

ПРИМЕНЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

Долматов Д.О., Седнев Д.А.

Томский политехнический университет, г. Томск

Одной из тенденций развития неразрушающего ультразвукового контроля является разработка и внедрение средств визуализации результатов, что позволяет определить положение, размеры и форму дефектов и делает возможным определить их реальную опасность.

Для реконструкции результатов ультразвукового контроля наибольшее распространение получил метод синтезированной апертуры (Synthetic aperture Focus Technique), основанный на расчетах во временной области. Главным недостатком данного метода является необходимость проведения большого количества вычислений, что приводит к снижению скорости проведения контроля. Этот недостаток особенно критичен в случае необходимости обработки большого количества информации, например, при использовании в неразрушающем ультразвуковом контроле фазированных антенных решеток. Фазированные антенные решетки представляют собой набор пьезоэлектронных преобразователей, смонтированных в одном корпусе и использующие принцип поочередного испускания каждым элементом ультразвуковой волны. Отражаясь, эти волны, регистрируются всеми элементами антенной решетки, которые затем используются для реконструкции области контроля. Преимуществами применения антенных фазированных решеток по сравнению с традиционным ультразвуковым контролем заключается в исключении человеческого фактора и увеличении скорости проведения проверки, что достигается путем автоматизации процесса [1]. Увеличение скорости проведения контроля является одним из важнейших направлений совершенствования метода фазированных антенных решеток.

Подходом, позволяющим значительно сократить время визуализации результатов контроля, является частотный метод. В англоязычной литературе такой метод получил название f-k алгоритмов [2] или wavenumber algorithms [3].

Данный алгоритм состоит из трех этапов:

- 1 Преобразование Фурье сигналов;
- 2 Интерполяция Штольца;
- 3 Обратное преобразование Фурье.

Рассмотрим один такт работы антенной фазированной решетки, при котором один элемент является источником ультразвука, а все

элементы решетки регистрируют отраженный сигнал. Исходными данными для осуществления визуализации результатов контроля, является акустическое поле зарегистрированное преобразователями, которое можно обозначить как $p(t, x, z = 0)$. Осуществляется двумерное преобразование Фурье:

$$P(f, k_x, z = 0) = \int \int_{-\infty}^{+\infty} p(t, x, z = 0) e^{i(k_x x - ft)} dx dt \quad (1)$$

Следующий шаг - это интерполяция Штольца (Stolt interpolation), заключающаяся в переходе от частоты, обозначенной в формуле 5 как f к составляющей волнового числа k_z [4]. Данные величины связаны следующим соотношением:

$$k_z^2 = \frac{f^2}{\hat{c}^2} - k_x^2 \quad (2)$$

где: \hat{c} - половина скорости звука в среде. Такой подход применяется для адаптации данного метода к решению задач в ультразвуковом контроле.

Тогда применяя обратное двумерное преобразование Фурье, с учетом формулы 6 получаем:

$$p(t = 0, x, z) = \int \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\hat{c} k_z}{\sqrt{k_x^2 + k_z^2}} P(f, k_x, z = 0) e^{2i\pi(k_x x - k_z z)} dk_x dk_z \quad (3)$$

На завершающем этапе изображения для каждого из тактов складываются:

$$I(x, z) = \sum_{i=1}^N p_i(t = 0, x, z) \quad (4)$$

Рассмотренный алгоритм был реализован с помощью сертифицированного программного пакета Matlab. Для исследования возможностей метода была произведена симуляция измерений методом фазированной антенной решетки с помощью программы Field II [5][6]. Фазированная антенная решетка состояла из 64 элементов, ширина каждого элемента 0.53 мм, расстояние между элементами 0.1 мм. Элементы фазированной антенной решетки генерировали синусоидную волну с частотой 6.25 МГц. Частота оцифровки – 25 МГц. Материалом контроля являлась сталь, скорость продольных волн которой была выбрана 5900 м/с. Расположение дефектов в симуляции представлено на рисунке 1.

