

Технические науки

УДК 666.762

А.А. Асаинов

Инновационный Евразийский университет (г. Павлодар)

E-mail: adil2907@mail.ru

Анализ термopрочностных характеристик огнеупорных материалов алюминиевых электролизеров

***Аннотация.** В данной статье рассмотрены методы рационализации процесса разогрева огнеупоров алюминиевых электролизеров с позиции возникающих термических напряжений в футеровке подины. Перечислены функциональные задачи огнеупоров. Представлены эксплуатационные характеристики огнеупоров.*

При термическом воздействии на футеровку печи возникают физические явления, которые называются термическое расширение. Материалы, которые сохраняют свои характеристики при больших температурах называются огнеупорами. Более подробно описана термическая стойкость. Для исследования предела прочности был использован научный стенд. Приведен метод измерения температуры и давления при проведении опытов. Для выбора футеровки электролизеров необходимо как можно точнее знать характеристики огнеупорных материалов и реальные нагрузки на производстве.

***Ключевые слова:** огнеупорные материалы, разогрев, анализ, термopрочность.*

Алюминиевые электролизеры (с обожженными электролизерами и самообжигающимися анодами) футеруются огнеупорными материалами. Срок службы алюминиевых электролизеров во многом определяется сроком службы футеровки. При термическом воздействии на футеровку печи возникают такие физические явления, как термическое расширение, пластическая деформация и растрескивание, которые определяют возможность осуществления термотехнологического процесса, стойкость футеровки без нарушения геометрических форм рабочей камеры, длительность эксплуатации и технико-экономические показатели процесса получения целевого продукта [1].

Огнеупорные материалы – изделия на основе минерального сырья, отличающиеся способностью сохранять свои свойства в условиях эксплуатации при высоких температурах и служащие в качестве конструктивных материалов и защитных покрытий [2].

Функционально любое огнеупорное изделие может выполнять от одной до четырёх основных задач:

- 1) удерживать расплавленный металл или раскалённые газы (а также их потоки) в заданном объёме или пространстве;
- 2) предотвращать вторичное окисление и загрязнение металла неметаллическими включениями;
- 3) служить тепловой изоляцией металлических частей агрегатов;
- 4) поддерживать заданную температуру металла (газов) или заданные минимальные потери из агрегата.

Конструкторы, строители электролизеров, изготовители огнеупоров и инженеры-эксплуатационники это хорошо понимают. Целесообразный выбор футеровки электролизеров только тогда возможен, если, с одной стороны, известны как можно точнее особенности характеристик огнеупорных материалов и, с другой, - нагрузки материалов на реальном производстве. Связь между различными видами термических нагрузок в промышленных электролизерах и важнейшими эксплуатационными характеристиками огнеупоров образует основу для классификации их свойств и выбора испытательных методов. Эти методы также важны для контроля качества и разработки новых огнеупорных материалов. Эксплуатационные характеристики огнеупоров представлены в таблице 1.

Отличительной особенностью плавящихся материалов являются их высокая плотность и значительная коррозионная стойкость. В технологии огнеупоров плавящиеся материалы занимают особое место, поскольку позволяют выпускать продукцию повышенной стойкости и развивать высокоэффективные процессы в металлургии, химической технологии, производстве строительных материалов, энергетике, приборостроении и других отраслях промышленности [3].

Таблица 1 – Эксплуатационные характеристики огнеупоров

Вид испытания	Важные характеристики огнеупоров
Термический и термомеханический	Огнеупорность Температура деформации под нагрузкой Ползучесть под нагрузкой Предел прочности при высоких температурах Термическое расширение Дополнительная усадка / расширение огнеупоров в процессе службы Термостойкость
Термотехнический	Теплопроводность Удельная теплоёмкость Плотность сырого материала Температуропроводность

