

УДК 669.713.7:539.38

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ АНОДНОГО КОЖУХА АЛЮМИНИЕВОГО ЭЛЕКТРОЛИЗЕРА МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Астахова Я.И., Аксенов М.В.

Научный руководитель – ст.преподаватель Волчкова И.В.

Сибирский федеральный университет

Разработка новых экономичных конструкций невозможна без применения современных методов расчета, проектирования и конструирования. Метод конечных элементов (МКЭ) на сегодняшний день является общепризнанным методом структурного анализа во многих отраслях науки и техники.

С математической точки зрения МКЭ - это вариационный метод с кусочно-полиномиальными пробными функциями, обладающими большой геометрической гибкостью и применимый к широкому классу уравнений в частных производных. Он позволяет достаточно точно описать сложные криволинейные границы области, нелинейные свойства материалов и краевые условия. МКЭ обеспечивает единственность приближенного решения во всех точках рассматриваемой области и является эффективным и наглядным на практике.

Конечноэлементный анализ дает возможность оценить недостатки действующих и проектируемых конструкций, определить наиболее подходящий материал, оптимизировать размеры изделий до начала их производства.

В процессе работы электролизера с самообжигающимся анодом происходит постепенное увеличение деформаций стального анодного кожуха в виде прогибов стенок в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Большие деформации стенок анодного кожуха недопустимы, т.к. они приводят к увеличению расхода анодной массы и выхода пены, протекам жидкой анодной массы в рабочее пространство электролизера.

Деформации анодного кожуха обусловлены следующими факторами:

- температурное расширение при нагреве до рабочих температур;
- преодоление сил сцепления анодной массы со стальным кожухом при его поднятии относительно анодного тела.

Данная работа посвящена оценке напряженно-деформированного состояния (НДС) анодного кожуха при воздействии на него вышеперечисленных нагрузок. Оценка НДС кожуха проводилась по объемным моделям, основанным на методе конечных элементов. Вследствие симметрии объемные модели НДС представляют собой четвертую часть кожуха. Суть метода и последовательность расчета заключается в следующем:

- анодный кожух разбивается на оболочечные и объемные элементы, рис. 1;
- конечным элементам задаются физико-механические свойства, зависящие от температуры (модуль упругости, коэффициент Пуассона, коэффициент термического расширения, предел текучести, модуль упрочнения);
- рассчитывается или задается температурное поле кожуха;
- перемещения узлов в направлении оси Z в зоне крепления тяги домкрата задаются равными нулю;
- в зависимости от вида нагружения к кожуху прикладываются сосредоточенные или распределенные поверхностные силы;
- расчет, табличное и графическое представление результатов расчета перемещений, относительных деформаций, напряжений в узлах и элементах.

Сравнительный анализ напряженно-деформированного состояния анодного кожуха при воздействии вышеперечисленных факторов выполнен на примере шестиконтрфорсного анодного кожуха С-8БМ и приведен на рис.1-2.

Нагрев до рабочих температур. Анодный кожух при нагреве до эксплуатационных температур претерпевает большие температурные деформации, рис. 1 (вид изнутри конструкции). Деформации верхней и нижней частей кожуха существенно отличаются.

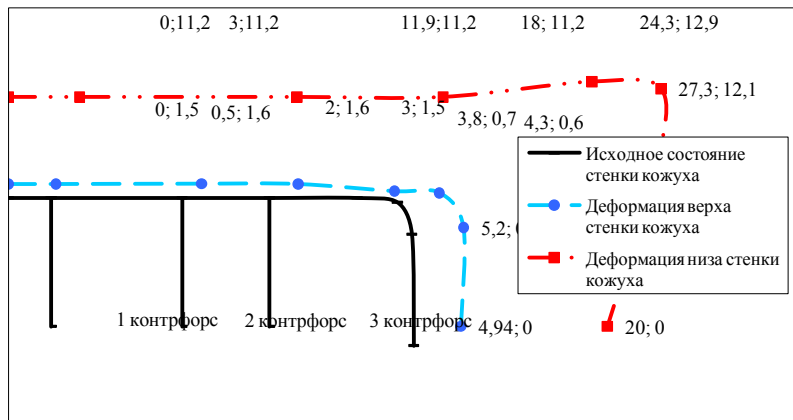
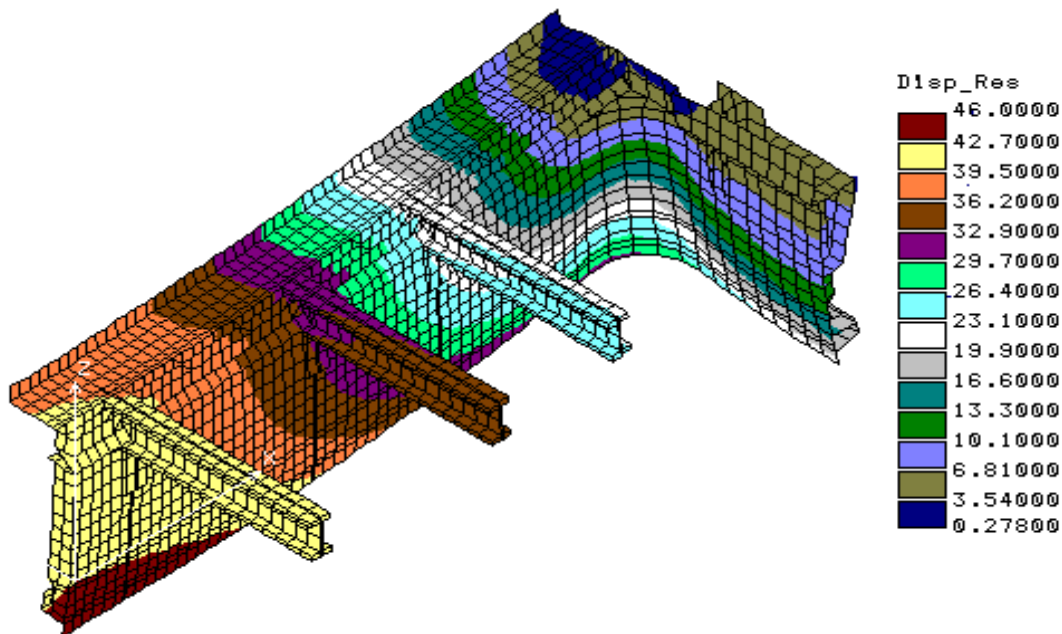


