

17. Sukamųjų svyravimų tyrimas

Užduotis

1. Išmatuoti sukamųjų svyravimų periodą ir nustatyti sijos bei krovinių inercijos momentus.
2. Iširti svyravimų periodo priklausomybę nuo vielos ilgio ir skersmens.
3. Nustatyti bent vienos iš pasirinktų medžiagų (plieno, vario, aliuminio ar žalvario) šlyties modulį.

Pagrindiniai teoriniai klausimai

1. Šlyties deformacija.
2. Pagrindinių tamprumo koeficientų sąryšiai.

Tyrimo metodika

Šlyties deformacija sudaroma veikiant įtvirtinto kūno paviršių lygiagrečiai jam jėga \vec{F}_x (1 pav.). Kūno sluoksniai pasislenka jėgos veikimo kryptimi tuo daugiau, kuo jie arčiau veikiamo paviršiaus. Galiojant Huko dėsniai, tamprumo jėga \vec{F}_t ($\vec{F}_t = -\vec{F}_x$) yra tiesiai proporcinga deformacijai Δl :

$$F_t = G \frac{\Delta l}{l} S = G \omega S, \quad (1)$$

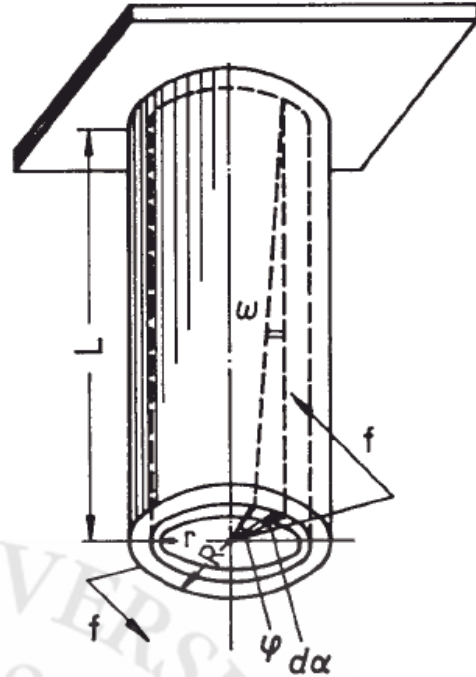
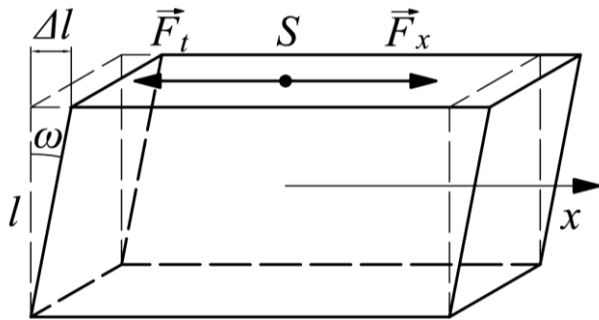
kur G - šlyties modulis, l - skersinis matmuo, S - paviršiaus plotas, ω - deformacijos kampas (radianais), atitinkantis santykinę deformaciją.

Santykis $p_t = \frac{F_t}{S}$ yra vadinamas tangentiniu įtempiu. Iš formulės (1) gauname $p_t = G \omega$. Taigi šlyties modulio vertė parodo, koks tangentinis įtempis atitinka deformacijos kampo vienetą.

Šlyties modulį galima išmatuoti tiriant vielos sukamąją deformaciją. Veikdami išorinėmis jėgos momentu M įtvirtintos vielos laisvąjį galą, pasukime ją tam tikru kampu φ (2 pav.). Esant pusiausvyrai, išorinių jėgų momentas lygus tamprumo jėgų momentui. Jeigu Huko dėsnis galioja, tamprumo jėgų momentas yra tiesiai proporcingas posūkio kampui:

$$M = D \varphi, \quad (2)$$

kur koeficientas D vadinamas sukamuoju standumu arba kreipiamuoju momentu. Jis parodo, koks tamprumo jėgos momentas atitinka vienetinį posūkio kampą.



1 pav. Jėgų kryptys ir šlyties deformacija.

2 pav. Šlyties deformacija sukant vielą.

Nagrinėjama atveju šlyties deformacija vyksta statmena sukimosi spinduliui kryptimi. Padalykime vielą į labai plonus dr storio sluoksnius, kuriuose deformacijos priklausomybės nuo atstumo r iki sukimosi ašies galima nepaisyti. Sluoksnio plotelį $dS = 2\pi r dr$ veikia jėga

$$dF = G2\pi\omega dr = G2\pi \frac{\varphi}{L} r^2 dr, \quad (3)$$

nes šlyties kampą ω su posūkio kampu φ sieja ryšys $L\omega = r\varphi$, kur L - vielos ilgis. Šią jėgą atitinkantis jėgos momentas

$$dM = r dF = G2\pi \frac{\varphi}{L} r^3 dr, \quad (4)$$

o pilnutinį tamprumo jėgos momentą gausime susumavę visų sluoksnių sukamuosius momentus:

$$M = G \frac{2\pi\varphi}{L} \int_0^R r^3 dr = G \frac{\pi\varphi R^4}{2L}. \quad (5)$$

