

# Оценка напряженного состояния сварного шва приварки труб к барабану в условиях ремонта

Феклистов С.И., д-р техн.наук, ГНЦ ОАО "ЦНИИТМАШ".

Приварку теплообменных труб к барабанам при изготовлении, в зависимости от конструкции котла, возможно производить как снаружи, так и изнутри барабана. Однако, в условиях ремонта, когда внутри барабана существуют внутри корпусные устройства приварку труб изнутри осуществить практически невозможно. В этом случае приварку труб производят, преимущественно, только снаружи. Приблизительную оценку характера образования напряжений в сварном шве приварки труб к барабану в зависимости от принятой технологии сварки можно произвести с применением программы ELCUT.

Данная программа позволяет решать методом конечных элементов задачи теории упругости в постановках плоских напряжений и деформаций с изотропными или ортотропными свойствами материалов. Напряжение в направлении, нормальном к плоскости модели, предполагается отсутствующим. Задача плоских деформаций предполагает отсутствие деформаций вне плоскости модели. Эта задача подходит для моделирования объектов с весьма большой толщиной в направлении, нормальном к плоскости модели, что характерно для тела барабана. Поле перемещений определяется двумя компонентами вектора перемещений в каждой точке.

В данной работе оценивали напряженно деформированное состояние модели соединения сварным швом одной стенки трубы  $\varnothing 76 \times 6$  мм. с барабаном из стали 20 толщиной стенки 75 мм. Зазор в отверстии барабана между трубкой и стенкой барабана номинально равен 0,5 мм. Параметры эксплуатации составляли: температура –  $315^{\circ}\text{C}$ ; давление – 110 атм.

Для оценочного расчета теплофизические свойства металла труб, барабана и сварного шва были приняты одинаковыми: Модуль упругости –  $2 \times 10^5$  МПа; коэффициент линейного расширения –  $14 \times 10^{-6}$ ; коэффициент Пуассона – 0,3. Остаточные напряжения после сварки не учитывали. Принят стационарный, полностью установившейся процесс нагружения корпуса барабана и труб по давлению и температуре.

Из предварительного расчета по нормам расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок, ПНАЭ Г-7-002-86 следует, что уровень напряжений в трубах не высок и составляет немногим более  $2 \text{ кг/мм}^2$  для осевого напряжения от давления и  $4 \text{ кг/мм}^2$  от температуры. Рассматривали три варианта заделки труб в барабан: со сварным швом, выполненным изнутри барабана (рис 1), со сварным швом, выполненным снаружи барабана (рис.2) и со сварным швом, выполненным снаружи барабана в условиях «затеснения» - локального контакта поверхности трубы со стенкой барабана на толщине 38 мм. по стенке барабана (рис.3)

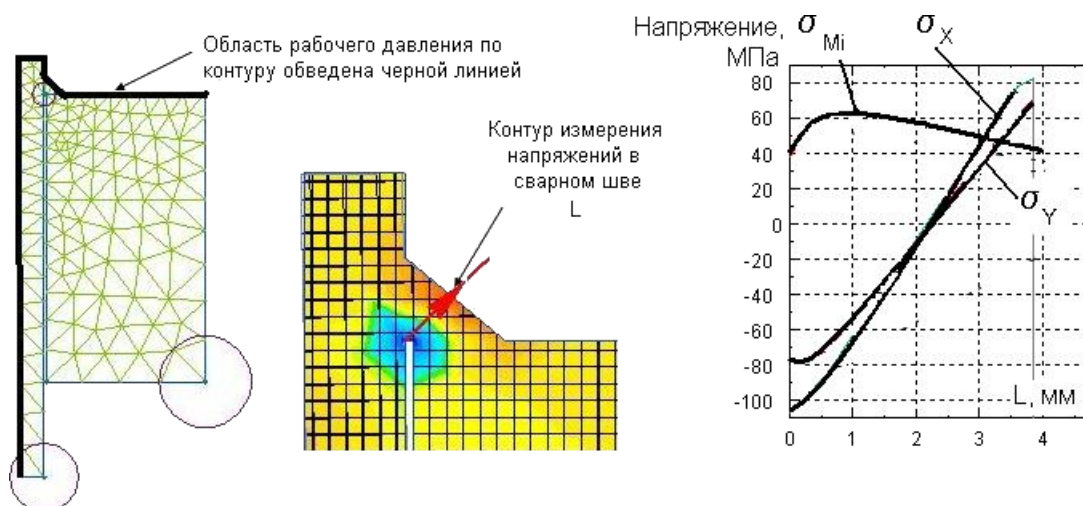


Рис.1

Сетка конечных элементов варьировалась по величине от 1 до 12 мм. Наименьшую величину сетка имела в районе сварного шва. По условиям нагружения действующее давление со сварным швом, выполненным изнутри барабана, касалось только внутренней части трубы, в то время как при сварном шве, выполненном снаружи барабана в условиях «затеснения» - локального контакта поверхности трубы со стенкой барабана - под давлением оказывается внутренняя и наружная часть трубы.

