

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ АНОДНЫХ ОГАРКОВ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

В процессе охлаждения анодных огарков выделяется большое количество фтористого водорода и сернистого ангидрида. Для снижения выбросов вредных веществ в атмосферу предлагается помещать их в специальный контейнер для охлаждения. Охлажденные таким образом газы через патрубок, расположенный в верхней крышке, эвакуируются в систему организованного газоотсоса. Верхняя крышка контейнера выполнена конической, что значительно сокращает аэродинамическое сопротивление газоотводящего патрубка. При этом значительно сокращается загрязнение окружающей среды фтористыми и сернистыми соединениями.

Ключевые слова: производство алюминия, фтор, сера, фонарные выбросы, контейнер

Электролитическое производство алюминия сопровождается выделением значительного количества загрязнителей атмосферного воздуха, номенклатура которых включает твердые вещества (пыль) и газообразные: фторид водорода, оксиды серы и углерода и пр. Применение на современных алюминиевых заводах предварительно обожженных анодов не может полностью экологизировать процесс производства алюминия, однако позволяет улучшить условия труда в корпусе электролиза за счет сокращения содержания смолистых веществ в аноде.

Ранее нами рассмотрены технические и технологические аспекты опыта сбора, эвакуации и обезвреживания выбросов от мощных электролизеров Содерберга [1,2]. Полный анализ электролитического получения алюминия, к сожалению, не ограничивается только той частью технологии, которая связана с электролизом. Значительными проблемами являются очистка выбросов при охлаждении анодных огарков и тепловое загрязнение атмосферы, имеющие место при осуществлении данной операции.

Обожженные аноды после сгорания заменяются новыми. Извлекаемые из электролизера анодные огарки предварительно охлаждаются и в дальнейшем вовлекаются в переработку для реутилиза-

ции. Температура огарка в момент извлечения из ванны близка к температуре расплава и составляет 950-980 °С; масса огарка – примерно 20 % от массы анода, т. е. 180-200 кг. Операция сопровождается выбросами газов, причем наиболее интенсивно – в период охлаждения огарка до 400 °С. Средние потери фтористого водорода и сернистого ангидрида с извлекаемыми огарками составляют соответственно 3,5 и 1,01 кг/т Al [3]. В результате в виде газовых соединений от огарка выделяется порядка 30 % потерь, что в пересчете на удельные выбросы составляет 1,0-1,05 и 0,25-0,3 кг/т Al соответственно.

С целью уменьшения фонарных выбросов и потерь фтористых солей охлаждение огарка осуществляет в герметичном контейнере [4]. Контейнер (рис. 1) представляет собой шкаф со съёмными крышками. Его верхняя плоская стенка снабжена пазами для установки в них штанг анодных огарков. Газы из контейнера в объеме от 3 до 5 тыс. м³/ч дополнительным вентилятором эвакуируются в газоочистные установки через патрубок в задней стенке. Применение контейнера обеспечивает улавливание до 90-92 % выбросов от огарка, однако его конструкция имеет ряд недостатков: высокое аэродинамическое сопротивление патрубка,



Рис. 1. Контейнер охлаждения анодных огарков.

расположенного в задней стенке, и потери разрежения за счет пазов в верхней плоской стенке, необходимых для установки анодных штанг (рис. 2). Такое расположение патрубка снижает эффективность использования теплового давления газов, выделяющихся от огарка. В случае одновременного охлаждения в контейнере нескольких огарков разрежение, создаваемое дополнительным вентилятором, оказывается недостаточным для улавливания и эвакуации выбросов. В результате через неплотности в съемных крышках и пазы для установки штанг периодически происходят утечки газа в атмосферу корпуса. Для их устранения требуются постоянное обслуживание и герметизация неплотностей. Другой недостаток операции охлаждения заключается в безвозвратной потере 37-40 кВт тепла от огарка, значение которой определено по формуле:

$$Q = mc(t_1 - t_2)$$



Рис. 2. Задняя стенка контейнера охлаждения анодных огарков с газоотводящим патрубком.

где: $m = 180-200$ кг – средняя масса охлаждаемого огарка; $t_1 = 950^{\circ}\text{C}$ – температура огарка в момент извлечения из электролизера; $t_2 = 20^{\circ}\text{C}$ – конечная температура охлажденного огарка, при которой он вовлекается в переработку; $c = 0,18$ ккал/кг град – средняя удельная теплоемкость анодного материала.

В то же время, нагрев до температуры расплава «свежего» анода, установленного в электролизер взамен огарка, длится около 20 часов и сопровождается расходом электроэнергии на его нагрев (без учета потерь тепла в окружающую среду) в количестве 190-200 кВт. С учетом потерь тепла через токоподводящую штангу, укрытия и с удаляемыми из электролизера газами эта величина значительно возрастает и может достигать 2-3-кратного расчетного значения. Холодный анод имеет высокое электрическое сопротивление, в результате чего приложенный ток расходуется только на его нагрев. Это приводит к неравномерности токораспределения в электролизере, увеличивая плотность тока в «прогретых» анодах. Дополнительная особенность заключается в «термошоке», которому подвергается холодный анод при установке в электролизер. Следствием этого могут быть расклевывание, осыпание, увеличение расхода анода и рост выхода угольной пены, снижение производительности электролизера при «науглероживании» электролита. В целях снижения этих рисков анод перед установкой в электролизер в течение 3-5 минут прогревают, погружая его подошву в расплав электролита. При этом основная масса анода остается холодной.

