

УДК 620.179

ОБРАБОТКА ВИХРЕТОКОВЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ОТБРАКОВКЕ ИЗДЕЛИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

А. С. КРЮКОВ, В. В. ЧЕГОДАЕВ, А. Г. ЖДАНОВ, В. П. ЛУНИН
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
Москва, Россия

В ряде производств требуется контроль неоднородности электропроводящих материалов многослойных цилиндрических изделий. Эта задача может быть решена средствами вихретоковой дефектоскопии [1, 2, 3]. Отбраковка изделий осуществляется по степени неоднородности материала одного или нескольких слоев.

В частности, неоднородность проводящего материала может определяться наличием дефектов в виде пустот. Причем форма таких дефектов не имеет значения, а важен его объем и местоположение в сечении изделия. С точки зрения протяженности дефекты можно разделить на локальные и распределенные, что необходимо для правильной настройки технологии производства. Доступ к объекту контроля (ОК), в большинстве случаев, возможен только с внешней стороны. Для выявления и оценки объема таких дефектов было предложено использовать многоэлементный накладной вихретоковый преобразователь [4].

В работе рассмотрен двухслойный цилиндрический ОК со следующими параметрами: внешний диаметр 7 мм, внешний слой – циркониевая оболочка толщиной 0,5 мм, внутреннее наполнение – силумин. Для ОК была выбрана схема контроля, состоящая из четырех накладных дифференциальных вихретоковых преобразователей (ВТП), расположенных на окружности (рис. 1), плоскость которой ортогональна оси контролируемого объекта. Оси преобразователей ориентированы нормально к поверхности ОК. Суммарная зона контроля всех ВТП равна длине окружности, образующей поверхность ОК.

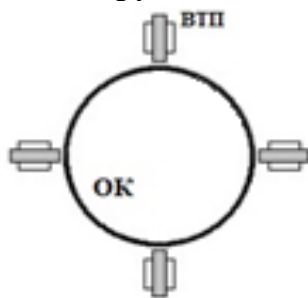


Рис. 1. Объект контроля с многоэлементным преобразователем

Последовательно возбуждая и опрашивая все преобразователи, можно сделать вывод о местоположении дефекта в сечении ОК и оценить его объем. Объем дефекта определяется амплитудой сигнала от вихретокового пре-

образователя. Сигнал ВТП зависит от взаимного расположения дефекта и преобразователя.

В экспериментах локальный дефект имитировался «лыской» с нулевой электрической проводимостью (рис. 2), где φ – угол отклонения дефекта от вертикальной оси (оси верхнего преобразователя). Когда $\varphi = 0$, задача отбраковки не представляет сложности. Но в общем случае, дефект располагается в промежутке между преобразователями ($0^\circ < \varphi < 90^\circ$), тогда амплитуды сигналов ближайших ВТП уменьшаются и могут быть меньше значения, определяемого критерием отбраковки изделий.

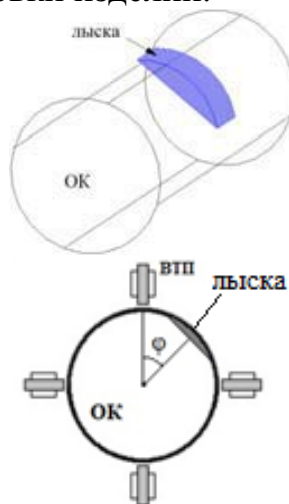


Рис. 2. Исследуемый дефект в виде выборки (лыски)

Поэтому целью работы было построение алгоритма пересчета сигналов двух соседних накладных ВТП от локального дефекта типа лыски при $0^\circ < \varphi < 90^\circ$ в сигнал ВТП от дефекта при $\varphi = 0$.

Для решения поставленной задачи была собрана установка для контроля цилиндрических изделий накладными ВТП. Она состоит: манипулятор, блок преобразователей, вихретоковая испытательная система *ElotestPL-500*, компьютер и настроечный образец, который содержал три лыски, имитирующие дефекты различных объемов. Изменение объема дефекта задавалось увеличением его осевой протяженности при неизменных других параметрах.

