

Содержание

Экономика и управление производством

Международный обзор рынка цветных металлов	4
Баженов О. В. Построение модели PLS-PM, характеризующей социальную значимость предприятий медной промышленности (на примере компании «Уралэлектромед»)	7

Обогащение

Чантурия Е. Л., Чантурия В. А., Журавлева Е. С. Перспективы использования электрохимической технологии водоподготовки при флотационном обогащении медно-цинковых руд	13
Селиванов Е. Н., Сергеева С. В., Гуляева Р. И. Фазовый состав и термические свойства окисленной никелевой руды Куликовского месторождения	20

Тяжелые цветные металлы

Зайцев П. В., Шнеерсон Я. М. Автоклавные процессы переработки меди-содержащего сырья	26
--	----

Легкие металлы, углеродные материалы

Шахрай С. Г., Поляков П. В., Иванова А. М., Шайдулин Е. Р. Исследование свойств укрывных материалов обожженных анодов алюминиевого электролизера	39
--	----

Редкие металлы, полупроводники

Вальков А. В. Селективная экстракция циркония и гафния трибутилfosфатом из концентрированных растворов	45
Загородняя А. Н., Абишева З. С., Шарипова А. С., Жумабеков Ж. Ж. Полупромышленные испытания сорбционной технологии извлечения рения из сточных вод от промывки металлургических газов Балхашского медного завода	49

Радиоактивные элементы

Чубик М. П., Осипова Н. А., Гонец А. В., Чубик М. В. Перспектива использования нанотрубок диоксида титана для высокоэффективной сорбции ионов урана	55
---	----

Наноструктурированные металлы и материалы

Трухина И. Г., Мансуров Ю. Н., Рева В. П., Пименов В. А. Структура трубок на основе $TiO_2 - ZrO_2 - SiO_2$	61
---	----

Композиционные материалы и многофункциональные покрытия

Гавариев Р. В., Савин И. А., Леушин И. О. Влияние функциональных покрытий на эксплуатационную стойкость пресс-форм литья под давлением для цинковых сплавов	66
---	----

Материаловедение

Миронов А. Е., Гершман И. С., Котова Е. Г. Дегазация и модификация алюминиево-оловянных сплавов	71
---	----

Металлообработка

Демидович В. Б., Растворова И. И. Прецизионный нагрев цилиндрических немагнитных заготовок в индукторе перед обработкой давлением	76
Суфияров В. Ш., Попович А. А., Борисов Е. В., Полозов И. А. Влияние толщины слоя построения при селективном лазерном плавлении сплава Inconel 718 на микроструктуру и свойства	81

Автоматизация

Лавриков С. А., Коцарь М. Л., Андреев А. В., Чернышев А. А. Разработка системы автоматизации процесса йодидного рафинирования циркония с использованием опыта создания автоматизированного стенда на базе шахтных печей сопротивления	87
---	----

Хроника

Сизяков В. М., Власов А. А., Бажин В. Ю. Стратегические задачи металлургического комплекса России	32
Навстречу 90-летию журнала «Цветные металлы»	
Памяти Бориса Ивановича Колесникова (01.01.1930–05.03.2003). В. В. Пронников, Л. Ш. Цемехман	93

Итоги конкурса на лучшую статью по металлургии цветных металлов	96
Требования к оформлению статей	96

Журнал включен в Международные базы данных Scopus, Chemical Abstracts Service

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ без самоцитирования 0,155

Журнал по решению ВАК Минобразования РФ включен в «Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук» по разработке месторождений твердых полезных ископаемых, по металлургии, по экономике, по химии.

Статьи всех авторов, в том числе аспирантов, публикуются в порядке общей очереди бесплатно (за исключением статей рекламного характера).

ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛЫ, УГЛЕРОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Исследование свойств укрывных материалов обожженных анодов алюминиевого электролизера

УДК 669.713.7; 669.71:502.3

С. Г. Шахрай, доцент, кафедра техносферной безопасности горного и металлургического производства¹, эл. почта: shahrai56@mail.ru

П. В. Поляков, профессор-консультант, кафедра металлургии цветных металлов¹

А. М. Иванова, ген. директор²

Е. Р. Шайдулин, менеджер³

¹ ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия.

² Научно-технический центр Элтер, Красноярск, Россия.

