

## **Контроль и управление качеством среза катодного осадка в САУ «Электролиз»**

*Николай Матюшкин, Валерий Безумов, Владимир Новиков, Александр Кабанов, Владимир Андронов, Александр Дунаев*

**В статье рассматривается реализация алгоритма оптимизации одного из показателей качества производства тугоплавких редких металлов электролизом расплава солей в составе САУ «Электролиз».**

Для контроля и управления процессами электролитического получения тугоплавких редких металлов, в частности циркония, в расплавах солей была разработана САУ «Электролиз» [1, 2]. В состав САУ «Электролиз» внедрён ряд математических моделей разработки ОАО «ВНИИНМ», позволяющих повысить качество готовой продукции и резко сократить расход электроэнергии при стабилизации других показателей, влияющих на себестоимость продукции и безопасность управления технологическим процессом.

Структурная схема САУ «Электролиз» показана на рис. 1. САУ «Электролиз» является двухуровневой децентрализованной системой. На её нижнем уровне находятся датчики, преобразователи, линии связи, контроллеры MicroPC фирмы Octagon Systems. На верхнем уровне – промышленные рабочие станции AWS-8248T и AWS-8100 фирмы Advantech.

Контроллеры MicroPC выполнены в корпусе 5206-RM с блоком питания 5101 и имеют следующий набор плат: процессорная плата 5066, 48-канальная плата цифрового ввода-вывода 5600-48, Ethernet-карта.

Промышленные рабочие станции Advantech серии AWS обладают необходимой функциональностью и вычислительной мощностью, оснащены чётким цветным TFT ЖК-дисплеем, имеют переднюю панель со степенью защиты IP65. В САУ «Электролиз» с их помощью управляют токовой нагрузкой серий электролизёров, составом электролита и качеством среза катодного осадка, а так-

же осуществляют визуализацию информации о ходе технологического процесса и состоянии оборудования в виде мнемосхем и трендов. Промышленные рабочие станции AWS-8248T расположены в помещении мастера смены; рядом с ним в отдельной комнате находятся контроллеры; компактная рабочая станция AWS-8100 установлена в одном помещении с обслуживаемым ею промышленным оборудованием – выпрямительными агрегатами. Преобразователи, вторичные приборы, устройства связи с объектом размещены в местном щите рядом с объектом управления. Для связи рабочих станций AWS-8248T между собой, с контроллерами, АРМ и сервером используется сеть Ethernet. Связь компактной рабочей станции AWS-8100 со станциями AWS-8248T осуществляется по интерфейсу RS-485.

К современному производству тугоплавких редких металлов электролизом расплава солей предъявляются следующие требования:

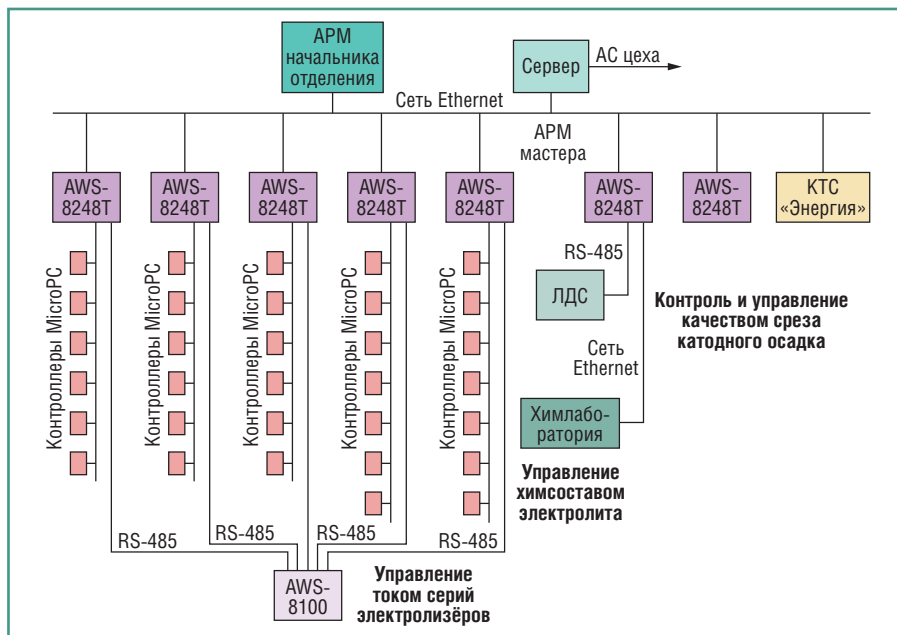
- непрерывность производства,
- герметичность электролизёра,
- автоматизация основных технологических операций.