Рис. 1. Деформированное состояние (мм) анодного кожуха С-8БМ при нагреве до рабочих температур: а - результирующее перемещение; б - деформация верха и низа стенки кожуха в горизонтальной плоскости (первая цифра в направлении оси X, вторая - в направлении оси Y)

Это объясняется в основном двумя причинами: во-первых, нижняя часть кожуха намного горячее, чем верхняя часть (600°C внизу и 40°C вверху); во-вторых, верхняя часть продольных стенок удерживается контрфорсами. Наибольшие перемещения на-

блюдаются в вертикальном направлении, изгиб продольных стенок в вертикальной плоскости составляет примерно 40 мм.

В нижней части кожуха в зоне высоких температур действуют большие напряжения, которые составляют 160 - 240 мПа, в верхней части конструкции напряжения составляют 50 - 100 мПа

Перетяжка анода. Опускание анода из-за сгорания подошвы анода и поднятие анодного кожуха для предотвращения его соприкосновения с расплавом приводит к тому, что анодный кожух приближается на минимально допустимое расстояние к анодной раме, и возникает необходимость в выполнении технологической операции, называемой перетяжка анода. При перетяжке анода штыри отсоединяются от ошиновки (анодной рамы), несколько штырей подсоединяются к устройству для перетяжки анода, которое устанавливается на анодный кожух. Т.о. вес анодной массы, штырей и устройства для перетяжки анода прикладывается на анодный кожух в нескольких местах, расположение которых зависит от конструкции устройства для перетяжки анода (рамного или балочного типа). Величина и характер деформации кожуха при перетяжке анода существенно зависит от типа устройства для перетяжки анода и его размеров. Под характером деформации подразумевается перемещение низа продольных стенок вовнутрь или наружу.

На рис.2 приведены результаты расчетов деформации кожуха при перетяжке анода устройством рамного типа, когда силы тяжести передаются на кожух на концах крайних контрфорсов. Характер деформации анодного кожуха при перетяжке анода аналогичен деформациям при перемещении вверх кожуха относительно тела анода. Под действием сил перетяжки анода середина продольной стенки перемещается вниз на 2,3 мм, торцевая стенка перегибается в зоне крепления тяги домкрата - перемещение вниз в зоне угла составляет 0,54 мм, в зоне крепления 0 мм, в средней части торцевой стенки перемещение вниз составляет 0,1 мм. Продольная стенка вблизи торцевой поворачивается низом вовнутрь, вблизи первого контрфорса практически остается в вертикальном направлении. Нижняя часть торцевой стенки перемещается наружу, верхняя вовнутрь. Напряжения, возникающие при перетяжке анода, составляют 20 - 40 мПа.

Анализ напряженно-деформированного состояния анодного кожуха при разных видах нагружения показал, что наибольшие напряжения и деформации возникают при нагреве кожуха до эксплуатационных температур.

Под действием гидростатического давления жидкой анодной массы происходит перемещение низа продольных стенок наружу. Однако эти два вида воздействия на кожух после выхода электролизера в стационарный режим работы практически не изменяются и оказывают слабое влияние на постепенное увеличение деформаций анодного кожуха. Напряжения и деформации, возникающие при поднятии кожуха относительно тела анода и при перетяжке анода, существенно меньше, чем при температурном расширении, однако они воздействуют многократно по мере выполнения необходимых технологических операций.