Снизить перечисленные негативные факторы, используя тепло от огарка на нагрев «свежего» анода, возможно за счет применения двухъярусного контейнера (рис. 3) [5]. На нижний ярус помещаются огарки, на верхний – «свежие» аноды перед их установкой в электролизер. Подина верхнего яруса выполнена перфорированной, что обеспечивает прохождение горячих газов с нижнего яруса

на верхний, где их тепло отдается «свежему» аноду.

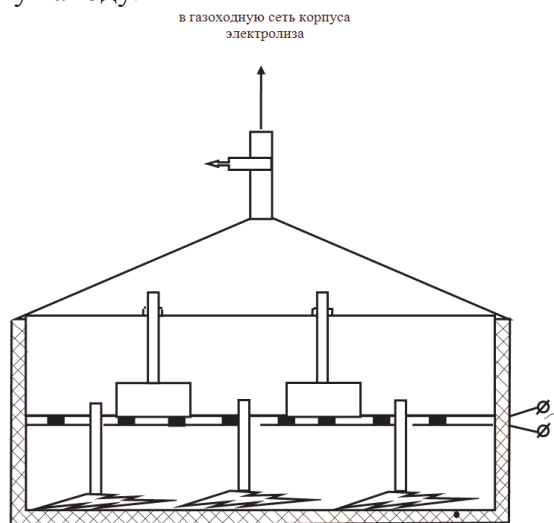


Рис. 3. Двухъярусный контейнер охлаждения анодных огарков.

Оценочные расчеты показывают, что таким образом возможно нагреть «свежий» анод до температуры 140-160 °С. При установке такого анода достигается более быстрое и равномерное токораспределение в электролизере. В результате расход электроэнергии сокращается, в среднем, на 20-25 кВт/тAl; анода на 10-15 кг/тAl.

Охлажденные таким образом газы через патрубок, расположенный в верхней крышке, эвакуируются в систему организованного газоотсоса. Верхняя крышка контейнера выполнена конической, что значительно сокращает аэродинамическое сопротивление газоотводящего патрубка [6] и энергозатраты на эвакуацию газов за счет использования их давления. При этом необходимое разрежение в контейнере, регулируемое с помощью шиберов в газоотводящем патрубке, создается за счет разрежения в системе организованного газоотсоса. По оценочным данным, эффективность сбора и эвакуации газов из контейнера составляет 97-99 %, что в пересчете на удельные выбросы составляет 0,03-0,05 кг HF/т Al.

В целях снижения потерь тепла в окружающую среду стенки контейнера оборудованы теплоизоляцией. Перфориро-

ванная подина, разделяющая нижний и верхний ярусы, может оборудоваться теплоэлектронагревателями, обеспечивающими при необходимости дополнительный нагрев анода до температуры 400-800 °С. Ограничение этой величины обусловлено свойствами металла, из которого изготовлен контейнер, и ее превышение может привести к необратимым деформациям стенок шкафа [7].

Заключение.

Внедрение двухъярусных контейнеров охлаждения огарков в производстве алюминия обеспечит эффективность сбора и эвакуацию газов на 98 %, что приведет к снижению удельных выбросов фтористых соединений до 0,04 на тонну алюминия.

Литература

1. Шахрай С. Г., Коростовенко В. В., Ребрик И. И. Совершенствование системы газоотсоса от электролизеров Красноярского алюминиевого завода с целью повышения экологических показателей // Вестн. Междунар. акад. наук экологии и безопасности жизнедеятельности. 2009. Т.14, № 6. С. 205 – 211.
2. Шахрай С. Г., Коростовенко В. В., Ребрик И. И. Проблемы сбора и эвакуации газов от электролизеров Содерберга и комплексный подход к их решению // Сб. науч. докл. Первого междунар. конгр. «Цветные металлы – 2009», 8-10 сент. 2009 г. Красноярск, 2009 С. 788 – 796.
3. Буркат В. С., Друкарев В. А. Сокращение выбросов в атмосферу при производстве алюминия. СПб, 2005. 275 с.
4. Новая конструкция крышки для анодных поддонов / J.- P. Gagne [et al.] . Light Metals, 2006. P. 213-217.
5. Контейнер для герметизации анодных огарков : пат. 2385973. Рос. Федерация. № 2008145991/02; заявл.21.11.2008 ; опубл. 10.04.2010.

6. Юрьев А. С. Справочник по расчетам гидравлических и вентиляционных систем. СПб.: Мир и семья, 2001. 1153 с.

7. Лазинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Л.: Машиностроение, 1970. 752 с.