Taigi, išmatavę jėgos momentą M ir dėl jo susidariusį posūkio kampą φ (radianais), šlyties modulį apskaičiuosime pagal formulę

$$G = \frac{2ML}{\pi R^4 \varphi} = \frac{2DL}{\pi R^4}. \quad (8)$$

Šlyties moduliui matuoti ant sijos vienodais atstumais nuo vielos dedami du vienodi krovinėliai. Jei sijos be krovinėlių inercijos momentas I_1 , tai tokios fizinės svyruoklės periodas

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{I_1}{D}}, \quad (7)$$

o uždėjus krovinėlius

$$T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{I_1 + I}{D}}. \quad (8)$$

Čia I - krovinių inercijos momentas svyravimų ašies atžvilgiu. Kadangi krovinėliai yra ritinio formos, o jų ašys statmenos svyravimų ašiai, tai jų inercijos momentas

$$I = \frac{1}{2}m\left(R_1^2 + \frac{L_1^2}{3} + d^2\right), \quad (9)$$

kur m , R_1 ir L_1 - krovinių masė, spindulys ir aukštis (šie dydžiai yra pateikti ties darbo maketu), o d - atstumas tarp krovinių ašių, kurį reikia išmatuoti rulete. Iš (7) ir (8) lygčių gauname, kad kreipiamasis momentas

$$D = \frac{4\pi^2 I}{T_2^2 - T_1^2}. \quad (10)$$

Įrašę tai į (6) randame šlyties modulį

$$G = \frac{8\pi LI}{R^4(T_2^2 - T_1^2)}. \quad (11)$$

Tyrimo eiga



2 pav. Reikmenys, naudojami šlyties moduliui nustatyti.

Darbui reikalingos priemonės yra parodytos 3 pav. Kiekviena tiriamoji viela galuose turi antgalius. Metalinis antgalis yra įtvirtinamas jį priveržiant stovo gnybte, o antrasis, plastikinis antgalis yra įstatomas į lengvai pasukamą siją. Tiriamoji viela stovė įtvirtinama taip, kad ji būtų statmena sijai, o su ja susieta rodyklė būtų ties nuline kampo padala diske. Viela prieš paleidžiant siją svyruoti neturėtų būti per daug pasukta - atskaitos rodyklė turėtų sugrįžti į pradinę, nulinio kampo vietą. Be to, vielos antgalis neturėtų prisisukti įtvirtinimo gnybte.

Išmatuojame sistemos su pasirinktos medžiagos skirtingo ilgio L ir spindulio R vielomis sukamųjų svyravimų periodus be krovinių ir su jais. Periodą nustatome netiesiogiai: išmatuotą 20 - 30 pilnų svyravimų trukmę padalijame iš svyravimų skaičiaus. Gali būti, kad trumpesnei ir didesnio skersmens vielai šis svyravimų periodo nustatymo būdas yra neįmanomas, nes dėl itin didelio svyravimų dažnio nepavyksta nustatyti svyravimų skaičiaus. Tada svyravimų periodas matuojamas tiesiogiai, panaudojant optroninę šakutę, nustatytą periodo matavimo režimu.

Remdamiesi darbo metodikoje pateiktais fizikinių dydžių sąryšiais, paaiškiname išmatuotų svyravimų periodų priklausomybę nuo vielos ilgio ir skersmens.

Apskaičiuotą pagal (11) šlyties modulį palyginame su [1] lentelėse esančiais duomenimis ir pateikiame išvadas.

Paklaidų įvertinimas

Šlyties modulio, apskaičiuojamo pagal (11), paklaidą lemia parametrų L , I , R , T_1 ir T_2 paklaidos. Pažymėję $a = T_2^2 - T_1^2$, užrašysime:

$$\Delta G = G \sqrt{\left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(4 \frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta a}{a}\right)^2}, \quad (12)$$

kur inercijos momento, apskaičiuojamo pagal (9), paklaida yra

$$\Delta I = 2I \sqrt{\left(\frac{\Delta R_1}{R_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L_1}{L_1}\right)^2 + \left(\frac{\Delta d}{d}\right)^2}, \quad (13)$$

o svyravimų periodų kvadratų skirtumo paklaida

$$\Delta a = \sqrt{\left(\frac{\partial a}{\partial T_1} \Delta T_1\right)^2 + \left(\frac{\partial a}{\partial T_2} \Delta T_2\right)^2} = 2\sqrt{(T_1 \cdot \Delta T_1)^2 + (T_2 \cdot \Delta T_2)^2}. \quad (14)$$

Literatūra:

1. A. Medeišis, „Mechanika, molekulinė fizika, elektra ir magnetizmas. Fizikos praktikumas“, Vilnius, *Vilniaus universiteto leidykla*, 2000, 353 p.
2. A. Matvejevas, „Mechanika ir reliatyvumo teorija“, Vilnius, *Mokslas*, 1982, 334 p.