

УДК 620.179.14

ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТОДА ФАЗИРОВАННОЙ
АКУСТИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ПРИ КОНТРОЛЕ ТРЕЩИН

С. О. ПИЛЮГИН, В. П. ЛУНИН
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»
Москва, Россия

Фазированная акустическая решетка (ФАР) является новым словом в ультразвуковом неразрушающем контроле (УЗК). Применение ФАР дает огромное преимущество, по сравнению с применением традиционных ультразвуковых преобразователей: электронное сканирование, электронное управление углом ввода и электронная фокусировка. Повышаются производительность контроля, чувствительность и выявляемость дефектов, по сравнению с классическим УЗК.

Со времени своего появления во всем мире каждый год выходит огромное количество научно-технических статей, патентов по данному виду неразрушающего контроля, при чем подавляющее большинство их касается приборной составляющей, теоретическим основам и фильтрации сигналов. Наряду с этим, мало освещенной остается методическая сторона контроля с помощью ФАР и обработка получаемой с ее помощью информации.

Недостаточная проработка методических основ контроля с помощью дефектоскопов на ФАР, отсутствие международных и государственных стандартов делает затруднительным реальное применение дефектоскопов на ФАР.

Данная работа посвящена разработке алгоритма автоматизированной обработки сигналов ФАР для измерения параметров усталостной трещины.

Для решения прямой задачи неразрушающего контроля была использована конечно-элементная модель акустического тракта преобразователя ФАР, использующая принцип суперпозиции акустических полей. Была получена база модельных сигналов от 234 усталостных трещин различной длины l и угла наклона α в алюминиевой плите толщиной 10 мм. Изображения на соответствующих S-сканах не повторяют оптического образа дефектов [1], следовательно, судить об истинных размерах трещины придется по косвенным численным признакам, полученным из сигналов ФАР.

В итоге, для каждого случая, параметрам смоделированной трещины будет соответствовать ряд численных признаков сигнала ФАР. Для обработки данной информации целесообразно применить регрессионный анализ, считая параметры трещины зависимыми переменными, а признаки сигналов – независимыми.

Несмотря на свою наглядность S-скан является неудобным для обработки. Для дальнейшей обработки удобнее представлять сигналы в виде двумерного сигнала, по оси x у которого отложены отсчеты, а по оси y – угол

ввода волны при секторном сканировании. Примеры таких изображений представлены на рис. 1.