Термическая стойкость - это способность огнеупорных изделий выдерживать резкие колебания температур, не растрескиваясь и не разрушаясь. Растрескивание или разрушение огнеупорных изделий при резких изменениях температуры объясняется возникновением в них напряжений при уменьшении или увеличении объема. Растрескивание или разрушение огнеупорных изделий при резких изменениях температуры объясняется возникновением в них напряжений при уменьшении или увеличении объема. Для исследования термостойких характеристик огнеупорных материалов использовался стенд, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Стенд для исследования зависимости предела прочности на сжатие от температуры

В качестве исследуемых образцов использовались огнеупоры состава углеродистые и кремнеземистые. При этом заявляемый предел прочности на сжатие равен 40 МПа (паспортные данные завода-изготовителя).

Характерным для прочности реальных тел является так называемый масштабный фактор - зависимость прочности от размеров тела. При стандартных испытаниях материала на образцах различных размеров для приведения результатов в сопоставимый вид используются переводные коэффициенты. Масштабный фактор объясняется в основном статистической природой процессов разрушения, связанной с влиянием неоднородностей макроструктуры и дефектов материала на процесс возникновения и развития трещин. С увеличением размеров образцов вероятность неоднородностей структуры возрастает и среднее значение предела прочности материала уменьшается.

Способ осуществляется следующим образом [4]. Из исследуемого материала изготавливаются два одинаковых образца в форме цилиндра или прямоугольного параллелепипеда: контрольный и испытываемый (рисунок 2). В контрольном образце размещают термопару, горячий спай которой

максимально приближен к геометрическому центру (по вертикальной оси симметрии высверливают канал до половины высоты контрольного образца). Термопару для измерения температуры на поверхности контрольного образца устанавливают в любой точке на боковой поверхности. Контрольный образец с закреплёнными термопарами и испытуемый образец помещают в печь на нижнюю плиту. При этом цилиндрические образцы устанавливают на любое основание, а образцы в виде прямоугольного параллелепипеда – на любую грань.

Термопары подключают к вторичному прибору для измерения температуры – сумматору 8, который показывает значение температуры t , определяемое по формуле:

$$t = \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (1)$$

где t_1 – показания термопары внутри контрольного образца;
 t_2 – показания термопары на поверхности контрольного образца.
 Затем включают печь и начинают нагрев образцов.



Рисунок 2 – Углеродные огнеупоры прошедшие механическую обработку. Размеры образцов $\sim 2 \times 2$ см

Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ (Н/м^2) испытуемого образца вычисляют по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности при сжатии, Н/м^2 ;
 P – наибольшая нагрузка, при которой произошло разрушение образца, Н;
 F – площадь поперечного сечения образца, м^2 .

Предлагаемый способ позволяет получить значение предела прочности на сжатие различных материалов при повышенных температурах материала с меньшей погрешностью.

В соответствии с данным способом были произведены исследования зависимости предела прочности на сжатие огнеупоров от температуры.

Анализируя результаты исследования, можно сделать следующие выводы:

1. Скачок значений термических напряжений возникает вследствие резкого повышения температур при разогреве.

2. При значении предела прочности на сжатие 40 МПа скорость разогрева футеровки не должна 8-10 °С/мин.

3. При разогреве футеровки определяющим критерием из пределов прочности (на сжатие и растяжение) является предел прочности на сжатие. Именно его величина, в первую очередь, определяет темп разогрева.

Всё сказанное позволяет сделать вывод о необходимости рационализации графика разогрева, который должен быть рассчитан из условия недопущения градиентов температур, вызывающих появление термических напряжений выше допустимых, с учётом найденной зависимости предела прочности на сжатие от температуры.

