

Ермолаева В.А.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: ErmolaevaVA2013@mail.ru*

Электрический баланс электролизера в производстве алюминия.

Данная работа посвящена изучению электролизера, с помощью которого получают первичный алюминий. На сегодняшний день алюминий - не только один из самых распространенных в природе металлов, но и один из самых ценных. Современный метод получения, процесс Холла—Эру был разработан независимо американцем Чарльзом Холлом и французом Полем Эру в 1886 году. Он заключается в растворении оксида алюминия Al_2O_3 в расплаве криолита Na_3AlF_6 с последующим электролизом с использованием расходоуемых коксовых или графитовых анодных электродов. Такой метод получения требует очень больших затрат электроэнергии, и поэтому получил промышленное применение только в XX веке

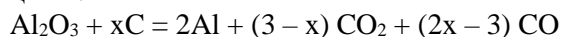
Единственным применяющимся в крупномасштабном промышленном производстве способом получения металлического алюминия является электролитическое разложение его оксида, растворенного в расплавленном криолите Na_3AlF_6 (или $3NaF \cdot AlF_3$).

В работе проведено полное описание устройства электролизера, рассмотрены виды электролизеров, проведены расчеты электрического баланса.

Основным исходным сырьем являются глинозем (Al_2O_3), фтористый алюминий (AlF_3) и криолит (Na_3AlF_6), также добавляется фтористый кальций (CaF_2). Внутри электролизера глинозем поступает автоматически, порциями по 2 кг.

Технологический процесс осуществляется при $950^\circ C$. Ток подводят с помощью 32 электродов из прессованного и обожженного угля. Алюминиевое производство считается самым энергозатратным. На катоде выделяется алюминий, который периодически выливается с помощью вакуум-ковша и направляется в литейное отделение, где готовятся сплавы с кремнием, магнием, марганцем, медью или проводится рафинирование. На аноде происходит окисление выделяющимся кислородом углерода. Отходящий анодный газ представляет собой смесь CO_2 и CO .

Суммарная реакция процесса:



Получение алюминия электролизом криолитоглиноземного расплава связано не только с большим расходом электроэнергии, но и со значительным расходом угольных анодов (420—575 кг/т алюминия), что составляет 20-25 % себестоимости алюминия.

Электролизер - большая ванна, дно которой выложено огнеупорным кирпичом. Роль катода выполняет дно ванны, а анода – погружаемые в криолит угольные блоки длиной около 1,5 метров и шириной 0,5 метра. Анодная плотность тока $0,862 \text{ A/cm}^2$

Расчёт электрического баланса состоит в определении падений напряжения в конструктивных элементах электролизёра, в электролите и напряжений поляризации.

Величину практического напряжения разложения глинозема можно выразить следующим образом:

$$E_p = N_{CO_2} \cdot E_{Al_2O_3(CO_2)} + (1 - N_{CO_2}) \cdot E_{Al_2O_3(CO)} = 0,78 \cdot 1,19 + (1 - 0,78) \cdot 1,08 = 1,166 \text{ В}$$

Рассчитанные значения:

Анодное перенапряжение $0,199 \text{ В}$. Концентрационное перенапряжение $0,162 \text{ В}$.

ЭДС поляризации $1,572 \text{ В}$. Среднее удельное сопротивление анода $0,0076 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Удельное электросопротивление электролита $0,44 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Падение напряжения в электролите (расчетное $1,59 \text{ В}$) составляет весомую долю напряжения на ванне, поэтому необходимо чётко следить за этой величиной. Дополнительное падение напряжения, вызванное пузырьковым слоем $0,849 \text{ В}$.

С учетом этого значения падение напряжения в электролите составит:

$$\Delta U_{эл} = 1,59 + 0,847 = 2,437 \text{ В}$$

Электрический баланс электролизера представлен в таблице.

Составляющие напряжения на ванне	Обозначения	Величина, В
Напряжение поляризации	E	1,572
Потери напряжения		
в аноде	ΔU_a	0,579
в электролите	$\Delta U_{эл}$	2,437
в катоде	ΔU_k	0,486
от анодных эффектов	$\Delta U_{АЭ}$	0,017
в ошиновке ванны	$\Delta U_{ош}$	0,623
Греющее напряжение	$\Delta U_{гр}$	5,091
Рабочее напряжение	ΔU_p	5,697
Среднее напряжение	$\Delta U_{ср}$	5,754

Производительность современных электролизных ванн составляет 500—1200 кг алюминия в сутки. Для получения 1 т алюминия расходуется: 1,95 т глинозема, 25 кг криолита, 25 кг фтористого алюминия, 0,5—0,6 т анодной массы, 14—16 МВт · ч электроэнергии.

Литература

1. Ермолаева В.А., Козлова Я.Ю. Исследование технологического процесса получения алюминия электролизом глинозема, Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. - 2016. - № 4(30) - с. 10-15.
2. Ермолаева В.А. Алгоритмы расчета и расчетные характеристики химико-технологических процессов, Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований, № 5, 2018, стр. 28-33.