Вихретоковые данные были получены при многократном пропускании настроечного образца через блок ВТП. Каждое следующее положение образца отличалось от предыдущего углом ориентации дефектов относительно осей ВТП, при этом угол φ варьировался от 0° до 350° с шагом $\Delta\varphi = 10^\circ$. Для каждой пары соседних ВТП были получены графики зависимости амплитуды сигнала от угла φ для трех различных лысок, которые можно аппроксимировать функцией вида

$$U(\varphi) = \frac{a_0}{a_1 + \exp(a_2 \cdot \varphi)}, \quad (1)$$

где U – напряжение преобразователя; a_0 , a_1 , a_2 – коэффициенты аппроксимации.

Затем были исследованы зависимости коэффициентов a_0 , a_1 , a_2 от величины $U_{max}=U(0)$ для дефектов, участвующих в эксперименте, и получены соответствующие нелинейные аппроксимации для каждой пары соседних ВТП:

$$a_0(U_{max}) = b0_0 + b0_1 U_{max}^4, \quad (2)$$

$$a_1(U_{max}) = b1_0 + b1_1 U_{max}^4, \quad (3)$$

$$a_2(U_{max}) = b2_0 + b2_1 U_{max}^4. \quad (4)$$

Подстановкой коэффициентов (2), (3), (4) в выражение (1) была получена функция, зависящая от двух переменных:

$$U(\varphi, U_{max}) = \frac{b0_0 + b0_1 \cdot U_{max}^4}{b1_0 + b1_1 \cdot U_{max}^4 + \exp[(b2_0 + b2_1 \cdot U_{max}^4) \cdot \varphi]}. \quad (5)$$

Функцией (5) может быть описана зависимость амплитуды сигнала от угла φ для любого локального дефекта типа лыски для конкретной пары соседних вихретоковых преобразователей.

Алгоритм анализа сигналов следующий. Пусть для определения годности ОК задано пороговое значение напряжения U_{lev} . Входными параметрами алгоритма являются два значения амплитуды сигналов A_1 и A_2 ($A_1 \geq A_2$), полученные от соседних ВТП при сканировании ОК. Тогда анализ входных данных производится следующим образом:

- 1) если $A_1 > U_{lev}$, то объект контроля бракуется;
- 2) если условие пункта 1 не выполнено, то определяются значения U_{max} и φ с учетом A_1 и A_2 . U_{max} определяется при условии, что сумма φ при A_1 и φ при A_2 равна 90° с заданной погрешностью;
- 3) полученное значение U_{max} сравнивается с заданным пороговым значением U_{lev} . Если $U_{max} \geq U_{lev}$, то объект контроля признается бракованным. Если $U_{max} < U_{lev}$, то объект контроля признается годным к эксплуатации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бакунов, А. С.** Вихретоковый контроль накладными преобразователями / А. С. Бакунов, В. Г. Герасимов, Ю. Я. Останин. – М., 1985.
2. **Герасимов, В. Г.** Неразрушающий контроль: кн. 3. Электромагнитный метод. / В. Г. Герасимов, А. Д. Покровский, В. В. Сухоруков. – М., 1992.
3. **Герасимов, В. Г.** Методы и приборы электромагнитного контроля / В. Г. Герасимов, В. В. Ключев, А. Д. Покровский; под ред. В. Е. Шатерникова. – М. : Издательский дом «Спектр», 2010.
4. **Лунин, В. П.** Проходной многоэлементный вихретоковый преобразователь / В. П. Лунин, А. Д. Покровский, В. В. Чегодаев // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 2-й междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2006. – С. 71–73.

E-mail: А.С.Крюков – sasa-mail@inbox.ru
 В.В.Чегодаев – chegodaevvv@gmail.com
 В.П.Лунин – valery.lunin@mtu-net.ru
 А.Г.Жданов – zhdanov.andrew82@gmail.com