

ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ПЕНОПЛАСТОВ, СВЯЗАННЫЕ С ЧАСТИЧНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТЬЮ УЛЬТРАЗВУКА СКВОЗЬ ДЕФЕКТ

И.И.Крюков
АО НПО ЦКТИ, г.Санкт-Петербург

Пенопласты представляют собой структуры, состоящие из газовых ячеек, разделенных пленками твердого полимера. Типичными и наиболее опасными дефектами в них являются несплошности типа "газовая полость", протяженность которых может значительно превышать поперечный размер у.з. пучка. Эти дефекты не должны превышать 3-5 см с раскрытием по толщине 0,3-3 см из-за резкого снижения прочностных и теплоизоляционных свойств. Подобные несплошности часто моделируют дефектами в виде безграничной звуконепрозрачной полосы нулевой толщины. При контроле амплитудным теневым методом на такой модели дефекта получаются вполне приемлемые результаты, совпадающие с расчетными [1]. Дефект, заполненный воздухом, хоть и не является при частотах 40-60 кГц полностью звуконепрозрачным, существенно ослабляет у.з. сигнал, проходящий через материал ППУ от излучателя к приемнику. При контроле временным теневым методом уже необходимо учитывать частичную звукопроницаемость сквозь дефект [2]. В этом случае время прохождения ультразвука от излучателя к приемнику t , будет определяться тремя возможными путями: двумя дифракционными - за счет огибания краев дефекта слева и справа - и прямым - сквозь дефект. Для каждого значения Δ смещения края дефекта относительно оси преобразователей время прохождения ультразвука $t(\Delta)$ определяется минимальным из значений t_1 , ($t_{пр}$, $t_{дифр1}$, $t_{дифр2}$).

На рис.1 приведены экспериментальные зависимости регистрируемого на приемнике времени прохождения ультразвука $t(\Delta)$, отсчитываемого по приходу переднего фронта у.з. импульса. Они получены на пенополиуретановом блоке ППУ-3Ф плотностью 100 кг/м³ толщиной $H=5,6$ см с помощью катящихся пьезопреобразователей с размером пятна контакта в направлении прокатывания $2a=6$ мм до и после внесения дефекта в виде протяженной полосы (шириной $d=5$ см и толщиной $h=0,5$ и 2,0 см). Для частично звукопрозрачного дефекта в виде полосы относительно большой толщины $h=2,0$ см, а также для звуконепрозрачного дефекта нулевой толщины (кривая 1) зависимость $t(\Delta)$ имеет острый максимум (пик), равноудаленный от границ дефекта. Кривая 2 соответствует участку пеноблока с частично звукопрозрачным

дефектом толщиной $h=0,5$ см, кривая 3 - бездефектному участку, а также участку с очень "тонким" дефектом. Из рис.1 видно, что на кривых $i(\Delta)$ времени прохождения ультразвука вместо обычного пика,

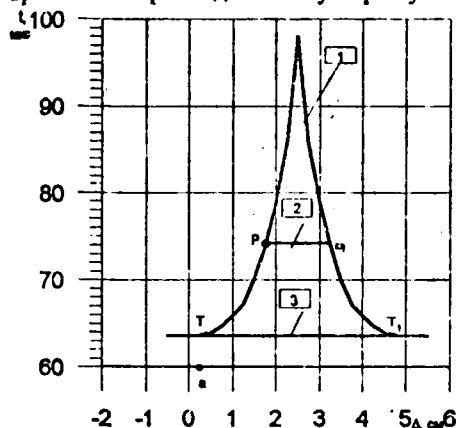


Рис.1. Зависимость амплитуды отражения ультразвука в пеностекле на дефекте шириной 5 см

соответствующего звуконепрозрачному дефекту (кривая 1), при частичной звукопрозрачности появляется явно выраженное горизонтальное плато (срезанная вершина) (кривая 2). Положение этого плато соответствует времени прямого прохождения ультразвука $t_{пр}$ сквозь неповрежденный слой изделия толщиной $(H-h)$ и воздушный слой дефекта толщиной h ($t_{пр} < t_{дифр}$). Чем больше толщина дефекта, тем больше время прохождения ультразвука $t_{пр}$ и тем выше расположена горизонтальная полочка на кривой $i(\Delta)$.