Кроме того, можно однозначно считать, что при разогреве футеровки нельзя допускать скачкообразного подъёма и особенно снижения температуры, а также неравномерного нагрева огнеупоров на разных участках (как по высоте, так и по окружности).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Антипин В.Г., Чухаль П.А., Вяткин Ю.Ф. Служба огнеупоров в сталеплавильных агрегатах // Сталь. – 1991. – № 8. – С. 21–27.
- 2 Кузнецов А.Т., Кокушкин И.В., Сенявин Н.К., Шершнёв А.А. Напряжённно-деформированное состояние и разрушение огнеупоров при тепловом воздействии // Огнеупоры. – 1987. – № 2. – С. 52–56.
- 3 Группа Магнезит в 2011 г. модернизировала 4 электропечи // Сайт Магнезит. – Режим доступа: <http://www.magnezit.ru/about/press/news/index.php?from4=2&id4=719>
- 4 Приходько Е.В., Никифоров А.С., Шанов И.В. Инновационный патент № 21807 РК. Способ термомеханических испытаний материалов и устройство для его осуществления, опубл. 15.10.2009, бюл. № 10. – 4 с.

REFERENCES

- 1 Antipin V.G., Chuhal P.A., Vyatkin Yu.F. Sluzba ogneuporov v staleplavilnih agregatah // Stal'. – 1991. – № 8. – S. 21-27.
- 2 Kuznecov A.T., Kokyschkin I.B., Senyavin N.K., Scherschnyev A.A. Napryazennno-deformirovannoe sostoyanie i razruschenie ogneuporov pri teplovom vozdeystvii // Ogneupori. – 1987. – № 2. – S. 52 – 56.
- 3 Gruppya Magnezit v 2011 g. modernizirovala 4 elektropetchy // Sayt Magnezit. – Rezim dostupa: <http://www.magnezit.ru/about/press/news/index.php?from4=2&id4=719>
- 4 Prihodko E.V., Nikiforov A.S., Schanov I.V. Innovacionniy patent № 21807 RK. Sposob termomehanicheskikh ispitaniy materialov i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya, opubl. 15.10.2009, byul. № 10. – 4 s.

ТҮЙІН**А.А. Асаинов***Инновациялық Еуразия университеті (Павлодар қ.)***Алюминий электролизерлердің отқа төзімді материалдарының термоберіктік сипаттамаларының талдауы**

Бұл мақалада пеш түбін шегендеуде туындайтын термиялық кернеу тұрғысынан алюминий электролизерінің оттөзімдерін қыздыру процесін оңтайландыру әдістері қарастырылған. Оттөзімдердің функциональдық міндеттері аталған. Оттөзімдерді қолдану сипаттамалары ұсынылған.

Пештің футеровкасына термиялық әсер еткен кезде физикалық құбылыстар орын алады, олар термиялық кеңею деп аталады. Жоғары температураларда өзінің сипаттамаларын сақтап қалатын материалдар - отқа төзімді материалдар деп аталады. Термиялық беріктік нақтырақ сипатталған. Беріктік шегін зерттеу үшін ғылыми стенд қолданылған. Тәжірибелер өткізу барысында температура мен қысымды өлшеу әдісі келтірілген. Электролизерлерді футеровкалау үшін отқа төзімді материалдардың сипаттамаларын және өндірістегі нақты жүктемелерді мүмкіндігінше дәлірек білу қажет.

Түйін сөздер: отқа төзімді материалдар, қыздыру, талдау, термоберіктік.

RESUME**A.A. Assainov***Innovative University of Eurasia (Pavlodar)***The analysis of thermostability characteristics of refractory materials of aluminum electrolyzers**

The article considers the methods of rationalizing the process of heating the refractory materials of aluminum electrolyzers up in relation to thermal stresses arising in the hearth lining. The functional goals of the refractory materials are listed. The operational characteristics of the refractory materials are presented.

During thermal influence on a hearth lining, the physical effects called thermal expansion occur. The materials which save their properties under high temperature are known as refractory materials. The thermostability is described in more detail. The scientific test bench was used to investigate ultimate strength. The method of temperature and pressure measurement when conducting the experiments is cited. In order to choose the potlining it is necessary to know the peculiarities of refractory materials and actual industrial loadings as precisely as possible.

Key words: refractory materials, heating up, analysis, thermostability