

5.5. TŁUMIENIE DRGAŃ KONSTRUKCYJNYCH ELEMENTÓW POWIERZCHNIOWYCH.

5.5.1. TŁUMIENIE WŁASNE MATERIAŁÓW

Elementy konstrukcyjne o dużych powierzchniach, takie jak obudowy, osłony, pokrywy zbiorników, rurociągi itp., wykazują niejednokrotnie duże amplitudy drgań rezonansowych. Drgania te są niebezpieczne ze względu na zmęczenie materiału, jak również są źródłem hałasu mechanicznego, niejednokrotnie o dużej intensywności. Środkiem do zmniejszenia tych drgań jest zwiększenie dyssypacji elementów konstrukcyjnych, gdyż z reguły materiały konstrukcyjne o dużej wytrzymałości mają mały współczynnik strat dynamicznych (lub stratność) - η . Współczynnik ten wchodzi w jednakowy sposób w różne moduły sprężystości materiału, podłużnej (Younga) - E , postaciowej (Kirchhoffa) - G oraz giętej - $B = EJ$ (J - moment bezwładności przekroju względem obojętnej osi zginania), w sposób następujący:

$$\tilde{E} = E(1 + J\eta), \quad \tilde{G} = G(1 + J\eta), \quad \tilde{B} = B(1 + J\eta) \quad (5.30)$$

Definicja zaś współczynnika strat ujmuje energię straconą za cykl W_d , do energii zmagazynowanej w cyklu drgań W_m

$$\eta = \frac{W_d}{2\pi * W_m} = 2\xi \quad (5.31)$$

Tabela 5.2 Różne miary tłumienia drgań w materiałach [5, s. 408]

Miara tłumienia	Definicja lub formuła obliczeniowa
Współczynnik strat	$\eta = \frac{W_d}{2\pi \cdot W_m}$
Szerokość połówkowa rezonansu (f - częstość rezonansowa)	$\Delta f = \eta \cdot f_r$
Czas pogłosu	$T = \frac{2.2}{\eta \cdot f_r}$
Dekrement logarytmiczny tłumienia	$\delta = \pi \cdot \eta$
Kąt fazowy między naprężeniem i deformacją (E - moduł)	$\varphi = \arctg \frac{I_m \cdot \tilde{E}}{R_c \cdot \tilde{E}}$
Dobroć	$Q = \frac{1}{\eta}$
Spadek amplitudy fali podłużnej - długość fali	$D_p = \frac{22.7 \cdot \eta}{\lambda}, \frac{dB}{m}$
Spadek amplitudy fali zginania	$D_g = \frac{13.6 \cdot \eta}{\lambda}, \frac{dB}{m}$
Średniokwadratowa prędkość drgań układu o masie m przy wzbudzeniu szerokopasmowym o mocy P	$v^2 = \frac{P}{\eta \cdot \omega \cdot m}$

Współczynnik ten łączy się z innymi używanymi mianami tłumienia co przedstawiono w tab.5.2.

Chociaż współczynnik strat większości materiałów konstrukcyjnych jest rzędu $\eta \sim 10^{-3}$ a nawet mniej, to materiały te użyte konstrukcyjnie w różnych kształtach i połączeniach wykazują inne tłumienie:

- budynek z betonu lub z cegły - $\eta \approx 10^{-2}$ konstrukcje metalowe grubościennie o małej różnorodności części, np. korpus statku
dla $f > 500$ Hz, $\eta \sim 3 \cdot 10^{-3}$
dla $f > 1000$ Hz $\eta \sim 10^{-3}$
- konstrukcje metalowe grubościennie o dużej różnorodności części (silnik spalinowy) lub cienkościennie o małej różnorodności części (korpus samochodu) - $\eta \sim 10^{-2}$

- konstrukcje metalowe o dużej różnorodności części małej grubości (małe maszyny)

$$\text{dla } f < 500 \text{ Hz} \quad \eta \sim 5 \cdot 10^{-2}$$

$$\text{dla } f > 1000 \text{ Hz} \quad \eta \sim 10^{-2}$$

Z zestawienia tego widać, że całe konstrukcje mają stratność nie niższą niż $\eta \sim 10^{-2}$, a więc dobroć Q rzędu 100 ($Q = 1/\eta$). W wielu wypadkach nie jest to do przyjęcia, w związku z tym zachodzi potrzeba nałożenia pokryć tłumiących.

