

ТОРШИН А.М. (ФИРМА «РОУД ИНК»), КОЛОМОТА В.Н. (ОАО «ДМЗ»),  
ЛИТВИНЕНКО К.Н. (ФИРМА «РОУД ИНК»)

## **СИСТЕМА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО УПЛОТНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДНЫХ ОТВЕРСТИЙ С ЗАЩИТОЙ ЭЛЕКТРОДОВ ДСП ОТ ОКИСЛЕНИЯ**

*Система отличается простотой и возможностью поддержания стабильных параметров охлаждения. Применение газодинамических уплотнителей позволяет снизить расход электродов на 16% и потери тепла при охлаждении свода — на 10%. Практически исключены пылегазовые выбросы через электродные зазоры, снижается загрязнение воздушной среды в цехе, тем самым, способствуя улучшению условий труда персонала печи и работы элементов свода.*

Повышение производительности дуговых сталеплавильных печей без увеличения их электрической мощности (так как это требует серьезной реконструкции печи и заводской электросети) возможно за счет широкого применения неэлектрических источников тепла. Анализ показателей работы дуговой сталеплавильной печи ДСП-100НЗА ОАО «Донецкий металлургический завод», которая была оборудована стеновыми топливокислородными горелками, подтверждает эту концепцию [1].

Однако практика применения для плавки стали в ДСП химического топлива в сочетании с электрической дугой, которая является активатором образования оксидов азота, цианидов и диоксинов, показывает, что в рабочем пространстве таких печей необходимо поддерживать значительное разрежение для предотвращения задымленности рабочего помещения. С другой стороны, в таких условиях усиливается подсос воздуха в печь и ускоряется образование вредных веществ.

Электродные отверстия являются основным источником неорганизованных пылегазовых выбросов из дуговых сталеплавильных печей. Уплотнение этих отверстий является проблемой, имеющей особое значение для печей, оснащенных топливокислородными горелками и работающих с интенсивной продувкой ванны кислородом. Разработано немало всевозможных систем экономайзеров ДСП, но только немногие конструкции являются более или менее надежными в работе и получили распространение. Наряду с этим возрастают требования, предъявляемые к устройствам для уплотнения электродных отверстий, которые нередко сочетают защиту электродов от окисления.

Так, при возрастающей силе тока в цепи ДСП условие теплового равновесия выделяемого и отдаваемого в результате теплоотдачи с боковой поверхности электрода тепла не соблюдается вследствие ограниченных возможностей увеличения диаметра и электропроводности электрода. Поэтому еще над сводом электроды нагреваются выше температуры начала интенсивного окисления графита воздухом.

Наибольшее распространение получили газодинамические уплотнители, в которых создается пневматический затвор за счет подачи в электродный зазор газа, а для охлаждения поверхности электрода над сводом печи применяют спрейерное охлаждение, когда с головки электрододержателя подается вода и по поверхности электрода стекает до уровня экономайзеров.

Аналогичная конструкция разработана, изготовлена и опробована фирмой «РОУД Инк». Водоохлаждаемый свод был оснащен со сменными водоохлаждаемыми экономайзерами с газодинамическим уплотнением электродных отверстий и спрейерным охлаждением электродов водой. Уплотнители электродных зазоров, каждый из которых представлял собой цилиндрическую водоохлаждаемую кольцевую конструкцию из витых труб, были жестко прикреплены друг к другу и к водоохлаждаемому корпусу центральной части свода [2].

В настоящее время ряд исследований направлен на создание новых многофункциональных охлаждаемых конструкций, позволяющих повысить экономичность и экологическую безопасность выплавки стали в дуговой сталеплавильной печи.

Совершенствование конструкции экономайзеров заключалось в сочетании охлаждения электродов водой непосредственно в электродных зазорах (с использованием теплоты ее испарения) и газодинамического уплотнения с вовлечением образовавшегося водяного пара в поток газа уплотнителя.

На физической модели и действующей печи проведена оценка оптимальных способа охлаждения электрода и параметров устройства - числа, диаметра и расположения сопел для подачи газа и форсунок для подачи охлаждающей воды.

Исследованиями подтверждены результаты работы [3]. Начальная скорость истечения струй газа из сопла (от 100 до 250 м/с) и его массовый расход на уплотнение связаны гиперболической зависимостью. Таким образом, независимо от числа, диаметра сопел и начальной скорости истечения струй газа из сопла (в пределах рациональных изменений указанных параметров) заданному значению давления под сводом печи соответствует вполне определенный минимальный импульс струй уплотнения. Проведенные исследования показали, что устройство обеспечивает надежное уплотнение электродных зазоров при минимальных подсосах наружного воздуха, увлекаемого струями газа в печь.

Газодинамическое уплотнение представляет собой воздушный коллектор с соплами внутренним диаметром 8 мм, расположенный между водоохлаждаемыми трубами экономайзера. В качестве энергоносителя используется сжатый воздух из заводской магистрали. Сжатый воздух подается в кольцевое пространство между электродом и стенками экономайзера восемнадцатью соплами. Сопла установлены в горизонтальной плоскости тангенциально, и их оси образуют угол 39 с лучами, проведенными от оси среза сопла до центра экономайзера. В вертикальной плоскости сопла наклонены внутрь печи на угол 50. Узел охлаждения электродов состоит из коллектора подачи воды на форсунки и 6 форсунок для распыления воды, равномерно расположенных по периметру экономайзера.

