

УДК 669.713

Изучение влияния технологических параметров процесса электролиза на выход по току при производстве алюминия

© А.А. Володькина, Н.В. Немчинова, Д.В. Дрягин

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,**г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. Цель исследования заключается в изучении влияния технологических параметров процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов на выход по току при производстве алюминия. Проведение в течение месяца комплексных замеров технологических параметров (температуры процесса электролиза, напряжения на ванне, криолитового отношения электролита) и оценка их влияния на выход по току осуществлялись на крупнейшем алюминиевом предприятии ПАО «РУСАЛ Братск» (г. Братск, Иркутская область) компании РУСАЛ. Комплексный замер параметров процесса электролиза производился через три дня, то есть на четвертый день, в период с 1 по 30 июня 2018 года. Для определения криолитового отношения пробы электролита подвергались рентгеноспектральному анализу в центральной заводской лаборатории. Показатели технологических параметров (температура процесса, напряжение на ванне), а также значения выхода по току были получены из электронной базы предприятия. По результатам проведенных замеров установлено, что выход по току на исследуемых ваннах 7 корпуса 1 цеха ПАО «РУСАЛ Братск» в период исследований составлял 87,04–92,07 %. Показано, что для достижения более высоких значений выхода по току при производстве первичного алюминия необходимо снижать криолитовое отношение электролита, однако следует учитывать при этом плохую растворимость глинозема, что приводит к уменьшению выхода по току.

Ключевые слова: производство алюминия, выход по току, технологические показатели, криолитовое отношение, электролиз криолит-глиноземных расплавов, температура электролита, напряжение на ванне

Studying the Effect of Technological Parameters of the Electrolysis Process on the Current Efficiency in the Production of Aluminum

© Anna A. Volodkina, Nina V. Nemchinova, Dmitry V. Dryagin

*Irkutsk National Research Technical University,**Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The aim of the research is to study the influence of technological parameters of the electrolysis process of cryolite-alumina melts on the current efficiency in the production of aluminum. Comprehensive measurements of technological parameters (temperature of the electrolysis process, bath voltage, cryolite ratio of the electrolyte) and assessment of their effect on the current efficiency were carried out within a month at the largest aluminum enterprise PAO «RUSAL Bratsk» (Bratsk, Irkutsk region) of RUSAL corporation. A comprehensive measurement of the parameters of the electrolysis process was carried out three days later, that is, on the fourth day, from June 1 to June 30, 2018. To determine the cryolite ratio, the electrolyte samples were subjected to X-ray spectral analysis in the central plant laboratory. The indicators of technological parameters (process temperature, bath voltage) and the values of the current efficiency were obtained from the electronic database of the enterprise. The results of the measurement revealed that the current efficiency in the tested baths of building 7 of the 1st workshop of PAO «RUSAL Bratsk» during the study period was 87.04–92.07 %. It is shown that in order to achieve higher values of the current efficiency in the production of primary aluminum, it is necessary to reduce the cryolite ratio of the electrolyte, however, one should take into account the poor solubility of alumina, which leads to a decrease in the current efficiency.

Keywords: aluminum production, current efficiency, technological indicators, cryolite ratio, electrolysis of cryolite-alumina melts, electrolyte temperature, bath voltage

Металлургическая отрасль является одной из самых важнейших отраслей промышленности для современного мира [1]. Одно из лидирующих мест по производству и потреблению среди цветных металлов занимает алюминий [2]. Алюминиевая промыш-

ленность России представлена крупнейшей компанией РУСАЛ, которая неуклонно развивается за счет расширения минерально-сырьевой базы [3, 4], повышения энергоэффективности производства [5, 6] и решения экологических проблем [7–11].

Потребность человечества в алюминии с каждым годом увеличивается. Благодаря своим химическим и физическим свойствам алюминий используется практически во всех сферах жизнедеятельности современного человека.

