

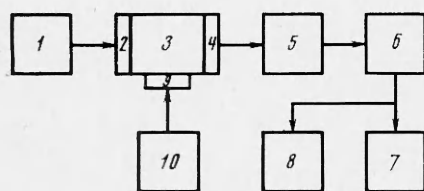
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕРЕЗОНАНСНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ УПРУГИХ ВОЛН В ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ

Б. А. Колюхов, И. Д. Колюхова

(Горький)

Приводятся результаты экспериментальных исследований нерезонансных параметрических взаимодействий упругих волн в изотропных твердых средах, проведенных на базе модуляции звука звуком в алюминиевом сплаве. Показано, что результаты эксперимента хорошо согласуются с теорией. Измерены константы упругости третьего порядка и абсолютные значения динамических упругих полей.

Теория взаимодействий упругих волн рассмотрена в [1,2]. В данной работе исследовалась фазовая модуляция высокочастотных продольных, сдвиговых и поверхностных упругих волн низкочастотным упругим полем стоячей волны.



Фиг. 1

Измерения индекса фазовой модуляции упругих волн проводились с помощью установки, собранной по блок-схеме, приведенной на фиг. 1. С генератора синусоидальных сигналов 1 электрический сигнал подавался на пьезоизлучатель 2 (сдвиговых, продольных или рэлеевских волн). Волна, излученная пьезопреобразователем 2, проходила через образец твердого тела 3 и принималась пьезоприемником 4. Фазомодулированный сигнал с приемника 4 поступал через фильтр 5 на фазочувствительную схему (радиоприемник или селективный вольтметр) 6. Фильтр 5 служил для ослабления нежелательного низкочастотного модулирующего сигнала, который мог непосредственно приниматься пьезоприемником. Сигнал, выделенный и усиленный приемником 6, наблюдался на экране осциллографа 7 или измерялся вольтметром 8. Низкочастотное модулирующее поле в образце 3 возбуждалось пьезопреобразователем 9, на который подавался электрический сигнал с генератора 10.

Синусоидальное модулирующее упругое поле частотой 19.5 кГц возбуждалось методом составного вибратора в стержне.

Исследования модуляции продольных волн и других типов волн проводились на бруске из сплава Д16Т размерами $270 \times 50 \times 20$ мм³. Длина стержня в этом случае равна длине волны модулирующего поля при частоте 19.5 кГц. Исследования модуляции продольных волн с частотой 2.5 мГц включали в себя изучение индекса модуляции при распространении модулируемой волны поперек стержня в зависимости от координаты излучателя и приемника модулируемой волны вдоль стержня и в зависимости от угла между волновыми векторами взаимодействующих волн. Зависимость индекса модуляции от координаты вдоль стержня приведена на фиг. 2 (на графике по оси абсцисс отложено расстояние от конца стержня до излучателя, а по оси ординат — индекс модуляции по отношению к максимальному значению). На всех графиках сплошная кривая — теоретическая зависимость. В пределах ошибок измерений экспериментальные точки (треугольники) совпадают с теоретической кривой 3. Результаты экспериментального исследования угловой зависимости приведены на фиг. 3. Здесь также имеет место хорошее согласие эксперимента (треугольники) с теорией (кривая 2, константы третьего порядка, использованные в теоретических расчетах, взяты из [3]).

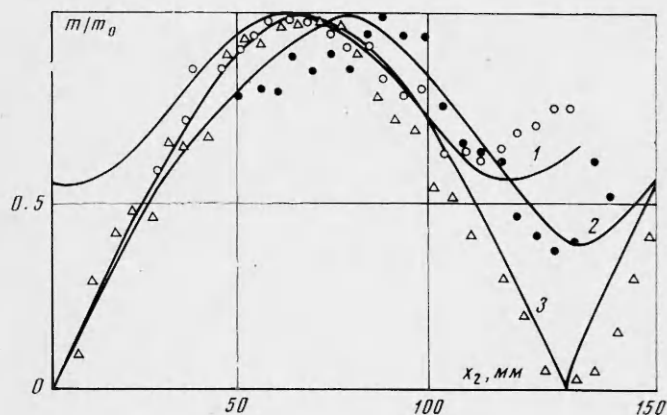
Исследования модуляции сдвиговых волн частотой 2.5 мГц включали в себя изучение угловых зависимостей индекса модуляции двух типов: когда вектор поляризации лежал в плоскости, проходящей через волновой вектор модулируемой волны и продольную ось стержня, и когда угол между вектором поляризации и его проекцией на эту плоскость изменялся. Для этого в первом случае использовались клиновые излучатели с различным углом наклона, а во втором производилось одновременное вращение излучателя и приемника вокруг оси, проходящей через пучность модулирующего поля.

Результаты экспериментального исследования зависимости индекса модуляции от координаты вдоль стержня здесь не приведены, так как они аналогичны соответствующим результатам для продольных волн.

Результаты исследования угловых зависимостей приведены на графиках фиг. 3 первого типа (квадратики), второго типа (кружочки). Сплошные кривые 1 и 3 на гра-

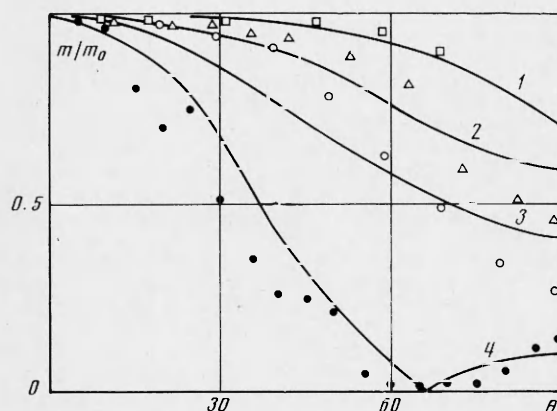
фиках — теоретически рассчитанные угловые зависимости. Индекс модуляции на графике приведен в относительных единицах (по отношению к максимальному теоретическому значению).