Ширина дефекта в таких материалах может быть оценена по трем взаимно дополняющих друг друга формулам. Ширина полосы d , когда кривая $i(\Delta)$ имеет острый пик, определяется известной формулой [3]:

$$d = 2a + H \sqrt{\frac{t_{дифр}^2}{t_0^2} - 1}, \quad (1)$$

где t_0 - время прямого прохождения ультразвука на бездефектном участке изделия; $t_{дифр}$ - максимальное время дифракционного прохождения ультразвука, соответствующее пику кривой.

По точке перегиба T времени $t(\Delta)$ на участке с дефектом от уровня его бездефектного значения t_0 также можно судить о пространственном положении дефекта. Ширина полосы d в этом случае определяется как:

$$d = 2a + d_T, \quad (2)$$

где d_T — размер горизонтального плато между двумя точками T и T_1 .

Ширина полосы d , когда кривая $t(\Delta)$ имеет вместо острого пика горизонтальное плато (срезанную вершину), определяется как [2]:

$$d = 2a + d_p + H \sqrt{\frac{t_{\text{прм}}^2}{t_0^2} - 1}, \quad (3)$$

где d_p — размер горизонтального плато между точками P и P_1 .

Во всех рассмотренных выражениях (1)–(3) ширина дефекта зависит также от размера преобразователей $2a$.

Величина раскрытия дефекта, когда на кривой $t(\Delta)$ наблюдается срезанная вершина (при $t_{\text{пр}} < t_{\text{дифр}}$), определяется как [4]:

$$h = H \frac{\frac{t_{\text{пр}}}{t_{\text{дд}}} - 1}{\frac{c_d}{c_d} - 1}, \quad (4)$$

где c_d — скорость распространения у.з. колебаний в материале пенопласта; c_d — скорость распространения ультразвука в дефектном слое, заполненном воздухом. Анализ (4) показывает, что чем больше $t_{\text{пр}}$ отличается от $t_{\text{дд}}$, тем толщина h дефекта больше. Дефекты, у которых $t_{\text{пр}}$ близко $t_{\text{дд}}$, толщина $h \approx 0$ (кривая 3), временным теневым методом не выявляются.

При этом положение и размер горизонтального плато, появление которого связано с частичной звукопрозрачностью дефекта, зависят от соотношения ряда факторов: ширины дефекта, толщины изделия, размера преобразователей, различия скоростей распространения у.з. колебаний в пенопласте и дефекте, величины раскрытия дефекта.

1. $t(\Delta)$ не имеет отличия от бездефектного уровня (частично звукопрозрачный “тонкий” дефект: $h \approx 0$): $t_d \approx t_{\text{дд}}$;

2. $t(\Delta)$ имеет горизонтальное плато (частично звукопрозрачный “средний” дефект: $h \neq 0$): $t_d < t_{\text{дд}} - t_{\text{прм}} < t_{\text{дифр}}$;

3. $t(\Delta)$ имеет пик с острой вершиной (частично звукопрозрачный “толстый” дефект: $h < H$): $t_d < t_{\text{дд}} - t_{\text{дифр}} < t_{\text{прм}}$;

4. $t(\Delta)$ для особо протяженных дефектов не имеет выраженного пика из-за невозможности зарегистрировать слабый сигнал на фоне шумов.

Следует отметить, что в таких структурно-неоднородных материалах, как пенопласты необходимо учитывать изменение структуры материала от участка к участку и соответственно изменение скорости ультразвука при

прямом и дифракционном прохождении ультразвука на разных участках материала.

Частичная звукопрозрачность дефектов при у.з. дефектоскопии пенопластов по времени распространения ультразвука на частотах 40-60 кГц и появление при этом на зависимости времени прохождения t (Δ) срезанных вершин горизонтальной (или иной) формы позволяет для соответствующих соотношений размеров изделия, преобразователей и дефекта с достаточной для практики точностью производить оценку ширины и толщины протяженных дефектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агузумян В.Г., Крюков И.И., Мамистов С.В., Паврос С.К. Акустический тракт теневого дефектоскопа при механизированном контроле пенопластов с помощью катящихся пьезопреобразователей.- Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1991, №2, с. 42-48.
2. Крюков И.И. Об особенностях акустического контроля пенопластов теневым методом.- Акустический журнал, 1993, №6, с. 1138-1142.
3. Джонс Р., Фэкзоару Н. Неразрушающие методы испытания бетонов.-М.: Стройиздат, 1974. - 296 с.
4. Крюков И.И. Расчет толщины раскрыва протяженных дефектов при ультразвуковом контроле пенопластов.- Техническая диагностика и неразрушающий контроль, 1994, № 3-4, с. 63-66.