Для удовлетворения потребности в алюминии в настоящее время единственным промышленным способом является электролиз криолит-глиноземных расплавов. Чтобы получить металл высших марок, поставляемый глинозем должен удовлетворять требованиям электролиза. Так, он должен быть химически чистым, для чего пробы глинозема подвергают рентгеноспектральному анализу для определения количества примесей, из-за наличия которых в повышенных количествах сортность первичного алюминия снижается. Поэтому содержание примесей в сырье строго регламентируется. Состав продукции алюминиевых заводов зависит от предъявляемых потребителем требований к содержанию примесей в ней.

Получение высококачественного алюминия при максимальном выходе по току зависит от ведения процесса без технологических нарушений и от поддержания оптимальных значений различных технологических показателей процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов: криолитового отношения (КО), напряжения на ванне, температуры электролита, межполюсного расстояния [12–14].

Выход по току является основным технико-экономическим показателем процесса электролиза, который демонстрирует отношение фактически полученного алюминия к теоретическому количеству металла. Снижение величины выхода по току показывает снижение эффективности использования тока. Поэтому важной задачей производства первичного алюминия является повышение выхода по току.

Процесс получения алюминия сопровождается огромными затратами электрического тока, поэтому строительство масштабных алюминиевых предприятий осуществляется вблизи крупных поставщиков электроэнергии. Для снижения затрат на потребляемую электрическую энергию и для повышения эффективности алюминиевого производства необходимо применять различные мероприятия, такие как внедрение систем автоматизированного управления процессом, устройств непрерывной подачи глинозема, переход на технологию «сухого» анода, использование литиевых солей, внедрение

новых конструкций алюминиевых электролизеров, модернизация ошиновки и т. п. В совокупности эти мероприятия позволят свести к минимуму частоту и длительность анодных эффектов, сократить выбросы вредных веществ в атмосферу и снизить расход электроэнергии на производство алюминия. Чтобы решить поставленные проблемы, необходим анализ показателей хода процесса электролиза.

Целью проведения исследования явилось выявление зависимости выхода по току от технологических показателей процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов. Для проведения анализа были получены производственные параметры хода процесса электролиза с ПАО «РУСАЛ Братск» (Братский алюминиевый завод (БрАЗ)) в период с 1 по 30 июня 2018 года. Объектом изучения влияния технологических параметров на выход по току стал 7 корпус 1 цеха БрАЗа, в котором установлено 90 электролизных ванн типа С-8БМ с самообжигающимися анодами и верхним токоподводом (рис. 1).

Технологические параметры автоматически заносятся в компьютерную базу данных предприятия. Сохраняются такие данные, как температура, напряжение, производительность, КО и количество примесей в алюминии-сырце, а также значения показателя выхода по току. Корректировка параметров протекания процесса осуществляется технологами предприятия.

В настоящее время в 7 корпусе БрАЗа производят первичный алюминий марки А7, в котором содержание кремния не более 0,12 %, а железа не более 0,16 %; содержание алюминия не менее 99,7 %. На Братском алюминиевом заводе температура процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов поддерживается в пределах 950–970 °С.

Для изучения влияния технологических параметров на выход по току из базы данных Братского алюминиевого завода были проанализированы такие значения параметров хода технологического процесса, как среднее напряжение на ванне, температура. Все полученные данные представлены в таблице.

Для выявления зависимости выхода по току от параметров хода процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов были построены соответствующие графики (рис. 2, 3).



