

АЛГОРИТМ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФАЗИРОВАННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Вдовенко А. Ю., Долматов Д. О.

Научный руководитель: Долматов Д. О.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: ayv9@tpu.ru

ALGORITHM OF SPATIOMPORAL POST-PROCESSING FOR ULTRASONIC TOMOGRAPHY WITH PHASED ARRAYS

Vdovenko A. Y., Dolmatov D. O.

Scientific Supervisor: Dolmatov D. O.

Tomsk Polytechnic University

Russia, Tomsk, Lenin ave., 30, 634050

E-mail: ayv9@tpu.ru

Для решения задач ультразвукового контроля, связанных с повышением требований к достоверности полученных данных, сегодня используют перспективный метод, позволяющий визуализировать внутреннюю структуру объекта контроля. В качестве приборов используют томографическую аппаратуру с фазированными антенными решетками. В данной работе рассматривается алгоритм пространственно-временной обработки для ультразвуковой томографии с использованием ФАР, работающих в режиме двойного сканирования.

Improving the reliability of the results of ultrasonic nondestructive testing can be obtained via the application of advanced techniques which are able to visualize internal structure of a controlled object. One of such approaches is ultrasonic tomography systems with phased arrays. In this work, the algorithm for spatiotemporal post-processing of the ultrasonic data registered by the phased array is considered.

Одним из самых распространенных способов проверки изделий на дефекты является применение ультразвукового контроля. Тем не менее, ультразвуковая дефектоскопия обладает одним существенным недостатком – размеры дефектов определяются косвенно, и определить реальные размеры дефектов не является возможным.

Использование фазированных антенных решеток (ФАР) значительно расширяет возможности ультразвукового контроля изделий сложной формы, упрощает работу и повышает производительность [1].

Чтобы улучшить качество проводимого УЗК и добиться повышения достоверности полученных данных, применяют специализированные методики и приборы, визуализирующие внутреннюю структуру обследуемого изделия, например томографическую аппаратуру.

В традиционной ультразвуковой дефектоскопии применяется только механическое сканирование внутренней структуры объекта контроля. А в ультразвуковой томографии с применением ФАР, основанной на импульсном эхо-методе, может использоваться три вида сканирования и их сочетания:

- механическое сканирование – заключается в перемещении по поверхности объекта контроля преобразователя с вводом в блок обработки сигналов данных о координатах ФАР;
- электронное сканирование – обеспечивается физически сформированным пучком ультразвука фазированной антенной решетки;
- виртуальное сканирование – осуществляется вычислительным путем с использованием набора зарегистрированных эхо-сигналов, полученных при зондировании изделия элементами ФАР [2].

Сочетая механическое и виртуальное сканирования, можно повысить качество изображений. Методика заключается в совместной пространственно-временной обработке сигналов, зарегистрированных ультразвуковым преобразователем во всех его положениях на поверхности объекта. Как результат реконструируется изображение внутренней структуры объекта контроля, причем обеспечивается фокусировка во все точки синтезированного изображения [3]. Такой метод обзора пространства и получения его изображения

называют методом синтезированной фокусируемой апертуры, в англоязычной литературе «Synthetic Aperture Focusing Technique» («SAFT») [2].

В случае использования в качестве преобразователя ФАР применяется режим Full Matrix Capture («Полноматричный захват») [4]. Это особый процесс сбора данных, в котором каждый из N элементов последовательно используется в качестве передатчика, в то время как все остальные элементы используются приемниками. Полученные данные собираются в матрицу S , содержащую все полученные сигналы, для последующей постобработки.

Алгоритм пост-обработки Total Focusing Method (TFM) выполняется сначала дискретизацией целевой области в сетку. Затем сигналы от всех элементов массива суммируются, чтобы синтезировать фокус в каждой точке сетки. Для данного метода необходима линейная интерполяция дискретных сигналов во временной области. Это суммирование выполняется для каждой возможной пары передатчик-приемник и поэтому использует максимальный объем информации, доступной для каждой точки [5].

Применение TFM позволяет получать синтезированное изображение внутренней структуры объекта контроля. Для реализации данного метода в экспериментальной части работы был использован программный пакет Matlab R2016b, в котором разрабатывался алгоритм пост-обработки сигналов. Работоспособность созданного алгоритма была проверена на практике.

В первой части практической работы объект контроля сканировался вручную при помощи преобразователя с фазированной решеткой – Olympus. В качестве объекта контроля выступал стальной блок (рис. 2) с просверленными отверстиями, которые имитировали дефекты.

