

УДК 620.179.16+54.1

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПОЛЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

А. Р. БАЕВ, А. Л. МАЙОРОВ, М. В. ВОРОБЕЙ

Институт прикладной физики НАН Беларуси

Минск, Беларусь

Рассмотрены особенности использования упругих мод, распространяющихся преимущественно тангенциально контактной поверхности тонкостенных полых объектов (ТПО), включая двухслойные, для контроля их физико-механических свойств и толщинометрии, когда применение традиционных методик ограничено. В первой части работы изучены возможности определения динамического модуля упругости E , коэффициента Пуассона ν , а также механических напряжений σ в ТПО при одностороннем доступе и отсутствии условий для получения опорного сигнала от оппозитной (внутренней) поверхности стенки, во второй части – разработана методика и устройство толщинометрии и сцепления двухслойных ТПО толщиной от нескольких десятых долей миллиметров и более с применением пластинчатых волн.

Ввиду ряда указанных трудностей при реализации традиционных методик для определения E и ν , характеризующих структуру материала ТПО, а также механических напряжений, определены условия и выявлены возможности совместного применения подповерхностных продольных (ПВ) и поверхностных (R) мод в качестве зондирующих. Так что измеряя скорости продольной подповерхностной C_l и поверхностной C_R волн теньвым способом, а также используя известную зависимость $C_{R,l} = (E/\rho)^{0,5} F_{R,l}(\nu)$ [1], представляется возможным определить искомые параметры. Учитывая особенности формирования поля излучения-приема ПВ в металле [2], выполнен в приближении лучевой акустики расчет и проведены экспериментальные исследования (рис. 1) влияния толщины h , акустической базы L и длины волны ПВ λ на параметры зондирующего акустического импульса, содержащего несколько осцилляций с соответствующим номером n . При этом выведенное соотношение

$$\varepsilon = \frac{h}{\lambda} > \varepsilon^* = \frac{h^*}{\lambda} = \sqrt{\frac{n^2}{4} + \frac{n L}{2 \lambda}}$$

позволяет предварительно оценить условия проведения измерений без наложения сопутствующей отраженной моды на осцилляцию зондирующего импульса с порядковым номером периода колебаний n . Экспериментальные

данные свидетельствуют о неплохом соответствии с расчетными, полученными для $n = 1$ в пределах 15 % при оценке акустической базы. При этом необходимая точность измерений скорости ПВ, составляющая 0,1 %...0,2 %, может быть достигнута при $h > 4...5$ мм, если частота волны не менее 5 МГц. Необходимо отметить, что измеряя скорость поверхностной волны C_R , локализованной на глубину $h < 2\lambda$, представляется возможным не только использовать ее для определения модуля упругости и коэффициента Пуассона, но и в качестве опорного сигнала при измерении механических напряжений.

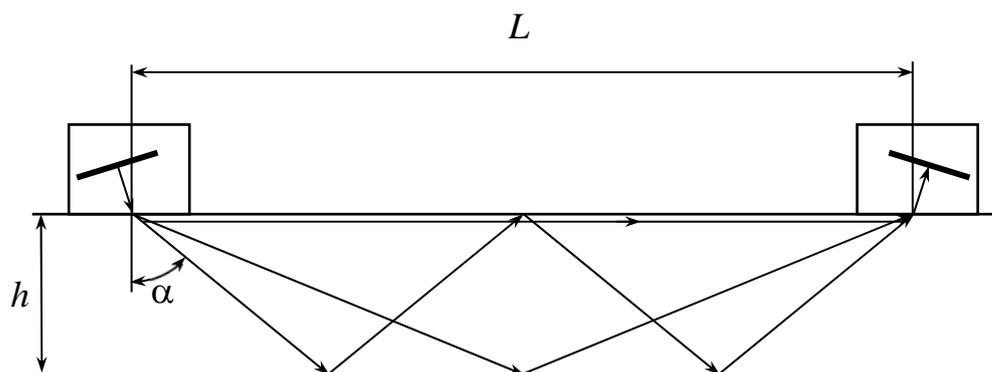


Рис. 1. Распространение ПВ в волноводе ограниченной толщины

Для существенного повышения производительности и точности измерений при контроле двухслойных материалов разработаны малоапертурные (ненаправленные) преобразователи, работающие как для излучения, так и приема поверхностных и пластинчатых волн в материалах толщиной от 0,1 мм и более, и с разными упругими свойствами. Одна из схем измерений (рис. 2) предназначена для определения толщины оловянно-свинцового припоя на латунном основании толщиной $h_2 < 0,2$ мм.

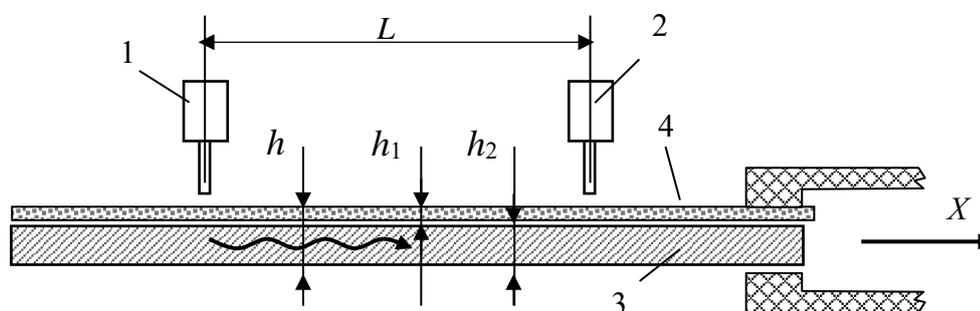


Рис. 2. Одна из экспериментальных схем измерения толщины покрытия и определения дефектов несцепления материалов: 1, 2 – излучающий и приемный малоапертурные преобразователи; 3 – латунная основа образца; 4 – покрытие образца

При этом установлено, что в диапазоне изменения толщины покрытия h_1 от 0 до 5 мкм погрешность измерений не хуже 1 мкм, а при $h_1 > 15...20$ мкм – не более 10 %...15 %. Используя метод аддитивности плотностей и обратных модулей упругости материала покрытия и основы образца, получены выражения для оценки скорости УЗК, а также длины несцепления материалов (вдоль оси X), расчетные данные которых находятся в неплохом соответствии с опытными данными. Достаточно эффективным является также предложенный подход и для контроля двухслойных ТПО с существенным (4–5 раз и более) отличием упругих модулей, что реализовано на образцах фольгированного гетинакса. При этом установлена возможность измерения по данным скорости пластинчатой моды изменения толщины как покрытия, так и его основы при одностороннем вводе-приеме УЗК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Викторов, И. А.** Звуковые поверхностные волны в твердых телах / И. А. Викторов. – Москва: Наука, 1981. – 288 с.
2. Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. Т. 3: Ультразвуковой контроль / И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. – 2-е изд. – Москва: Машиностроение, 2006. – 864 с.