

УДК 669.713,3

За наслідками одночасних вимірювань струму серії і падіння напруги на ділянці анод-катод електролізера, по зміні падіння напруги на електролізері, визначаються значення зворотною ЕДС і загального опору електролізера

Ключові слова: електролізер, алюміній, напруга, електрорушійна сила

По результатам одновременных измерений тока серии и падения напряжения на участке анод-катод электролизера, по изменению падения напряжения на электролизере, определяются значения обратной ЭДС и общего сопротивления электролизера

Ключевые слова: электролизер, алюминий, напряжение, электродвижущая сила

On results the simultaneous measuring of current of series and falling of tension on an area anode-cathode of electrolyzed, on the change of falling of tension on electrolyzed, caused the variable of constituent of current of series values are determined reverse EDS and general resistance of electrolyzed

Keywords: elektrolizer, aluminium, tension, electromotive force

КОНТРОЛЬ ОБРАТНОЙ ЭДС И ОБЩЕГО СОПРОТИВЛЕНИЯ АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА

Г. И. Щербань

Аспирант*

Контактный тел.: (061) 223-82-61

E-mail: rot44@yandex.ru

И. Е. Лукошников

Кандидат технических наук, доцент*

Контактный тел.: (061) 223-82-61

E-mail: rot44@yandex.ru

Д. В. Прутцков

Доктор химических наук, старший научный сотрудник

Лаборатория № 6

Государственный научно-исследовательский и проектный

институт титана

пр. Ленина, 180, г. Запорожье, Украина, 69035

Контактный тел.: (061) 223-82-61

E-mail: rot44@yandex.ru

И. Ф. Червоний

Доктор технических наук, профессор, заведующий

кафедрой*

Контактный тел.: (061) 223-82-61, 050-637-01-21

E-mail: rot44@yandex.ru

*Кафедра металлургии цветных металлов**

О. А. Позднякова

Старший преподаватель

Кафедра металлургии черных металлов**

Контактный тел.: (061) 223-82-61

E-mail: rot44@yandex.ru

**Запорожская государственная инженерная академия

пр. Ленина, 226, г. Запорожье, Украина, 69006

Введение

Несмотря на большое разнообразие типов электролизеров для производства алюминия-сырца, для всех присущ ряд общих проблем, основной из которых является невозможность определения текущего технологического состояния электролизера.

Основными задачами при ведении процесса электролиза алюминия является поддержание оптимальных значений межполюсного расстояния (МПР), температуры и состава электролита при минимальных затратах электроэнергии. К решению этих задач исследователи подходят с разных сторон. Однако получение полной и достоверной информации о процессах,

протекающих в промышленном электролизере, крайне затруднено из-за агрессивности среды, что делает невозможным использование каких-либо постоянных измерений в электролите.

Выполнение исследований и их обсуждение

При технологической диагностике электролизера используются только химические и физические величины, полученные через достаточно продолжительный период времени (результаты лабораторных анализов и периодических ручных измерений), величина «приведенного напряжения», определенная

на основе постоянно измеряемых величин - тока серии и рабочего напряжения на электролизере, а так же параметры дозирования системы автоматической подачи глинозема (АПП). Используя эти данные, исследователями строятся различные специализированные статистические аналитические системы и системы с искусственным интеллектом, но разнообразие физико-химических состояний электролизера без определения реальных значений основных величин, не позволяют определить текущее технологическое состояние электролизера с приемлемой достоверностью. Следовательно, необходим поиск новых решений в развитии и совершенствовании процесса Эру-Холла путем развития таких специальных направлений, как непрерывный дистанционный контроль за ходом электрохимических реакций в электролитической ячейке с помощью методик определения не измеряемых ранее физико-химических параметров, характеризующих текущее технологическое состояние алюминиевого электролизера.

Эффективность работы электролизера в значительной степени зависит от расхода электроэнергии на производство 1 т алюминия, поскольку в себестоимости алюминия затраты на электроэнергию нередко достигают 30...45%. Расход электроэнергии определяется средним рабочим напряжением U_{er} , В, которое в общем виде может быть выражено:

$$U_{er} = E_0 + I_s \cdot \left(\frac{\rho_{el} \cdot l}{S} + R_{AK} + R_{PR} \right) + U_g$$

где U_{er} – рабочее напряжение электролизера, В;

E_0 – обратная ЭДС, В;

I_s – рабочий ток серии, кА;

ρ_{el} – удельное сопротивление электролита, Ом·см;

l – межполюсное расстояние, см;

S – площадь поперечного сечения электролита в межэлектродном пространстве, см²;

R_{AK} – среднее омическое сопротивление анода и катода, Ом;

R_{PR} – сопротивление в подводящих проводах (ошиновке электролизера), Ом;

U_g – падение напряжения в газовыделяющем слое, В;

Параметрами, в наибольшей степени определяющими расход электроэнергии на единицу первичного алюминия и максимально характеризующими текущее технологическое состояние электролизера, являются значения величины обратной ЭДС, удельного сопротивления электролита и МПР, которые измерить непосредственно не представляется возможным.