³ ООО «РУСАЛ-ИТЦ», Красноярск, Россия.

Укрытие анодного массива является важной частью диссипативной системы — электролизера с обожженными анодами. Укрытие снижает скорость окисления анода атмосферным воздухом и стабилизирует тепловой баланс ванны, поддерживает заданный уровень электролита, обеспечивает оптимальную форму настыли и гарнисажа, адсорбирует летучие фториды: HF, NaAlF₄ и AlF₃, защищает ниппели анододержателя от воздействия расплава при возникновении анодного эффекта, определяет срок службы и тепловой баланс, который в том числе зависит от качества укрытия, предотвращает чрезмерные потери тепла, достигающие 153 кВт, и затраты электроэнергии на их компенсацию. Таким образом, укрытие анодного массива оказывает существенное влияние на технико-экономические и экологические показатели электролиза, позволяет снизить расход электроэнергии, углеродных материалов и уровень выбросов загрязняющих веществ.

В свою очередь, качество укрытия зависит от характеристик исходных материалов: дробленых оборотного электролита и корок, свежего глиноэма, технологии их переработки и смешивания, способов транспортировки и хранения, операций загрузки в электролизер укрывного материала (УМ) и физико-химических свойств последнего — химического и гранулометрического составов, газопроницаемости, теплопроводности, текучести,угла естественного откоса (УЕО), устойчивости к разрушению, толщины слоя.

В статье представлены результаты исследований физических свойств УМ анодного массива алюминиевого электролизера — теплопроводности и прочности корок, образующихся при его спекании. Установлено влияние гранулометрического состава и температуры на свойства УМ. Представлены методики проведения исследований.

Предложены составы УМ, обеспечивающие более надежную защиту анода от окисления, возможность получения прочных корок, увеличение или снижение интенсивности отвода тепла от анодного массива, что позволяет регулировать междууполюсное расстояние и устранять магнитогидродинамическую нестабильность электролизера.

Разработаны рекомендации по улучшению состава УМ, используемого на российских алюминиевых заводах, которые позволяют повысить его потребительские свойства.

Ключевые слова: алюминиевый электролизер, анодный массив, укрытие, прочность, окисление, потери тепла, методика.

DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/tsm.2016.01.06>

Укрытие анодного массива является важной составной частью диссипативной системы — алюминиевого электролизера, оно снижает окисление анода и стабилизирует тепловой баланс ванны, поддерживает заданный уровень электролита, обеспечивает оптимальную форму настыли и гарнисажа, адсорбирует летучие фториды: HF, NaAlF₄ и AlF₃, защищает ниппели анододержателя от воздействия расплава. Таким образом, УМ оказывает существенное влияние на технико-экономические и экологические показатели производства алюминия и продлевает срок службы ванны.

Качество укрытия анодного массива зависит от характеристик используемых для этих целей материа-

лов, технологии их переработки, способов транспортировки и хранения, операций загрузки в электролизер УМ и его физико-химических свойств — химического и гранулометрического составов, газопроницаемости, теплопроводности, текучести,угла естественного откоса [1–4].

Как правило, 25–30 % (мас.) загружаемых в электролизер УМ размещаются на поверхности анода, оставшиеся 70–75 % (мас.) — по его периметру. Толщина слоя укрытия на разных заводах колеблется в широких пределах — от ≤5 см до >12 см и определяется из соображений надежной защиты анода от окисления и отвода тепла в количестве, обеспечивающем под-

держение теплового баланса ванны. Толщина слоя укрытия может варьироваться и в зависимости от теплопроводностей спеченных корок УМ и анода, которые колеблются в пределах 0,9–1,6 и 2,5–5,0 Вт/(м·К) соответственно. Удельные тепловые потери от поверхности укрытия, сформированного из смеси дробленого электролита и глинозема, составляют от 4 до 5,4 Вт/м², из глинозема — 3,9 Вт/м². По этой причине глинозем в качестве укрывного материала может применяться в случаях, когда есть необходимость уменьшения межполюсного расстояния или в случае высокой теплопроводности эксплуатируемых анодов (от 4 Вт/(м·К) и более).

В статье представлены результаты подбора составов УМ с различными физическими свойствами — теплопроводностью и прочностью корок, образующихся при их спекании, позволяющих регулировать отвод тепла от поверхности анодного массива и обеспечивать его надежную защиту от окисления.