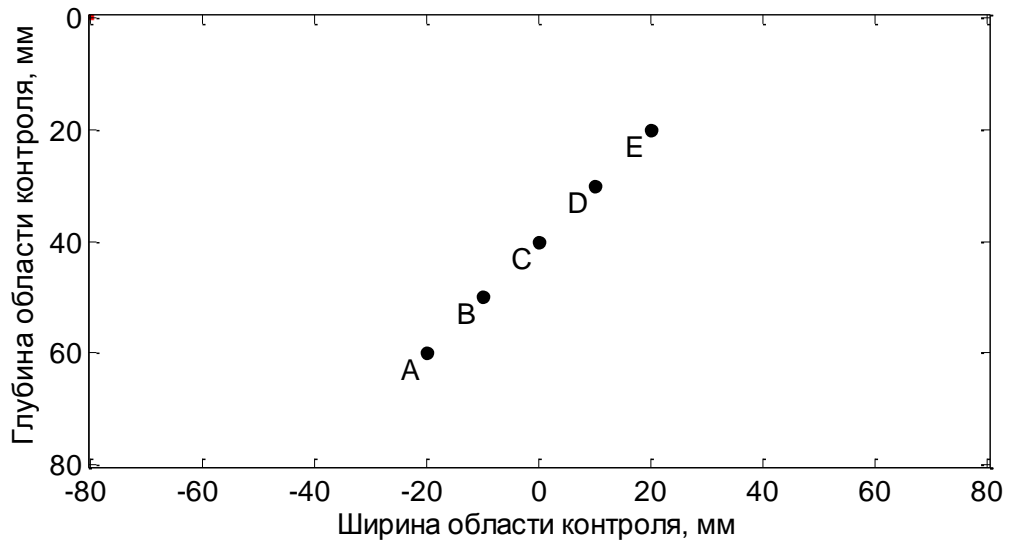


Рисунок 1. Расположение дефектов при симуляции

Были выбраны следующие координаты дефектов (в миллиметрах): A(-20,60), B(-10,50), A(0,40), A(10,30), A(20,20), при этом в точке (0,0) размещена середина фазированной антенной решетки. Результат симуляций представлен на рисунке 2.

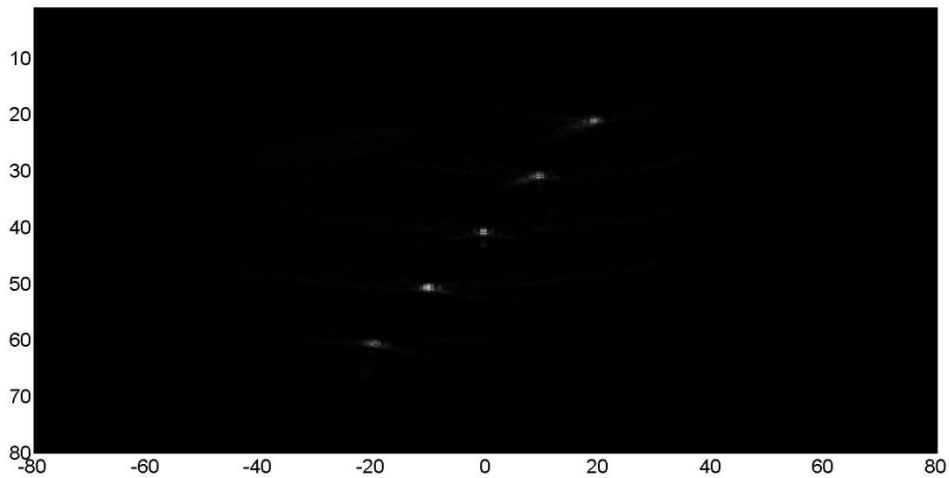


Рисунок 2. Результат симуляции ультразвукового контроля с применением частотного метода

Полученные результаты демонстрируют целесообразность дальнейшего исследования возможностей частотного метода для применения в ультразвуковом контроле с использованием фазированных антенных решеток. Для большей практической значимости данного метода он должен быть адаптирован для ультразвукового контроля анизотропных материалов и материалов, обладающих сложной геометрией.

Выполнено при финансовой поддержке Государственного задания «Наука» в рамках научного проекта № 1524, тема 0.1325.2014.

Список информационных источников

1. Bulavinov, A., Joneit, D., Kröning, M., Bernus, L., Dalichow, M. H., & Reddy, K. M. (2006). Sampling phased array a new technique for signal processing and ultrasonic imaging. Berlin, ECNDT.
2. Garcia, D., Tarnec, L. L., Muth, S., Montagnon, E., Porée, J., & Cloutier, G. (2013). Stolt's fk migration for plane wave ultrasound imaging. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 60(9), 1853-1867.
3. Hunter, A. J., Drinkwater, B. W., & Wilcox, P. D. (2008). The wavenumber algorithm for full-matrix imaging using an ultrasonic array. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 55(11), 2450-2462.
4. Stolt, R. H. (1978). Migration by Fourier transform. *Geophysics*, 43(1), 23-48.
5. Jensen, J. A. (1996). Field: A program for simulating ultrasound systems. In 10TH NORDIC-BALTIC CONFERENCE ON BIOMEDICAL IMAGING, VOL. 4, SUPPLEMENT 1, PART 1: 351--353.
6. Jensen, J. A., & Svendsen, N. B. (1992). Calculation of pressure fields from arbitrarily shaped, apodized, and excited ultrasound transducers. *Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, IEEE Transactions on*, 39(2), 262-267.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАГНИТОУПРУГИХ СВОЙСТВ ФЕРРОМАГНЕТИКОВ

Еганов В.А.

*Тюменский государственный нефтегазовый университет, г. Тюмень
Научный руководитель: Новиков В.Ф. д.ф.-м.н. профессор, заведующий
кафедрой физики, методов контроля и диагностики;*

*Казаков Р.Х., д.п.н., профессор кафедры физики, методов контроля и
диагностики*

Целью данной работы является обнаружение магнитоупругого эффекта при воздействии на феррит акустической волны при отсутствии и наличии внешнего постоянного магнитного поля и исследование изменения магнитоупругого эффекта при изменении величины напряженности внешнего магнитного поля.