На практике, чтобы разрешить ситуацию с не измеряемыми параметрами технологи, принимают величины обратной ЭДС, падения напряжения в катоде и ошиновке постоянными, учитывают изменения падения напряжения в аноде (вследствие перестановки штырей). Таким образом, считается, что электрическое сопротивление ванны, не зависящее от колебаний силы тока серии, адекватно отражает значение МПР. Существенным недостатком этого способа оценки технологического состояния ванн, является априорное предположение, что значение E_0

и удельное сопротивление электролита не изменяются во времени. Фактически, на величины обратной ЭДС, электрического сопротивления электролита и, следовательно, на напряжение на электролизере, оказывает влияние концентрация глинозема в электролите (рис. 1) и МПР.

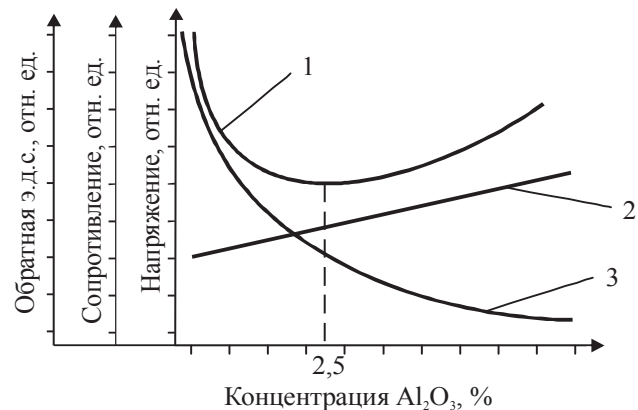


Рис. 1. Зависимость рабочего напряжения, сопротивления электролита и обратной ЭДС от концентрации глинозема в расплаве: 1 – напряжение; 2 – сопротивление электролита; 3 – обратное э.д.с.

При некоторой величине МПР возникает ситуация, когда с уменьшением концентрации глинозема увеличивается величина обратной ЭДС и уменьшается удельное сопротивление электролита, а увеличение величины обратной ЭДС компенсируется таким же значением уменьшения падения напряжения в электролите. При этом величина среднего значения рабочего напряжения остается неизменной, но технологический режим электролизера отклоняется от нормального в сторону возникновения анодного эффекта. Это явление отчетливо проявляется у электролизеров, питание глиноземом которых, осуществляется путем разрушения корки электролита. После очередной обработки ванны концентрация глинозема в электролите резко возрастает, а затем монотонно падает до следующей обработки или до возникновения анодного эффекта. Положение незначительно улучшается, если питание ванн глиноземом осуществляется непрерывно с помощью системы автоматической подачи глинозема (АПП), концентрация глинозема при этом изменяется более медленно, что позволяет несколько снизить количество анодных эффектов, но не избежать их, т.к. период срабатывания дозаторов глинозема не зависит от концентрации глинозема в электролите.

Обратная ЭДС не подлежит прямому измерению, но ее высокая информативность способствуют развитию методик ее определения. В различных странах, на протяжении уже многих лет ведутся работы по отысканию возможностей измерения обратной ЭДС для контроля процесса электролиза. Некоторые зарубежные фирмы определяют E_0 следующим образом: задают ступенчатые периодические изменения тока серии на 5...8 % и после каждого изменения тока одновременно измеряют U_{er} и I_s . И определяют E_0 путем экстраполяции тока серии

до нулевого значения. Другими исследователями предложены способы контроля E_0 с использованием флуктуаций тока серии, обусловленных технологическими нарушениями (анодные эффекты, замыкания алюминия с анодом, ступенчатая регулировка тока серии и др.). Основным недостаток этих способов – низкая точность, которую авторы объясняют погрешностями измерения приращений тока серии и напряжения на электролизере, погрешностями экстраполяции, а также зависимостью величины E_0 от приращений тока серии. Передовыми можно назвать некоторые разработки Reshiney [1], но наиболее перспективными по способу определения обратной ЭДС и точности, безусловно, являются работы российских исследователей [2, 3, 4, 5].

