

РАССЕЯНИЕ УПРУГИХ МОД НА ДЕФЕКТАХ СЦЕПЛЕНИЯ  
МАТЕРИАЛОВМ. В. АСАДЧАЯ, \*О. С. СЕРГЕЕВА, \*С. В. САДОВСКИЙ,  
Д. А. КОСТЮКГосударственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»\*Государственное учреждение высшего профессионального образования  
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Минск, Могилев, Беларусь

При контроле качества неразъемных соединений разнородных материалов (металл – металл; металл – неметалл; неметалл – неметалл), полученных методами склейки, пайки, сварки, напыления и др., в условиях одностороннего доступа существует проблема надежного выявления дефектов с малой площадью (и слабой отражающей способностью) и оценки их эквивалентной площади  $S_D$ .

В [1] рассмотрен метод контроля качества соединений материалов, основанный на особенностях отражения акустического пучка (АП) от границы раздела материалов с дискретно-неоднородными граничными условиями (ГУ). При одновременном падении АП на участки поверхности раздела сред с различными ГУ (т.е. дефектную и бездефектную области) в результате дифракционного рассеяния и интерференции полей упругих волн (УВ), отраженных от участков контролируемой поверхности, имеющих разный фазовый сдвиг, происходит существенное изменение структуры поля. В результате амплитуда отраженного сигнала при наличии дефекта (при соответствующем выборе параметров контроля) может изменяться на десятки децибел (дБ).

В общем случае на эффективность контроля границы сцепления материалов методом рассеяния АП влияют следующие параметры: а) мода волны и апертура излучающего и принимающего пьезопреобразователей (ПЭП); б) угол падения волны  $\beta$  на границу раздела сред, для которого между УВ, отраженными от дефектной и недефектной поверхности, существует фазовый сдвиг  $\varphi_D$ , по возможности близкий к  $\pm\pi$ ; в) углы приема УВ  $\theta_i$ , обеспечивающие максимальную чувствительность и достоверную оценку эквивалентной площади дефектов соединения материалов; г) длительность импульса  $t_u$  и частота волны  $f$ , обеспечивающие проявление интерференции отраженных УВ.

Проведенное численное моделирование показывает, что при сокращении длительности импульса  $t_u$ , вследствие ухудшения условий проявления интерференции УВ, происходит уменьшение величины  $P^*$ , которая представляет собой изменение амплитуды сигнала, вызванное наличием дефекта в области отражения АП. При длительности импульса

менее 1,5 периода колебаний обнаружение дефекта становится невозможным.

Анализ показывает, что при  $\theta=0$  и  $\varphi_D = \pm\pi$  зависимость  $P^*$  от площади дефекта  $S_D$  в дальней зоне является линейной функцией независимо от формы дефекта и пятна АП (это справедливо для случаев как двумерного, так и трехмерного рассмотрения задачи):

$$S_D = S_{II} \frac{1 - P^*}{1 + R_D/R_0},$$

где  $S_{II}$  – площадь пятна АП;  $R_D$  и  $R_0$  – коэффициенты отражения УВ от дефектной и бездефектной границы соответственно.

Приведенное выражение верно во всем диапазоне изменения  $S_{II} \geq S_D \geq 0$ , если приемное регистрирующее устройство не инвертирует при обработке знак сигнала.

Как следует из формулы и подтверждается экспериментально, при выполнении условий  $S_{II}/S_D \cos\beta \gg 2$ ,  $R_D/R_0 \geq 1$ ,  $\varphi_D \rightarrow 180^\circ$  всегда существует такое значение площади пятна АП  $S_{II}^*$ , при котором амплитуда сигнала отраженных УВ  $P_A \rightarrow 0$ , т.е.  $P^* \rightarrow 1$ . По данным фиксируемого значения  $S_{II}^*$  представляется возможным определять площадь дефекта  $S_D$ . Таким образом, повышается надежность и чувствительность ультразвукового контроля как при выявлении дефектов, так и при оценке их эквивалентного размера за счет того, что при периодическом изменении площади сечения акустического пучка  $S_{II}$  создаются такие условия, при которых изменение амплитуды отраженных УВ на приемнике максимально.

Экспериментальные исследования на модельных дефектах диаметром 2-7 мм с использованием прямых ПЭП диаметром 3-12 мм показали, что для данного диапазона площадей дефектов существует такой диаметр ПЭП, для которого зависимость между амплитудой и размером дефекта однозначна и имеет максимальный наклон. Уменьшение диаметра ПЭП приводит к возникновению неоднозначности зависимости (появлению осцилляций), увеличение диаметра – к снижению чувствительности.

В случае слабого отличия коэффициентов отражения и фазового сдвига, существенно меньшего  $\pi$ , экспериментально показана эффективность контроля в совмещенном режиме при небольшом угле падения, что связано с вращением поля рассеяния относительно ПЭП. Такая схема контроля позволяет выбирать для приема сигнала ту область поля, в которой наличие дефекта вызывает наиболее сильные изменения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Баев, А. Р.** Дифракционное рассеяние упругих волн, отраженных от неоднородной границы / А. Р. Баев [и др.] // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2010. – С. 224–225.