

УДК 534.16

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОЙ И СКОЛЬЗЯЩЕЙ ГРАНИЦЫ КОНТАКТИРУЮЩИХ ТЕЛ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

А. Р. БАЕВ¹, М. В. АСАДЧАЯ¹, О. С. СЕРГЕЕВА², А. В. ВОРОБЕЙ³¹Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

³ОАО «БЕЛГАЗСТРОЙ» – управляющая компания холдинга»

Минск, Беларусь

Рассмотрены возможности дистанционного контроля состояния границы соединяемых металлов склеиванием, пайкой, сваркой и другим путем использования в качестве базовой волны Рэлея [1]. Моделирование состояния области контакта твердых тел производится для двух граничных условий, включая жесткую (индекс Ж) и скользящую (С) границы – путем создания тонкой жидкой прослойки между подложкой и расположенным на ее поверхности телом акустической нагрузки (ТАН) в форме призмы. Изучались амплитудные зависимости проходящих через область контакта с подложкой и отраженных от ее границ ($x \rightarrow x_{1,2}$) волн на рабочей частоте 2,5 МГц и использовании методики [1]. Основные результаты получены для условий, когда ТАН имеет форму прямоугольной призмы.

Представлены данные и для случая, когда боковые грани призмы имеют наклон. Отметим, что при реализации скользящего контакта волна Рэлея (R) трансформируется в окрестности области границы $x \rightarrow x_1$ в волну Стоунли (S), а затем преобразуется в R -волну на выходе из области контакта ТАН ($x \rightarrow x_2$). Если же контакт тел жесткий, то в окрестности $x \rightarrow x_1$ R -мода трансформируется преимущественно в краевую поперечную T -моду, которая затем ($x \rightarrow x_2$) обратно в R -волну. При этом выражения для определения нормализованных функций прохождения зондирующего сигнала между излучающим и приемным ПЭП (N_C и $N_{Ж}$), а также полученных в режиме эхо коэффициентов K_C и $K_{Ж}$ «отражательных функций», имеют вид:

$$\begin{aligned} N_C &= k_C [(D_{RS})_1 (D_{SR})_2]_{\varphi \neq 0} [(D_{RS})_1 (D_{SR})_2]^{-1}_{\varphi = \pi/2}; \\ N_{Ж} &= k_{Ж} [(D_{RT})_1 (D_{TR})_2]_{\varphi \neq 0} [(D_{RT})_1 (D_{TR})_2]_{\varphi = \pi/2}; \\ K_C &= A_2/A_1 = k_C (D_{RS})_1 (K_S)_2 (D_{SR})_1 / K_R; \\ K_{Ж} &= A_2/A_1 = k_{Ж} (D_{RT})_1 (K_T)_2 (D_{TR})_1 / (K_R)_1, \end{aligned}$$

где A_1, A_2 – амплитуды отраженных сигналов от передней 1 и оппозитной 2 граней ТАН; $k_C, k_{Ж}$ – некоторые поправочные коэффициенты; $D_{RS}, D_{RT}, D_{SR}, D_{TR}$ – коэффициенты прохождения мод границ контакта ТАН с подложкой и последующей их трансформацией; $(K_R)_1, (K_T)_2$ – коэффициенты отражения R - и T -мод, где индекс $i = 1, 2$ соответствует области $x \rightarrow x_i$.

Полученные экспериментально данные представляют интерес для дистан-

ционного контроля области соединения материалов путем сравнения амплитудных параметров, отраженных от передней грани ТАН волн Рэлея и отраженных от оппозитной грани волн Стоунли или краевых поперечных волн, трансформированных при наличии условий, близких к скользящему или жесткому контакту тел. При этом различие амплитудных параметров может достигать 15...20 дБ и более. Как видно из рис. 1, б, чувствительность измерений может быть повышена за счет увеличения частоты волны f , т. к. при этом возрастает относительная акустическая база прозвучивания $l_\lambda = l/\lambda$, от величины которой зависят и искомые амплитудные параметры зондирующего сигнала.

