

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 539.3

МНОГОКРАТНОЕ РАССЕЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН НА СИСТЕМЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДЕФЕКТОВ КАНОНИЧЕСКОЙ ФОРМЫ (ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ)*

Н.В. БОЕВ, Х.М. ЭЛЬ-МОРАБИ

(Южный федеральный университет),

В.А. ВДОВИН, В.М. ЗОТОВ

(НИИ механики и прикладной математики им. И.М. Воровича

Южного федерального университета),

Описана детерминированная модель распределения дефектов. Проведён сравнительный анализ теоретического расчёта и экспериментальных данных многократного отражения ультразвуковых волн на системе трёх цилиндрических дефектов, находящихся в упругом теле конечных размеров.

Ключевые слова: рассеяние, ультразвуковые волны, пространственные дефекты, высокочастотная дифракция.

Введение. При сканировании скопления дефектов в упругих телах отдельно-совмещенными ультразвуковыми датчиками [1] информация об их местоположении и форме может быть получена на основе характеристик однократно и многократно переотраженных волн. Полное исследование такой задачи возможно только на основе решения трехмерной задачи высокочастотной дифракции ультразвуковых волн. С учетом применяемых частот в ультразвуковом неразрушающем контроле (УЗНК) материалов теоретическое исследование трехмерных задач многократного рассеяния упругих волн может быть проведено в рамках геометрической теории дифракции [2, 3]. Особый интерес представляет исследование задач высокочастотной дифракции в рамках стохастической модели распределения дефектов в теле конечных размеров. Однако в качестве начальных вариантов изучения этой проблемы естественным является ее изучение в рамках детерминированных моделей распределения дефектов канонической формы.

Детерминированная модель и экспериментальные измерения. Модель реализована в лабораторном макете, который в качестве тела конечных размеров использует стальной образец в форме прямого параллелепипеда, толщина образца 40 мм, высота 78 мм, длина 300 мм. На расстоянии H от верхней грани, на которой располагается датчик продольных ультразвуковых волн (УЗ) диаметром 30 мм и частотой 2,5 МГц, по дуге окружности радиусом R просверлены три одинаковых соосных цилиндрических отверстия радиусом r с образующими перпендикулярными боковыми стенками. Схема образца с расположением отверстий и датчика приведена на рис.1. Для проведения эксперимента используется дефектоскоп-приставка «ЭВУД-ПК» (в дальнейшем дефектоскоп) общего назначения по ГОСТ 23049-94. Он предназначен для УЗ контроля продукции на наличие дефектов типа нарушения сплошности и однородности металлов. Дефектоскоп работает совместно с IBM компьютером.

Лучевое решение задачи. Расположение цилиндрических отверстий в образце и ультразвукового датчика продольной волны позволяют измерять амплитуду перемещений в обратно отраженных волнах от поверхностей полостей в продольных волнах, в двукратно отраженных от дефектов 1 и 3 волнах, в трехкратно отраженных волнах от всех трех препятствий. Траектории указанных лучей приведены на рис.1. Заметим, что эти траектории представляют собой ломаные линии, лежащие в одной плоскости. Общие случаи однократного и многократного отражения продольной волны от поверхностей, находящихся в упругой среде, получены в работах [3, 4]. Явные выражения перемещений в отраженных волнах получены в рамках геометрической теории ди-

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (10-01-00557а).