

## ВЛИЯНИЕ КРИОЛИТОВОГО ОТНОШЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТА НА РАБОТУ МОЩНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ

Объем производства алюминия в мире постоянно растет. Создание новых мощных электролизеров диктует необходимость проведения дополнительных технологических исследований. При снижении криолитового отношения производительность электролизера увеличивается. Однако технологические требования при работе мощных электролизеров должны быть жесткими.

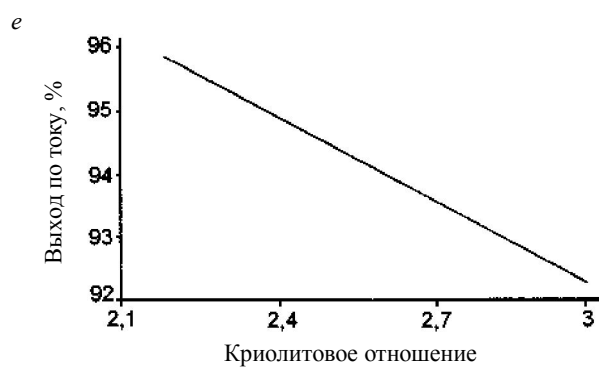
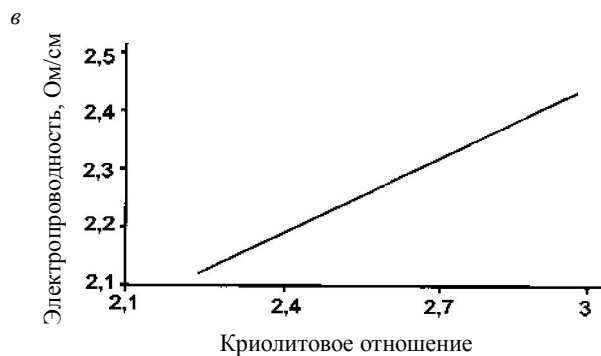
Volume of the world aluminum production is constantly growing. Creation of new powerful electrolysis baths dictates the necessity to carry out additional production research. Reduction of the cryolite ratio leads to an increase in electrolysis bath efficiency. However, process requirements for powerful electrolysis bath operation must be rigid.

Объем мирового производства первичного алюминия в начале XXI в. превысил 24 млн т/год. В проектируемых сериях электролиза России приняты электролизеры ВАМИ на силу тока 260 кА. В связи с эксплуатацией мощных электролизеров существует необходимость проведения технологических исследований, среди которых большое значение имеет изучение криолит-глиноземных расплавов с пониженным криолитовым отношением ( $KO = NaF:AlF_3$ ), так называемых «кислых» электролитов.

В работе [1] установлено, что при использовании электролитов с  $KO = 2,3 \div 2,5$  выход по току выше, чем при более высоком криолитовом отношении. Авторами статьи [3] с использованием методики полного факторного эксперимента показано, что  $KO$  и добавки фторидов кальция и магния увеличивают плотность электролита; для устойчивой работы электролизера при 920 °С представляют интерес электролиты с  $KO = 2,0$  и наличием в расплаве 4-6 % (по массе)  $CaF_2$  и около 2 % (по массе)  $MgF_2$ . В работе [4] выдвигается идея потенциального механизма взаимодействий, соединяющих температуру ванны, криолитовое отношение и другие операционные параметры электролизера.

Систематический анализ влияния  $KO$  на физико-химические свойства электролита и показатели процесса электролиза позволяет отметить прежде всего, что применение «кислых» электролитов приводит к снижению температуры начала первичной кристаллизации электролита, и соответственно, температуры процесса. Снижение  $KO$  также способствует повышению межфазного натяжения на границе электролит – жидкий алюминий в «кислых» электролитах, что улучшает показатели процесса.