Подготовка образцов укрывного материала заданных химического и гранулометрического составов

При выборе химического и гранулометрического состава УМ авторы ориентировались на лучшие примеры практики алюминиевых заводов мира [5]. Химический состав УМ представлен дроблеными электролитом и корками с добавкой 20 % (мас.) фторированного глинозема. Для оценки влияния крупности компонентов выбраны 4 состава УМ, гранулометрические характеристики которых представлены в табл. 1.

Образцы (массой 500 г) взвешивали на электронных весах АС 6-1,2. Смешивание компонентов УМ осуществляли вручную встряхиванием в герметич-

Компонент	Химическая формула	Содержание, % (мас.)	
		КГШ	дробленая корка
Хиолит	Na ₃ Al ₅ F ₁₄	10,9	30,9
Криолит	Na ₃ AlF ₆	10,1	30,1
α-Глинозем	Al ₂ O ₃	13,1	33,4
γ-Глинозем	Al ₂ O ₃	63,7	—
Кальциевый криолит	Na ₃ Ca ₃ Al ₅ F ₁₄	1,9	5,4
Углерод	C	1,98	5,44

ной таре в течение 3–5 мин до получения однородного состава.

Для измерения теплопроводности часть образцов использовали в насыпном состоянии. Для исследования прочности корок образцы высотой 80 мм и диаметром 50 мм спекали в лабораторной муфельной печи при 900 °C при скорости нагрева 10 °C/мин с последующей выдержкой при конечной температуре в течение 3 ч. Внешний вид спеченных образцов показан на рис. 1. Далее спеченные образцы доводили до размера 40–50 мм вручную.

Свойства материалов предложенных рецептур сравнивали со свойствами криолито-глиноземной шихты (КГШ), используемой в настоящее время на алюминиевых заводах для укрытия анодного массива электролизеров. Химический состав КГШ и входящий в ее состав дробленой корки с анодного огарка представлен в табл. 2.

Гранулометрический состав КГШ:

Размер частиц, мкм	—40	40–100	100–315	315–630	630–1250	1,25–2,5	2,5–5	мм
Содержание, % (мас.)	7,6	39,3	52,8	0,0074	0,074	0,082	0,07	

Приведенные данные указывают на то, что в настоящее время УМ большей частью состоит из глинозема и содержит значительное количество частиц размером до 100 мкм, что противоречит общепринятой мировой практике [5].

Определение теплопроводности материала укрытия анодов

Измерения теплопроводности УМ проводили на установке ТЭП методом пропускания стационарного теплового потока через испытуемый цилиндрический образец и определения температур на его изотермических поверхностях (рис. 2). Расчет теплопроводности осуществляли по формуле:

$$\lambda = \frac{Q \ln \left(\frac{d_2}{d_1} \right)}{2\pi l(t_2 - t_1)}, \quad (1)$$

Таблица 1 Гранулометрический состав УМ				
Состав	Содержание фракций крупностью, % (мас.)			
	0–125 мкм	125–315 мкм	315–2000 мкм	2,0–12,5 мм
1	28	28	37	7
2	12	25	18	45
3	33	28	15	24
4	34	17	14	35

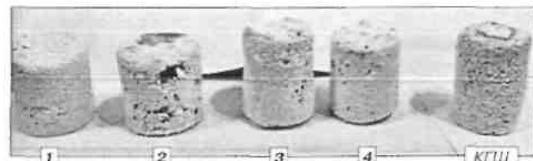


Рис. 1. Внешний вид образцов УМ, спеченных при 900 °C:
1–4 — составы 1–4 соответственно

где Q — тепловой поток, Вт, поступающий в образец и рассчитываемый по току и падению напряжения в нагревателе:

$$Q = IU, \quad (2)$$

где I — ток, проходящий по нагревателю, А; U — падение напряжения на нагревателе, В; A — длина образца, м; t_1, t_2 — температуры дифференциальной термопары, °С; d_1, d_2 — диаметры образца в местах расположения спаев термопар в образце, м.

Полученные в ходе измерений значения теплопроводности приведены на рис. 3.

Минимальной теплопроводностью обладает КГШ (рис. 3), что обусловлено большой долей входящего в ее химический состав глинозема (~80 % (мас.)) и значительным содержанием мелких пылевидных частиц размером до 100 мкм (>45 % (мас.)).

