

Заметное влияние оказывает содержание оксидов  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$  в глиноземе, взаимодействующие в электролите с фтористым алюминием  $\text{AlF}_3$ , бесполезно расходуя его. Увеличение расхода  $\text{AlF}_3$  для КЭЗа составляет около 3,0 кг/тAl на каждые 0,1 % содержания щелочей.

Таким образом, для улучшения технологических показателей электролиза алюминия наиболее эффективно изменение значимых свойств используемого глинозема по следующим позициям:

- снижение содержания фтора во вторичном глиноземе;
- увеличение ППП и величины ВЕТ-поверхности.

На основании проведенных исследований были разработаны технические требования и рекомендации к физико-химическим свойствам первичного глинозема для АО «КЭЗ», в пределах изменений допускаемых ГОСТ.

УДК 669.71

### **Пути модернизации ошиновки электролизера при производстве алюминия**

Е.Ю.Радионов, Н.В.Немчинова, М.Д.Окулов

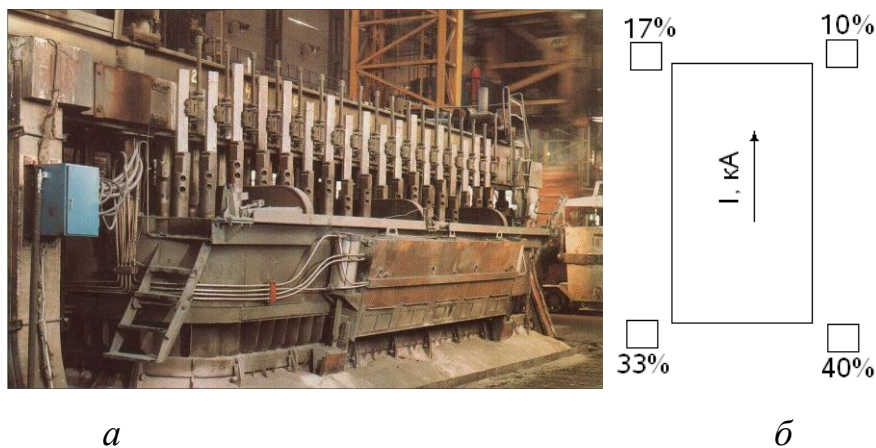
ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»,  
г. Иркутск

В настоящее время развитие алюминиевой отрасли в России проходит по пути в двух направлениях: модернизация действующего производства и строительство новых заводов. Большая часть отечественной алюминиевой промышленности представлена заводами, пущенными в 60 и 70-е годы (около 70%) [1], производство алюминия-сырца на которых осуществляется по технологии Содерберга (преимущественно на ваннах типа С-8Б или С-8БМ). Ванны данного типа на проектную мощность 156 кА были разработаны в 1959 г. А.М. Цыплаковым [2] и получили распространение на отечественных заводах (КрАЗ, БрАЗ, ИркАЗ, НкАЗ, ВгАЗ)[3]. Среди зарубежных заводов,

построенных по проекту ВАМИ и укомплектованных электролизёрами С-8БМ (С-8Б), известны «Egyplatum» (Египет) и «Balco» (Индия).

В настоящее время практически на всех заводах сила тока на электролизёрах типа С8БМ достигла 170-175 кА; при этом многие узлы электролизёра, в том числе и ошиновка, не претерпели каких-либо существенных изменений в своей конструкции. Известно, что повышение силы тока вызывает увеличение индукции магнитного поля и плотности токов в расплаве катодного металла, что, соответственно, приводит к увеличению сил Лоренца, росту статического и динамического перекоса поверхности металла и скорости его циркуляции. Особую опасность для показателей работы электролизера представляет незатухающее волнение металла, поддерживаемое электромагнитным полем. Совокупность вышеуказанных явлений приводит к снижению технико-экономических показателей (ТЭП) работы электролизеров, сокращению срока службы, росту трудозатрат.