В случае уменьшения криолитового отношения плотность электролита снижается, что является положительным фактором (см. рисунок, а). Во-первых, разность плотностей между алюминием и расплавом мала, следовательно, малые возмущения в ванне могут вызвать значительные движения межфазной границы алюминий – электролит, и весьма важно увеличивать эту разность. Во-вторых, согласно литературным данным, снижение плотности электролита приводит к увеличению скорости растворения глинозема, а также уменьшает вероятность образования осадка на подине. Динамическая вязкость электролита – свойство, от которого зависит интенсивность гидродинамических процессов в ванне, уменьшается при снижении  $KO$  (см. рисунок, б).



Характер влияния криолитового отношения на показатели процесса электролиза

В то же время следует отметить, что при снижении КО ухудшается ряд технологических характеристик электролита, например удельная электропроводность электролита (рисунок, в). Уменьшение электропроводности отрицательно влияет на показатели электролиза, увеличивая падение напряжения в электролите и, как следствие, расход энергии. От давления насыщенного пара над расплавом зависят потери ценных компонентов электролита. Зависимость равновесного давления пара над электролитом от криолитового отношения (рисунок, г) показывает, что при снижении КО упругость пара возрастает весьма существенно. Растворимость глинозема при снижении КО уменьшается (рисунок, д) и в среднем составляет 0,8 % (по массе) при уменьшении КО на единицу.

В «кислых» электролитах значительно уменьшается вероятность разряда на катоде ионов  $\text{Na}^+$  (возрастает доля ионов  $\text{Al}^+$  в расплаве), что благоприятно влияет на выход алюминия по току. Таким образом, уменьшение КО приводит к возрастанию выхода алюминия по току (рисунок, е). При снижении КО увеличивается удельный расход электроэнергии (рисунок, ж). Результирующее изменение удельного расхода энергии с уменьшением КО зависит от того, какая из величин изменяется сильнее: напряжение на ванне или выход по току. При КО = 2,41 можно уменьшить расстояние между катодом и анодом ( $L$ ) до 4,8 см или снизить напряжение на ванне на 60 мВ. Но при уменьшении  $L$  уменьшится выход по току  $\eta$ . Однако вследствие слабой зависимости  $\eta$  от  $L$  снижение составит 0,04 % и выход по току станет 94,68 %. Тогда удельный расход электроэнергии будет равен

13,7 Вт·ч/г, т.е. станет меньше, чем был при КО = 2,65 [2]. Таким образом, снижение КО выгодно с точки зрения наработки металла и затрат электроэнергии.

Анализ полученных результатов показывает, что переход к кислым электролитам (избыток  $\text{AlF}_3$  – 13 %, КО = 2,18) сопровождается ухудшением ряда свойств электролита: увеличивается упругость пара, уменьшается электропроводность и растворимость глинозема, но зато растет выход по току. Чтобы проводить электролиз в таких условиях, особенно на мощных электролизерах (260 кА), необходима очень четкая технологическая дисциплина, предусматривающая: точечное питание электролизеров, исключаящее образование осадка; компьютерный контроль за работой ванн, стабилизирующий, в частности, состав электролита; сухую газоочистку, которая исключает большие потери фтора, возникающие за счет повышения его летучести, а также питание электролизеров песочным глиноземом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние состава электролита на некоторые технико-экономические показатели процесса электролиза / З.Н.Балашова, Л.С.Баранова, А.Г.Скрипник, В.В.Вертинский, В.М.Максимова // Труды ВАМИ. Л., 1989. С.28-34.
2. Михалев Ю.Г. Криолитовое отношение, свойства электролита и показатели электролиза // Технико-экономический вестник. 1999. № 12. С.3-7.
3. Некоторые физико-химические свойства криолит-глиноземных расплавов с пониженным криолитовым отношением / А.Н.Антонов, О.Н.Дроняева, Н.А.Качалова, В.А.Крюковский, Г.Т.Смирнова // Труды ВАМИ. Л., 1989. С.34-40.
4. Cryolite ratio and bath temperature stabilization problem in aluminum reduction cell / V.K.Mann, V.V.Ytkov, P.V.Polykov, V.Y.Buzunov // Light Metals. 1998. P.371-377.

Научный руководитель д.т.н. проф. С.В.Александровский