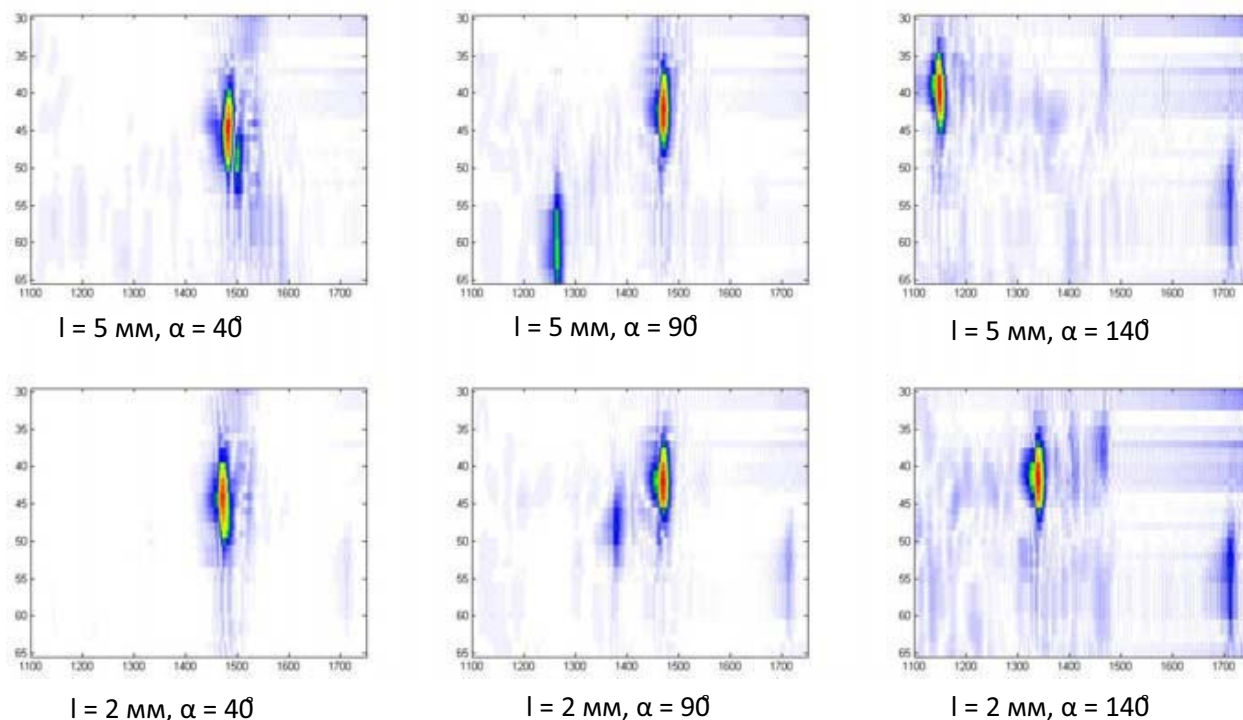


Рис. 1. Сигналы ФАР для обработки автоматизированными алгоритмами

В качестве признаков сигнала были использованы коэффициенты смеси из трех двумерных функций Гаусса, которой приближалось акустическое изображение.

Для обработки признаков сигналов применялся множественный линейный и полиномиальный регрессионные анализы, каждый из которых был выполнен с включением всех переменных, добавлением переменных и исключением переменных.

Оценка качества проведения регрессионного анализа проводилась с помощью критерия R^2 : чем ближе R^2 к единице, тем выше качество приближения функции.

Ошибку в определении параметров дефекта, а так же качество регрессионного анализа оценивалось с использованием данных об остатках регрессии в корректно проведенном регрессионном анализе остатки регрессии должны быть распределены по нормальному закону. Кроме того, удвоенным среднеквадратическим отклонением (СКО), мы получим погрешность в определении параметра дефекта с доверительной вероятностью 0,95.

В табл. 1 и 2 представлены критерии R^2 и удвоенные среднеквадратические отклонения остатков регрессии для параметров l и α , в столбце df , указано количество переменных в модели.

Табл. 1. Сравнение результатов регрессии для l

Модель	R^2	СКО*2	df
Множественная линейная регрессия			
all	0,8985	0,1976	17
forwardstepwise	0,8982	0,19780	13
backwardstepwise	0,8917	0,206	9
Множественная полиномиальная регрессия			
all	0,929754	0,1564	34
forwardstepwise	0,929930	0,16420	16
backwardstepwise	0,930564	0,1622	13

Табл. 2. Сравнение результатов регрессии для a

Модель	R^2	СКО*2	df
Множественная линейная регрессия			
all	0,75527	0,2976	17
forwardstepwise	0,75788	0,29880	13
backwardstepwise	0,7339	0,3188	5
Множественная полиномиальная регрессия			
all	0,857675	0,2178	34
forwardstepwise	0,839213	0,24520	19
backwardstepwise	0,858102	0,2256	10

Из табл. 1 и 2 видно, что наименьшая погрешность достигается при использовании в модели всех переменных, но при уменьшении количества переменных в анализе с исключением и добавлением величина разброса и R^2 ухудшаются незначительно, а стабильность модели и устойчивость к шуму улучшаются. Поэтому была выбрана модель с наименьшим числом переменных и наименьшей ошибкой – пошаговая полиномиальная регрессия с исключением переменных.

В работе был разработан алгоритм автоматизированной обработки данных ФАР при контроле усталостных трещин, для чего проанализирована база модельных сигналов от 234 трещин с различными параметрами. В ходе работы было предложено использовать в качестве признаков сигнала параметры смеси двумерных функций Гаусса и было установлено, что наименьшую погрешность в определении параметров трещины дает полиномиальная регрессионная модель с исключением переменных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ультразвуковая дефектометрия металлов с применением голографических методов / В. Г. Бадалян [и др.]; под ред. А. Х. Вopilкина. – М. : Машиностроение, 2008.