Ошиновка электролизёра С-8БМ - ассиметричная, разноуровневая, четырехстоячная с различным распределением тока серии по анодным стоякам, % (рисунок).



Электролизёр С-8БМ: а -общий вид; б - распределение тока по анодным стоякам в ошиновке

Недостатки ошиновки электролизёра С-8Б (С-8БМ) были выявлены в процессе эксплуатации по результатам многократных натурных измерений и расчетов, к основным из которых можно отнести следующие.

*1. Недостаточная компенсация вертикальной компоненты ( $B_z$ ) магнитного поля от влияния соседнего ряда электролизеров.*

Изначально идея компенсации вертикальной компоненты от обратного ряда на электролизёре С-8БМ (С-8Б) заключалась в использовании пакетов катодных шин, находящихся на разных высотах, на «глухой» и «лицевой» сторонах электролизера. Однако с увеличением силы тока эффект от подобного технического решения стал снижаться из-за влияния роста асимметрии поля в металле. Так, при силе тока 173 кА неполная компенсация вертикальной компоненты составляет около 40 Гс. А известно, что отсутствие компенсации  $B_z$  приводит к образованию повышенных скоростей циркуляции катодного металла за счет ухудшению симметрии контуров циркуляции относительно планарных осей из-за увеличения контуров одного направления, а также к увеличению его статического перекоса (разницы в минимальном и максимальном уровнях металла)[2].

*2. Наличие участков анодных стояков в одной плоскости с расплавом алюминия.*

Ток, идущий по анодным стоякам, находящимся в одной плоскости с расплавом катодного металла электролизёра типа С-8БМ, влияет на образование нескомпенсированных вертикальной и поперечной ( $B_y$ ) компонент магнитной индукции. Это приводит к появлению перекоса и высоких скоростей циркуляции в металле. Кроме того, при перемещениях анодного массива (для регулирования напряжения) происходит перемещение в вертикальной плоскости этих участков анодных стояков, что обуславливает снижение магнитогидродинамической (МГД) устойчивости электролизера и приводит к волнениям металла, отрицательно сказывающимся на ТЭП их работы. Проведенные исследования показали, что именно в районе анодных стояков электролизёра С-8БМ характерно специфичное углубление в металле и наличие контуров с высокими скоростями.

### *3. Неравномерное распределение тока по анодной ошиновке.*

Анодная ошиновка электролизёра С-8БМ для оптимального перераспределения токовой нагрузки по всей своей длине имеет переменное сечение. Проведенные расчеты показали наличие на данном электролизёре участков ошиновки как с нулевой плотностью тока (участки, ближайшие к «нулевым» точкам), так и превышающую критическую (равной  $0,75 \text{ А/мм}^2$ ), что ведет к дополнительным потерям мощности в ошиновке.

### *4. Неравномерное токораспределение по блямсам.*

С помощью компьютерной программы «Blums V5.07» были проведены расчеты токораспределения по блямсам электролизёров С-8БМ, а также современных ванн - ОА-300М2, РА-300 и РА-400 (таблица).

Из данных табл. видно, что наличие блямсов с достаточно низкой или высокой токовой нагрузкой приводит к неравномерному нагреву подины в этих местах, увеличению плотности горизонтальных токов, из-за чего, снижение МГД устойчивости и ТЭП работы электролизера, снижение срока службы электролизёра.

Таблица

Анализ результатов расчета токораспределения по блямсам

Тип электролизёра	Ед. изм.	С-8БМ	ОА-300М2	РА-300	РА-400
Мин. знач.	А	5120	3680	6400	4009
Макс. знач.	А	6159	3972	6872	4348
Диапазон	А	1039	292	472	339
Среднеквадратичное отклонение		214,31	65,17	140,25	75,80
Нагрузка по лицевой (входной) стороне	%	49,6	49,93	49,45	49,55
Нагрузка по глухой (выходной) стороне	%	50,4	40,07	50,55	50,45
Разница (глухая сторона – лицевая сторона)	%	0,8	-9,86	1,1	0,9

### *5. Высокий перепад напряжения во всей ошиновке.*

Для ошиновки электролизёра С-8БМ характерна высокая разность потенциалов на всех её участках, что связано с износом сварных контактов шин; использованием шин, сечение которых не предназначены для работы при

повышенных нагрузках тока; неэффективным распределением плотностей тока во всей ошиновке.

