



Исследование зависимости амплитуды акустического эхо-сигнала от температуры в зоне термического влияния сварного соединения

Глоба Руслан Анатольевич, аспирант кафедры АКид ОИАТЭ НИЯУ МИФИ,
ведущий инженер
Филиал ОАО «Концерн Росэнергоатом» «Ленинградская АЭС» (г. Сосновый Бор, Россия)
Трофимов Максим Адольфович, д.т.н., профессор кафедры АКид
ОИАТЭ НИЯУ МИФИ (г. Обнинск, Россия)

Аннотация. В данной статье описывается процедура установления зависимости амплитуды акустического эхо-сигнала от температуры в зоне термического воздействия сварного соединения с помощью дефектоскопа А 1212 Мастер «ПРОФИ».

Ключевые слова: ультразвуковой дефектоскоп А 1212 Мастер «ПРОФИ», прямой отдельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь, амплитуда эхо-сигнала, средний размер зерна, металлографические исследования, зона термического воздействия сварного соединения.

Research of dependence of amplitude of an acoustic echo signal on temperature in a zone of thermal influence of welded connection

Globa Ruslan, graduate student of AKID chair, OIATE NIYaU of MEPHI, leading engineer
Rosenergoatom Concern branch of JSC "Leningrad NPP" (Sosnovy Bor, Russia)
Trofimov Maxim, Dr.Sci.Tech., professor of AKID chair
OIATE NIYaU of MEPHI (Obninsk, Russia)

Abstract. In this article procedure of establishment of dependence of amplitude of an acoustic echo signal on temperature in a zone of thermal impact of welded connection with the help of the defectoscope A 1212 Master of "PRO" is described.

Keywords: the ultrasonic defectoscope A 1212 Master of "PRO", the direct separate combined piezoelectric converter, echo signal amplitude, the average size of grain, metalgraphic researches, a zone of thermal impact of welded connection.

Введение.

С середины 1990-х годов организация, эксплуатирующая российские АЭС, совместно с обеспечивающими предприятиями реализует задачи продления срока службы своих АЭС, которые в последние годы рассматриваются в контексте более широкой задачи управления сроком службы энергоблоков.

Одной из причин снижения срока службы оборудования АЭС, как показывает практика, является разрушение сварных соединений трубопроводов. Данное разрушение провоцирует одна из причин – наличие большого зерна в металле зоны термического воздействия, которое в свою очередь ведет к заметному снижению коррозионной стойкости материала. Примером вышесказанного является разрушение сварного соединения питательного трубопровода РУ ВК-50, разрушение сварного соединения канала аварийного охлаждения реактора и т.д. Разрушения сварных соединений происходят, преимущественно, в зоне термического воздействия и обусловлены наличием большого зерна в данной зоне. При выполнении сварочных работ на АЭС режимы сварки, зачастую, не соблюдаются. Это приводит к перегреву металла в сварном соединении и увеличению размеров зерен. Средний размер зерна основного металла и сварного соединения является важным конструкционным параметром.

В атомной энергетике контроль величины зерна проводят с помощью металлографических исследований. Из сварного соединения вырезаются образцы, которые в дальнейшем используются в исследовании.

Помимо разрушающего метода контроля, позволяющего определять размер зерен в металлах, в последние годы было разработано несколько ультразвуковых методов (неразрушающий метод). Эти методы основаны на измерении различных физических ультразвуковых параметров, с помощью которых можно определить размер зерна:

1. Затухание.
2. Спектр затухания.
3. Обратное рассеяние.
4. Относительное затухание.
5. Поверхностные волны Рэлея.
6. Скорость.
7. Спектральный подход.

Цель работы.

Рассмотрение влияния температуры в зоне термического воздействия сварного соединения на поведение амплитуды акустического эхо-сигнала и установление зависимости с целью дальнейшего учета при определении среднего размера зерна в сварных соединениях с помощью ультразвука.