В этой связи особое значение приобретает операция удаления катодного осадка. Одним из способов удаления катодного осадка является способ среза катодного осад-

ка с помощью П-образных ножей. Как видно из схемы электролизёра, приведённой на рис. 2, для осуществления среза катодного осадка катоды изготавливают в форме усечённой окружности и помещают на катодном валу, который соединён с двигателем переменного тока. П-образные ножи соединены с лотками, которые также имеют возможность вращаться вокруг своей оси. Чтобы не допустить прогорания катодов в расплаве, их охлаждают водовоздушной смесью. Перед началом процесса среза катодного осадка происходит опускание лотков. Затем в процессе среза катодного осадка катодный вал делает один оборот, при этом катоды проходят через П-образные ножи, после чего осуществляется поднятие лотков, и катодный осадок сбрасывается в приёмники, где охлаждается в атмосфере инертного газа. Процесс электролиза получается практически непрерывным. Постоянный ток отключается только на несколько минут для осуществления оборота ка-



**Чепецкий механический завод:  
здание отделения по производству порошка циркония**

**Условные обозначения:**

АС – автоматизированная система; КТС – комплекс технических средств; ЛДС – линия дозирования солей.

**Рис. 1. Структурная схема САУ «Электролиз»**

тодного вала. Данный способ удаления катодного осадка позволяет сохранить герметичность электролизёра. Срез катодного осадка происходит внутри герметичного корпуса электролизёра. Все технологические операции при срезе катодного осадка легко автоматизируются.

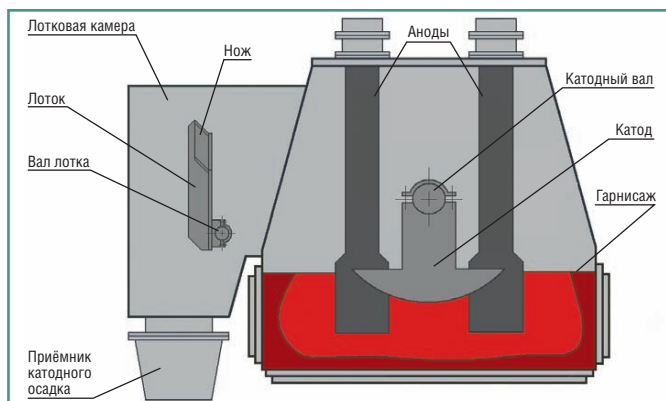
Промышленное производство циркония электролизом расплава солей организовано на ОАО «Чепецкий механический завод». Общий вид цеха по производству порошка электролитического циркония приведён на рис. 3. Опыт промышленной эксплуатации показал, что способ среза катодного осадка с помощью П-образных ножей может приводить к сокращению периода работы электролизёра. При эксплуатации данного способа удаления катодного осадка наблюдались как «хорошие», так и «плохие» срезы катодного осадка. При «хороших» срезах удаление катодного осадка производилось с одного оборота катод-

ного вала. При «плохих» срезах для удаления катодного осадка необходимо было осуществить два и более оборота катодного вала. Большое количество «плохих» срезов приводило к повышенному износу ножей и лотков и, соответственно, к сокращению периода работы электролизёра. Возникла задача уменьшить количество «плохих» срезов катодного осадка и тем самым повысить эффективность электролитического производства тугоплавких редких металлов.

Решить данную задачу удалось с помощью создания подсистемы автоматизированного контроля и управления качеством среза катодного осадка в составе САУ «Электролиз». Были выполнены эксперименты, направленные на выработку критерия качества среза катодного осадка и определение технологических параметров, влияющих на этот критерий. Во время проведения экспериментов фиксировались:

- пусковой ток двигателя привода катодного вала,
- ток холостого хода двигателя привода катодного вала,
- ток двигателя привода катодного вала первой попытки среза катодного осадка ( $I_{cp1}$ ),
- ток двигателя привода катодного вала промежуточных попыток среза катодного осадка,
- ток двигателя привода катодного вала последней попытки среза катодного осадка,
- период времени между пуском двигателя катодного вала и началом среза катодного осадка,
- время первой попытки среза катодного осадка,
- время промежуточных попыток среза катодного осадка,
- время последней попытки среза катодного осадка,
- общее время среза катодного осадка.

