

В.Ю.БАЖИН, канд. техн. наук, доцент (812) 328-84-59

Д.В.МАКУШИН, аспирант, (812) 328-84-59

Санкт-Петербургский государственный горный университет

V.Y.BAZHIN, PhD in eng. sc., associate professor (812) 328-84-59

D.V.MAKYSHIN, post-graduate student (812) 328-84-59

Saint Petersburg State Mining University

ВЛИЯНИЕ МГД-СТАБИЛЬНОСТИ МОЩНОГО АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА НА ВЫХОД ПО ТОКУ

Рассматривается проблема повышения эффективности работы мощных алюминиевых электролизеров при компенсации потерь металла во время магнитодинамических волнений. Разработана схема асимметричной ошиновки для повышения производительности за счет МГД-стабильности электролизеров.

Ключевые слова: алюминиевый электролизер, выход по току, магнитодинамическая стабильность.

INFLUENCE OF MGD-STABILITY AT THE CURRENT EFFICIENCY OF POWERFUL ALUMINIUM POT

The problem of increase of overall performance of powerful aluminum reduction pots at indemnification of metal losses is discussed during of magnet-dynamic movements. The scheme of asymmetric busbar is developed for increase of electrolysis productivity at the expense of MGD-stability.

Key words: aluminium reduction pot, current efficiency, magnet-dynamic stability.

В настоящее время основной тенденцией интенсификации электролиза алюминия является увеличение единичных мощностей и размеров агрегатов. Одно из направлений в решении вопроса ресурсосберегающего управления процессом электролитического получения алюминия на электролизерах с силой тока более 300 кА – это повышение стабильности поверхности катодного алюминия. Влияние электромагнитных возмущений (МГД-нестабильности) при определенных соотношениях силы тока, технологических параметров в сочетании с изменениями геометрии и конструкции электролизеров приводит к технологическим отклонениям и неустойчивой работе оборудования.

Магнитная динамика расплава одна из актуальных составляющих задач процесса электролиза алюминия. В электролизерах с

высокой силой тока (более 300 кА) процесс протекает при воздействии на расплав электромагнитных полей, которые в рабочем пространстве вызывают магнитодинамические эффекты расплава (МГД-эффекты): перекос металла, циркуляцию металла и электролита. Основными направлениями работ, которые способствуют устранению МГД-нестабильности являются:

- снижение стационарных МГД-эффектов путем рационального распределения тока в катодной и анодной ошиновке;

- исключение взаимного отрицательного влияния электролизеров, выражающееся в переходе электромагнитных возмущений с электролизера на электролизер, за счет размещения уравнивающих шин и перемычек;

- создание компенсирующего магнитного поля на крайних серийных электроли-

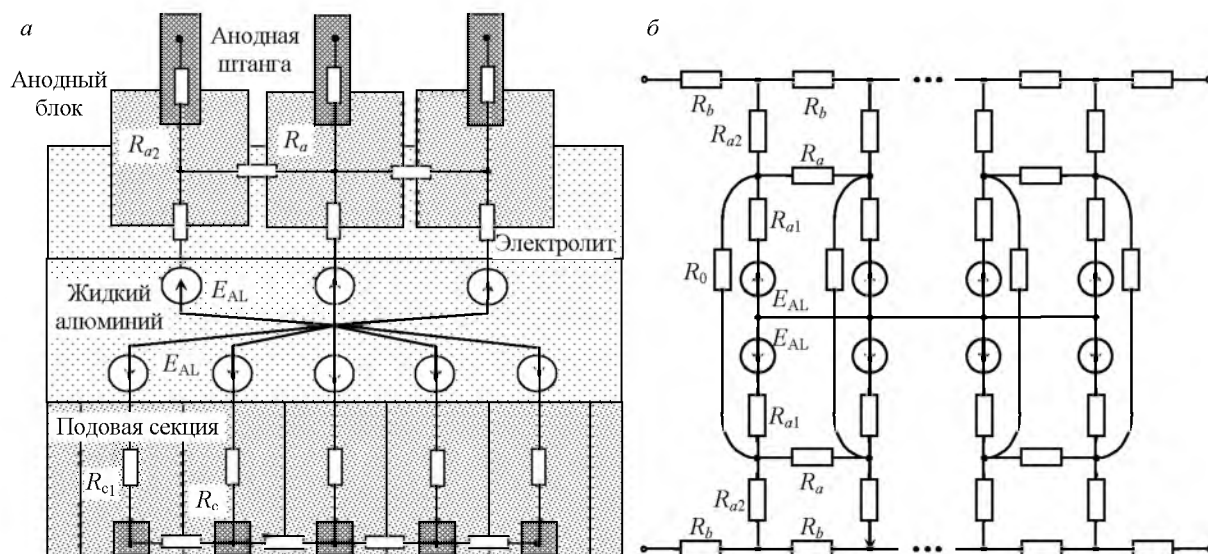


Рис.1. Фрагмент продольного сечения электролизера (а) и схема замещения анодного узла (б)

зерах с помощью межкорпусной асимметричной ошиновки.

