

ИССЛЕДОВАНИЕ ЖИВУЧЕСТИ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ПО УСЛОВИЯМ ЦИКЛИЧЕСКОЙ КОРРОЗИОННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

КОЗЛОВА Е.С., студ.; рук. ГРИНЬ Е.А., ШАПИН В.И., кандидаты техн. наук

Рассматривается проблема надежности барабанов котлов энергетического оборудования на основе сравнения различных методов оценки живучести в условиях коррозионной трещиностойкости.

Барабан котла предназначен для сбора и раздачи рабочей среды и является одним из наиболее важных элементов современного парового котла. Для изготовления барабанов применяется ограниченное число марок стали, наиболее распространенные из них: 22К, 20К, 16ГНМ, 16ГНМА. Исследование проводилось для барабанов из марок стали 22К и 16ГНМ.

Анализ случаев повреждения барабанов свидетельствует о существенной роли процессов усталости (термоусталости) в возникновении и развитии дефектов. Рассматривались трещины, которые представляют наибольшую серьезную опасность – это трещины на кромках отверстий и трещины в зонах основных сварных соединений, ориентированные продольно оси барабана. Развитие усталостного повреждения существенно зависит от размеров зоны концентрации напряжений. Для барабанов, выполненных из стали 22К, по результатам расчетов был получен коэффициент концентрации напряжения на кромке отверстия, равный 2,75, а для барабанов, выполненных из стали 16ГНМ, – 2,7. В области сварного соединения порядка –1,1.

Коэффициент интенсивности напряжений (КИН) линейно связан с внешней нагрузкой и позволяет оценить величину компонент напряжений. Расчет коэффициентов интенсивности напряжений (КИН) выполняли для поверхностных трещин в зонах продольных сварных соединений барабана и для угловых трещин на кромках отверстий (очках) барабана. Расчет КИН проводился 4-мя способами: по справочнику под редакцией Мураками, по атомным нормам, по методическим рекомендациям, по методу весовых функций. Поверхностная трещина в зоне сварного шва принималась полуэллиптической конфигурации, с соотношениями осей 2/3 и 1/10. Применительно к угловой трещине расчет проводился для двух вариантов формы трещины с соотношениями длины к глубине 2/3 и 3/2 для 2-х характерных точек на контуре трещины, одна из которых представляет собой вершину трещины, выходящую на поверхность отверстия, а вторая – вершину трещины, выходящую на внутреннюю поверхность барабана.

Для определения допускаемых значений коэффициентов интенсивности напряжений использовался метод, использующий возможности линейной и нелинейной механики разрушения для оценки состояния металла поврежденных барабанов и анализа их склонности к хрупкому разрушению. Данный метод позволяет оценить преимущества той или иной марки стали, используемой для изготовления барабана. Анализ итоговых диаграмм данного расчета позволяет установить, при каких сочетаниях глубины трещины и критической температуры хрупкости металла барабан может перейти в предельное состояние.

Сопротивление разрушению определяется кинетической диаграммой усталостного разрушения, устанавливающей зависимость скорости роста трещины da/dN от ΔK (размах коэффициента интенсивности напряжений) при заданном значении R (коэффициент асимметрии цикла).

Уравнение кинетической диаграммы усталостного

разрушения имеет вид

$$da/dN = c_1 (\Delta K / (1 - R))^{1/2, m}$$

где c_1 , m – характеристики материала.

В ВТИ (Всероссийский Теплотехнический Научно-исследовательский институт) проводились исследования по коррозионной усталостной трещиностойкости для различных марок стали, в результате данных исследований были получены кинетические зависимости для каждой марки стали.

На рисунке приведен результат построения характеристики живучести барабанов котлов высокого давления с учетом наличия типовых трещиноподобных дефектов.

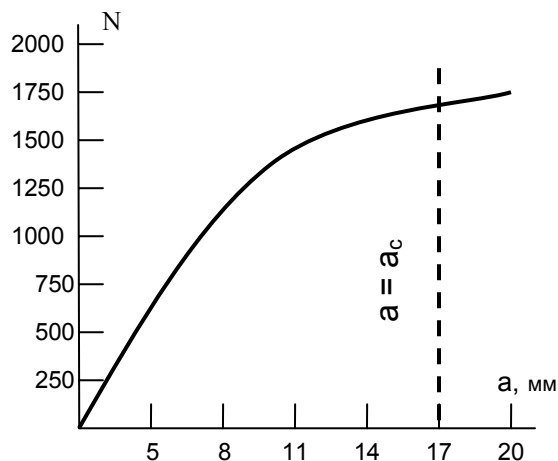


Диаграмма живучести

N – количество циклов; a – половина длины трещины; a_c – критическая (предельно допустимая) полудлина трещины.

Данные диаграммы позволяют решить ряд задач:

1. Определить допустимую циклическую наработку, полагая, что в ходе проверки может быть пропущен дефект определённого размера.
2. Оценить допустимую циклическую наработку для выявленного дефекта определённого размера при отсутствии возможности его немедленного устранения.
3. При известном количестве циклов, соответствующем межконтрольному периоду, определить допустимое значение размера трещины.

Данные результаты могут быть использованы для проведения регламентного контроля барабанов рассмотренных типов котлов. При выявлении трещиноподобных дефектов в ходе контроля барабана следует построить диаграммы живучести для каждого из обнаруженных типов дефектов, по которым рассчитывается допускаемое количество циклов нагружения, после чего необходим повторный контроль барабана. По результатам повторного контроля возможно будет оценить результаты расчетов с реальными размерами дефектов, т.е. появляется возможность оценить достоверность расчетов.