

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ РАЗВИВАЮЩИХСЯ ДЕФЕКТОВ НА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ

Недосека А.Я., М.А. Яременко, М.А. Овсиенко, Л.Ф. Харченко

Институт электросварки им. Е.О. Патона НАНУ

Рассматривается вариант определения координат развивающихся дефектов на цилиндрических поверхностях с использованием приближенных формул, что позволяет при проведении акустико-эмиссионного (АЭ) контроля трубно-оболочечных конструкций в условиях производства определять источники АЭ с удовлетворительной точностью.

Сущность метода АЭ состоит в регистрации упругих импульсных колебаний, возникающих в объекте контроля при нагружении. Источниками этих импульсов являются локальные области объекта, в которых происходит динамическая перестройка структуры материала в виде пластической деформации, фазовых превращений, роста трещин, различных видов физико-химических процессов. Для оперативного принятия решения о необходимости и объеме проведения ремонтных работ в ходе контроля следует определить координаты дефектных мест и указать их на чертеже изделия.

Контролируемое с использованием метода АЭ оборудование имеет, как правило, сложную конструкцию, большую массу, содержит многочисленные сварные швы, различные типы соединений. Поэтому проведение технического диагностирования таких объектов представляет определенную сложность. Наиболее перспективным в данном вопросе является проведение постоянного мониторингового контроля оборудования. Однако там, где нет возможности установления непрерывного или периодического мониторинга технического состояния оборудования, проводится техническое диагностирование при проведении текущего или капитального ремонта. С целью сокращения времени простоя производства и сокращения экономических потерь техническое диагностирование проводится в сжатые сроки и в основном выборочное. Представляет интерес контроль максимального объема оборудования минимальным количеством датчиков. Количество датчиков, необходимых для проведения 100% контроля изделия, определяется степенью затухания ультразвуковой волны, особенностями конструкции оборудования и режимом эксплуатации. Для контроля изделий цилиндрической формы удобно использовать плоскостные антенны из 4-х датчиков или линейные антенны, состоящих из двух датчиков,

расположенных во взаимно перпендикулярных сечениях, а затем пересчитывать координаты источника АЭ на плоскостной вариант или рассматривать в качестве координат источника пересечение данных линейных антенн. В последнем варианте координаты источников определяются приблизительно. С учетом наличия различных факторов, влияющих на точность измерения временных задержек прихода сигналов АЭ на разнесенные приемные преобразователи, и наличия особенностей при использовании точных формул, удобно использовать приближенные формулы расчета.

Рассмотрим один из вариантов определения местоположения источников АЭ на изделии цилиндрической формы. Контролируемую поверхность удобно разделить на четыре зоны, а результаты контроля представить на развертке изделия (рис. 1).

Образующие, проходящие через места установки приемников, расположены друг от друга на 90° . Датчик D_2 расположен на 180° по часовой стрелке от датчика D_1 . Датчик D_3 расположен на образующей, отстоящей от образующей, на которой находится датчик D_1 , на 90° по часовой стрелке. Датчик D_4 расположен по образующей, отстоящей от образующей, на которой находится датчик D_1 , на 270° по часовой стрелке. Таким образом, первая (I) зона локации расположена между образующими датчиков D_1 и D_3 , вторая (II) – D_3 и D_2 , третья (III) – D_2 и D_4 , четвертая (IV) – D_4 и D_1 .

Выбор зоны нахождения источника АЭ осуществляем в зависимости от порядка срабатывания датчиков. В каждой зоне расчет координат источников АЭ производится по приближенным формулам. Для определения координаты X используются либо датчики 1 ($1'$) и 2, либо датчики 3 и 4 ($4'$) в зависимости от местоположения источника АЭ относительно этих пар датчиков. Срабатывание последнего из четырех датчиков не обязательно.

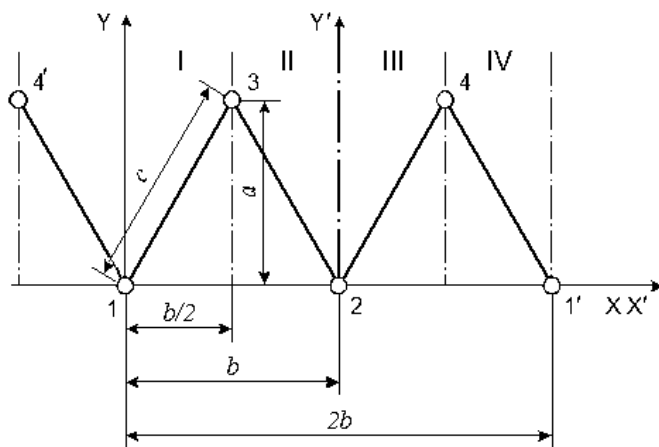


Рис. 1

Таким образом, если источник АЭ находится в локационной зоне I, то для определения его координат используются формулы 1, 1' и 2:

$$x = \frac{b}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{21} \cdot V}{2} \quad (1)$$