Рис. 1. Корпус электролиза с установленными ваннами типа С-8БМ

Данные параметров хода процесса электролиза

Дата	Выход по току, %	КО	Температура, °С	Среднее напряжение, В	Сумма содержания Fe и Si, %
01.06.2018	90,71	2,31	954	4,33	0,31
04.06.2018	91,07	2,3	953	4,32	0,27
08.06.2018	90,68	2,27	954	4,33	0,29
11.06.2018	89,98	2,28	958	4,35	0,30
15.06.2018	92,07	2,26	952	4,29	0,25
18.06.2018	91,9	2,27	952	4,3	0,24
25.06.2018	87,06	2,34	966	4,37	0,27
29.06.2018	87,04	2,36	967	4,38	0,26

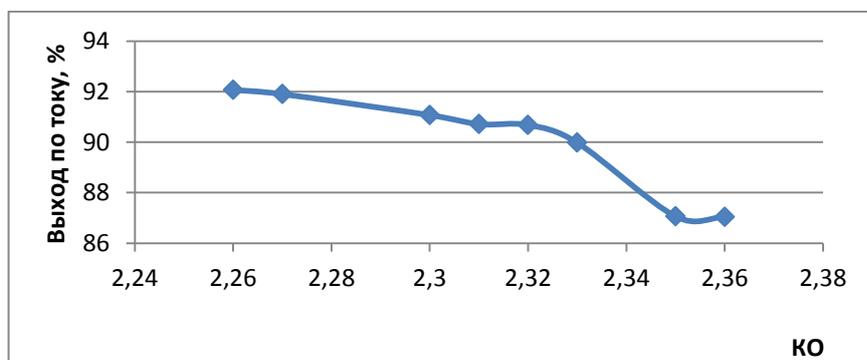


Рис. 2. Зависимость выхода по току от КО

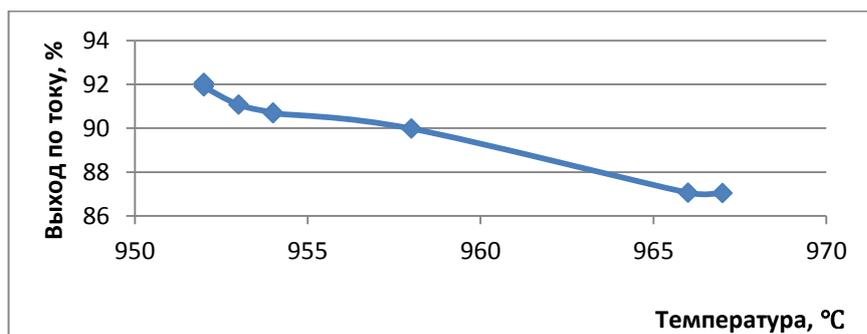


Рис. 3. Зависимость выхода по току от температуры

На основании данных рис. 2, 3 можно сделать вывод, что при увеличении значений КО выход по току снижается. При низких значениях КО растворимость глинозема снижается [15]. Повышение температуры улучшает растворимость сырьевого источника, однако повышение температуры снижает выход по току. Поэтому процесс электролиза криолит-глиноземных расплавов ведут в узком интервале температур, не до-

пуская перегрева или охлаждения, чтобы выход по току являлся оптимальным.

Графики (рис. 2, 3), построенные по данным, полученным на Братском алюминиевом заводе, соответствуют справочным данным и подтверждают данные зависимости значения выхода по току от технологических параметров хода процесса электролиза криолит-глиноземных расплавов для получения первичного алюминия.

