

СОПУТСТВУЮЩИЕ МОДЫ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ И
РАСПРОСТРАНЕНИИ РЭЛЕЕВСКОЙ И ПОДПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНЫМ. В. АСАДЧАЯ, О. С. СЕРГЕЕВА, Г. Е. КОНОВАЛОВ,
В. В. ПАРАДИНЕЦ, Н. Н. ГИЛЬГосударственное научное учреждение
«ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ НАН Беларуси»
Минск, Беларусь

Пьезоэлектрический преобразователь (ПЭП) с углом наклона призмы β всегда является источником комплекса упругих мод, одна из которых является основной, а все прочие моды считаются сопутствующими или паразитными. Их возбуждение нежелательно по многим причинам: уменьшается доля энергии возбуждения, трансформирующаяся в полезный сигнал; возникают помехи, ложные сигналы и другие трудности при проведении контроля. За счет выбора конструктивных параметров ПЭП уровень сопутствующих мод, как правило, можно существенно снизить, однако полностью избавиться от них невозможно.

Особенно показательными в этом отношении являются ПЭП рэлеевских и подповерхностных волн, т.к. для них характерно, что уровень сопутствующих мод довольно значителен по сравнению с основной. Как известно, поперечная подповерхностная волна (распространяющаяся вдоль поверхности твердого тела) возбуждается при втором критическом угле β_2 падения акустического пучка на границу раздела сред. При этом [1] ей сопутствует поперечная волна в объеме объекта и волна Рэлея на поверхности. В свою очередь, ПЭП поверхностных волн Рэлея (с углом призмы $\beta_R = \arcsin(C_{np}/C_R)$, где C_{np} – скорость в материале призмы, C_R – скорость волны Рэлея) помимо основной моды генерирует объемную и подповерхностную поперечные волны. В итоге в некотором диапазоне углов призмы от $\beta_2 - \Delta_1$ до $\beta_R + \Delta_2$, где Δ_1, Δ_2 – некоторые угловые отклонения, ПЭП генерирует три указанные типа волн (а также продольную объемную волну, амплитуда которой на несколько порядков меньше). В зависимости от угла призмы β изменяется только соотношение между амплитудами этих мод, а также угловые параметры поля поперечной объемной волны.

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что отношение амплитуд возбуждаемых поверхностной и поперечной мод P_{RT} представляет собой возрастающую функцию угла падения волны β . Причем при $\beta \approx \beta_2 = \arcsin(C_{np}/C_T)$, где C_T – скорость поперечной волны в объекте, отношение $P_{RT} \sim 1$, т.е. поперечная волна в области максимума диаграммы направленности ($\alpha = 75-76^\circ$) сравнима по амплитуде с волной Рэлея. При $\beta > \beta_R$ заметно превалирует рэлеевская мода, превышающая амплитуду объемной моды на 14–18 дБ в частотном диапазоне 1–3 МГц.

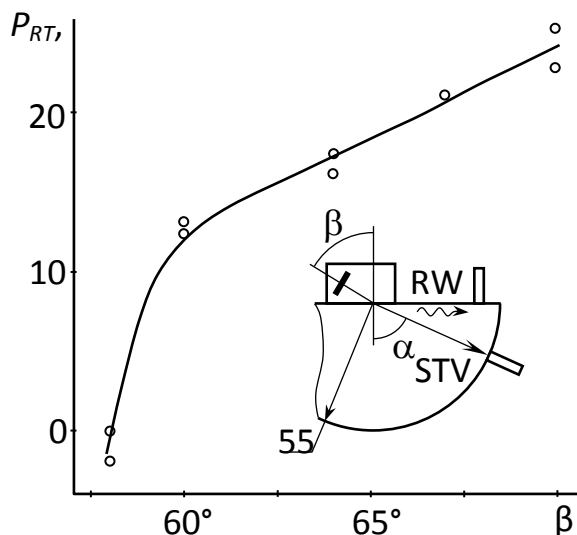


Рис. 1. Отношение амплитуд рэлеевской и поперечной волн в зависимости от угла наклона призмы ПЭП; частота 1 МГц

При возбуждении (приеме) рэлеевских волн в цилиндрах (перпендикулярно образующим) необходимо исключить появление сильных сигналов многократно переотраженной поперечной волны вблизи полезного сигнала. Как показывает эксперимент, в этом случае оптимальный угол призмы β отличается от β_R и зависит от многих факторов, однако отклонение не должно превышать некоторое характерное значение $\Delta\beta^*$, при котором значительно влияние электрических помех, включая сигналы “электрического пролаза” и др.

В ряде случаев может быть эффективно совместное использование «основной» и «сопутствующей» мод. Для значительного числа объектов теплоэнергетики, химического машиностроения и других отраслей промышленности характерно наличие различных выступов, радиусных переходов сопрягаемых поверхностей и других изменений профиля поверхности. В таких объектах рассматриваемые ПЭП с углами призмы, находящимися в указанном диапазоне, создают акустическое поле, являющееся суперпозицией полей всех возбуждаемых мод [2]. В зависимости от соотношения амплитуд поперечных волн и волн Рэлея, определяемого углом призмы β , изменяются и параметры поля: количество и угловое положение максимумов, соотношение их амплитуд и др. Дополнительное оперативное управление параметрами поля возможно за счет изменения положения ПЭП. Таким образом, в зависимости от формы объекта можно адаптировать акустическое поле ПЭП для наилучшего выявления заданных дефектов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асадчая, М. В. Особенности возбуждения и распространения подповерхностных волн в твердых телах / М. В. Асадчая, А. Р. Баев, К. А. Филиппов // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз.-тэх. навук. – № 2. – 2002. – С. 69 – 73.
2. Баев, А. Р. Краевые волны, возбуждаемые поверхностной волной на кромке выступа / А. Р. Баев, М. В. Асадчая, О. С. Сергеева // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.- Рос. ун-т, 2010. – С. 226–227.