфором и кремнием (рисунок 3), а также ликвиацией марганца, серы, титана, ванадия, ниобия, углерода и азота в качестве неметаллической фазы (рисунки 1, 2).

Осевая структурная и химическая неоднородность в виде бейнитной структуры, строчечных скоплений карбонитридов и пластинчатых сульфидов марганца способствует накоплению водорода на границе раздела сульфид-матрица, карбонитрид-матрица, что может инициировать расслоение листа по осевой зоне (рисунок 4), причем фрактография расслоя листа практически не имеет вязкой составляющей разрушения.

Уменьшение массовой доли серы с целью устранения осевой зоны и изменения формы сульфидной фазы до 0,003% приводит к снижению распределения числа сульфидов марганца в осевой зоне (таблица 1), но не влияет существенно на ширину осевой зоны.

Фосфор влияет на ширину осевой зоны листа, которая уменьшается с 400 мкм до 40 мкм при снижении массовой доли фосфора с 0,022% до 0,016% (рисунок 3). В