*6. Существенные затраты при выполнении капитального ремонта электролизёра.*

Капитальный ремонт любого электролизёра предусматривает выполнение работ, связанных с демонтажем, капитальным ремонтом и с монтажом анодного и катодного узла. Как правило, проведение данных операций у большинства ванн сопровождается разборкой анодных стояков и гибких пакетов блюмсов. Конструкция ошиновки электролизёра С-8БМ позволяет выполнять такие работы только с использованием сварочного оборудования. В свою очередь это увеличивает как время проведения капитального ремонта электролизёра, так и его стоимость. В дальнейшем многократное использование такого способа монтажа (демонтажа) разъёмных участков ошиновки приводит к укорачиванию шин анодных стояков и ухудшению качества сварных контактов.

Таким образом, ошиновка электролизеров типа С-8БМ (С-8Б) требует модернизации для повышения ТЭП производства алюминия-сырца на ваннах данного типа:

- 1) снижение энергетических потерь за счет уменьшения разности потенциалов в междуполюсном зазоре и ошиновке;
- 2) повышение силы тока как за счет снижения потребляемой мощности серии (из-за снижения общего напряжения на электролизёре), так и за счет улучшения МГД-параметров работы электролизёра;
- 3) снижение затрат при выполнении работ, связанных с капитальным ремонтом электролизёров.

#### Литература

1. Aluminum-Vergal Marketing & Kommunikation GmbH Düsseldorf (07.2012). Primary Aluminium Smelters and Producers of the world. P. 5184-5411.
2. Ветюков М.М., Цыплаков А.М., Школьников С.Н. Электрометаллургия алюминия и магния. М.: Metallurgiya, 1987. 320 с.

3. Немчинова Н.В., Окулов М.Д., Бельский С.С. Модернизация действующих заводов по производству алюминия// Перспективы развития технологии переработки углеводородных, растительных и минеральных ресурсов: матер. Всерос. науч.-практ. конф. смеждунар. участием (23-24 апреля 2014 г., г. Иркутск) – Иркутск, 2014. - С. 82-83.

4. Радионов Е.Ю. Влияние повышения силы тока на магнитогидродинамические характеристики сверхмощных электролизёров// Матер. IV Республ. науч.-техн. конф. молодых ученых и специалистов алюминиевой и электродной промышленности (апр. 2006 г., г. Иркутск). – Иркутск, 2006.

УДК 669.71

### **Вольтамперометрия на металлических электродах в расплаве KF-NaF-AlF<sub>3</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

А.В.Суздальцев<sup>1</sup>, А.П.Храмов<sup>1</sup>, В.А.Ковров<sup>1</sup>, Ю.П.Зайков<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт высокотемпературной электрохимии УрО РАН, г.Екатеринбург,

<sup>2</sup>УрФУ, г.Екатеринбург

Производство алюминия электролизом криолит-глиноземного расплава (далее КГР) при 950–960 °С с использованием углеродных анодов является энергозатратным и неэкологичным из-за выделения СО и СО<sub>2</sub>. В настоящее время в мировом масштабе ведутся исследования, направленные на разработку физико-химических основ технологии получения алюминия электролизом расплава KF–NaF–AlF<sub>3</sub>–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> при 750–850 °С с использованием кислород-выделяющих анодов [1–3]. Во избежание быстрой коррозии анодов, необходимо подобрать как состав и способ их изготовления, так и оптимальные режимы электролиза. Последнее предполагает установление закономерностей механизма и кинетики выделения кислорода на аноде при помощи электрохимических методов анализа.