

УДК 677.017

## БЕЗКОНТАКТНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ОДНОРІДНОСТІ СТРУКТУРИ МАТЕРІАЛІВ

О.В. Барилко

В.Г. Здоренко, д.т.н., проф.

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: тиск у хвилі, структура матеріалу, амплітудні співвідношення, імпульсний сигнал.

Однорідність структури матеріалу можна визначати за допомогою амплітудних співвідношень імпульсного ультразвукового сигналу [1-3]. Тиск у хвилі ультразвукового імпульсного сигналу після проходження матеріалу можна представити як:

$$P_1(t') = \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \sum_{N=0}^{\infty} \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^{2N} \frac{P_0 \tau_0}{4\sqrt{\pi} \ln \sqrt{2}} \cdot e^{-\left(\frac{\omega_0 \tau_0}{4 \ln \sqrt{2}}\right)^2 - \frac{\alpha (2N+1) K \eta \cos v}{\pi \rho_2}} \times \int_{-\infty}^{\infty} e^{-\left(\frac{\tau_0}{4 \ln \sqrt{2}}\right)^2 \omega^2 + \left(j \frac{K \eta}{\pi Z_2} (b(2N+1) \cos v + 1) - j t + \frac{2\omega_0 \tau_0^2}{(4 \ln \sqrt{2})^2}\right) \omega} d\omega, \quad (1)$$

де  $t' = t - \frac{h}{c_2}$  – час з врахуванням затримки ультразвукового сигналу;

$h$  – товщина матеріалу;

$Z_1$  – акустичний опір повітря;

$Z_2$  – акустичний опір матеріалу;

$N$  – показник, що дорівнює 0, 1, 2, 3, ...,  $\infty$ ;

$P_0$  – тиск в хвилі імпульсу, що падає на контрольований матеріал;

$\tau_0$  – тривалість імпульсу;

$t$  – час без врахування затримки ультразвукового сигналу;

$\omega$  – колова частота;

$b = \omega^* / \omega_0$  – коефіцієнт відношення постійної колової частоти та колової частоти заповнення імпульсного сигналу;

$\alpha$  – коефіцієнт згасання ультразвукових хвиль в матеріалі;

$\eta$  – поверхнева густина матеріалу;

$K$  – коефіцієнт, який враховує об'єм повітря в матеріалі;

$v$  – кут між вектором хвилі, що відбивається від матеріалу у бік приймаючого перетворювача та самим матеріалом;

$\rho_2$  – об'ємна щільність матеріалу.

Визначивши інтеграл в (1), запишемо імпульсний сигнал так:

$$\begin{aligned}
 P_1(t') = & P_0 \cdot \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \sum_{N=0}^{\infty} \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^{2N} \times \\
 & \times \exp \left[ 2j \frac{\left( \frac{K\eta (b(2N+1)\cos v + 1)}{\pi Z_2} - t \right) \cdot \frac{2\omega_0 \tau_0^2}{(4\ln\sqrt{2})^2}}{\left( \frac{\tau_0}{2\ln\sqrt{2}} \right)^2} \right] \times \\
 & \times \exp \left[ \frac{\left( \frac{2\omega_0 \tau_0^2}{(4\ln\sqrt{2})^2} \right)^2 - \left( \frac{K\eta (b(2N+1)\cos v + 1)}{\pi Z_2} - t \right)^2}{\left( \frac{\tau_0}{2\ln\sqrt{2}} \right)^2} - \left( \frac{\omega_0 \tau_0}{4\ln\sqrt{2}} \right)^2 - \frac{\alpha (2N+1) K\eta \cos v}{\pi \rho_2} \right]. \quad (2)
 \end{aligned}$$

Тоді вираз (2) спростивши можна подати як:

$$\begin{aligned}
 P_1(t') = & \operatorname{Re} P_1(t') + j \operatorname{Im} P_1(t') = P_0 \cdot \frac{4Z_1 Z_2}{(Z_1 + Z_2)^2} \sum_{N=0}^{\infty} \left( \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)^{2N} \times \\
 & \times \left( \cos \omega_0 \left( \frac{K\eta (b(2N+1)\cos v + 1)}{\pi Z_2} - t \right) + j \sin \omega_0 \left( \frac{K\eta (b(2N+1)\cos v + 1)}{\pi Z_2} - t \right) \right) \times \\
 & \times \exp \left[ \frac{\left( \frac{K\eta (b(2N+1)\cos v + 1)}{\pi Z_2} - t \right)^2}{\left( \frac{\tau_0}{2\ln\sqrt{2}} \right)^2} - \frac{\alpha (2N+1) K\eta \cos v}{\pi \rho_2} \right]. \quad (3)
 \end{aligned}$$

*Висновки.* Проведений аналіз показав, що безконтактний ультразвуковий метод контролю однорідності структури матеріалів дасть можливість у майбутньому замінити контактні засоби контролю безконтактними та створювати прилади із виключенням впливу змін фізико-механічних параметрів самого матеріалу на результат вимірювань.

#### Список використаних джерел

1. Лютак І.З. Адаптивний алгоритм обробки вимірюного ультразвукового сигналу в частотній області / І.З. Лютак, І.С. Кісіль // Методи та прилади контролю якості. – 2006. – №16 – С. 15–18.
2. Бреховских Л.М. Волны в слоистых средах / Л.М. Бреховских. – М.: Наука, 1973. – 343 с.
3. Буденков Г.А. Современное состояние бесконтактных методов и средств ультразвукового контроля / Г.А. Буденков, С.Ю. Гуревич // Дефектоскопия. – 1981. – № 5. – С. 5 – 33.