5.5.2. POKRYCIA TŁUMIĄCE

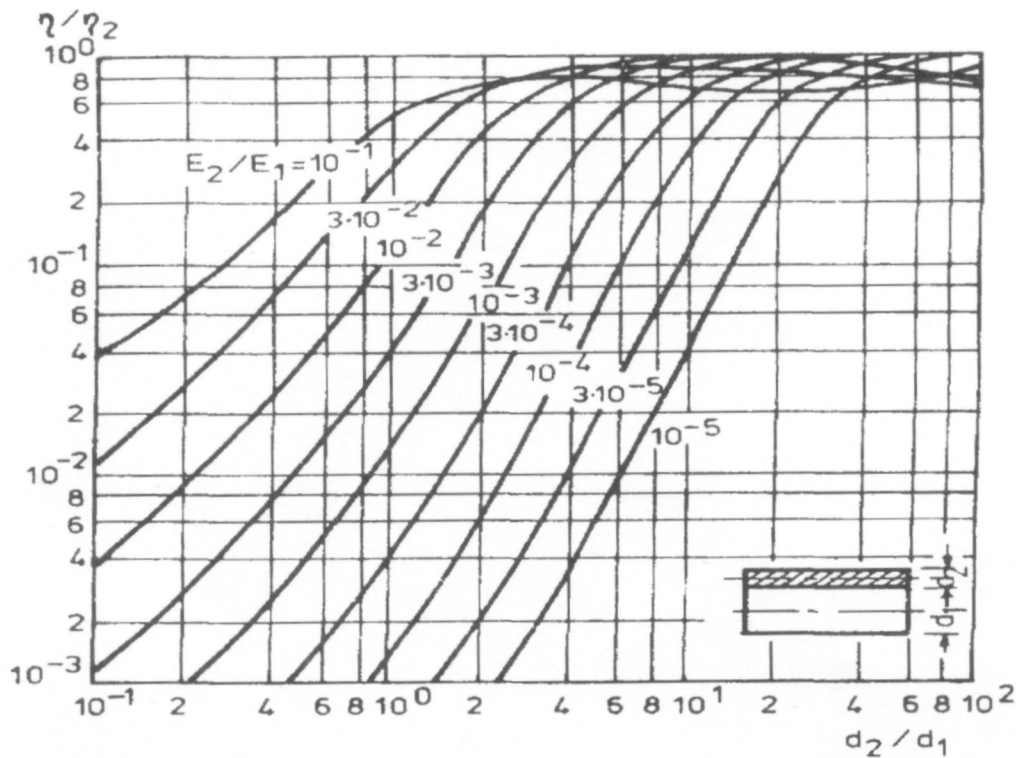
Pokrycia tłumiące są to tworzywa na osnowie bitumicznej lub inne wysoko dysypatywne tworzywa sztuczne, nakładane bezpośrednio na ustrój powierzchniowy. Deformacje dynamiczne tego pokrycia dają dodatkową stratę energii, skąd wynika, że pokrycia warto nakładać na obszary o maksymalnych amplitudach. W bardziej specjalizowanych zastosowaniach, np. lotniczych, używa się wielowarstwowych konstrukcji typu „sandwich”. Obliczenie ich współczynnika strat jest bardzo skomplikowane, stąd często wyznacza się go eksperymentalnie. Dla prostych pokryć tłumiących, typu filcu technicznego, pasty bitumicznej lub innej, wypadkowy współczynnik strat η można wyznaczyć z wykresu na rys. 3.13, znając iloraz grubości warstw oraz iloraz ich modułów Younga. Jak widać z rysunku, dla małych grubości warstwy tłumiącej $d_2(E_2, \eta_2)$, gdy grubość ustroju metalowego $d_1(E_1, \eta_1)$ jest przeważającą $d_2/d_1 < 1$, współczynnik strat można obliczyć z przybliżonego wzoru:

$$\eta \cong 3 \cdot \eta_2 \cdot \frac{E_2 \cdot d_2}{E_1 \cdot d_1} \quad (5.32)$$

Dla większych grubości materiału tłumiącego, $d_2/d_1 > 1$, stratność całego ustroju sięga plateau materiału pochłaniającego i dalsze zwiększenie grubości nie jest celowe. Własności częstotściowe takich pokryć tłumiących nie są stałe i charakteryzują się szerokim maksimum dla częstotści rzędu kiloherców. Obliczenie tego zakresu nie jest zwykle proste [5], co skazuje nas wielokrotnie na weryfikację eksperymentalną.

Jeśli konstrukcja charakteryzuje się szerokim widmem drgań, co na ogół ma miejsce, to obniżenie poziomu średniej kwadratowej prędkości drgań ustroju da się oszacować z wzoru:

$$\Delta L_v = 10 \lg \frac{v_1^2}{v_{1+2}^2} \cong 10 \lg \frac{\eta_{1+2}}{\eta_1}, \quad (5.33)$$



Rys. 5.13 Współczynnik strat płyty z naniesioną warstwą tłumiącą (η_2 , E , d)

[5.s.41]

gdzie indeks 1 dotyczy konstrukcji nośnej nie pokrytej materiałem, zaś 1+2 po pokryciu.

W takim samym stopniu obniża się poziom promieniowanego hałasu L jak i poziom naprężeń L_σ , tzn.

$$\Delta L_v = \Delta L_p = \Delta L_\sigma \quad (5.34)$$

Z powyższego wynika, że dla uzyskania dobrych efektów tłumienia drgań należy stosować pokrycia sztywne $E_2/E_1 \sim 3 \cdot 10^{-3}$ i o grubości większej od grubości ustroju nośnego ($d_2/d_1 \sim 1 : 2$). Wtedy uzyskany efekt będzie nie mniejszy niż $\eta = 0.8 \cdot \eta_2$, gwarantując dobre tłumienie drgań. Jest oczywiste, że pokrycia takie można nakładać na całą powierzchnię ustroju. Lecz taki sam efekt i mniejsze zużycie materiału da nałożenie jedynie na obszary o maksymalnych amplitudach drgań.

Nakładanie pokryć tłumiących na konstrukcje powierzchniowe ma jeszcze dwa dodatkowe pozytywne aspekty. Zwiększa ono izolacyjność akustyczną i termiczną co często jest nie do pogardzenia.

Lepszymi własnościami tłumiącymi cechują się konstrukcje wielowarstwowe (sandwichowe), lecz z racji ich różnorodności konstrukcyjnej i ciągłego ulepszania materiałów zainteresowanych odsyłamy do literatury [5, 90].