Содержание работы.

Одним из влияний на коэффициент затухания служит температура объекта контроля [1]. Зависимость коэффициента затухания от температуры описывается формулой:

$$\delta = \delta_0 [1 + K_\delta (t - t_0)], \quad (1)$$

где δ_0 – коэффициент затухания при исходной температуре t_0 ; K_δ – температурный коэффициент затухания. Изменение коэффициента затухания в зависимости от из-

менения температуры обусловлено вариацией коэффициента поглощения. Для твердых материалов температурный коэффициент затухания обычно положителен. Например: для углеродистой стали он равен $\sim 0,04$ Дб/град.

Для установления зависимости изменения амплитуды акустического поля от температуры были изготовлены два образца: один из стали 20 (№ 1), другой из стали 12Х18Н10Т (№ 2). Данные образцы имели плоскопараллельные поверхности, а шероховатость поверхностей ввода и донных поверхностей была одинакова. В ходе проведения всего эксперимента изменялась только температура. Величина шероховатости поверхностей образцов была измерена с помощью измерителя шероховатости TR-100 и численно равнялась $R_z = 20$ мкм. Температура контролировалась с помощью пирометра Opttris MS и численно на начальном этапе равнялась 20°C . Эскиз образцов представлен на рисунке 1.

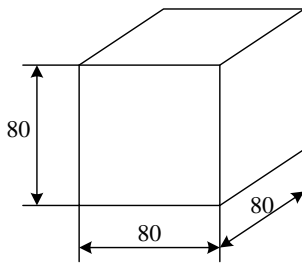


Рис. 1. Эскиз образца

Для определения рабочей частоты пьезоэлектрического преобразователя, применялось условие (2) [2, 3] с учетом формулы (3).

$$4 \leq \frac{\lambda}{d_{cp}} \leq 15, (2)$$

$$\lambda = \frac{c}{f}, (3)$$

где c - скорость распространения ультразвуковой волны, f - частота ультразвука.

Как показывают многочисленные металлографические исследования сварных соединений, которые в процессе эксплуатации были разрушены, средний размер зерен в зоне термического воздействия равен $0,25$ мм [4]. Рабочая частота ультразвуковых волн, с помощью которых мы можем регистрировать зерна, имеющие средний размер в диапазоне от $0,115$ до $0,25$ мм должна была удовлетворять ниже приведенным условиям.

Первое граничное условие:

$$4 \leq \frac{c}{fd_{cp}} \Rightarrow f \leq \frac{c}{4d_{cp}} (4)$$

Второе граничное условие:

$$15 \geq \frac{c}{fd_{cp}} \Rightarrow f \geq \frac{c}{15d_{cp}} (5)$$

Следовательно, рабочая частота пьезоэлектрического преобразователя (МГц) для определения среднего размера зерен металла равного $0,115$ мм находится в диапазоне:

$$3,45 \leq f \leq 12,9 (6)$$

Рабочая частота пьезоэлектрического преобразователя (МГц) для определения среднего размера зерен металла равного $0,25$ мм находится в диапазоне:

$$1,58 \leq f \leq 5,95 (7)$$

Для регистрации размеров зерен в диапазоне от $0,115$ мм до $0,25$ мм, с учетом условий (6) и (7) необходимо применять пьезоэлектрический преобразователь с рабочей частотой, которая должна находиться в диапазоне $3,45 \leq f \leq 5,95$. Следовательно, применяли прямой раздельно-совмещенный пьезоэлектрический преобразователь с рабочей частотой 5 МГц.

Настройка ультразвукового дефектоскопа А 1212 Мастер «ПРОФИ» производилась с использованием временной регулировки чувствительности таким образом, чтобы временная регулировка чувствительности была линейна и постоянна на всем пути распространения ультразвука в металле образца. После подключения прямой пьезоэлектрический преобразователь с рабочей частотой 5 МГц и этот преобразователь устанавливался на образец. Изменением длительности развертки и усиления ультразвукового прибора получали на экране ультразвукового дефектоскопа изображение первого и второго донных эхо-сигналов, при этом амплитуда первого донного эхо-сигнала соответствовала 100% размеру экрана прибора.

