

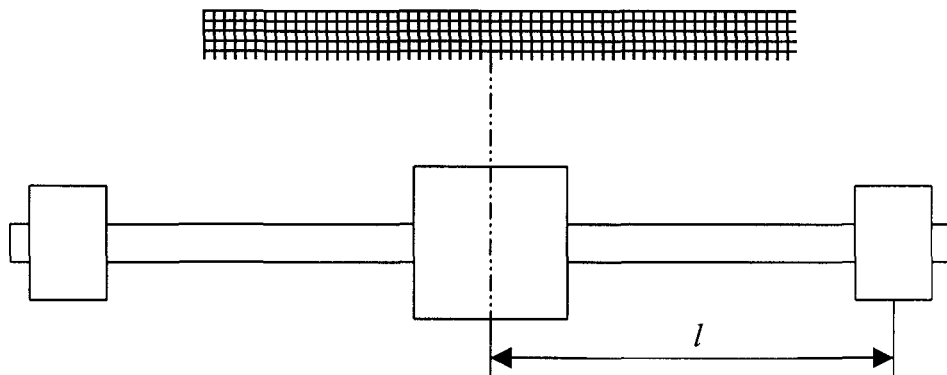
Tallinna Tehnikaülikool

Üliõpilane: Sten Kivistik	Teostatud: 03.10.02
Õpperühm: AAAB - 11	Kaitstud: 3.10.02
Töö nr. nr. 12 a	OT Skivistik

NIHKEMOODUL

Töö eesmärk: traadi nikkemooduli määramine keerdvõnkumisest.	Töövahendid: keerdpendel lisaraskustega, nihik, kruvik, ajamõõtja, tehnilised kaalud.
---	--

Skeem



Töö teoreetilised alused.

Olgu rakendatud risttahuka pealmisele pinnale sellega paralleelne ja igale pinnaelemendile ühtlaselt mõjuv jõud F . Seda pinnaühikule mõjuvat jõudu $\tau = F/S$ nimetatakse tangentsiaalpingeks. Jõu F mõjul risttahukas deformeerub ja tema külgservad moodustavad oma esialgse asendiga nurga α . Nihkedeformatsiooni iseloomustatakse suhtelise nihkega $\gamma = a/b = \tan\alpha$, kus a on absoluutne nihe, b – risttahuka kõrgus.

Hooke'i seaduse põhjal on elastsel deformatsioonil suhteline nihe võrdeline deformatsiooni põhjustava pingega.

$$\text{Seega } \gamma = 1/G\tau \text{ ehk } \tan\alpha = 1/G * F/S$$

Materjalist olenev suurus G on igale ainele iseloomulik konstant, mida nimetatakse nihkemooduliks. Tegelikult seda valemist ei rakendata. Nihkemooduli määramiseks kasutatakse keerd- ehk torsioonvõnkumist.

Olgu pingule tõmmatud elastse traadi külge jäigalt kinnitatud kõva keha nii, et tema vaba telg langeb kokku traadi pikiteljega. Kui selline keha viia välja tasakaaluasendist tema pööramisega ümber vaba telje, siis traat deformeerub ja elastsusjõud tekitavad jõumomendi, mis püüab viia keha tagasi tasakaaluasendisse. Pärast vabastamist hakkab keha sooritama tasakaaluasendi ümber muutuva suunaga pöördliikumisi, mida nimetatakse keerd- ehk torsioonvõnkumiseks.

Kuna keha pöörleb, siis võib tema kohta rakendada pöördliikumise dünaamika põhiseadust $M = I * d\omega/dt$

Arvestades, et torsioonvõnkumisel on jõumoment M suunatud vastupidiselt pöördele φ ja on elastsuse piirides sellega võrdeline, saab võrrandit esitada kujul $I(d^2\varphi/dt^2) = -f\varphi$

Nihkemooduli määramiseks on praktikumis 2 seadet, mis erinevad ainult katseseadmete inertsimomendi muutmise võimalustest.

