

HFVE測定基礎

高周波粘弾性株式会社

小俣順昭

2021.01.26

超音波による高周波粘弾性測定技術

室温で、0.2～35MHzの超音波を伝搬させ、反射波のスペクトル分析によって
貯蔵弾性率 L' 、 損失弾性率 L'' 、 損失正接 $\tan \delta$
を算出する。

メリット

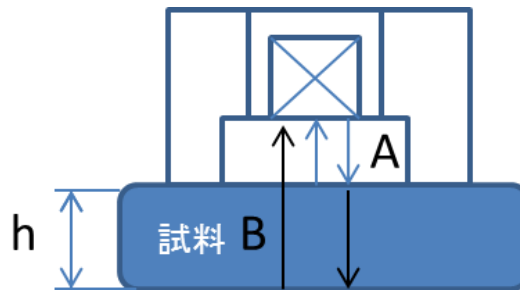
- ・基準物質による標準化技術により粘弾性の絶対値を自動的に算出します。

超音波センサ

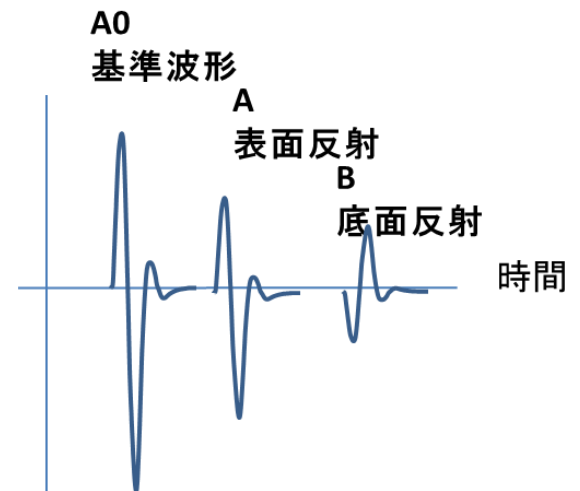
基準物質

A0

基準波形A0の収集



試料波形A, Bの収集



底面反射法（BOT）

サンプル底面の反射波Bと表面反射Aから、
バルクの高周波粘弾性（体積複素弾性率 L^* ）が計算される。

弾性率の関係

$$L' = \rho V_P^2$$

$$L'' = \frac{2\alpha\rho V_P^3}{\omega}$$

$$\tan \delta = \frac{L''}{L'} = \frac{2\alpha V_P}{\omega}$$

α : 減衰率(1/m)

V_P : 音速(m/s)

ω : 角周波数($=2\pi f$)

Longitudinal waves elastic modulus	$L = K + 4G/3$
Bulk modulus	$K = L - 4G/3$
Young's modulus	$E = 9KG/(3K + G)$
Shear modulus	$G = 3KE/(9K - E)$
Poisson's ratio	$\nu = (3K - 2G)/2(3K + G)$

サンプル厚み h と密度 ρ は既知とする。

表面反射法（SUF）

サンプル表面の反射波Aとバッファの基準反射波A0から、浅い表面の粘弾性が計算される。

メリット

- ・底面の影響を受けない
- ・厚みの測定が不要
- ・表面の状態の影響を受けやすい

製品の粘弾性を測定できます

（ただし、密度 ρ が既知のこと）

表面物性がわかります。（劣化や付着が分かります）

$$R = -\frac{|A|e^{i\theta_A}}{|A_0|e^{i\theta_{A0}}} = -|R|e^{-i\theta}$$

$$Z_2 = \frac{1+R}{1-R} * Z_1$$

$$L^* = L' + iL'' = \frac{Z_2^2}{\rho_2}$$

Z_1 : 基準音響インピーダンス

Z_2 : 測定音響インピーダンス

R : 複素反射率

θ : 位相変化

超音波による密度計算

音速 V と表面反射率 R から、
サンプルの密度 ρ が計算される。

メリット

- ・製品の密度を測定できます。
- ・表面の状態の影響を受けやすい

面倒な浸漬法が不要となります。

表面物性がわかります。(劣化や付着が分かります)

$$\rho = \frac{Z_2}{V_P}$$

サンプルの音響インピーダンス Z_2

サンプルの音速 V_P

$$Z_2 = \frac{1+R}{1-R} * Z_1$$