Высокое содержание глинозема обеспечивает низкую теплопроводность укрывного материала, но не обеспечивает надежной защиты анода от окисления. Согласно данным статьи [6], скорость окисления анода, защищенного глиноземом, в 32 раза превышает скорость окисления анода, защищенного УМ — смесью дробленого электролита с глиноземом. Обусловлена такая разность низкой газопроницаемостью спеченной корки (0,02–0,04 нПм) и высокой у глинозема (8,9 нПм), который не образует корки при температуре электролиза. О низкой эффективности защиты анода от окисления криолитглиноземной шихты свидетельствует высокое содержание углерода в дробленой корке (>5 % (мас.)) и в готовой КГШ (~2 % (мас.)) (см. табл. 2), и это при том, что приемлемым является содержание 0,5 % (мас.) [7]. Превышение содержания углерода 1–2 % (мас.) указывает на низкое качество анода или его укрытия [7]. Источниками углерода являются мелкая пыль, оседающая из анодных газов на поверхность укрытия, свободный слой частиц углерода на верхней поверхности анода, образующийся вследствие его окисления воздухом, угольная пена, входящая в состав грейферного электролита, и куски анода, попавшие на измельчение с коркой, удаленной с огарка [6].

Большая часть углерода на глубине до 15 см окисляется воздухом, что увеличивает пористость укрывного материала и скорость окисления анода воздухом, замыкая таким образом «порочный круг». Углерод в глубоких слоях укрытия, защищающего боковые поверхности анода, окисляется меньше, однако он может стать причиной загрязнения расплава, увеличения сопротивления и температуры электролита и связанных с этим снижения производительности электролизера и выхода по току, повышения потребления электроэнергии и фтористых солей, содержания газообразных и твердых фторидов в анодных газах. Согласно работе [8], увеличение температуры электролита на каждые 10 °С приводит к снижению выхода по току на ~2 %.

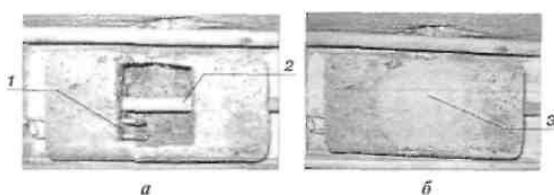


Рис. 2. Ячейка для определения теплопроводности УМ:
а — без материала; б — с материалом;
1 — дифференциальные термопары; 2 — нагреватель; 3 — материал укрытия

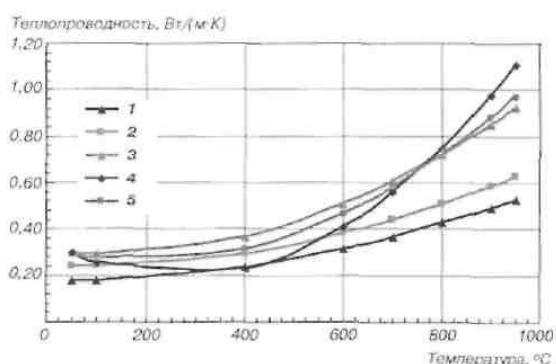


Рис. 3. Влияние температуры на теплопроводность материала укрытия анода:
1 — КГШ; 2–5 — составы 1–4 соответственно

Другой причиной высокой скорости окисления анода является гранулометрический состав УМ: содержание пылевидных частиц размером до 100 мкм превышает 45 % (мас.). При этом содержание в КГШ крупных частиц, размером ≥2 мм, не достигает и 1 % (мас.). Это противоречит общепринятой мировой практике, когда оптимальным признается гранулометрический состав УМ, содержащий частицы размером от 0,5 до 22 мм [9–11].

Фракционный состав дробленого электролита (подсивовый материал, направляемый на производство КГШ):

Размер частиц, мкм	—45	45–125	125–315	315–2000	2–5 мм
Содержание частиц, % (мас.)	0,5	6,2	13,0	47,5	32,8

Фракционный состав дробленого электролита близок к общепринятым, но значительная добавка глинозема, ~80 % (мас.), приводит к тому, что в готовом укрывном материале преобладают дисперсные частицы.