Библиографический список

1. Сизяков В.М., Власов А.А., Бажин В.Ю. Стратегические задачи металлургического комплекса России // Цветные металлы. 2016. № 1. С. 32–37. <https://doi.org/10.17580/tsm.2016.01.05>
2. Бегунов А.И. Технологии получения легких металлов: монография. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2017. 233 с.
3. Dubovikov O.A., Brichkin V.N., Ris A.D., Sundurov A.V. Thermochemical activation of hydrated aluminosilicates and its importance for alumina production // Non-ferrous Metals. 2018. № 2. P. 11–16. <https://doi.org/10.17580/nfm.2018.02.02>
4. Бричкин В.Н., Куртенков Р.В., Элдиб А.Б., Бормотов И.С. Состояние и пути развития сырьевой базы алюминия небокситных регионов // Обогащение руд. 2019. № 4. С. 31–37. <https://doi.org/10.17580/or.2019.04.06>
5. Mann V., Buzunov V., Pitertsev N., Chesnyak V., Polyakov P. Reduction in Power Consumption at UC RUSAL's Smelters 2012–2014 // Light Metals. 2015. P. 757–762. <https://doi.org/10.1002/9781119093435.ch128>
6. Немчинова Н.В., Радионов Е.Ю., Соменов В.В. Исследование влияния формы рабочего пространства на МГД-параметры работы электролизера производства алюминия // Вестник ИрГТУ. 2019. Т. 23. № 1. С. 169–178. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2019-1-169-178>
7. Mann V., Pingin V., Zherdev A., Bogdanov Y., Pavlov S., Somov V. SPL Recycling and Re-processing // Light metals. 2017. P. 571–578. https://doi.org/10.1007/978-3-319-51541-0_71
8. Немчинова Н.В., Тютрин А.А., Бараускас А.А. Анализ химического состава техногенных материалов производства первичного алюминия для поиска рациональных методов их переработки // Цветные металлы. 2019. № 12. С. 22–29. <https://doi.org/10.17580/tsm.2019.12.03>
9. Nemchinova N.V., Yakushevich P.A., Yakovleva A.A., Gavrilenko L.V. Experiment for use of Bratsk aluminium plant technogenic waste as a reducing agent during cast iron smelting // Metallurgist. 2018. Vol. 62. № 1-2. P. 150–155. <https://doi.org/10.1007/s11015-018-0637-7>
10. Buzunov V., Mann V., Chichuk E., Frizorgner V., Pinaev A., Nikitin E. The first results of the industrial application of the EcoSoderberg technology at the Krasnoyarsk aluminium smelter // Light Metals. 2013. P. 573–576. <https://doi.org/10.1002/9781118663189.ch98>
11. Бурдонов А.Е., Зелинская Е.В., Гавриленко Л.В., Гавриленко А.А. Изучение вещественного состава глиноземсодержащего материала алюминиевых электролизеров для использования в технологии первичного алюминия // Цветные металлы. 2018. № 3. С. 32–38. <https://doi.org/10.17580/tsm.2018.03.05>
12. Ромасева Ю.А. Характеристика нарушений нормальной работы электролизера и способы их устранения // Инновационная наука. 2016. № 11-2. С. 65–67.
13. Калужский Д.А. Влияние криолитового отношения электролита на работу мощных алюминиевых электролизеров // Записки Горного института. 2004. Т. 159. Ч. 1. С. 151–153.
14. Тютрин А.А., Немчинова Н.В., Володькина А.А. Изучение влияния параметров процесса электролиза на основные технико-экономические показатели работы ванн ОА-300М // Вестник ИрГТУ. 2020. Т. 24. № 4. С. 906–918. <https://doi.org/10.21285/1814-3520-2020-4-906-918>
15. Skybakmoen E., Solheim A., Sterten A. Alumina solubility in molten salt systems of interest for aluminum electrolysis and related phase diagram data // Metallurgical and Materials Transactions B. 1997. Vol. 28. P. 81–86. <https://doi.org/10.1007/s11663-997-0129-9>

Сведения об авторах / Information about the Authors

Володькина Анна Александровна,
магистрант,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,

Anna A. Volodkina,
Undergraduate,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian

664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: vo1odkinaa@yandex.ru

Немчинова Нина Владимировна,
доктор технических наук,
профессор, заведующая кафедрой металлургии цветных металлов,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: ninavn@yandex.ru

Дрягин Дмитрий Владимирович,
магистрант,
Институт высоких технологий,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Российская Федерация,
e-mail: ddryagin1978@mail.ru

Federation,
e-mail: vo1odkinaa@yandex.ru

Nina V. Nemchinova,
Dr. Sci. (Technics),
Professor, Head of Nonferrous Metallurgy Department,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: ninavn@yandex.ru

Dmitry V. Dryagin,
Undergraduate,
Institute of High Technologies,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian Federation,
e-mail: ddryagin1978@mail.ru