Töö käik.

1. Määrata traadi raadius r . Selleks mõõtke traadi läbimõõt kruvikuga kolmest kohast (igast kohast kahes ristsihis). Traadi pikkus L on antud töökohal.
2. Muhvid tuleb asetada pöörlemisteljest juhendaja poolt määratud kaugusele l_1
3. Mõõta juhendaja poolt tööülesandes antud n täisvõnke aeg ja arvutada keerdvõnkumise periood T_1 . Mõõtmist korrata 3 korda.
4. Nihutage muhvid pöörlemisteljest kaugusele l_2 ja määrake võnkeperiood T_2 kolmel korral.
5. Arvutada nihkemoodul ja tema viga.

Võnkeperioodi leidmine

Katse nr.	$l_1 = 237 \pm 3$ mm			$l_2 = 187 \pm 3$ mm		
	n	t_1 , s	T_1 , s	N	t_2 , s	T_2 , s
1	20	117	5,85	20	95	4,75
2	20	118	5,9	20	94	4,7
3	20	116	5,8	20	95	4,75

$L = 1130 \pm 5$ mm

$m = 680 \pm 1$ g

Traadi läbimõõdu leidmine

Kruviku täpsus 0,01 mm

Katse nr.	d_i , mm	$d - d_i$, mm	$(d - d_i)^2$, mm ²
1	1,20	0,00	0
2	1,21	-0,01	0,0001
3	1,19	0,01	0,0001
4	1,20	0,00	0
5	1,20	0,00	0
6	1,20	0,00	0

Amentured.

$$m = 0,680 \pm 0,001 \text{ kg}$$

$$L = 1130 \pm 5 \text{ mm}$$

$$l_1 = 237 \pm 3 \text{ mm}$$

$$l_2 = 187 \pm 3 \text{ mm}$$

$$\bar{d} = 1,2 \text{ mm} \Rightarrow r = 0,6 \text{ mm}$$

$$\Delta d_j = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{0,0002}{5 \cdot 6}} = 0,00671 (\text{mm}) \quad \Delta d_s = \frac{2 \cdot T}{3} \Rightarrow \frac{2 \cdot 0,05}{3} = 0,0333 (\text{mm})$$

$$\Delta d = \sqrt{(\Delta d_j)^2 + (\Delta d_s)^2} \Rightarrow \sqrt{0,00671^2 + 0,0333^2} = 0,034 (\text{mm})$$

$$\Delta r = \frac{\Delta d}{2} \Rightarrow 0,017 (\text{mm})$$

$$r = 0,600 \pm 0,017 (\text{mm})$$

$$\Delta T_{1j} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{0,005}{2 \cdot 3}} = 0,124 (\text{s})$$

$$\Delta T_{2j} = 4,3 \cdot \sqrt{\frac{0,0017}{2 \cdot 3}} = 0,0724 (\text{s}) \quad \Delta T_{1s} = \Delta T_{2s} = \frac{T \cdot 2}{3} \Rightarrow \frac{0,01 \cdot 2}{3} = 0,00667 (\text{s})$$

$$\Delta T_1 = 0,12 (\text{s})$$

$$\Delta T_2 = 0,073 (\text{s})$$

$$T_1 = 5,85 \pm 0,12 (\text{s})$$

$$T_2 = 4,730 \pm 0,073 (\text{s})$$

Nilbemoduli arventamine.

$$G = \frac{16 \pi L m (l_2^2 - l_1^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \quad [G] = \left[\frac{\text{mm} \cdot \text{kg} \cdot \text{mm}^2}{\text{mm}^4 \cdot \text{s}^2} \right] = \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm} \cdot \text{s}^2} \right]$$

$$G = \frac{16 \cdot \pi \cdot 1130 \cdot 0,68 (237^2 - 187^2)}{0,6^4 \cdot (5,85^2 - 4,73^2)} = 5,331 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm} \cdot \text{s}^2} \right)$$