Следует отметить, что все зарубежные исследователи указывают на нежелательность присутствия в составе УМ мелких частиц, которые пылят, их трудно зафиксировать на поверхности анода, часть из нихсыпается в электролит. Согласно данным статьи [6], УМ с размером частиц <25 мкм обладают низкой теплопроводностью, что может привести к перегреву ниппеля и разрушению угольного блока вследствие

более высокого коэффициента термического расширения, свойственного стали. Согласно работе [6], при содержании в УМ 20 % (мас.) и более фракции <45 мкм, если УМ изготовлен из дробленого и грейферного электролита, наблюдают: разрушение укрытия, рост выхода пены и науглероживание электролита, образование осадков, увеличение температуры расплава (и связанных с этим потерь фтористых солей), увеличение растворимости металла и снижение производительности электролизера (выхода по току).

Определение прочности материала укрытия анодов

Испытания проводили на измерительном комплексе ИК-4 и разрывной машине Р5. Приспособление для определения прочности и модуля упругости при высокой температуре представлено на рис. 4. Образцы УМ, спеченные при 900 °С, испытывали при температурах, °С: 20; 600; 700 и 900. Результаты испытаний представлены на рис. 5.

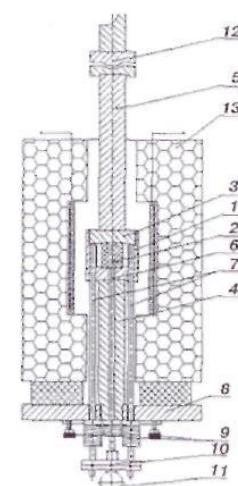


Рис. 4. Схема устройства для определения предела прочности на сжатие и модуля упругости при высокой температуре:
1 — стакан; 2 — образец; 3 — опорная площадка; 4 — нижняя опора; 5 — нагружочный стержень; 6 — опорный стержень; 7 — измерительные стержни; 8 — опорная плита; 9 — опорные пружины с винтами-фиксаторами; 10 — держатель датчика; 11 — датчик; 12 — цилиндр с выступом; 13 — печь

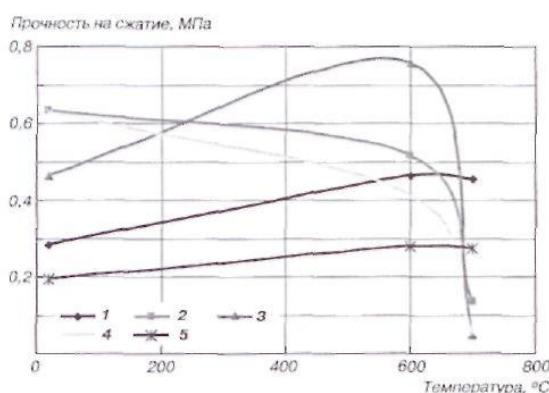


Рис. 5. Прочность на сжатие материала укрытия разного состава, спеченного при 900 °С:
1—4 — составы 1—4 соответственно, 5 — КГШ

При температуре выше 700 °С наибольшей прочностью обладают корки, полученные спеканием КГШ, а также УМ состава 1 (см. рис. 5). Обусловлено это преимущественным содержанием в них мелких и пылевых фракций, способных к образованию плотных структур при термическом воздействии и содержании фтористых солей (хиолита, криолита и трифторида алюминия), соответствующем принятому в мировой практике. Содержание фторсодержащих солей в КГШ в соответствии с данными табл. 2 в пересчете на AlF₃ составляет ~10 % (мас.), что совпадает с данными работ [7, 12, 13].

При температуре выше 700 °С снижение прочности корок, полученных спеканием УМ, которые изготовлены в соответствии с составами 2—4, обусловлено большой долей крупных частиц, обладающих низкой удельной поверхностью и малой площадью контакта.

Снижение прочности корок, полученных спеканием УМ с составами 1—4 и КГШ при температуре выше 700 °С, обусловлено наличием в твердом слое жидкой фазы вследствие испарения тетрафторалюмината натрия и превращения хиолита в криолит и жидкость [14].

Выводы

1. Для более эффективной защиты анода от окисления при сохранении потерь тепла через верх укрытия на существующем уровне целесообразней использовать УМ, изготовленный в соответствии с составом 1. Его теплопроводность (0,63 Вт/(м·К)) сопоставима с теплопроводностью используемого в настоящее время КГШ (0,53 Вт/(м·К)).