Моделирование магнитной гидродинамики выполняется для оценки контуров и скоростей циркуляции в электролите и алюминии, волнообразования на границе металл-электролит, которые существенно влияют на такие технико-экономические показатели, как расход электроэнергии и производительность электролизера. При расчете магнитного поля в расплаве учитываются ферромагнетики, магнитное поле соседних электролизеров, электролизеров соседнего ряда и соседних электролизных корпусов. Расчеты магнитной гидродинамики выполняются как по теории «мелкой» воды, так и по трехмерным моделям ряда сопротивлений (рис.1).

Расчеты МГД-состояния электролизера заканчиваются оценкой МГД-стабильности электролизера. Для решения проблемы устойчивости поверхности расплава от воздействия магнитного поля на электролизере устанавливаются дополнительные анодные стояки, которые снижают B_x - и B_z -составляющие магнитного поля в основном в зоне действия электролизера, но не снимают воздействие соседних электролизных ванн. Наиболее часто МГД-воздействие B_y -составляющей проявляется на крайних электролизерах, когда дополнительно накладыва-

ются магнитные поля серийной ошиновки. Передача МГД-эффекта с электролизера на электролизер объясняется тем, что в конструкции ошиновок отечественных алюминиевых электролизеров отсутствуют перемыкающие элементы с достаточно малым электросопротивлением. Внесение компенсационных элементов и узлов в ошиновку мощных электролизеров позволяет увеличить МГД-устойчивость и стабилизировать технологический режим алюминиевого электролизера, что подтверждается промышленными испытаниями [1-3].

Техническим результатом является достижение высокой степени компенсации электромагнитных сил в расплаве за счет оптимизации конфигурации магнитного поля на катоде B_x и снижения величины вертикального магнитного поля B_z с учетом магнитного поля соседнего ряда электролизеров B_y .

Компенсация влияния B_y соседнего ряда электролизеров обеспечивается специальными эквипотенциальными перемычками, которые передают часть тока с катодных стержней от соседнего ряда электролизеров на противоположную сторону электролизера шиной, которая устанавливается под днищем катодного кожуха.

В мировой практике для устранения МГД- неустойчивости в ошиновке мощных

алюминиевых электролизеров при их продольном расположении в корпусе известны и используются следующие технические решения:

- установка дополнительных стояков на анодной ошиновке;
- изменение расстояния между стояками анодной ошиновки;
- изменение положения катодной ошиновки по высоте;
- увеличение сечения шин катодной и анодной ошиновок;
- установка компенсационных и обводных шин.

Увеличение МГД-стабильности за счет применения уравнивающих шин и перемычек повышает выход по току на 0,3-0,5 %. Выявлена положительная роль перемычек и эквипотенциальных узлов как фактора снижения дисперсии тока, которая способствует стабилизации процесса электролиза алюминия.

Следует отметить, что все технические разработки по модернизации ошиновки направлены на устранение МГД-нестабильности, которая в конечном итоге косвенно приводит к увеличению выхода по току, и как следствие – производительности электролизера. Проблему снижения МГД-нестабильности в целом можно решить учитывая все факторы влияния, используя математические модели и применяя комплексные технические решения.

Максимальный выход по току (приближенный к теоретически возможному) на электролизерах с обожженными анодами (ОА) составляет 96,0-96,5 %. Потери металла на угольном катоде (выход по току) 3,0-3,5 % безвозвратные за счет обратных реакций, анодных эффектов и т.д. Величина выхода по току в процессе электролитического получения алюминия зависит от следующих факторов:

- обратных реакций (рекомбинационные процессы);
- распределения и состава основных примесей в сырье (глиноземе);
- качества глинозема (песчаного типа с минимальным содержанием α - глинозема);
- величины электропроводности электролита;

- времени и продолжительности анодных эффектов;
- утечек тока;
- испарения компонентов электролита и окисления;
- абсорбционных реакций во время контакта с технологическим инструментом;
- физических потерь;
- формы рабочего пространства;
- МГД-стабильности;
- коротких замыканий.

Таким образом, снижение магнитогидродинамической составляющей в зоне расплава электролизера способствует стабилизации процесса электролитического получения алюминия – увеличения производительности, что в целом не позволяет дать конкретной оценки влияния на величину выхода по току. Поскольку выход по току функционально зависит от любого текущего параметра, который находится во временном поле, производительность может быть учтена только после определенного срока службы электролизера, например, через производительность серии электролиза (ванно-сутки) за месяц, отнесенной к количеству работающих электролизеров. За любой контролируемый временной период на качество оценки внедрения того или иного инновационного решения может повлиять любой из перечисленных факторов. Проблему снижения погрешности результатов решает метод многофакторных экспертных оценок.