Для решения данной задачи авторами использовались электрохимические методы анализа [6, 7] с использованием постоянно измеряемых параметров системой АСУТП – тока серии и рабочего напряжения электролизера, что позволило определять обратную ЭДС и общее сопротивление электролизера в режиме реального времени косвенными методами.

Принцип определения обратной ЭДС формулируется следующим образом:

По результатам одновременных измерений тока серии и падения напряжения на участке анод - катод электролизера, по изменению падения напряжения на электролизере, вызванном переменной составляющей тока серии определяются значения обратной ЭДС и общего сопротивления электролизера.

Критерием оценки правильности расчета, является:

- постоянная составляющая напряжения шума равна нулю.
- отсутствие корреляции тока серии с сопротивлением электролизера, ЭДС и напряжением шума [8].

На погрешность вычислений влияет:

- уровень напряжения газовыделяющего слоя электролита (шума),
- период и амплитуда колебаний тока серии,
- точность съема данных по току и напряжению с электролизера, и их синхронность во времени,
- утечки тока между электролизерами, т.к. значения тока протекающего через сечение электролита могут отличаться от значений тока измеренных на КПП.

Графический пример результатов расчета приводится ниже.

Входными являются массивы данных по току серии и напряжению электролизера (рис. 2). Из входных данных вычисляются величины обратной ЭДС и активного сопротивления электролизера (рис. 3).

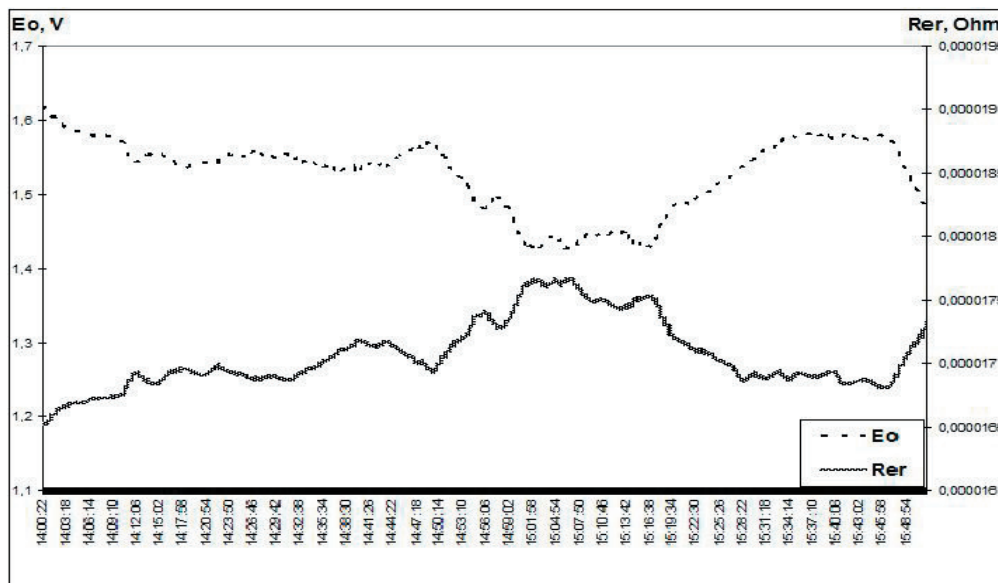


Рис. 3. Обратная э.д.с. (E_0) и общее сопротивление электролизера (R_{er})

