

УДК 620.179.1+531.4
ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБЪЕМНЫХ ВОЛН НА ПЛОСКОМ ДЕФЕКТЕ С
НИЗКОЙ ОТРАЖАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ

А. Р. БАЕВ, А. Л. МАЙОРОВ, *О. С. СЕРГЕЕВА, В. В. ПАРАДИНЕЦ
ГНУ «ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
*ГУ ВПО «БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Минск, Могилев, Беларусь

Одна из важных проблем неразрушающего контроля (НК) значительно-го числа объектов машиностроения, транспорта, авиационной техники связана с необходимостью выявления в материалах или неразъемных соединениях дефектов с низкой отражающей способностью, имеющих место при сварке, пайке, склейке материалов. Предлагается новый подход к решению указанной проблемы на основе эффекта трансформации объемных мод на границе сцепления одинаковых материалов, поясняемый на рис. 1. Суть его заключается в том, что в одном из материалов под определенным углом возбуждается поперечная вертикально поляризованная (T) волна, имеющая скорость C_T и падающая на плоскость дефекта под некоторым оптимальным углом $\beta < \beta^* = \arcsin \frac{C_T}{C_L}$, где C_L – скорость продольной (L) волны в контактирующем (базовом) материале. В силу того, что в области расположения плоскостного дефекта $x_i \in S_D$ нарушены граничные условия относительно составляющих тензора напряжений σ_{ik} (и тангенциальной составляющей смещений ξ_τ), в результате трансформации мод в объекте, наряду с поперечной (T -волной) возбуждается продольная L -волна со скоростью почти в 2 раза больше T -волны. Амплитуда последней A_L определяется конкретными граничными условиями в области дефекта, а угол максимума поля рассеяния волны на дефекте сцепления

$$\alpha = \arcsin \left[(\sin \beta) \frac{C_T}{C_L} \right]. \quad (1)$$

Таким образом, приход L -волны в любую точку контактной поверхности базового материала объекта, лежащую в области $\alpha^* < \pi/2$, будет опережать приход опорной (поперечной волны) на характерную величину $\Delta t = t_T - t_{TL} > 0$, где t_T соответствует времени распространения одного из лучей опорной поперечной волны непосредственно от источника УЗК до приемника акустического сигнала, а t_{TL} – суммарное время распространения энергии зондирующего сигнала поперечной волной (до дефекта) и продольной – после трансформации на дефекте. На основе теоретического анализа акустического тракта измерительной системы были предварительно определены оптимальные условия падения и приема УЗК, включая углы их падения и приема, апертуру мнимого источника (трансформированного сигнала), амплитудные

параметры и время прихода сопутствующих мод, при которых обеспечивается максимальная чувствительность и надежность измерений.

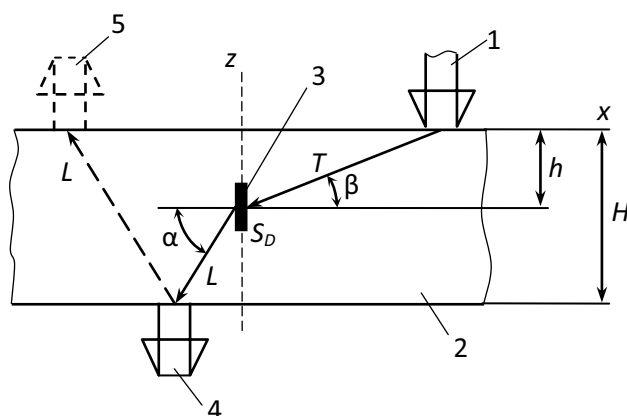


Рис. 1. Одна из схем контроля дефектов с низкой отражающей способностью поперечной волной, трансформированной в проходящую продольную волну: 1 – источник УЗК; 2 – объект контроля; 3 – дефект; 4, 5 – приемники продольной волны

Для проверки данных теоретического анализа были проведены экспериментальные исследования, где в качестве базового контактирующего материала использованы полуцилиндрические образцы из алюминия и плексигласа с установленными на их цилиндрической поверхности приемными преобразователями продольных и поперечных волн. Моделировались следующие условия на границе контакта поверхностей: а) абсолютное проскальзывание тангенциальной составляющей смещения ξ_t ; б) частичное проскальзывания ξ_t . Контроль “проскальзывания” ξ_t достигается косвенным путем – по данным параметров переотраженных сигналов сдвиговых колебаний, падающих нормально на границу сред – $\varepsilon = A_1/A_n$.

Получены зависимости амплитуды сигнала от угловых параметров зондирующего сигнала, степени закрепления или проскальзывания волны на дефектной границе $\varepsilon = A_1/A_n$, положения приемного преобразователя. Результаты экспериментального моделирования процессов формирования акустических полей при $T \rightarrow L$ трансформации волн показали принципиальную возможность выявления дефектов с разной степенью “закрепления” тангенциальной составляющей падающей на дефект T -волны. Для данных условий эксперимента установлено, что наибольшая эффективность преобразования волн $T \rightarrow L$ при минимальном шумовом фоне достигается в диапазоне углов падения T -волны $15\text{--}25^\circ$. Сопоставление расчетных и экспериментальных данных моделирования процесса прохождения поперечной волны через границу однородных сред с низкой отражающей способностью показало их качественное соответствие.