Выводы:

1. Напряжения и деформации в анодном кожухе возникают и увеличиваются вследствие температурного расширения, сил перетяжки анода.
2. Большой перепад температур по высоте анодного кожуха создает высокие напряжения, превышающие напряжения при перетяжке анода. Температурные напряжения мало зависят от конструкции кожуха и в основном определяются температурным полем кожуха.
3. Силы перетяжки анода значительно меньше температурных, однако анодный кожух нагревается 1 раз, затем температура остается постоянной, а силы перетяжки анода

прикладываются несколько раз, тем самым постоянно увеличивая деформацию кожуха.

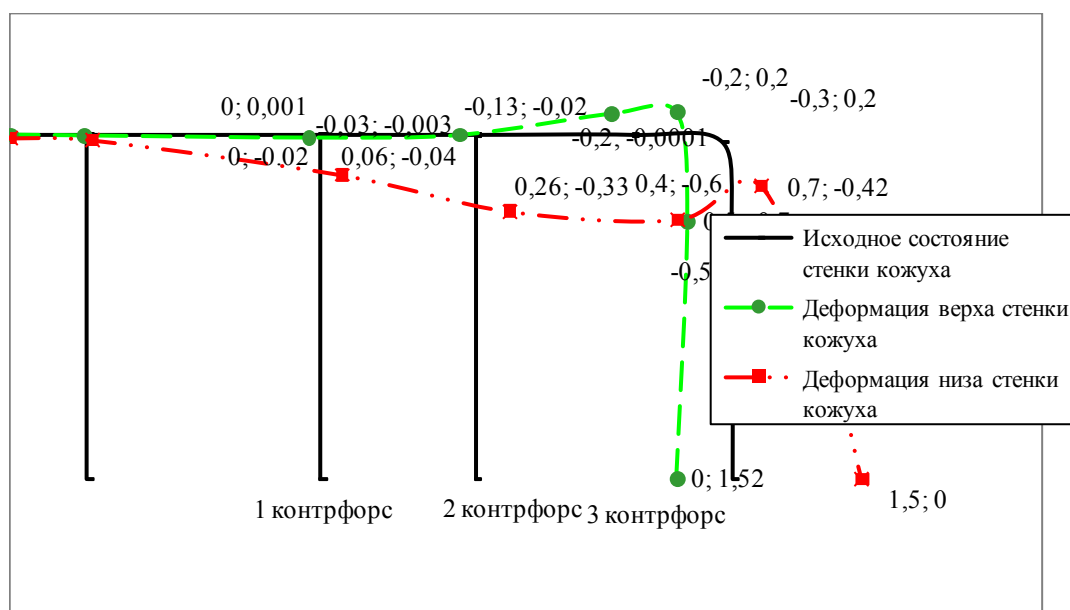
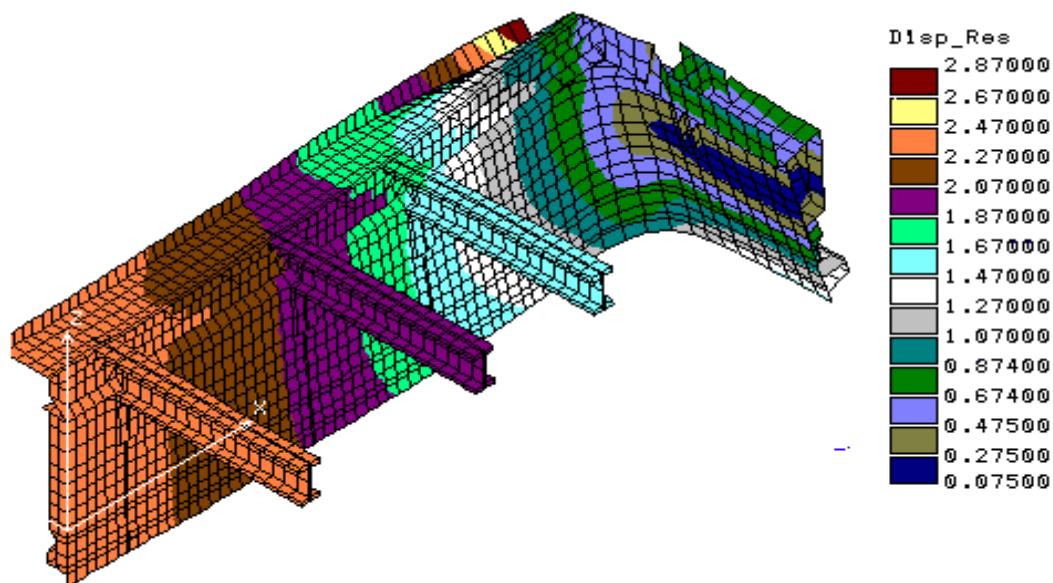


Рис. 2. Деформированное состояние (мм) анодного кожуха С-8БМ при перетяжке анода: а - результирующее перемещение; б - деформация верха и низа стенки кожуха в горизонтальной плоскости (первая цифра в направлении оси X, вторая - в направлении оси Y)

4. Уменьшение деформаций анодного кожуха возможно несколькими путями: оптимизация конструкции путем усиления перегруженных зон и ослабления слабонагруженных зон; оптимизация условий перетяжки анода.