2. В случае необходимости интенсификации отвода тепла через верх ванны при увеличении МПР целесообразно использование УМ, изготовленного в соответствии с составом 3. Теплопроводность этого материала более чем в 2 раза превышает теплопроводность КГШ и достигает 1,2 Вт/(м·К).

3. Наибольшей прочностью обладают корки, образованные спеканием УМ, представленного преимущественно мелкими (до 2 мм) и пылевыми (до 100 мкм) частицами. Однако в этом случае возникает риск перегрева ниппелей анододержателя и разрушения угольной части анода вследствие разности термических расширений углерода и стали.

4. Укрывные материалы, представленные преимущественно крупными частицами (составы 2—4), прочных корок не образуют. Обусловлено это их высокой пористостью, не препятствующей проникновению жидкой фазы в верхние слои укрытия.

4. Для оптимизации химического состава укрывного материала целесообразно уменьшить содержание в нем глинозема с 75—80 до ~50 % (мас.), что соответствует принятому в мировой практике. Снижение содержания глинозема позволит получить более устойчивые и прочные корки укрытия, а также интенсифицировать теплоотвод через поверхность укрытия.

Статья подготовлена в рамках темы «Разработка технологии получения алюминия со снижением расхода электроэнергии на действующих электролизерах на 300–1000 кВт·ч/т алюминия», Соглашение с Министерством образования РФ о предоставлении субсидии № 14.579.21.0032 от 5 июня 2014 г.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бажин В. Ю., Власов А. А., Смани А. В. Укрытий материал алюминиевых электролизеров // Технические науки: теория и практика : материалы II Междунар. науч. конференции. — Чита, 2014. С. 33, 34.
2. Смани А. В., Бажин В. Ю., Власов А. А. Влияние технологических характеристик алюминиевого электролизера на толщину укрытия анодов // Актуальные проблемы современной науки в 21 веке : сборник материалов 3-й Междунар. науч.-практ. конференции. Ч. 2. — Махачкала, 2013. С. 13–15.
3. Шахрай С. Г., Поляков П. В., Архипов Г. В., Шайдуллин Е. Р., Смани А. В. Укрытие анодного массива как подсистема алюминиевого электролизера // Металлург. 2014. № 12. С. 84–90.
4. Смани А. В., Бажин В. Ю. Укрытий материалы анодного массива высокоамперного алюминиевого электролизера (тезисы) // XLI Неделя науки СПбГПУ: материалы научно-практической конференции с международным участием. Ч. VI. — СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. — 152 с.
5. Шахрай С. Г., Поляков П. В., Михалев Ю. Г. Укрытие анодного массива алюминиевого электролизера. Обзор современных практик зарубежных алюминиевых заводов // Сб. докл. VII междунар. конгресса «Цветные металлы-2015». Красноярск, 14–18 сент. 2015. С. 160, 161.
6. Wilkening S., Reny P., Murphy B. Anode cover material and bath level control // Light Metals. — San Francisco, California : TMS, 2005. P. 367–372.
7. Nolan E. Richards Anode Covering Practices // Proc. 6th Australasian Aluminium Smelting Technology Conference and Workshop. — Queenstown, New Zealand, 1998. P. 143–152.
8. Граттейм К., Уэлч Б. Дж. Технология электролитического производства алюминия. Теоретический и прикладной подход. — Норвегия, 1980. — 326 с.
9. Blasques J. E. M., Guilherme E. da Mota, Giancarlo De Gregoris. The importance of cover stability and cover practice on cell stability and performance // Proc. 9th Australasian Aluminium Smelting Technology Conference and Workshop. — Terrigal, New South Wales, 2007. P. 13.
10. Taylor M. P., Johnson G. L., Andrews E. W., Welch B. J. The Impact of Anode Cover Control and Anode Assembly Design on Reduction Cell Performance // Light Metals. — Charlotte, North Carolina : TMS, 2004. P. 199–206.
11. Andrews E. W., Taylor M. P., Johnson G. L., Coad I. The Impact of Anode Cover Control and Anode Assembly Design on Reduction Cell Performance. Part 2 // Light Metals. — San Francisco, California : TMS, 2005. P. 357–363.
12. Perruchoud R. C., Meier M. W., Fischer W. K., Schmidt-Hatting W. H. P. Anode properties, cover materials and cell operation // Light Metals. — Warrendale, Pennsylvania : TMS, 2001. P. 695–700.
13. Gudmundsson H. Improving anode cover material quality at Nordural — quality tools and measures // Light Metals. — San Francisco, California : TMS, 2009. P. 467–472.
14. Woodfield D., Picot G., Harding M. Toward optimum anode cover // Proc. 8th Australasian Aluminium Smelting Technology Conference and Workshop. — Yeppon, Australia, 2004. P. 16.

