

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРАМИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ РАБОТЫ И КОНСТРУКЦИИ

Управление процессом электролиза алюминия – одна из самых сложных технических задач, при которой в режиме реального времени необходимо отследить, обработать, проанализировать информацию по двум параметрам и предпринять необходимые действия. Управление технологическим процессом должно быть надежным и предсказуемым и обеспечивать при минимальных эксплуатационных затратах максимальное использование доступных ресурсов.

Management of technological process of smelting of aluminium is one of the most complex technical problems at whom in a mode of real time on two parameters it is necessary to trace, process, analyse in time the information and to undertake necessary actions. Management of technological process should be reliable and predicted, with the minimal operational expenses at maximal use of accessible resources.

Основные принципы регулирования межполюсного расстояния (МПР) электролизера. В любой автоматизированной системе управления процессом электролиза в качестве входной информации используют измеренные значения силы тока серии алюминиевых электролизеров и напряжения электролизеров [1]. Для управления МПР этих данных недостаточно, так как флуктуации тока серии приводят к отклонениям напряжения электролизера, не связанного с изменением МПР, или концентрации глинозема. Поэтому регулирование осуществляется по псевдосопротивлению $R = (U_{эл} - E) / I_{сер}$, где $U_{эл}$ – рабочее напряжение электролизера; E – обратная ЭДС электролизера; $I_{сер}$ – сила тока серии.

Но псевдосопротивление не является истинным омическим сопротивлением, а содержит компоненты перенапряжения. Для удобства задания уставок регулирования используют пропорциональную псевдосопротивлению величину – приведенное к номинальному току серии напряжение электролизера

$$U_{\text{пр}} = RI_{\text{н}} + E_{\text{н}} = \\ = [(U_{\text{эл}} - E) / I_{\text{н}}] I_{\text{н}} + E_{\text{н}},$$

где $I_{\text{ном}}$ и $E_{\text{ном}}$ – соответственно номинальные сила тока и ЭДС электролизера, соответственно.

Значения $I_{\text{ном}}$ и $E_{\text{ном}}$ должны выбираться достаточно близкими к измеренным значениям. Псевдосопротивление R и приведенное напряжение $U_{\text{пр}}$ не зависят от малых изменений (шумов) тока серии и более информативны для обработки вычислительной техникой АСУТП (программируемые контроллеры и компьютеры). Приведенное напряжение усредняется за временной интервал (обычно 3–15 мин) и сравнивается с заданным мастером-технологом. Если отклонение больше допустимых пределов, проводится регулирование МПР за счет перемещения анодного массива.

Основные принципы автоматической подачи глинозема (АПГ). Все имеющиеся на сегодняшний день стратегии управления питанием электролизера глиноземом являются разновидностями трех алгоритмов управления системами АПГ [2].

1. Питание по необходимости (для ванн с балочным питанием). Если не обрабатывать ванну глиноземом по графику обработки, то последующее за этим снижение концентрации глинозема вызовет рост величин

ны псевдосопротивления, которое можно заметить и использовать для включения питания, что и будет питанием «по необходимости». Эта стратегия на практике используется для периодического отслеживания состояния ванны до достижения известной концентрации после выполнения некоторого количества запланированных циклов питания, либо для включения всех питателей в режим, когда глинозем попадает в ванну только по необходимости. Данная стратегия обычно планируется совместно с подпрограммой прекращения питания до анодного эффекта, при этом анодный эффект необходим для избежания скопления осадка на подине.

2. Недостаточное питание – избыточное питание. Этот алгоритм имеет место на ваннах с точечным питанием, когда глинозем загружается в ванну в количестве заведомо меньшем на основании изменения псевдосопротивления определяется момент изменения типа питания.

3. Трехступенчатый алгоритм. В этом случае цикл питания начинается с базовой дозы. Для перехода на другой тип питания используется оценка изменения псевдосопротивления. При питании на базовом уровне, псевдосопротивление ванны остается практически постоянным, в этот период производятся все перемещения анода, после чего в режиме недостаточного питания происходит рост псевдосопротивления, а затем переход на избыточное питание. Оценка концентрации глинозема в электролите производится включением режима недостаточного питания, при котором электролит обедняется и обратная ЭДС растет. Данный режим завершается при достижении определенной скорости роста приведенного напряжения. После окончания режима недостаточной подачи глинозема, алгоритм управления предусматривает включение режима избыточного питания, продолжительность которого зависит от скорости роста приведенного напряжения. Оценка изменения напряжения во время режима не производится. Когда режим избыточного питания завершается производится перемещение анодного массива для компенсации рассогласования между целевым и текущим приведенным напряжением, и на ванне вновь включается режим недостаточного питания. Необходи-

мые технологически анодные эффекты вызываются автоматическим прекращением подачи глинозема.

Основное отличие стратегий управления состоит в количестве глинозема, отдаваемого в режиме недостаточного питания. Стабильные ванны с надежными системами питания могут «недопитывать» ванну так, что потребление глинозема будет очень близко к границе естественной потребности.