Полученные расчетом напряжения в сварном шве, выполненном изнутри барабана, составляют от  $-10 \text{ кг/мм}^2$ , сжимающих в корневой части шва, до  $6-8 \text{ кг/мм}^2$ , растягивающих в вершине шва, рис.1.

Напряжения в сварном шве, выполненном снаружи барабана составляют от  $-10 - 20 \text{ кг/мм}^2$ , сжимающих в корневой части шва, до  $8-12 \text{ кг/мм}^2$ , растягивающих в вершине шва, рис.2. Таким образом, различие в характере напряжений сварных швов, выполненных изнутри и снаружи барабана незначительно.

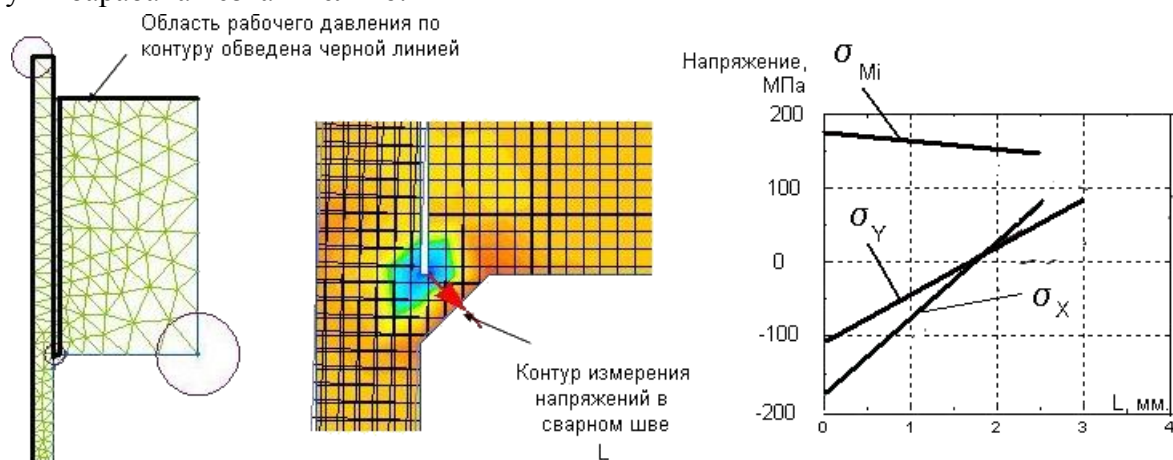


Рис 2.

Своеобразная ситуация возникает в случае локального контакта трубы со стенкой барабана при сварке трубок снаружи барабана. Если принять возможность локального герметичного контакта трубы с барабаном по технологии рис.2, то образуются локальные простеночные полости, находящиеся под давлением. В этом случае, в наружном сварном шве образуются только растягивающие напряжения и в корне, и в наружной части шва, но уровень напряжений невысок и составляет  $1,5 - 3,5 \text{ кг/мм}^2$ .

Таким образом, выполнение ремонтной сварки с наружным сварным швом не приводит к заметному увеличению напряжений в сварном соединении, по сравнению со сварным швом, выполняемым изнутри барабана.

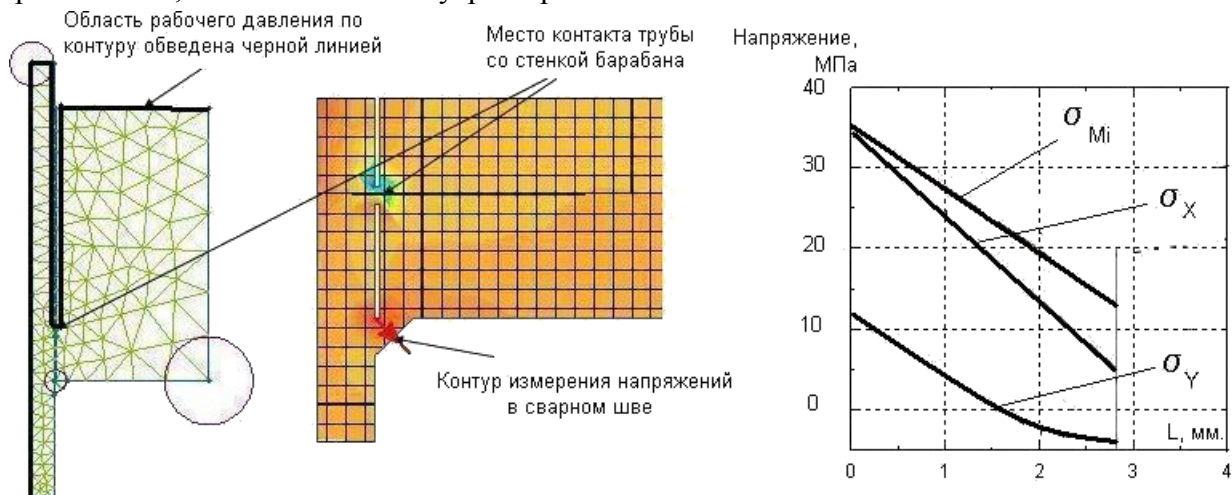


Рис. 3.