

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА АНОДНОГО ЭФФЕКТА ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ АЛЮМИНИЯ.

Кулиев Е. В.

Научный руководитель доцент Братухина Н. А.

Сибирский Федеральный Университет

На химических заводах и комбинатах из сырья минерального, растительного или животного происхождения и различных промежуточных продуктов их переработки производят свыше миллиарда тонн в год химической продукции сотен тысяч наименований. При огромных различиях в масштабах производства и номенклатуре продукции все химические предприятия имеют общие принципы построения и общие направления развития и совершенствования. Любое химическое производство включает технологические стадии приема, разделения реакционной массы, выделение целевого продукта, его очистки, отгрузки и отправки потребителю, а также очистки и переработки отходов и выбросов. Кроме сырья химические производства в значительных количествах потребляют воду, пар и электроэнергию.

Одним из таких химических производств является производство алюминия посредством электролиза. Необходимо следить за ваннами, в которых происходит процесс восстановления алюминия на катоде под воздействием высокой силы тока.

В ходе электролиза на аноде периодически возникает явление, называемое анодным эффектом, или, как его называют на производстве, «вспышкой». Анодный эффект – углеродная пленка, образующаяся на подошве анода. В технологии электролиза возникновение вспышки имеет большое практическое значение.

Влияние анодного эффекта на производство алюминия

| Анодный эффект | |
|--|--|
| Положительное влияние | Отрицательное влияние |
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ хорошая контрольная характеристика; ▪ позволяет подравнивать и очищать подошву анода; ▪ позволяет снять «сухую» пену с минеральным содержанием криолита; ▪ используется для разогрева расплава. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ повышается расход электроэнергии и материалов; ▪ интенсифицируется улетучивание составляющих электролита; ▪ прекращается наработка металла; ▪ снижается производительность электролиза. |

Возможность управлять и контролировать наступление анодного эффекта является одной из важнейших задач управления электролизом алюминия на современном производстве, позволяет снизить отрицательные последствия анодного эффекта и повысить технико-экономические показатели.

Процесс электролиза алюминия зависит от большого количества факторов. Есть факторы, которые легко контролировать (сила тока, напряжение), но в тоже время имеются факторы, контроль которых затруднен (действительно количество доз глинозема). Возникает задача построения математической модели данного процесса.

Изучая литературу выяснилось, что наиболее сильное влияние на анодный эффект оказывают следующие факторы: криолитовое отношение, фтористый кальций, фтористый магний, уровень электролита, действительное значение тока серии, действительное количество доз глинозема, поданного на электролизную ванну, температура электролита электролизера.

Необходимо изучить частоты анодного эффекта на электролизере от выбранных факторов. Математическая модель процесса может быть представлена в виде полинома первой степени, зависящая от 7 параметров:

$$Y = \sum_{i=1}^7 B_i * X_i \quad (1)$$

Данная задача может быть решена с помощью методов математической статистики с использованием метода наименьших квадратов.

Для процесса получения алюминия предложена регрессионная модель:

$$Y = XB, \text{ где } B = [X^T X]^{-1} X^T Y \quad (2)$$

Были проведены замеры необходимых технологических параметров, при этом значения брались усредненными за сутки. Результаты замеров приведены в таблице 1.

$X_1=1$ (т.к. действующее количество доз глинозема трудноконтролируемый параметр, поэтому исключаем его и вводим параметр $X_1 = 1$); X_2 -криолитовое отношение, моль; X_3 -фтористый кальций, %; X_4 -фтористый магний, %; X_5 -уровень электролита, см; X_6 -действующее значение тока серии, кА; X_7 -температура электролита электролизера, °С; АЭ-анодный эффект.

| Сутки | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | X_6 | X_7 | АЭ |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 1 июля | 2,307 | 7,333 | 0,892 | 17,1 | 169,3 | 957,9 | 65 |
| 2 июля | 2,307 | 7,333 | 0,892 | 17,3 | 169,2 | 960,4 | 96 |
| 3 июля | 2,307 | 7,333 | 0,892 | 17,4 | 169,5 | 960,9 | 93 |
| 4 июля | 2,307 | 7,333 | 0,892 | 17,2 | 169,5 | 960,5 | 121 |
| 5 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,2 | 169,5 | 959,9 | 112 |
| 6 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 16,9 | 169,5 | 958,4 | 104 |
| 7 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,4 | 169,5 | 960,9 | 19 |
| 8 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,8 | 169,5 | 962,4 | 68 |
| 9 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,8 | 169,5 | 964,6 | 70 |
| 10 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,7 | 169,2 | 966,0 | 65 |
| 11 июля | 2,312 | 7,309 | 0,889 | 17,2 | 169,5 | 963,7 | 53 |
| 12 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 17,1 | 169,5 | 963,0 | 59 |
| 13 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 17,1 | 169,5 | 961,0 | 50 |
| 14 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 16,7 | 169,5 | 960,2 | 57 |
| 15 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 17,2 | 169,5 | 964,1 | 61 |
| 16 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 17,0 | 169,5 | 965,0 | 74 |
| 17 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 16,8 | 169,5 | 964,5 | 59 |
| 18 июля | 2,357 | 7,388 | 0,838 | 17,3 | 169,5 | 963,6 | 55 |
| 19 июля | 2,314 | 7,436 | 0,868 | 17,5 | 169,5 | 964,0 | 58 |
| 20 июля | 2,314 | 7,436 | 0,868 | 17,3 | 169,5 | 963,1 | 58 |

Функция частоты анодных эффектов имеет вид:

$$Y = B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_4 X_4 + B_5 X_5 + B_6 X_6 + B_7 X_7$$

Компоненты уравнения (2) равны (результаты расчета):

$$Y = \begin{bmatrix} 121 \\ 50 \\ 58 \\ 74 \\ 78 \\ 93 \\ 72 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 1 & 2,31 & 7,33 & 0,89 & 17,2 & 169,5 & 960,5 \\ 1 & 2,36 & 7,39 & 0,84 & 17,1 & 169,5 & 961,0 \\ 1 & 2,36 & 7,39 & 0,84 & 16,7 & 169,5 & 960,2 \\ 1 & 2,36 & 7,39 & 0,84 & 17,0 & 169,5 & 965,0 \\ 1 & 2,31 & 7,44 & 0,87 & 17,8 & 169,2 & 963,6 \\ 1 & 2,31 & 7,44 & 0,87 & 17,4 & 169,5 & 962,5 \\ 1 & 2,35 & 7,35 & 0,85 & 17,5 & 169,5 & 966,5 \end{bmatrix}, \quad B = [X^T X]^{-1} X^T Y \Rightarrow B = \begin{bmatrix} 182,09 \\ -2421,3 \\ -456,39 \\ -1290,9 \\ -28,1 \\ 31,95 \\ 5,3 \end{bmatrix}$$

Математическая модель анодного эффекта принимает вид:

$$Y = 182,09 - 2421,3 X_2 - 456,39 X_3 - 1290,9 X_4 - 28 X_5 + 31,9 X_6 + 5,3 X_7$$

Полученная математическая модель позволит разработать алгоритмы управления анодными эффектами, возникающими при электролизе алюминия, что

может сократить нежелательные технологические влияния анодного эффекта и уменьшить затраты на производство.