

определять степень влияния тех или иных несплошностей на функционирование объектов контроля. В системах с когерентной обработкой сигналов могут применяться различные типы ультразвуковых преобразователей, включая одноэлементные преобразователи, линейные и матричные фазированные решетки.

Применение в системах, с когерентной обработкой сигналов матричных фазированных решеток позволяет получить трехмерное изображение в одной измерительной позиции. Несмотря на это очевидное преимущество, оно связано с высокой интенсивностью требуемых компьютерных вычислений. Также при увеличении объекта контроля предъявляются все большие требования к памяти вычислительного ресурса. Рассмотренные факторы серьезно ограничивают на практике применение систем с когерентной обработкой сигнала, использующих матричные фазированные решетки.

Существует несколько подходов для снижения интенсивности требуемых компьютерных вычислений. Один из подходов связан с применением матричных фазированных решеток с нелинейным расположением элементов. Преимущество применения такого подхода связано с возможностью увеличения размеров апертуры по сравнению матричными фазированными решетками, в которых такое же количество элементов расположено линейно [1][2]. Другой подход связан с использованием, так называемых прореженных решеток, при котором обрабатываются данные только некоторых, выбранных особым образом, элементов матричной фазированной решетки с линейным расположением элементов [3][4]. Еще один метод для снижения интенсивности требуемых вычислений обусловлен применением специальных методов ускоренной обработки данных, полученных с использованием матричных фазированных решеток. Существует несколько подходов к реализации таких методов, одним из которых является применение методов, основанных на Быстром преобразовании Фурье[5].

В данной работе предложен метод ускоренной обработки данных ультразвукового контроля при применении матричных фазированных решеток. В работе рассмотрены математические основы метода, а также возможность применения для различных условий проведения контроля. Возможности предлагаемого метода были рассмотрены для решения нескольких задач ультразвукового неразрушающего контроля. Данный метод обработки ультразвуковых данных был изучен при использовании одноэлементного преобразователя и многослойного объекта контроля в [6], а для иммерсионного контроля с использованием матричной фазированной решетки, работающей в режиме двойного сканирования в [7]. Применение данного метода представляет интерес, прежде всего, в автоматических и полуавтоматических системах с когерентной обработкой сигнала, вследствие чего важным вопросом является точная калибровка таких систем, вопрос проведения которой рассмотрен в [8].

Список литературы:

- [1] Martínez-Graullera O. et al. *Design of Curvilinear Array Apertures for 3D Ultrasonic Imaging //Ultrasound Imaging. – InTech, 2011.*
- [2] Velichko A., Wilcox P. D., Drinkwater B. W. *Defects detection in thin components using two-dimensional ultrasonic arrays //AIP Conference Proceedings. – AIP, 2013. – Т. 1511. – №. 1. – С. 841-848.*
- [3] *Efficient imaging techniques using Sub-aperture matrix capture and two-dimensional sparse array //Nondestructive Evaluation/Testing (FENDT), 2014 IEEE Far East Forum on. – IEEE, 2014. – С. 44-49.*
- [4] VI. Choe J. W., Oralkan Ö., Khuri-Yakub P. T. *Design optimization for a 2-D sparse transducer array for 3-D ultrasound imaging //Ultrasonics Symposium (IUS), 2010 IEEE. – IEEE, 2010. – С. 1928-1931.*
- [5] Hunter A. J., Drinkwater B. W., Wilcox P. D. *The wavenumber algorithm for full-matrix imaging using an ultrasonic array //IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control. – 2008. – Т. 55. – №. 11.*
- [6] Dolmatov D., Abramets V. *Application of frequency-domain algorithms in ultrasound imaging of composite materials //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2016. – Т. 48.*
- [7] Dolmatov D., Salchak Y., Pinchuk R. *Frequency-domain imaging algorithm for ultrasonic testing by application of matrix phased arrays //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2017. – Т. 102. – С. 01015.*
- [8] Dolmatov D. et al. *Advanced ultrasonic testing of complex shaped composite structures //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2016. – Т. 135. – №. 1. – С. 012010.*

НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАЗМЕРА МИКРОФОКУСНЫХ ПЯТЕН РЕНТГЕНОВСКИХ ТРУБОК

*Е.Ю. Усачев, М.М. Гнедин, В.В. Валиков, В.Д. Гелевер, Е.Б. Чернов
Московский технологический университет МИРЭА*

