

VIBRATION ENERGY DISSIPATION OF A COMPOSITE MATERIAL

P. Baradokas

To cite this article: P. Baradokas (1998) VIBRATION ENERGY DISSIPATION OF A COMPOSITE MATERIAL, *Statyba*, 4:4, 280-282, DOI: [10.1080/13921525.1998.10531418](https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531418)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.1998.10531418>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 47

KOMPOZICINĖS MEDŽIAGOS VIRPESIŲ ENERGIJOS DISIPACIJA

P. Baradokas

1. Įvadas

Žinyne [1] medžiagos virpesių energijos disipacijai įvertinti naudojamas logaritminis dekrementas, išreikštas įtempimų funkcija:

$$\delta = \delta(\sigma), \delta = \delta(\tau).$$

Logaritminis dekrementas paprastomis priklausomybėmis susijęs su kitais energijos disipacijos rodikliais – disipacijos koeficientu ϕ ir medžiagos vidaus trinties koeficientu γ :

$$\phi = \frac{\Delta\Pi}{\Pi} = 2\delta, \quad \gamma = \frac{1}{\mu} = \frac{\delta}{\pi},$$

čia Π – amplitudinė potencinės energijos reikšmė, $\Delta\Pi$ – vieno virpesių ciklo energijos nuostoliai, μ – virpančios sistemos rezonansinio režimo dinamiškumo koeficientas.

Nustatant kompozicinių medžiagų slopinamąsias savybes, reikia įvertinti kiekvienos medžiagos, sudarančios kompoziciją, indėlį į bendrą disipacijos lygį. Čia susiduriame su paradoksaliu faktu: kartais medžiagų su dideliu disipacijos koeficientu slopinamasis poveikis kompozicijai yra mažesnis negu medžiagų su mažesniu disipacijos koeficientu. J. Favstovas [2], tirdamas galvaninių dangų slopinamąsias savybes, eksperimentiškai nustatė, kad švino dangos slopinamasis poveikis yra mažesnis už chromo dangos, nors švino disipacijos koeficientas daugiau kaip dešimtį kartų didesnis už chromo. J. Favstovas siūlo dangos slopinamąjį poveikį vertinti logaritminio dekremento ir medžiagos tamprumo modulio sandauga $\delta \cdot E$.

Straipsnyje [3] nagrinėjami metalinio strypo, padengto polimerine danga, priverstiniai virpesiai. Slopinamosioms savybėms įvertinti paimtas strypo su danga ir be dangos rezonansinių amplitudžių santykis

$$\eta = \frac{1}{1 + \frac{\gamma_2 E_2 I_2}{\gamma_1 E_1 I_1}}, \quad (1)$$

čia indeksu “1” pažymėti metalo sluoksnio rodikliai, indeksu “2” – polimerinės dangos rodikliai, I_1, I_2 – sluoksnių inercijos momentai.

Iš (1) matyti, kad η kitimas priklauso nuo trijų parametrų – γ, E ir I . Sluoksnio inercijos momentas I šiuo atveju įvertina ne tik sluoksnio storį, bet ir padėtį skerspjuvyje, t. y. kokioje deformuojamo strypo įtempimų zonoje yra sluoksnis. Matome, kad sudėtingo įtempimų būvio atveju slopinimui įvertinti nebeužtenka $\delta \cdot E$ sandaugos.

2. Kompozicinės medžiagos disipacijos koeficientas

Šio darbo tikslas – duoti teoriškai pagrįstą kompozicinės medžiagos energijos disipacijos įvertinimą.

Kompozicinės medžiagos disipacijos koeficientą galima išreikšti suma:

$$\phi = \sum c_i \phi_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (2)$$

čia n – komponentų skaičius, ϕ_i – i -tojo komponento disipacijos koeficientas, c_i – i -tojo komponento redukovimo koeficientas.

Redukavimo koeficientas c_i rodo, kiek i -tasis komponentas prisideda prie visos kompozicijos energijos disipacijos. Panagrinėkime šį klausimą energetiniu požiūriu.