Для критерия качества среза катодного осадка оценивались следующие параметры:  $I_{cp1}$  и время первой попытки среза катодного осадка. Для измерения тока двигателя привода катодного вала при срезе катодного осадка аналоговый сигнал через трансформатор тока 300/5 преобразовывался (посредством преобразователя Advantech ADAM-3114A) в стандартный сигнал (0...10 В) и вводился в промышленную станцию. Частота съёма сигнала в момент операции среза была 9 раз в секунду. Как показали экспериментальные данные, время первой попытки среза катодного осадка изменялось незначительно в пределах  $\pm 12\%$ , а  $I_{cp1}$  при этом изменялся в пределах  $\pm 55\%$ . Кроме того, было обнаружено, что при превышении некоторого предельного значения тока двигателя привода катодного вала срез катодного осадка, как правило, проводился в несколько приёмов. Поэтому для избежания «плохих» срезов катодного осадка



**Рис. 2. Схема герметичного электролизёра для получения тугоплавких редких металлов электролизом расплава солей**



**Рис. 3. Цех по производству порошка электролитического циркония**

Дата	30.5	30.5	30.5	29.5	29.5
Регл. время	08:00	06:00	02:00	23:00	20:00
Факт. время	07:58	05:01	01:54	22:58	19:58
38					
39					
40					
41	0	0	0	0	0
42	64,5	38,1	48,8	126,0	82,7
43	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0

Рис. 4. Таблица значений  $I_{ср1}$ 

можно признать качественным срез при  $I_{ср1}$  не более предельного значения тока двигателя привода катодного вала. Предельное значение тока двигателя привода катодного вала зависит от мощности этого двигателя и должно определяться для каждого электролизёра отдельно. Как показали проведённые эксперименты, на  $I_{ср1}$  влияют степень охлаждения катодов, состав и уровень электролита. Например, для электролитического получения циркония были найдены следующие математические модели:

$$I_{ср1} = 0,4849 \cdot OX + 87,1524; \quad (1)$$

$$I_{ср1} = -13,5663 \cdot C_{Cl} + 241,1943; \quad (2)$$

$$I_{ср1} = 3,3578 \cdot n_{ср} + 94,8921; \quad (3)$$

$$I_{ср1} = 0,0612 \cdot N_{ср} + 90,9459; \quad (4)$$

$$I_{ср1} = 0,4337 \cdot OX - 12,5742 \cdot C_{Cl} + 3,2636 \cdot n_{ср} + 195,6647. \quad (5)$$

Здесь  $OX$  – среднее показание сигнализаторов охлаждения катодов, %;

$C_{Cl}$  – концентрация хлора в электролите, %;

$n_{ср}$  – номер среза катодного осадка между сливами электролита;

$N_{ср}$  – номер среза катодного осадка за весь период работы электролизёра.

Для реализации подсистемы автоматизированного контроля и управления качеством среза катодного осадка было разработано информационное обеспечение, которое осуществляет выдачу на экран монитора промышленной станции значений  $I_{ср1}$  в табличном виде, показанном на рис. 4, а также (по вызову технолога) графика изменения тока двигателя привода катодного вала на момент проведения операции среза катодного осадка, пример которого приведён на рис. 5.

Для значений  $I_{ср1}$ , выводимых на экран монитора промышленной станции, предусмотрены разные цвета: если  $I_{ср1}$  не больше предельного значения тока двигателя привода катодного вала, то зелёный цвет; если  $I_{ср1}$  больше предельного значения тока двигателя привода катодного вала, то красный цвет. Если значение  $I_{ср1}$  больше предельного значения тока двигателя привода катодного вала, то происходит расчёт управляющего воздействия по математическим моделям 1–5 и вывод рекомендаций по изменению степени охлаждения катодов, состава