Управление электролизерами в зависимости от условий работы и конструкции. АСУТП электролитического получения алюминия при нормальном протекании технологического процесса должна выполнять функции контроля и управления: измерять напряжение и ток электролизера, поддерживать оптимальные межполюсное расстояние, концентрацию глинозема в электролите, криолитовое отношение, управлять частотой, обнаруживать и сопровождать анодные эффекты, обнаруживать и устранять магнитогидродинамическую нестабильность.

При выполнении регламентных операций АСУТП должна выполнять не только функции контроля и управления, но и функции сопровождения следующих операций:

- выливки металла;
- автоматической компенсации изменения положения анодного кожуха при сгорании анода (для электролизеров с верхним токоподводом);
- перестановки штырей (для электролизеров с верхним и боковым токоподводом);
- замены анода (для электролизеров с обожженными анодами);
- режимов для пусковых ванн и для электролизеров на капитальном ремонте;
- режимов технологических обработок ванн;
- перетяжки анодной рамы (для электролизеров с обожженными анодами);
- устранения перекоса анодной рамы.

При появлении признаков нарушения технологического режима работы ванны АСУТП должна выполнять функции ликвидации нарушений и оповещения персонала (см. таблицу).

Основные нарушения технологического процесса и реакция системы [3]

Нарушение	Признаки нарушения	Последствия нарушения	Причины нарушения	Реакция системы
Горячий ход	Увеличенное напряжение на ванне. Горячий электролит*. Редкие и тусклые анодные эффекты*	Прорыв металла и электролита, карбидообразование	Увеличение МПР. Низкий уровень металла. Науглероживание электролита. Местные перегревы, осадки и конусы анода. Устойчивое повышение силы тока серии. Несоответствие режима обработки ванны по току. Высокий перегрев электролита. Увеличенное сопротивление анода	Уменьшение подачи глинозема. Поднятие анода
Холодный ход	Горячий электролит*. Низкий уровень электролита в ванне*. Увеличенная частота анодных эффектов*	«Зажатие» ванны и всплытие металла	Устойчивое снижение силы тока серии. Увеличенный уровень металла в ванне. Низкий уровень кислого электролита. Повышенное напряжение на ванне. Низкая температура перегрева электролита	Увеличение напряжения на ванне. Сопровождение выливки металла
«Работа в бокторец»	Искривление зеркала металла (изменение частоты шума напряжения электролизера)*	Волнение и прорыв металла	Замыкание тока на обнаженные боковые блоки. Горячий ход. Высокие осадки на подине. Волнение и перекос металла в ванне. Неравномерность линий тока в аноде	Регулировка анода
Науглерожённость электролита	Горячий электролит*. Редкие анодные эффекты*	«Зажатие» МПР, горячий ход	Горячий ход. Образование «конусов» на подошве анода. Низкое качество анодной массы	Установка МПР. Прекращение обработки до анодного эффекта
Образование «конусов»	«Мигающие» анодные эффекты*	«Работа в бок»	Контакт анода и бокового гарнисажа. Увеличение количества пены в электролите. Выпадение осадков. Неравномерное распределение тока. Протеки анодной массы	Поднятие анода. Прекращение обработки ванны до анодных эффектов
«Зажатие» МПР в ванне	Повышение температуры металла*	Горячий ход	Низкое МПР. Низкий уровень металла. Рост осадков на подине. Низкий уровень электролита. Увеличенное сопротивление анода. Науглерожённость электролита	Поднятие анода. Регулировка МПР
Негаснувший анодный эффект	Пониженное напряжение анодного эффекта. Увеличенное напряжение после анодного эффекта	Оплавление гарнисажа	Увеличенный уровень глиноземных осадков. Анод, посаженный на настель. Повышенная кислотность электролита. Низкий уровень электролита. Увеличенное сопротивление электролита. Волнение металла	Поднятие анода. Снижение съёма тока серии. Корректировка уровня и состава электролита
Карбидообразование	Увеличенное рабочее напряжение	То же	Увеличенная температура электролита. Местные перегревы в ФРП	Поднятие анода

* Определяется по косвенным показателям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исследования влияния номинальной ЭДС на качество регулирования межполюсного расстояния электролизера на силу тока 300 кА / В.И.Скорняков, А.Ф.Жаров, В.В.Веселков, Ю.В.Богданов, Б.И.Смоляницкий, А.М.Надточий, В.Г.Камаганцев // Цветные металлы. 2005. № 11. С. 57–64.

2. *Леви О.Э.* Эволюция и современное состояние систем АПГ // Материалы Высших алюминиевых курсов / ОАО «Красноярский алюминиевый завод». Красноярск, 2003. 17 с.

3. *Туринский З.М.* Динамика технологических нарушений в работе алюминиевых электролизеров // Цветные металлы. 1999. № 10. С.32–39.