Iš medžiagos energijos disipacijos koeficiento apibrėžimo turime:

$$\phi = \frac{\Delta\Pi}{\Pi}. \quad (3)$$

Kompozicinės medžiagos vieno virpesių ciklo energijos nuostoliai lygūs sumai:

$$\Delta\Pi = \Delta\Pi_1 + \Delta\Pi_2 + \dots + \Delta\Pi_n = \sum \Delta\Pi_i,$$

bet kurio komponento vieno virpesių ciklo energijos nuostoliai yra $\Delta\Pi_i = \phi_i \cdot \Pi_i$, todėl

$$\Delta\Pi = \phi_1 \Pi_1 + \phi_2 \Pi_2 + \dots + \phi_n \Pi_n = \sum \phi_i \Pi_i. \quad (4)$$

Kompozicijos vieno virpesių ciklo potencinė energija lygi sumai:

$$\Pi = \Pi_1 + \Pi_2 + \dots + \Pi_n = \Sigma \Pi_i. \quad (5)$$

Įrašę (4) ir (5) į (3), gausime:

$$\phi = \Sigma \phi_i \frac{\Pi_i}{\Sigma \Pi_i}. \quad (6)$$

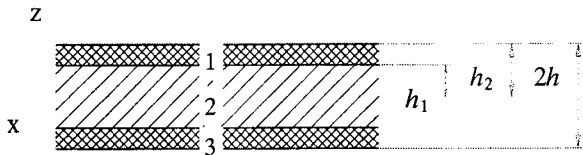
Palyginę (6) su (2), matome, kad redukavimo koeficientai yra lygūs akumuliuotos energijos santykiams:

$$c_1 = \frac{\Pi_1}{\Sigma \Pi_i}, c_2 = \frac{\Pi_2}{\Sigma \Pi_i}, \dots, c_n = \frac{\Pi_n}{\Sigma \Pi_i}.$$

Kaip matyti iš (6), atskiro komponento slopinamasis poveikis priklauso nuo komponento disipacijos koeficiento ir jo akumuliuotos energijos dydžio, todėl turi būti vertinamas $\phi_i \frac{\Pi_i}{\Sigma \Pi_i}$ sandauga.

3. Trijų sluoksnių strypas

Išdėstytiems teiginiams iliustruoti nustatysime trijų sluoksnių stačiakampio skerspjūvio strypo energijos disipacijos koeficientą. Strypą sudaro vidurinis metalinis palaikantis sluoksnis ir išoriniai sluoksniai iš medžiagos su dideliu disipacijos koeficientu; išorinius sluoksnius sąlygiškai vadinsime danga (žr. pav.).



Trijų sluoksnių strypas: 1, 3 – išoriniai dangos sluoksniai, 2 – vidurinis palaikantis sluoksnis

Three-layer bar: 1, 3 – exterior layers of coat, 2 – interior bearing layer

Naudojame šiuos žymėjimus: visam strypui – ilgis l , plotis b , ϕ , Π ; dangos sluoksniams – $E_1 = E_3 = E_d$, $\phi_1 = \phi_3 = \phi_d$, $\Pi_1 = \Pi_3 = 0,5\Pi_d$; palaikančiam sluoksniui – E_2 , ϕ_2 , Π_2 .

Strypas apkrautas simetriško ciklo grynouju lenkimu.

Trijų sluoksnių strypui iš (6) gauname:

$$\phi = \phi_2 \frac{\Pi_2}{\Pi_2 + \Pi_d} + \phi_d \frac{\Pi_d}{\Pi_2 + \Pi_d},$$

arba

$$\phi = \phi_2 \frac{1}{1 + \frac{\Pi_d}{\Pi_2}} + \phi_d \frac{1}{1 + \frac{\Pi_2}{\Pi_d}}. \quad (7)$$

Bet kurio elementaraus sluoksnio, nutolusio nuo neutraliosios ašies atstumu z , elementari potencinė energija yra:

$$d\Pi = \frac{E\varepsilon^2}{2} dV, \quad dV = bldz, \quad \varepsilon = \frac{|z|}{h_1} \cdot \varepsilon_0.$$

Dangos sluoksnių akumuliuota energija:

$$\Pi_d = \frac{E_d \varepsilon_0^2 l}{h_1^2} \int_{h_2}^{h_1} bz^2 dz = \frac{E_d \varepsilon_0^2 l}{h_1^2} \cdot I_d, \quad (8)$$

$$I_d = \frac{b(h_1^3 - h_2^3)}{3}.$$

Palaikančio sluoksnio akumuliuota energija:

$$\Pi_2 = \frac{E_2 \varepsilon_0^2 l}{2h_1^2} \int_{-h_2}^{h_2} bz^2 dz = \frac{E_2 \varepsilon_0^2 l}{2h_1^2} I_2, \quad (9)$$

$$I_2 = \frac{2bh_2^3}{3}.$$

Įrašę (8) ir (9) į (7), gausime:

$$\phi = \phi_2 \frac{1}{1 + \frac{2E_d I_d}{E_2 I_2}} + \phi_d \frac{1}{1 + \frac{E_2 I_2}{2E_d I_d}}. \quad (10)$$