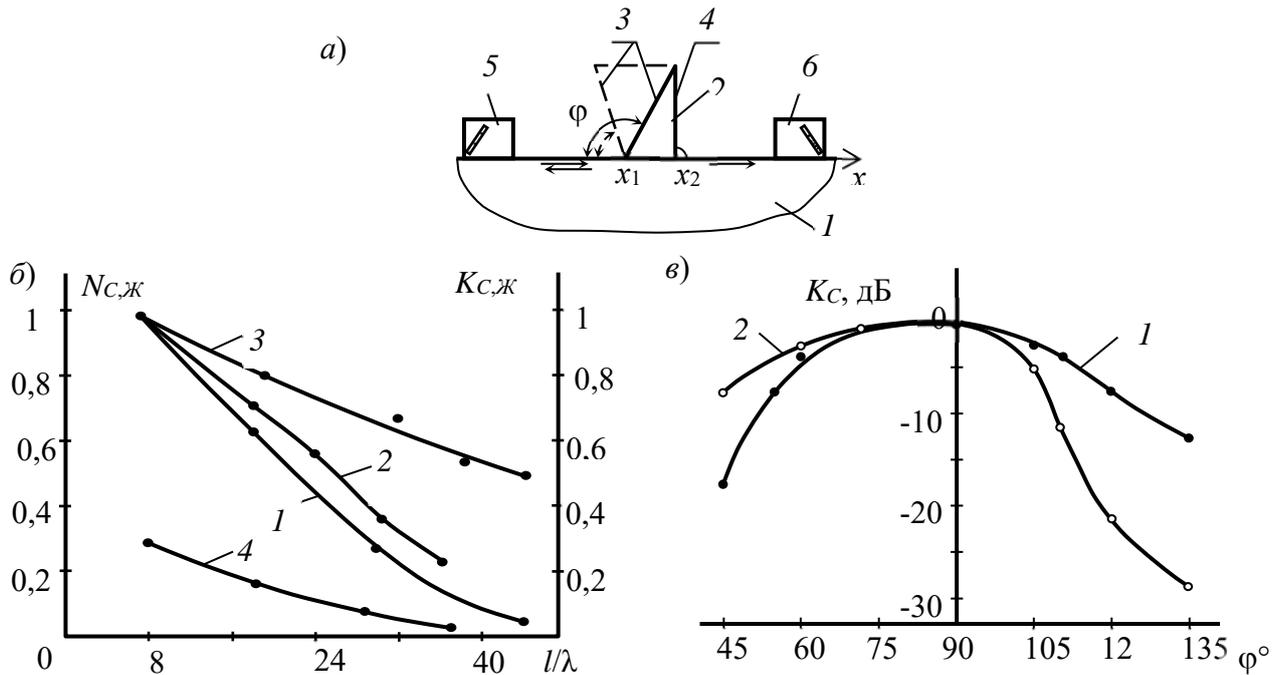


Рис. 1. Схема эксперимента (а) и коэффициенты прохождения и отражения упругих мод от оппозитной грани призмы при изменении волновой длины ТАН в виде стальной прямоугольной призмы (б) и угла наклона ее боковой грани (в): а – 1 – подложка; 2 – ТАН; 3, 4 – боковые грани призмы; 5, 6 – излучающий и приемный преобразователи (ПЭП); б – нормализованные коэффициенты прохождения акустического сигнала N_c (1) и $N_ж$ (2); коэффициенты отражения акустического сигнал от оппозитной стенки ТАН K_c (3) и $K_ж$ (4); в – нормализованные коэффициенты отражения K_c при изменении угла наклона передней и оппозитной грани ТАН

Что касается реализации теневого режима прозвучивания в диапазоне l_λ от единиц до 35–40, то различие между функциями прохождения N_c и $N_ж$ не превышает 10 %...15 %, что исключает возможности их использования, когда форма ТАН подобна прямоугольной призме. Отметим, что полученные данные о коэффициентах прохождения и отражения упругих мод через область скользящего и жесткого контакта материалов указанной геометрии представляет интерес и для развития акустики слоистых тел.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распространение волны Рэлея в твердых телах с технологическим выступом / А. Р. Баев [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2011. – № 2. – С. 121–129.