В данной работе проводилось экспериментальное исследование модуляции бегущих рэлеевских волн с частотой колебаний 1.8 мГц. Исследовались зависимости индекса модуляции от координаты вдоль стержня при распространении рэлеевской волны вдоль модулирующего поля (при заданном пути взаимодействия 50 мм) и от пути взаимодействия. Зависимость индекса модуляции от пути взаимодействия определена при излучателе, помещенном в узел модулирующего поля. Приемник перемещался вдоль стержня (поверхностная волна также распространялась вдоль стержня).



Фиг. 2

Результаты экспериментального исследования зависимости индекса модуляции от угла между волновыми векторами взаимодействующих волн приведены на фиг. 3 (точки), а зависимости индекса модуляции от координаты вдоль стержня при продольном распространении и от пути взаимодействия приведены на фиг. 2 (точки, кру-



Фиг. 3

жочки, кривые 2, 1 соответственно). Непрерывные кривые — теоретически рассчитанные по формулам работы [2]. Значения индекса модуляции отложены в отношении к максимальному значению. Эти результаты также хорошо согласуются с теорией.

Приведем результаты определения констант упругости третьего порядка сплава Д16Т на базе описанных экспериментов. Принципиальные основы такого определения рассматривались в [1]. Для удобства сравнения с результатами других авторов [3]

здесь определялись константы Мурнагана. Результаты измерений приведены ниже:

$l \cdot 10^{-10}$ н/м ²	—29±6	—35	[³]
$m \cdot 10^{-10}$ н/м ²	—31±6	—37	[³]
$n \cdot 10^{-10}$ н/м ²	—26±5	—27	[³]

Значения плотности взяты из литературы. Константы упругости второго порядка измерялись по скорости упругих волн.

Видно, что константы упругости третьего порядка, определенные по модуляции звука звуком, в пределах ошибки измерения совпадают со средними значениями констант, приведенными в [³]. Необходимо учесть разброс констант упругости, зависящий от обработки материала.

Из приведенных результатов эксперимента была вычислена амплитуда давления в пучности модулирующего поля. Вычисленная по результатам измерения величины индекса модуляции упругих волн при частоте модулирующего поля 19.5 кГц амплитуда давления — $5 \cdot 10^6$ дин/см. Этот результат хорошо согласуется с результатом определения амплитуды давлений по величине пьезомодуля пьезопреобразователя и по величине электрического модулирующего сигнала. В данном случае при добротности стержня на частоте 19.5 кГц, равной 60, амплитуда давлений в пучности $5.8 \cdot 10^6$ дин/см².

Поступила 4 IV 1974

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиц И. Д., Конюхов Б. А. Об оценке констант упругости третьего порядка изотропных твердых тел по модуляции звука звуком. Акуст. ж., 1973, т. 19, вып. 2.
2. Конюхов Б. А., Шалашов Г. М. О нерезонансных параметрических взаимодействиях поверхностных волн в изотропных телах. ПМТФ, 1973, № 4.
3. Савин Г. Н., Лукашев А. А., Лыско Е. М., Веремеенко С. В., Вожевская С. М. Распространение упругих волн в твердом теле в случае нелинейно-упругой модели сплошной среды. Прикл. механ., 1970, т. 6, № 2.

УДК 539.3

ОБ ОДНОМ СЛУЧАЕ РАВНОВЕСИЯ СИСТЕМЫ РАДИАЛЬНЫХ ТРЕЩИН

Е. Н. Шер

(Новосибирск)

Рассматривается задача плоской теории упругости о равновесии системы равномерно распределенных трещин равной длины, пересекающихся в одной точке. Система нагружена сосредоточенными силами, приложенными к вершинам клиньев, вырезаемых трещинами, и действующими по биссектрисам этих клиньев.

Находится аналитическое выражение для коэффициента особенности поля напряжений в носике трещин.

1. В [¹] рассматривалась задача плоской теории упругости о равновесии системы равномерно распределенных радиальных трещин равной длины, выходящих на круговую полость. Такая задача представляет интерес с точки зрения теории разрушения хрупких тел взрывом удлиненных цилиндрических зарядов. Возможны два способа нагружения: первый, когда постоянное давление приложено как к границе полости, так и к берегам трещин, и второй, когда постоянное давление приложено к границе полости, а берега трещин свободны от напряжения. В [¹] приводится численное решение задачи для первого способа нагружения в случае одной и двух трещин.

Предельный случай задачи для бесконечно малого радиуса полости был рассмотрен в [²], где дано аналитическое решение задачи о равновесии системы равномерно распределенных трещин равной длины, пересекающихся в одной точке и нагруженных постоянным давлением, которое приложено к берегам трещин. Приближенное аналитическое решение этой задачи получено в [³].

В данной работе рассматривается задача о равновесии такой же системы трещин нагруженной сосредоточенными силами, которые приложены к вершинам клиньев вырезаемых трещинами, и направленных по биссектрисам этих клиньев. Такая постановка соответствует задаче [¹] для второго способа нагружения при условии, что длина трещин много больше радиуса полости.