УДК 539.3

DOI: 10.17223/00213411/64/8/43

*Е.В. ТУЧ, М.Н. КРИВОШЕЙНА***РАЗДЕЛЕНИЕ УПРУГОЙ ЭНЕРГИИ ПРИ УДАРНОМ НАГРУЖЕНИИ
ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ТЕЛ ИЗ ИЗОТРОПНЫХ И АНИЗОТРОПНЫХ МАТЕРИАЛОВ ***

Определение скоростей распространения упругих волн с использованием ультразвуковых методов для нахождения упругих постоянных накладывает ограничение на геометрию тел. Представлены особенности распространения упругих продольных волн в алюминиевом цилиндре при ударном нагружении о жесткую стенку, а также в цилиндрах из анизотропного монокристаллического цинка при различной ориентации осей симметрии монокристалла относительно оси симметрии цилиндра. Показаны особенности разделения начальной энергии тел цилиндрической формы на энергию отскока от жесткой стенки, энергию вторичных отскоков отдельных частей от жесткой стенки и энергию упругой деформации цилиндров из изотропных и анизотропных материалов (на примере монокристаллического цинка). На основе проведенного анализа найдены границы различных геометрий тел для исследования в них распространения упругих волн с целью определения упругих постоянных.

Ключевые слова: распространение упругих волн, монокристалл, динамическое воздействие.

Введение

Знание величин скоростей распространения упругих продольных и поперечных волн позволяет однозначно определить упругие постоянные материала. Но скорости распространения продольных волн введены только для безграничного пространства, при наличии границ значения скоростей изменяются. Например, в стержнях, имеющих высоту вдоль оси симметрии, в три и более раз превышающую значение диаметра, вдоль оси симметрии распространяется волна Похгаммера, скорость которой примерно на 20% меньше скорости распространения продольной волны. Значение скорости продольной волны может быть измерено в теле цилиндрической формы в направлении его толщины в случаях, когда диаметр цилиндра превышает его толщину в 3 и более раз. Во всех остальных случаях, если размеры тела отличаются менее чем в 3 раза, на основе измеренной скорости распространения продольной волны невозможно найти значения упругих постоянных материала.

В XIX в. были получены формулы для скоростей распространения продольных волн в безграничном пространстве, пластинах, стержнях, стержнях с учетом инерции частиц вдоль радиуса стержня, с учетом дисперсии волны и т.д. В начале XX в. ряд исследователей искали границы применимости этих формул с помощью натуральных экспериментов, представляющих собой ударное нагружение цилиндров о жесткую стенку. Определялось время контакта цилиндра и жесткой стенки, завершаемое отделением цилиндра от жесткой стенки. Измеренное время соответствовало двум пробегам упругой волны: сначала в виде волны сжатия до свободного торца, затем отраженной от свободного торца цилиндра волны растяжения. Было показано, что в цилиндрах, имеющих размеры, близкие к компактным формам, невозможно определить упругие постоянные на основе полученных скоростей распространения упругих волн.

Детальное исследование распространения упругих продольных волн в цилиндрах методами численного моделирования показало, что отскок цилиндров компактной формы от жесткой стенки сопровождается повторными отскоками некоторых точек цилиндра [1, 2]. Это обстоятельство увеличивает время контакта цилиндра и жесткой стенки и, следовательно, уменьшает величину скорости распространения продольной волны в нем. Ранее повторные отскоки были обнаружены при ударном взаимодействии двух деформируемых цилиндрических тел [3]. Повторные отскоки не только увеличивают время контакта стержня и жесткой стенки, но и сопровождаются потерей упругой энергии цилиндра [1]. Границы проявления этих эффектов определяются не только механическими свойствами материалов, но и в значительной мере удлинением цилиндров – отношением длины стороны, в направлении которой определяется скорость распространения упругих продольных волн, к перпендикулярным направлениям.

* Работа выполнена в рамках госзадания ИФПМ СО РАН, тема номер FWRW-2021-0011.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>