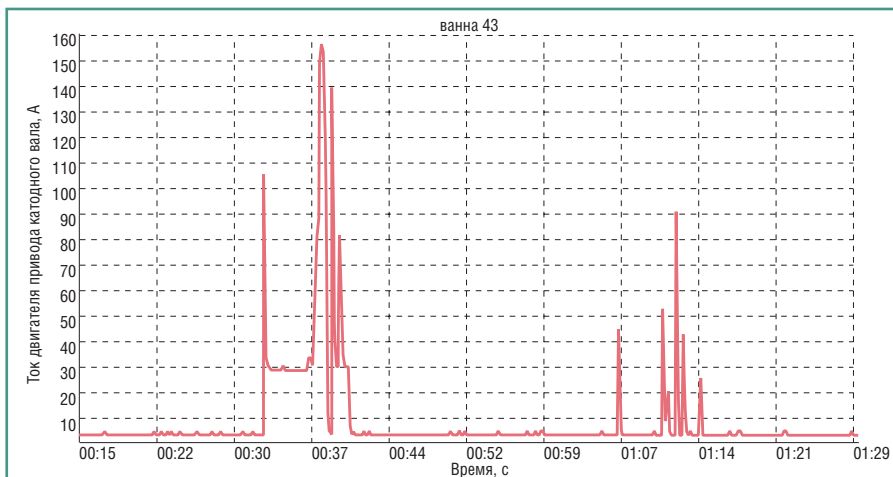


Рис. 5. График изменения тока двигателя привода катодного вала на момент проведения операции среза катодного осадка

ва и уровня электролита, направленных на уменьшение  $I_{ср1}$ . Если реализация выданных рекомендаций не привела к требуемым результатам, то после очередной операции среза катодного осадка происходит вскрытие электролизёра, проверка крепления и состояния ножей и лотков и при необходимости зачистка шейки катодов, ножей и лотков.

Внедрение подсистемы автоматизированного контроля и управления качеством среза катодного осадка в составе САУ «Электролиз» в производство позволило увеличить период работы электролизёра на 15%. ●

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бакланов В.П., Огородников Л.В., Семёновых Е.П., Сулов В.Б. и др. Опыт создания автоматизированной системы контроля и управления процессом электролитического получения циркония на базе использования инструментального пакета Trace Mode // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – № 6. – С. 13–15.
2. Безумов В.Н., Бакланов В.П., Дунаев А.И., Матюшкин Н.А. и др. Разработка математических моделей процесса электролиза в расплаве  $K_2ZrF_6-KCl-KF-NaCl$  // Цветные металлы. – 2005. – № 7. – С. 100–102.

## НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ НОВОСТИ

### В «пятилетку» с Belden

Компания Belden улучшает условия базовой гарантии на большинство изделий модельного ряда Hirschmann™. Теперь вместо базовых 24 месяцев гарантии предоставляется срок в 60 месяцев (5 лет) на следующие серии и модели:

- **серия Spider** (неуправляемые промышленные коммутаторы Fast и Gigabit Ethernet начального уровня);
- **серия OpenRail** (более 1000 модификаций компактных промышленных коммутаторов с широким спектром применения);
- **модульная серия MICE и PowerMICE** (промышленные коммутаторы для отказоустойчивых сетей Ethernet и Real-time Ethernet с модульной структурой, «горячим» резервированием и широким набором специализированных опций);
- **серия RSR** (специализированные коммутаторы для подстанций и транспорта, удовлетворяющие требованиям стандартов МЭК 61850, EN50155);
- **коммутаторы MACH 1020/1030/1040** (стоечные отказоустойчивые коммутаторы с уникально гибкой конфигурируемой

архитектурой, отвечающие требованиям МЭК 61850);

- **серия Octopus** (коммутаторы со степенью защиты IP67 для эксплуатации вне распределительных шкафов в пыльной, влажной среде);
- **беспроводные устройства BAT54, BAT300** (промышленные точки доступа Wi-Fi с дальностью передачи до 20 км и скоростью до 300 Мбит/с);
- **роутеры Eagle** (межсетевые экраны в промышленном исполнении для защиты и сегментирования Ethernet-сетей).

Покупатель может также заказать расширенную до 8 лет гарантию, просто выбрав соответствующий пункт в электронном конфигураторе устройства на его Web-странице. Более длительные сроки гарантии на изделия Hirschmann™ рассматриваются и предоставляются по отдельному запросу. На продукцию модельного ряда MACH102/104, MACH4000 базовый срок гарантии не изменился и составляет 24 месяца.

Весь спектр продукции Hirschmann можно приобрести у официального дистрибьютора Belden – компании ПРОСОФТ. ●