УДК 519.67

П.А.ПЕТРОВ, *канд. техн. наук, ассистент, (812)328-24-31*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

P.A.PETROV, *PhD in eng. sc., associate professor, (812)328-24-31*
Saint Petersburg State Mining University

ТРЕХМЕРНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛА В ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОБОЖЖЕННЫМИ АНОДАМИ

Описана необходимость расчета теплового поля при проектировании и анализе эксплуатации электролизеров для получения алюминия. Рассчитан тепловой баланс электролизера. Построена трехмерная геометрическая модель электролизера с обожженными анодами, позволяющая изучать тепловые поля электролизной ванны.

***Ключевые слова*:** тепловое поле, электролизер, геометрическая модель.

3D HEAT DISTRIBUTION IN THE CONSTRUCTION OF THE REDUCTION CELL WITH BURNED ANODES

The importance of heat field calculation for designing and analysis of aluminium reduction cells operation is described. The heat balance of the reduction cell was calculated. The 3D-geometry of the reduction cell with prebaked anodes was constructed. Given geometry helps to research the heat distribution of electrolyzer.

***Key words*:** heat field, aluminium reduction cell, geometrical model.

Физико-химические процессы, проходящие в электролизной ванне, определяются температурным полем, взаимосвязанным с электрическим и магнитным полями, гидродинамикой электролита и металла. Направление и скорость движения расплава влияют на теплопередачу, потери металла, скорость растворения и транспорт глинозема, на форму рабочего пространства и срок службы ванн [1].

Тепловое поле в значительной степени воздействует на протекание процесса электролитического получения алюминия. Главными параметрами, определяющими правильную эксплуатацию электролизера, являются объем, форма гарнисажа и настыли, которые регулируются процессами теплопереноса. Нарушения энергетического режима проявляются резкими колебаниями длины и высоты настыли, колебаниями уровней металла и электролита, резкими изменениями химического состава, частотой анодных эффектов.

Алюминиевые электролизеры характеризуются периодической загрузкой в ванну материалов, вследствие чего тепловой режим этих агрегатов изменяется во времени. С помощью энергетических балансов можно проверять не только равенство прихода и расхода энергии, но и ее распределение в электролизере [2, 5]. Приведем результаты расчета теплового баланса электролизера с обожженными анодами на силу тока 100 кА:

Приход:	
• от электрической энергии постоянного тока	405600/92,97
• реакция вторичного окисления алюминия	7612/1,74
• теплота анодных газов	23061/5,29
Всего	436272/100,00

Расход:	
• разложение глинозема	180325/41,54
• нагрев и растворение глинозема	20079/4,63
• нагрев анода	4484/1,03
• реакция Будуара	4348/1,00
• энергия побочных процессов	386/0,09
• тепловые потери	224445/51,71
Всего	434066/100,00
Невязка	2206/0,51

Примечание. В числителе – в ваттах, в знаменателе – в процентах.

Объем алюминиевого электролизера, для которого производился расчет баланса, ограничивался поверхностями днища и бортовых стенок катодного кожуха, внешними поверхностями анода.

Тепловые балансы являются завершающим этапом в анализе сложной схемы происходящих в электролизере процессов, обеспечивают при правильной методике составления баланса возможность количественной итоговой оценки явлений тепломассопереноса, особенностей конструкции и технологии [6, 7].

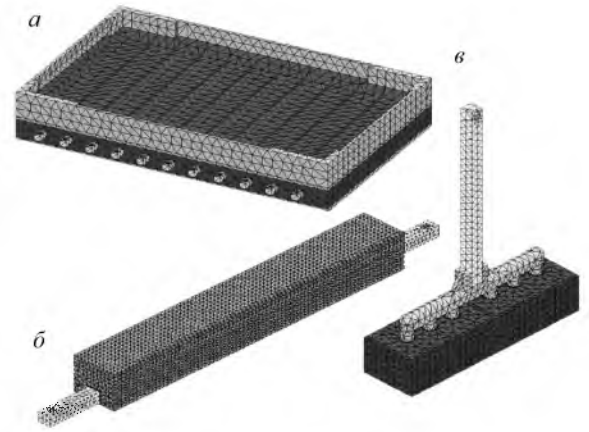


Рис.1. Элементы конструкции электролизера: *а* – шахта электролизера; *б* – катодный блок; в – анодное устройство

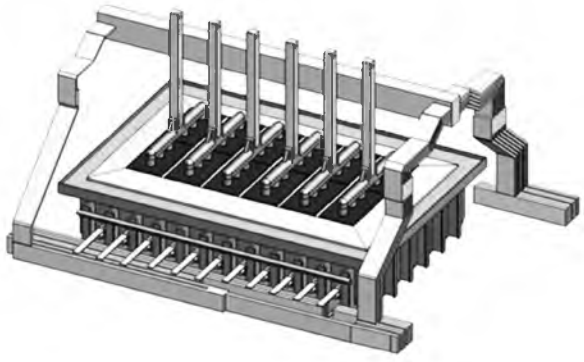


Рис.2. Трехмерная геометрическая модель электролизера с обожженными анодами

При проведении теплового расчета должны соблюдаться следующие условия [3]:

1. Изотерма ликвидуса должна соответствовать оптимальной форме рабочего пространства.