4. Strypas su galvanine danga

Šiam atvejui energijos išraiškas (8) ir (9) pertvarkome taip:

$$\Pi_d = E_d \varepsilon_0^2 V_d \frac{(h_1^2 + h_1 h_2 + h_2^2)}{3h_1^2}, \quad (11)$$

$$\Pi_2 = E_2 \varepsilon_0^2 V_2 \frac{h_2^2}{6h_1^2}, \quad (12)$$

čia V_d, V_2 – atitinkamų sluoksnių tūriai.

Išoriniai dangos sluoksniai yra labai ploni, todėl galima imti $h_2 = h_1$; tada formulės (11) ir (12) supaprastėja:

$$\Pi_d = E_d \cdot \varepsilon_0^2 \cdot V_d, \quad (13)$$

$$\Pi_2 = \frac{1}{6} E_2 \varepsilon_0^2 V_2, \quad (14)$$

E_2 ir E_d yra tos pačios eilės dydžiai, o $V_d \ll V_2$, todėl

$$\frac{\Pi_2}{\Pi_d} = \frac{E_2 V_2}{6E_d V_d} \gg 1, \quad \frac{\Pi_d}{\Pi_2} = \frac{6E_d V_d}{E_2 V_2} \ll 1$$

ir formulei (10) galima suteikti tokį apytikslį pavidalą:

$$\phi = \phi_2 + \phi_d \frac{6E_d V_d}{E_2 V_2}. \quad (15)$$

Taigi strypo su galvanine danga disipacijos koeficientas padidėja dydžiu $\phi_d \frac{6E_d V_d}{E_2 V_2}$. Parenkant dangos medžiagą energijos disipacijos požiūriu, reikia imti sandaugą $\phi_i E_i$, kaip siūlo J. Favstovas [2].

5. Išvados

1. Kompozicinės medžiagos virpesių energijos disipacijos koeficientas yra lygus kompoziciją sudarančių medžiagų redukuotų disipacijos koeficientų sumai.
2. Redukavimo koeficientas c_i priklauso nuo i -tojo komponento akumuliuotos deformavimo energijos dydžio.
3. Lyginant tarpusavyje atskirus komponentus energijos disipacijos požiūriu, reikia imti sandaugą $\phi_i E_i$.

Literatūra

1. Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Справочник. Киев: Наукова Думка, 1971. 375 с.
2. Ю. К. Фавстов. К определению внутреннего трения демпфирующих покрытий // Изв. АН СССР, ОТН. Механика и машиностроение, № 3, 1963, с. 127–128.

3. P. Baradokas. Kompozicinių konstrukcijų dempferuojančių savybių tyrimas // 5-osios tarptautinės konferencijos "Naujos statybinės medžiagos, konstrukcijos ir technologijos", įvyksios Vilniuje 1997 m. gegužės 21-24 d., straipsniai. III tomas, Vilnius, 1997, p. 112-116.

Įteikta 1998 06 23

VIBRATION ENERGY DISSIPATION OF A COMPOSITE MATERIAL

P. Baradokas

Summary

The paper discusses the problem of evaluating vibration energy dissipation of a composite material. It is suggested to express the dissipation coefficient in a line (2). The reduced component dissipation coefficients $c_i \phi_i$ are the members of the line. The ratio of reduction c_i shows the proportion by which a separate component adds to the energy dissipation of the entire composition. By analysing the accumulated and dissipated strain energy of a composite material were obtained (6). On the basis of these expressions, formulas for calculating the dissipation coefficients of a three-layer bar and that with a galvanic covering were devised.

The analysis made leads to the following conclusions:

- the vibration energy dissipation coefficient of a composite material is equal to the sum of the reduced dissipation coefficients of the composition component materials;
- the ratio of reduction c_i depends on the value of the component accumulated energy;
- for comparing separate components as to the energy dissipation, the product $\phi_i E_i$ should be used.

Petras BARADOKAS. Doctor, Associate Professor. Dept of Theoretical Mechanics. Vilnius Gediminas Technical University (VGTU), Saulėtekio al. 11, 2040 Vilnius, Lithuania.

Doctor (1971). Studies into optimisation and analysis procedures for composite materials dynamics problems. Research interests: dynamics and optimization problems of composite structures.