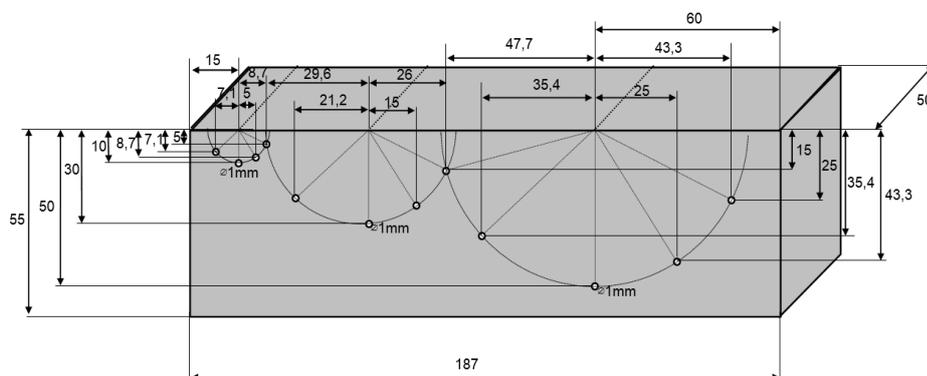


Рис. 1. Объект контроля

Преобразователь вручную перемещался по поверхности объекта контроля с шагом 1 мм. Сохранённые результаты контроля по окончании расчётов формировались в файлы.

Далее для получения синтезированных изображений алгоритм Total Focusing Method был реализован на ЭВМ с использованием программного пакета Matlab R 2016b. Входными данными для алгоритма являются эхо-сигналы, зарегистрированные элементами ФАР, а выходными данными – синтезированное изображение внутренней структуры объекта контроля представленные на рисунках 2, 3 и 4.

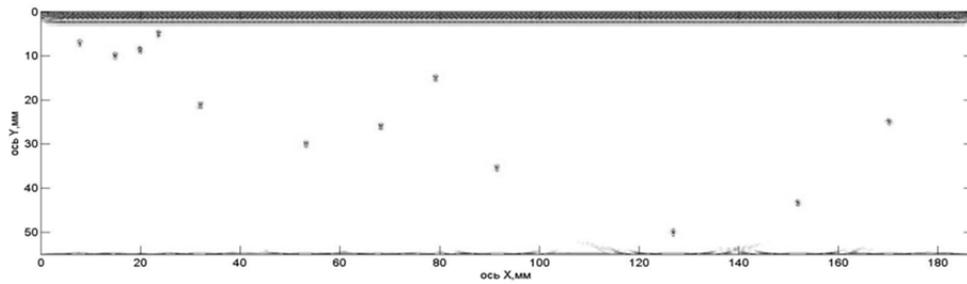


Рис. 2. Общее изображение объекта контроля

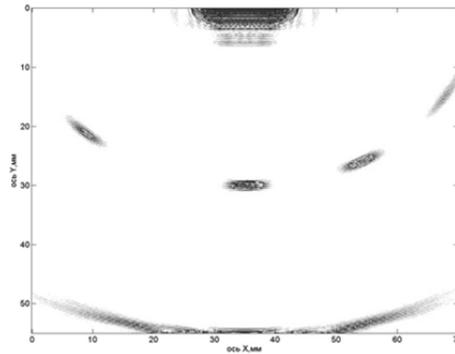


Рис. 3. Реконструированное изображение, полученное из одной позиции ФАР

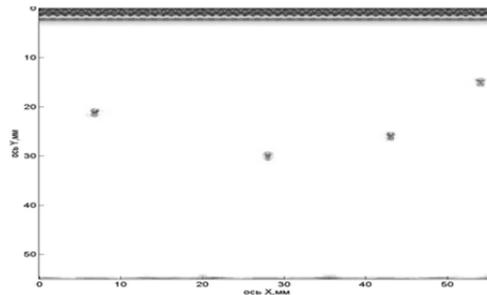


Рис. 4. Реконструированное изображение, полученное из нескольких позиций ФАР

Таким образом, была подтверждена эффективность применения механического сканирования и разработанного алгоритма для повышения качества получаемых синтезированных изображений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль: учеб. пособие / под общ. Ред. В.В. Клюева. М.: Издательский дом «Спектр», 2011. – 224 с.
2. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г. Сканирование в ультразвуковой томографии / В мире неразрушающего контроля. Технологии НК. – 2010. – №3(49): Методы сканирования. – 7-10 с.
3. Бадалян В.Г., Базулин Е.Г., Вopilкин А.Х. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов / Под. ред. А.Х. Вopilкина. – М.: Машиностроение, 2008. – 368 с.
4. Шевалдыкин В.Г., Алехин С.Г., Бишко А.В. Заглянут в металл: теперь это просто. – В мире НК. 2008. №1(39). С. 46-53
5. Holmes C., Bruce W., Paul D. Post-processing of the full matrix of ultrasonic transmit–receive array data for non-destructive evaluation // Elsevier. – 2005 г. – №38 – 701-711 с.