Согласно п 2.1. 10 ГОСТ Р 55776 -2013 «Контроль неразрушающий радиационный. Термины и определения» термин «эффективное фокусное пятно» рентгеновской трубки определяется как «проекция излучающей области источника ионизирующего излучения на плоскость, перпендикулярную к оси рабочего пучка ионизирующего излучения»

Существует градация фокусных пятен рентгеновских трубок (таблица 1 ГОСТ 8490-77 «Трубки рентгеновские. Общие технические условия») на «микронное», «острое», «малое», «большое»; при этом номинальный размер микронного пятна до 100мкм включительно. с допускаемым отклонением +100мкм.

Размер фокусного пятна играет значительную роль в формировании рентгеновского изображения, определяя величину геометрической нерезкости и, следовательно, качество изображения и обнаружение несовершенств объектов контроля с малым раскрытием и контрастом.

На практике, размер микрофокусного пятна измеряется на стадии приёмки трубок (как правило при номинальном анодном напряжении) и в процессе эксплуатации, особенно при значительном отступлении от номинального напряжения

В настоящее время в РФ действует ГОСТ22091.9-86 «Приборы рентгеновские. Методы измерения размеров эффективного фокусного пятна», регламентирующий в т.ч. в Разделе 1 метод измерения размеров микрофокусного пятна до 0,1мм {

В части микрофокусных пятен указанный стандарт может рассматриваться как устаревший, поскольку предусматривает использование в качестве детектора только плёнки, в качестве тест-объекта - элемент измерительной сетки, а измерение оптических плотностей изображения проводится в ручном режиме на микрофотометре. Утверждается, что погрешность измерения размеров фокусного пятна находится в интервале $\pm 35\%$ с установленной вероятностью $P=0,95$

В странах Европейского Союза действует стандарт EN 12543 «Неразрушающий контроль. Характеристики фокусных пятен в промышленных рентгеновских системах для использования в области неразрушающего контроля», состоящий из 5 частей.

Часть 5 указанного стандарта посвящена измерению эффективного фокусного пятна мини- и микрофокусных рентгеновских трубок».

Помимо получения снимка тест-объекта (проволочный крест или шарик) на плёнку с последующим фотометрированием на микроденситометре, часть 5 стандарта допускает применение рентгеноскопической системы с возможностью построения двумерных линейных профилей интенсивности радиоскопического изображения.

Даны требования к параметрам просвечивания и методике определения фокусного пятна.

Проблема измерения эффективного фокусного пятна рентгеновских трубок, в том числе и мини- и микрофокусных рассмотрена в обобщающей статье «Новые методы измерения размера фокусного пятна рентгеновских трубок в практике цифровой радиологии в сравнении с действующими стандартами» (1)

Обобщённые данные многочисленных зарубежных измерений микрофокусных пятен, приведенные в (1) и результаты соответствующих экспериментальных работ, полученные авторами доклада, показали, что достоверность и разброс полученных значений измерений, выполненных с соответствии с вышеуказанными стандартами, являются неудовлетворительными.

Это может быть объяснено наличием у полученных изображений тест-объектов т.н. «хвостов». затрудняющих точность исходных замеров, и малыми линейными размерами измерительной базы

В упомянутой работе (1) в качестве тест- объекта был выбран серийный пластинчатый с отверстиями индикатор качества изображения, используемый в практике радиографии США, предложено построение интегрированного линейного профиля полученного изображения и алгоритм расчёта размера микрофокусных пятен с рядом допущений. Всё это позволило, по сообщению авторов, улучшить достоверность измерений.

В предлагаемом докладе предложены новая конструкция тест-образца и конструкция детектора с высоким разрешением, использовано дифференцирование полученного изображения и повышена точность измерения пикселя изображения за счёт удлинения измерительной базы и использования опций ПО «Диада»

Список литературы:

[1] «Новые методы измерения размера фокусного пятна рентгеновских трубок в практике цифровой радиологии в сравнении с действующими стандартами» 18th World Conference on Nondestructive Testing. 16-20 April 2012 .Dubau, South Africa. Klaus Bavendik и др..