В ходе эксперимента был произведен равномерный нагрев каждого образца в интервале от 20 до 45°C с шагом 5°C , который контролировался пирометром Opttris MS. После каждого изменения температуры образцов с помощью ультразвукового дефектоскопа выполнялось по три измерения амплитуды второго донного эхо-сигнала на каждом из них и определялось среднее значение. Проведя одно измерение, пьезоэлектрический преобразователь смещался на величину не менее 5 мм. В результате были получены данные, которые представлены ниже на графике (рисунок 2 линия «эксперимент»). После чего была выполнена аппроксимация полученных результатов (достоверность аппроксимации $R^2 = 0,99$) и найдено уравнение, описывающее зависимость изменения амплитуды акустического сигнала от температуры (рисунок 2 линия «экспоненциальная (эксперимент)»).

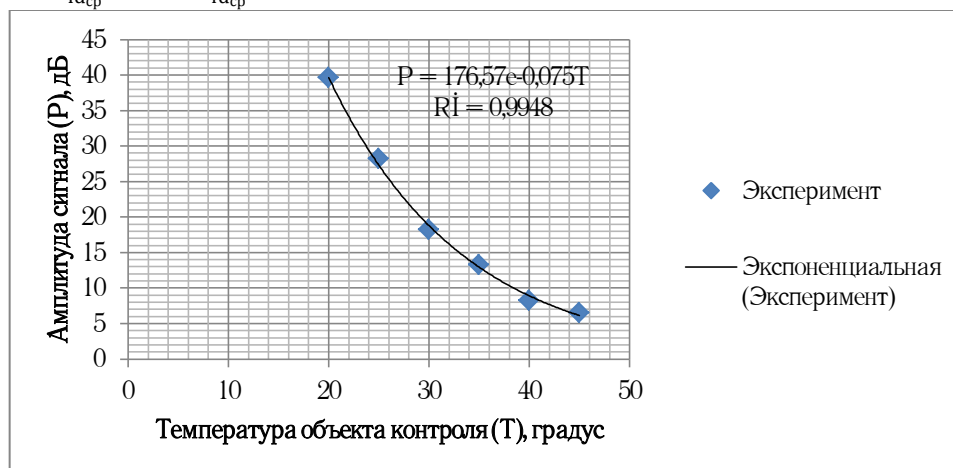


Рис. 2. Зависимость амплитуды сигнала от температуры объекта контроля



Зависимость амплитуды сигнала от температуры металла описывается уравнением приведенным ниже:

$$P = 176,57e^{-0,075T}, \quad (8)$$

где T - температура, P - амплитуда донного эхо-сигнала.

Выводы

1. С увеличением температуры металла амплитуда

второго донного эхо-сигнала уменьшается.

2. В результате проведения этой работы была установлена зависимость амплитуды акустического эхо-сигнала от температуры в зоне термического воздействия сварного соединения, которая описывается уравнением $P = 176,57e^{-0,075T}$.

Литература:

1. Щербинский В.Г. Технология ультразвукового контроля сварных соединений. — Москва, издательство «Тиссо», 2005. — 326 с.
2. Алешин Н.П., Лупачев В.Г. Ультразвуковая дефектоскопия. Справочное пособие. — Минск, издательство «Высшая школа», 1987. — 276 с.
3. ГОСТ 5639-82. Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна. — Введ. 01.01.1983. — Москва, 1994 — 24 с.
4. РД 153-34.1-17.404-00. Методика ультразвукового контроля размера зерна в пароперегревательных трубах из стали 12X18H12T. — Введ. 29.12.2000. — Москва, 2001 — 8 с.