Вода подается через форсунки на поверхность электродов в виде факела заданной геометрической формы и размера. Неиспарившиеся капли воды увлекаются вращающимся воздушным потоком, образованным газодинамическим уплотнением, в зазор между стенкой экономайзера и электродом, при этом происходит высокая степень их измельчения.

Снижение размера водных капель дает возможность повысить эффективность охлаждения благодаря возрастанию площади и прямого контакта капель с горячей поверхностью электрода, и более высокой скорости испарения этих капель, что позволяет увеличить коэффициент теплоотдачи в зоне охлаждения. Кроме того, пар, образующийся в кольцевом пространстве электродного отверстия, препятствует выбиванию печных газов из-за резкого увеличения объема при парообразовании. Смесь водяных паров, печных газов и охлажденных частиц пыли вихревым потоком электродных экономайзеров увлекается в подсводовое пространство, образуя пылегазовый слой с повышенной оптической плотностью, расположенный между ванной расплавленного металла и водоохлаждаемым сводом, а также является экраном, препятствующим передаче тепла излучением от зеркала металла на свод.

Опыт показал, что при интенсивном охлаждении электродов центральная часть свода не только не получает от них дополнительного нагрева, но еще и несколько охлаждается, что увеличивает стойкость элементов его конструкции.

Необходимые параметры воды, воздуха рассчитываются в зависимости от конструкции кожуха, свода, системы газоотсоса, зазоров в электродных отверстиях и являются «ноу-хау» фирмы «РОУД Инк».

Техническая характеристика сводовых экономайзеров:

- давление воды — 0,3–0,4 МПа;
- расход воды на 3 электрода — 3 м<sup>3</sup>/ч;
- давление сжатого воздуха — 0,2–0,4 МПа;
- расход сжатого воздуха на 3 электрода — 500–700 м<sup>3</sup>/ч.

Полностью водоохлаждаемый свод с экономайзерами новой модификации установлен на ДСП-100НЗА ОАО «Донецкий металлургический завод» в апреле 2000 г.

Промышленные испытания свода показали высокую эффективность и надежность всех элементов конструкции. Анализ показателей проведенных 600 плавов подтвердил правильность принятых решений при разработке свода: расход электродов снизился на 16%, а потери тепла при охлаждении свода — на 10%.

Система отличается простотой конструкции и возможностью поддержания стабильных параметров охлаждения. Применение газодинамических уплотнителей практически исключает пылегазовые выбросы через электродные зазоры, снижает загрязнение воздушной среды в цехе, тем самым способствует улучшению условий труда персонала печи и условий работы элементов свода. Кроме того, подавление высокотемпературных пылегазовых выбросов позволяет уменьшить нагрев и окисление графитированных электродов.

### Список литературы

1. Торшин А.М., Коломота В.Н. Модернизация дуговой сталеплавильной печи ДСП-100НЗА ОАО «Донецкий металлургический завод» // Наукові праці ДонДТУ. Металургія Випуск 18, 2000. — С. 41–43.
2. Торшин А.М., Коломота В.Н. Полностью водоохлаждаемый свод 100-т дуговой сталеплавильной печи с центральной съемной частью и газодинамическими уплотнителями электродов // Наукові праці ДонДТУ. Металургія. Випуск 14, 1999. — С. 148–149.
3. Киселев А.Д., Комаров П.Н., Устюгов А.А., Крушинский М.М. Конструктивные и аэродинамические параметры газодинамических уплотнителей электродных отверстий крупнотоннажных ДСП // Сб. Повышение эффективности работы дуговых сталеплавильных печей. — М.: Металлургия, 1983. — С. 20–24.

© Торшин А.М., Коломота В.Н., Литвиненко К.Н., 2001

ВОЛКОВА О.Г., КУРБАТОВ Ю.Л. (ДОНДТУ)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ САДКИ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ В ТУННЕЛЬНОЙ ПЕЧИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Представлена математическая модель расчета температурного поля тела неправильной формы методом конечных элементов. Получено экспериментальное подтверждение адекватности математической модели. На основе математического моделирования теплового состояния металла предложен режим термической обработки, позволяющий снизить расход природного газа.*

В туннельной печи противоблоксной обработки стали производят нагрев и охлаждение заготовок, представляющих собой сплошной цилиндр длиной 2 м и диаметром 180 мм. Сформированные из нескольких десятков заготовок пакеты транспортируют по рабочему пространству печи с помощью тележек. С целью обеспечения достаточного качества противоблоксной обработки металл проходит 4 технологические зоны печи: технологическое охлаждение, нагрев, выдержку и охлаждение перед разгрузкой. В каждой зоне поддерживается определенный температурный режим. Печь отапливается природным газом. Охлаждение производится атмосферным воздухом.