или

$$x = k \cdot \frac{\Delta T_{43} \cdot V}{2}; \quad (1')$$

$$y = \frac{a}{c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{31} \cdot V}{2} \right) - \frac{b}{2a} \left[x - \frac{b}{2c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{31} \cdot V}{2} \right) \right] \quad (2)$$

Если источник АЭ находится в локационной зоне II, то для определения его координат используются формулы 3, 3' и 4:

$$x = \frac{b}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{21} \cdot V}{2}; \quad (3)$$

или

$$x = b - k \cdot \frac{\Delta T_{43} \cdot V}{2}; \quad (3')$$

$$y = \frac{a}{c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{32} \cdot V}{2} \right) + \frac{b}{2a} \left[x - b + \frac{b}{2c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{32} \cdot V}{2} \right) \right] \quad (4)$$

Для определения координат источника АЭ в локационной зоне III используются формулы 5, 5', 6, 7:

$$x' = \frac{b}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{12} \cdot V}{2}; \quad (5)$$

или

$$x' = k \cdot \frac{\Delta T_{34} \cdot V}{2} \quad (5')$$

$$x = b + x'; \quad (6)$$

$$y = \frac{a}{c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{42} \cdot V}{2} \right) - \frac{b}{2a} \left[x' - \frac{b}{2c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{42} \cdot V}{2} \right) \right] \quad (7)$$

Для определения координат источника АЭ в локационной зоне IV используются формулы 8, 8', 9, 10:

$$x' = \frac{b}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{12} \cdot V}{2}; \quad (8)$$

или
$$x' = b - k \cdot \frac{\Delta T_{34} \cdot V}{2} \tag{8'}$$

$$x = b + x'; \tag{9}$$

$$y = \frac{a}{c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{41} \cdot V}{2} \right) + \frac{b}{2a} \left[x' - b + \frac{b}{2c} \left(\frac{c}{2} - k \cdot \frac{\Delta T_{41} \cdot V}{2} \right) \right] \tag{10}$$

В формулах 1...10 под $\Delta T_{ij} = T_i - T_j$ подразумевается разница времен прихода сигнала АЭ на датчики D_i и D_j , K – поправочный коэффициент.

Значение коэффициента K определяется после проведения предварительного тестового прозвучивания, исходя из геометрических размеров изделия, с целью обеспечения относительной погрешности определения координат, не превышающей 15%. Т.о. значение данного коэффициента находится в интервале между 1 и 1,15.

В качестве примера использования предлагаемых формул рассмотрим определение координат источников АЭ на осушителе воздуха ($a = 3000$ мм, $b = 3500$ мм). Для оценки точности предложенных формул задавались координаты источников АЭ, проводился расчет координат по формулам 1-4 и рассчитывалась относительная погрешность определения координат при значениях коэффициента $K=1$ и $K=1,15$.

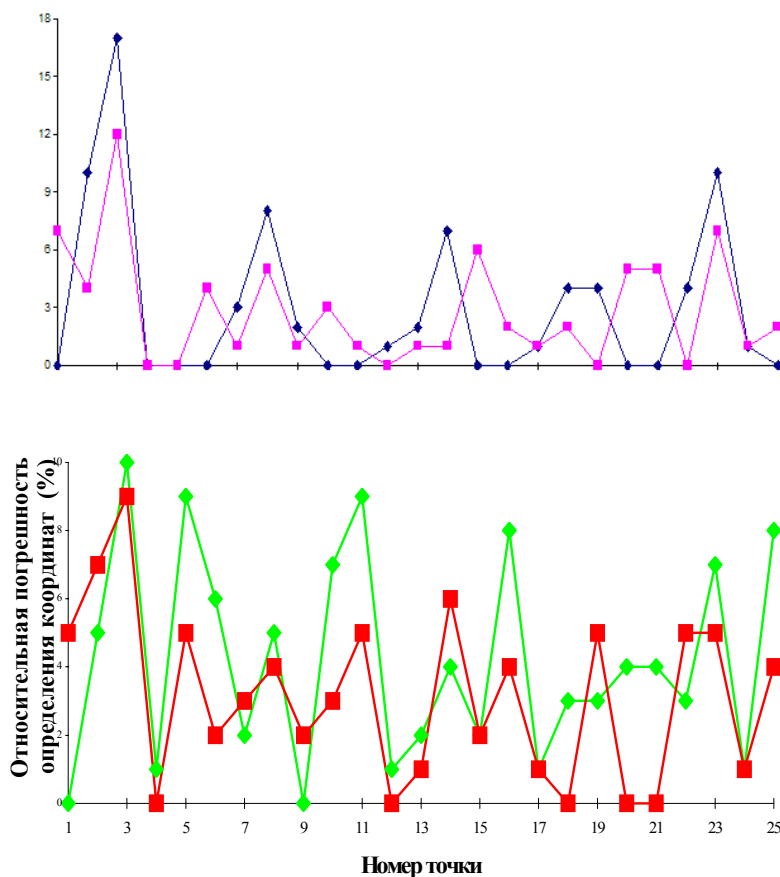


Рис. 2

Блок-схема алгоритма получения координат на обечайке изделия приведена на рис. 3 (D_1, D_2, D_3, D_4 - срабатывание датчиков; T_1, T_2, T_3, T_4 – время срабатывания датчиков; $T_э$ – заданное время проведения эксперимента; $T_т$ – текущее время эксперимента).