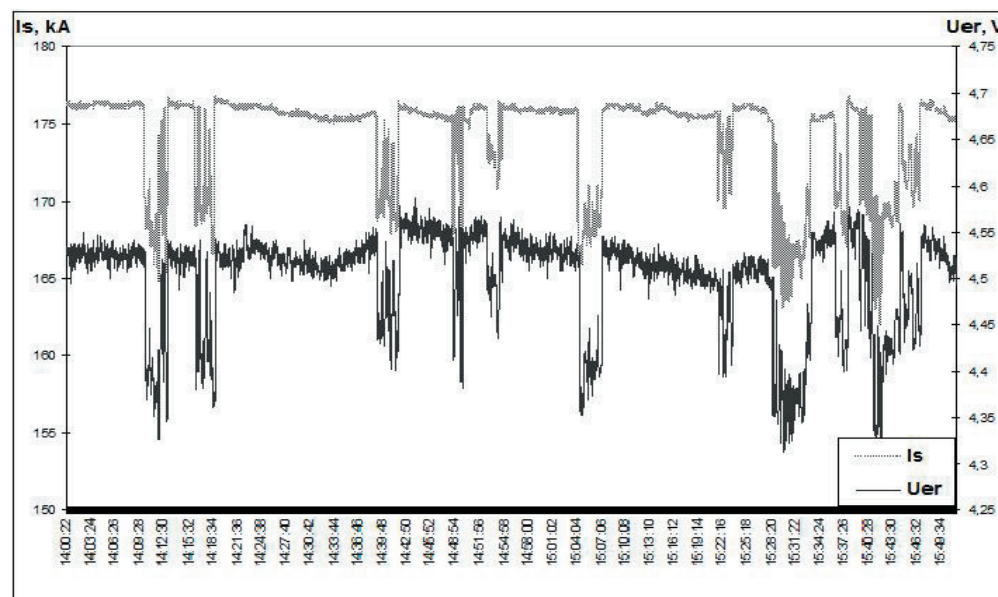


Рис. 2. Ток серии (I_s) и рабочее напряжение на электролизере (U_{er})

Выводы

Определение обратной ЭДС и сопротивления электролизера позволит:

- снизить рабочее напряжение электролизера и увеличить выход по току,
- косвенно контролировать концентрацию глинозема с учетом его свойств, поскольку обратная ЭДС является функцией концентрации глинозема,
- оптимизировать состав электролита,

- диагностировать на ранних стадиях отклонения в технологическом режиме,
- снизить количество анодных эффектов,
- проводить комплексные исследования по подбору материалов электродов и электролита,
- изменить приоритеты в выборе дозаторов системы автоматической подачи глинозема, поскольку снижаются требования к точности дозировки, и повышаются к надежности.

Литература

1. Способ и устройство для обнаружения анодных эффектов в электролизере для производства алюминия [текст]: пат. 2269609 Рос. федерация: МПК С 25 С 3/20 / Делькло Кристиан (FR), Боннардель Оливье (NL); заявитель и патентообладатель Алюминием Пешинэ (FR).-№ 2004120696/02; заявл. 04.12.2002; опубл. 10.02.2006 , бюл. № 4. – 21 с.
2. А. с. 1463808 СССР, МПК 4 С 25 С 3/20. Устройство контроля активного сопротивления и обратной ЭДС алюминиевого электролизера [Текст] / Громыко А. И., Анисов С.П., Зограф Г.М., Манн В.Х. и Герасимов В. И. (СССР). - 4298531/31-02; заявл. 26.08.87; опубл. 07.03.89, Бюл. № 9. - 4 с.
3. А.с. 1675392 СССР, МПК5 С 25 С 3/20. Способ контроля параметров алюминиевого электролизера [Текст] / Громыко А. Н., Заливной В. И., Зограф Г.М. и Кузнецов В. И. (СССР). - 4689967/02; заявл. 30.03.89; опубл. 07.09.91, Бюл. № 33. - 7 с.
4. Способ контроля технологических параметров алюминиевых электролизеров [Текст]; пат. 2057823 Рос. Федерация: МПК6 С 25 С 3/20 / Громыко А. И., Зограф Г. М., Моргалюк В. Д. и Концур Е .П.; заявители Громыко А. И., Зограф Г. М., Моргалюк В. Д. и Концур Е .П.; патентообладатель Громыко Александр Иванович. - № 5061083/02; заявл. 15.07.1992; опубл. 10.04.1996. Бюл. № 17-2000.
5. Устройство контроля технологических параметров алюминиевых электролизеров [Текст]; пат. 2301288 пат. 2057823 Рос. Федерация: МПК С 25 С 3/20 / Громыко А. И., Радионов М. А.; заявитель и патентообладатель Громыко Александр Иванович. - № 2006100791/02; заявл. 10.01.2006; опубл. 20.06.2007, Бюл. № 17. - 8 с.
6. Лопатин Б. А. Теоретические основы электрохимических методов анализа [Текст] / Б. А. Лопатин. - М.: Высш. школа, 1975. - 295 с.
7. Галюс З. Теоретические основы электрохимического анализа [Текст]: пер. с польского. – М.: Каплан; М.: Мир, 1974. - 552 с.
8. Ремпель С. И. Анодный процесс при электролитическом производстве алюминия [Текст] : С. И. Ремпель. – Свердловск: Metallurgizdat, 1961. - 144 с.