2. Изотерма солидуса (850-880 °С) должна проходить ниже катодных секций по всей площади проекции анода.

3. Расположение изотермы 650 °С не должно способствовать протекам металла.

Для оптимизации задач алюминиевого производства целесообразно использовать моделирование как важный инструмент развития технологического режима алюминиевого производства. Математическое моделирование и компьютерный эксперимент являются эффективными методами исследования и оптимизации процессов электролитического получения алюминия. Разработанные на основе математического описания модели позволяют анализировать технологический режим объекта, определять различные варианты оптимизации конструктивных и технологических параметров, находить закономерности работы электролизера и способы влияния на показатели процесса [4].

При моделировании процессов, протекающих в электролизере, для более адекватных расчетов целесообразно применять трехмерную модель физических полей. Современные вычислительные средства вполне могут справиться с поставленной задачей численного решения физических полей методом конечных элементов. В результате определяется не только распределение температуры, но и теплового потока, а следовательно, можно рассчитывать эффективность предлагаемых изменений в технологии на стадии проектирования и в процессе эксплуатации.

Для изучения теплового поля была построена блочная объемная геометрия электролизера, позволяющая рассчитывать распределение тепла в цельной конструк-

ции и в отдельных элементах электролизной ванны: анодах, катодных блоках, бортовой футеровке, кожухе и т.д. (рис.1, 2). Моделирование выполнялось в пакете системы автоматизированного проектирования SolidWorks.

Построенная геометрия импортировалась в среду SolidWorks Simulation (COSMOS/M), в которой была создана достаточно мелкая сетка, необходимая для проведения корректных расчетов, а также были занесены важные для решения краевые условия. В результате моделирования определяется распределение температур в изучаемом объеме электролизера.

Таким образом, математическая модель тепловых процессов позволяет

• проводить анализ направления и значений потоков тепла в любом элементе электролизера;

• выявлять зависимости физических процессов от технологических параметров;

• проводить анализ различных технических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Галевский Г.В.* Экология и утилизация отходов в производстве алюминия / Г.В.Галевский, Н.М.Кулагин, М.Я.Минцис. Новосибирск: Наука, 1997. 159 с.

2. *Ветюков М.М.* Электрометаллургия алюминия и магния: Учебник для вузов / М.М.Ветюков, А.М.Цыплаков, С.Н.Школьников. М.: Металлургия, 1987. 320 с.

3. *Михеев А.Е.* Модернизация футеровки электролизеров при технологии процесса на литиевом электролите / А.Е.Михеев, С.А.Панин, А.И.Карпенко, А.С.Рубан // Цветные металлы. 2006. № 5. С.33-35.

4. *Сысоев А.В.* Математическое моделирование электрических и тепловых полей в алюминиевых электролизерах с боковым токоподводом / А.В.Сысоев, Ю.П.Зайков, С.А.Щербинин и др. // Цветные металлы. 1998. № 1. С.70-72.

5. *Панов Е.Н.* Тепловые процессы в электролизерах и миксерах алюминиевого производства / Е.Н.Панов, Г.Н.Васильченко, С.В.Даниленко и др. / Под общ. ред. Б.С.Громова. М.: Изд. дом «Руда и металлы», 1998. 256 с.

6. *Piskazhova T.V., Mann V.C.* The use of a dynamic aluminium cell model // JOM. 2006. N 2. P.48-52.

7. *Arkhipov G.V.* The mathematical Modelling of Aluminium Reduction Cells // JOM. 2006. N 2. P.54-56.

REFERENCES

1. *Galevskiy G.V., Kulagin N.M., Mintsis M.Ya.* Ecology and waste treatment in the aluminium production. Novosibirsk: Nauka, 1997. 159 p.

2. *Vetyukov M.M., Tsyplakov A.M., Shkolnikov S.N.* Electrometallurgy of aluminium and magnesium. Moscow: Metallurgy, 1987. 320 p.

3. *Mikheev A.E., Panin S.A., Karpenko A.I., Ruban A.S.* Modernization of cell lining at the lithium electrolyte technology // Nonferrous Metals. 2006. N 5. P.33-35.

4. *Sysoev A.V., Zaikov Yu.P., Shcherbinin S.A. et al.* Mathematical simulation of electric and heat fields for electrolysers with side feed // Nonferrous Metals. 1998. N 1. P.70-72.

5. *Panov E.N., Vasilchenko G.N., Danilenko S.V.* Thermal processes in the electrolyzers and mixers of aluminium production / Edit by B.S.Gromov. Moscow: Ore and Metalls, 1998. 256 p.

6. *Piskazhova T.V., Mann V.C.* The use of a dynamic aluminium cell model // JOM. 2006. N 2. P.48-52.

7. *Arkhipov G.V.* The mathematical Modelling of Aluminium Reduction Cells // JOM. 2006. N 2. P.54-56.