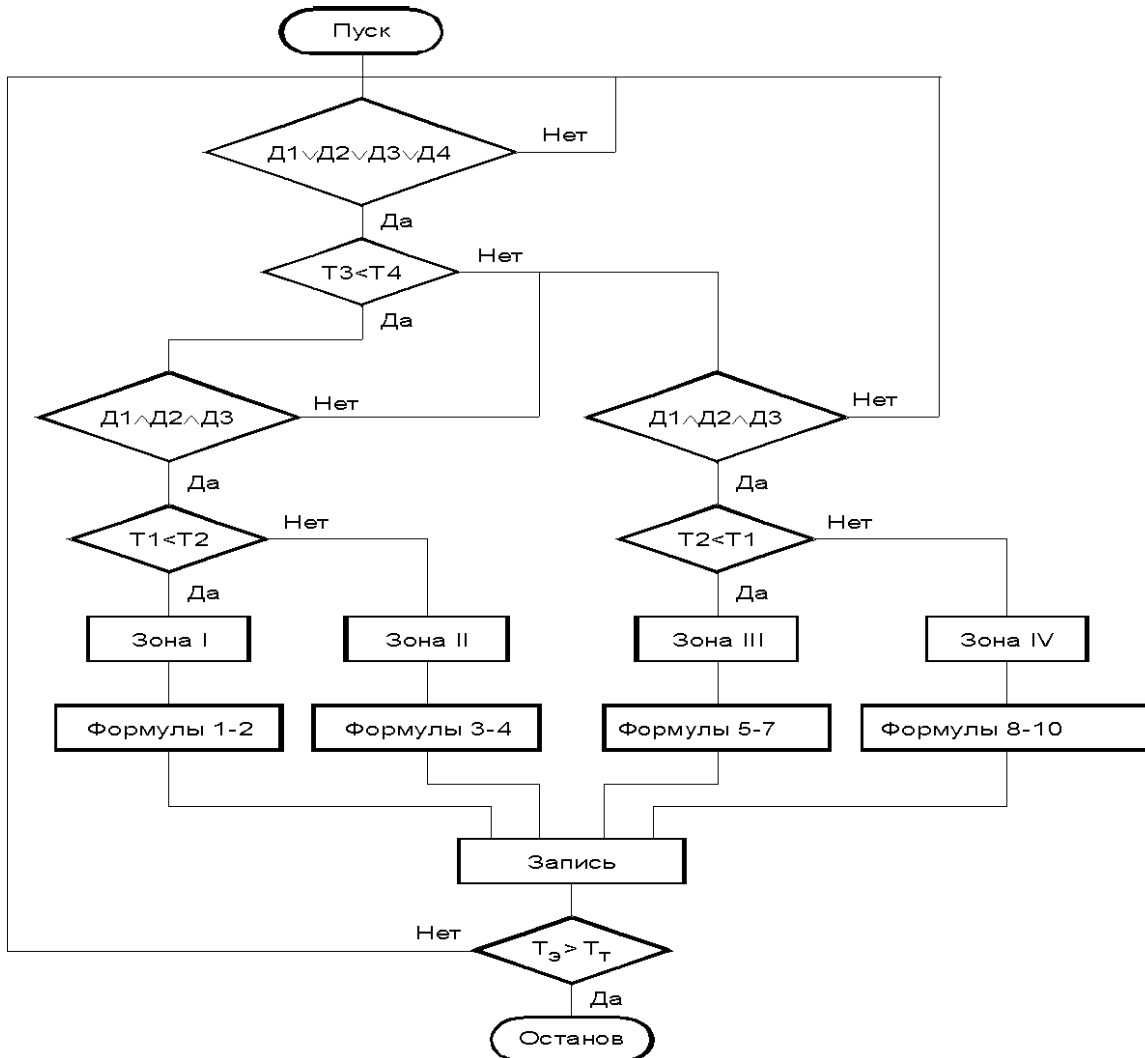


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Представленные формулы расчета и алгоритм определения координат источников АЭ на замкнутой цилиндрической поверхности позволяет получить координаты развивающихся дефектов с заданной точностью (погрешность определения до 15%), избегав при этом неоднозначности при их представлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красильников Д.П., Ниссельсон А.Л., Шемякин В.В. Локализация источников акустической эмиссии // Диагностика и прогнозирование разрушения сварных конструкций. – 1985. - №1. – С. 47-52.
2. Недосека А.Я., Бойчук О.И., Овсиенко М.А. Отбраковка ложных сигналов при проведении АЭ испытаний образцов или линейных объектов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 1999. – № 1. – С. 3-6.
3. Антипенко Е.И., Висиловский Н.Г., Кельрих М.Б. Оценка эффективности метода акустической эмиссии при техническом диагностировании объектов // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2004. – № 4. – С. 11-14.