Tsvetnye Metally (Non-ferrous metals). 2016. No. 1. pp. 39–44
DOI: <http://dx.doi.org/10.17580/tsm.2016.01.06>

RESEARCH OF THE PROPERTIES OF AN ALUMINUM ELECTROLYTIC CELL ANODE COVER MATERIALS

Information about authors

S. G. Shakhrai, Assistant Professor (Chair of Technosphere Safety of Mining and Metallurgical Production)¹, e-mail: shahrai56@mail.ru
P. V. Polyakov, Professor-Consultant (Chair of Non-Ferrous Metals Metallurgy)¹
A. M. Ivanova, Chief Executive Officer²
E. R. Shaydulin, Manager³

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia.

² Scientific-Technical Center "Elter", Krasnoyarsk, Russia.

³ LLC "RUSAL Engineering-Technical Center", Krasnoyarsk, Russia.

Abstract

Anode cover is an important part of a dissipative system – a cell with prebaked anodes. Cover reduces the rate of anode oxidation by atmospheric air and stabilizes cell's heat balance of bath, maintains the target level of the electrolyte, provides optimal ledge shape, adsorbs volatile fluorides, protects anode holder nipples from melt influence during an anode effect, extends the cell's life, prevents excessive heat loss, reaching 153 kW, and electrical energy cost of its compensation. Hence, anode cover has a significant impact on the technical, economic and environmental performance of electrolysis. It reduces carbon materials, energy consumption and the pollutant emissions volume. The cover quality depends on raw materials characteristics, processing and mixing technologies, transportation and storage methods, algorithm of cover material loading into cell, and its operational properties, including chemical and granulometric composition, gas permeability, thermal conductivity, resistance to degradation, thickness of the layer. The research results of physical properties of aluminum cell cover material are presented in the paper. The particle size distribution and temperature impacts on the cover material properties are found. Research methods are presented.

Cover materials compositions providing anode protection from oxidation, increasing or reduction of heat dissipation from anode massive that allows controlling anode-cathode distance and eliminating the cell's MHD instability are offered.

Recommendations for improving the covering material composition which provide its consumer properties increasing are developed.

Key words: aluminum electrolytic cell, the anode array, shelter, strength, oxidation, heat loss.

References

1. Бажин В. Ю., Власов А. А., Смани А. В. Укрытий материал алюминиевых электролизеров (Covering material of aluminium electrolyzers). *Tekhnicheskie nauki: teoriya i praktika : materialy II Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* (Technical sciences theory and practice : materials of the II International scientific conference). Чита, 2014. pp. 33–34.
2. Смани А. В., Бажин В. Ю., Власов А. А. Влияние технологических характеристик алюминиевого электролизера на толщину укрытия анодов (Influence of technological characteristics of aluminium electrolyzer on anode covering thickness). *Aktualnye problemy sovremennoy nauki v 21 veke : sbornik materialov tretey Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* (Urgent problems of modern science in the 21 century : collection of materials of the third International scientific-practical conference). Махачкала, 2013. Part 2. pp. 13–15.
3. Шахрай С. Г., Поляков П. В., Архипов Г. В., Шайдуллин Е. Р., Смани А. В. Укрытие анодного массива как подсистема алюминиевого электролизера. *Metallurg = Metallurgist*. 2014. No. 12. pp. 84–90.
4. Смани А. В., Бажин В. Ю. Укрытий материалы анодного массива высокоамперного алюминиевого электролизера (theses). *XLI Nedelya nauki Sankt Peterburgskogo Gosudarstvennogo Politekhnicheskogo Universiteta: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii s Mezhdunarodnym uchastiem. Chast VI* (The XLI Week of Science in the Peter The Great Saint-Petersburg Polytechnic University: materials of scientific-practical conference with International participation. Part VI). Saint Petersburg. Publishing House of Polytechnic University, 2012. p. 152.