Комплексная модернизация ошиновки электролизной ванны с учетом всех перечисленных факторов может привести к увеличению выхода по току, но не более 0,5 %, что также подтверждается рядом научно-технических изысканий.

Потери выхода по току за счет увеличения дисперсии анодного токораспределения

$$\Delta\eta = 0,008 + 0,75V_a^{1,27},$$

где V_a – коэффициент вариации массива измерений анодного токораспределения.

Влияние различных технологических параметров алюминиевых электролизеров разных типов обуславливает возможность применения данной методики расчета, так как она изменяется в зависимости от рас-

смаатриваемых типов электролизеров. Согласно данным, полученным при исследовании электролизеров типа ОА,

$$\eta = 0,96 - \Delta\eta V_i,$$

где 0,96 – теоретически максимально достижимый уровень выхода по току, %; $\Delta\eta V_i$ – изменение выхода по току за счет дисперсии анодного токораспределения в ошиновке.

МГД-составляющая на электролизерах разного типа существенно отличается и поэтому применение методик расчета невозможно механически перенести на другие типы электролизеров. В этом случае используют эмпирические коэффициенты на базе математического анализа взаимовлияния МГД-нестабильности и технологических параметров.

В последнее десятилетие ведущие алюминиевые компании мира увеличивают производство алюминия, повышают технико-экономические показатели процесса электролиза [4, 5]. Варьирование основных технических показателей процесса электролиза алюминия, силы тока и количества электролизеров наряду с инновационными решениями приводит к ежегодному увеличению выхода по току.

Таким образом, основываясь на производственных показателях и научно-технической составляющей процесса электролиза, перемикающие элементы в ошиновках выполняют роль стабилизирующего фактора в зоне металл-электролит и оказывают косвенное влияние на выход по току, которое составляет 0,3-0,5 % (рис.2).

Усовершенствованная схема ошиновки для электролизеров с обожженными анодами предполагает замыкание электрических ветвей электролизера в определенных точках ошиновки, что позволяет стабилизировать технологический режим за счет исклю-

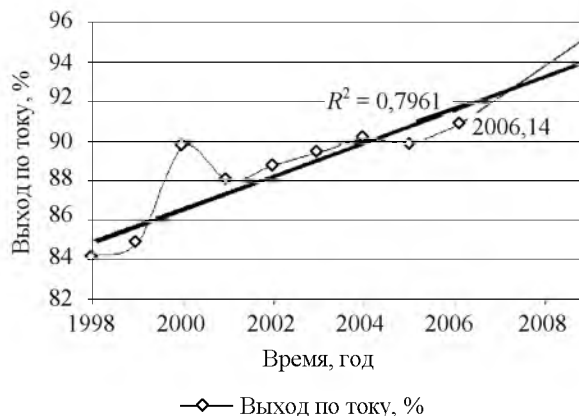


Рис.2. Зависимость выхода по току от времени

чения взаимного влияния электролизеров друг на друга.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков П.В. Вторые высшие российские алюминиевые курсы. Красноярск: Версо, 1999.
2. Ullebuen B., Mellerud T., Wallevik O. Current Efficiency Measurements in High Amperage Cells at Low Alumina Concentrations // Paper A86-44, presented at the AIME Annual Meeting in New Orleans, USA, 1986.
3. Li M., Zhou J. Numerical Study of Busbar Configuration of 600 kA Aluminum Electrolysis Cell // Light Metals. 2007.
4. Tabereaux A. Aluminum industry upgrade set in motion by new wave of high amperage prebakes // Light Metals. 2007.
5. Benkhala B., Martin O., Tomasino T. AP50 performances and new development // Light Metals. 2009.

REFERENCES

1. Polyakov P.A. Second Higher Russian Aluminium Courses // Krasnoyarsk: Verso. 1999.
2. Ullebuen B., Mellerud T., Wallevik O. Current Efficiency Measurements in High Amperage Cells at Low Alumina Concentrations // Paper A86-44, presented at the AIME Annual Meeting in New Orleans, USA, 1986.
3. Li M., Zhou J. Numerical Study of Busbar Configuration of 600 kA Aluminum Electrolysis Cell // Light Metals. 2007.
4. Tabereaux A. Aluminum industry upgrade set in motion by new wave of high amperage prebakes // Light Metals. 2007.
5. Benkhala B., Martin O., Tomasino T. AP50 performances and new development // Light Metals. 2009.