Nilbemoduli vno arventamine matulitinta alul.

$$\frac{\partial G}{\partial L} \cdot \Delta L = \frac{16 \pi m (l_2^2 - l_1^2)}{r^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta L \Rightarrow \frac{16 \cdot \pi \cdot 0,68 \cdot (237^2 - 187^2)}{0,6^4 (5,85^2 - 4,73^2)} \cdot 5 = 2,36 \cdot 10^6$$

$$\frac{\partial G}{\partial m} \cdot \Delta m = \frac{16 \pi L (l_2^2 - l_1^2)}{g^4 (T_2^2 - T_1^2)} \cdot \Delta m \Rightarrow \frac{16 \cdot \pi \cdot 1130 (237^2 - 187^2)}{0,6^4 \cdot (5,85^2 - 4,75^2)} \cdot 0,001 =$$

$$= 7,97 \cdot 10^5$$

$$\frac{\partial G}{\partial l_2} \cdot \Delta l_2 = \left(\frac{2 \cdot 16 \cdot \pi \cdot L \cdot m \cdot l_2}{g^4 (T_2^2 - T_1^2)} - 0 \right) \cdot \Delta l_2 = \frac{32 \cdot \pi \cdot 1130 \cdot 0,68 \cdot 237}{0,6^4 (5,85^2 - 4,75^2)} \cdot 3 = 3,57 \cdot 10^7$$

$$\frac{\partial G}{\partial l_1} \cdot \Delta l_1 = \left(0 - \frac{32 \pi L m l_1}{g^4 (T_2^2 - T_1^2)} \right) \cdot \Delta l_1 = \frac{-32 \pi \cdot 1130 \cdot 0,68 \cdot 187}{0,6^4 (5,85^2 - 4,75^2)} \cdot 3 = -2,82 \cdot 10^7$$

$$\frac{\partial G}{\partial g} \cdot \Delta g = \frac{0 - 4 g^3 (T_2^2 - T_1^2) \cdot 16 \pi L m (l_2^2 - l_1^2)}{g^8 (T_2^2 - T_1^2)^2} \cdot \Delta g = -6,04 \cdot 10^6$$

$$\frac{\partial G}{\partial T_2} \cdot \Delta T_2 = \frac{0 - 2 g^4 T_2 \cdot 16 \pi L m (l_2^2 - l_1^2)}{g^8 (T_2^2 - T_1^2)^2} \cdot \Delta T_2 = -3,11 \cdot 10^7$$

$$\frac{\partial G}{\partial T_1} \cdot \Delta T_1 = \frac{0 - (-2 g^4 T_1) \cdot 16 \pi L m (l_2^2 - l_1^2)}{g^8 (T_2^2 - T_1^2)^2} \cdot \Delta T_1 = 8,19 \cdot 10^6$$

$$\Delta G = \sqrt{(2,36 \cdot 10^8)^2 + (7,97 \cdot 10^5)^2 + (3,57 \cdot 10^7)^2 + (-2,82 \cdot 10^7)^2 +$$

$$+ (-6,04 \cdot 10^6)^2 + (-3,11 \cdot 10^7)^2 + (8,19 \cdot 10^6)^2} = 2,426 \cdot 10^7 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm} \cdot \text{s}^2} \right)$$

$$G = 5,331 \cdot 10^8 \pm 2,426 \cdot 10^7 \Rightarrow (5,33 \pm 0,24) \cdot 10^8 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm} \cdot \text{s}^2} \right)$$

Subtelne viga

$$\delta = \frac{\Delta G}{G} \cdot 100\% = \frac{0,24}{5,33} \cdot 100\% = 4,5\%$$

Järeldus

Traadi nihemoodul on: $G = (5,33 \pm 0,24) \cdot 10^8 \left(\frac{\text{kg}}{\text{mm} \cdot \text{s}^2} \right)$, vooldata viga 0,95
 Subtelne viga: $\delta = 4,5\%$