

MĚŘENÍ MODULU PRUŽNOSTI V TAHU Z PRŮHYBU

Určení modulu pružnosti z průhybu tyče je o něco přesnější než měření z protažení drátu, popsané v předešlé úloze. K měření můžeme použít materiály upravené do tvaru nosníků, prutů, či trámek.

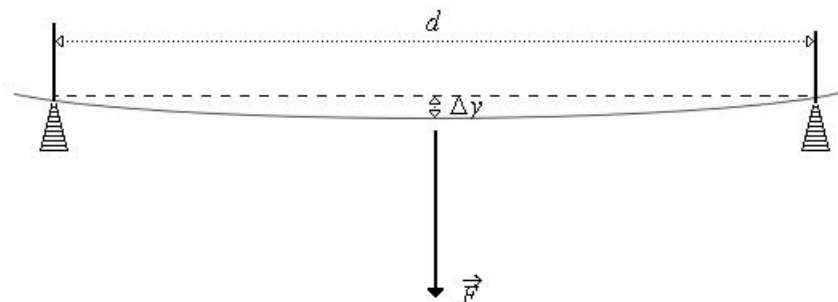
Základní vztahy:

Vodorovně položená tyč, podepřená břity, jejichž vzdálenost je d , a zatížená uprostřed mezi podpěrami silou \vec{F} , kolmou na průřez, se v působišti síly prohne (viz *obr.1*). Pro průhyb Δy tyče obdélníkového průřezu $a \times b$, namáhané silou kolmou na plochu tyče a rovnoběžnou se stranou b , platí (za uvedených předpokladů)¹

$$\Delta y = \frac{F \cdot d^3}{4ab^3 E}, \quad (1)$$

kde E je modul pružnosti v tahu materiálu tyče. Závislost prohnutí Δy na velikosti F zatěžující síly je pro malé deformace lineární: $\Delta y = k \cdot F$, směrnici k přímkové závislosti můžeme určit ze změřené závislosti $\Delta y = f(F)$ početně (například lineární regresí) i graficky. Modul pružnosti potom vypočteme ze vztahu

$$E = \frac{d^3}{4ab^3} \cdot \frac{1}{k}. \quad (2)$$



Obr.1: K měření průhybu tyče

Poznámka: Modul pružnosti, jako materiálová konstanta, závisí i na podmínkách, za kterých je měřen, tj. na teplotě a tlaku vzduchu.

Pracovní úkol:

1. Stanovte modul pružnosti v tahu z průhybu tyče pro různé materiály.
2. Graficky vyjádřete závislost prohnutí tyčí na velikosti zatěžující síly.




Potřeby: zařízení k měření průhybu tyče, sada cejchovaných závaží, číslicový úchylkoměr, posuvné měřítko, mikrometr, barometr, teploměr.

¹ Podrobné odvození uvedeného vztahu viz [1]

Pokyny pro měření a jeho zpracování:

- 1) Rozměry a , b měříme v různých místech tyčí, poznameníme se i vzdálenost d .
- 2) Dbáme na to, aby přípravek se závažími byl přesně uprostřed mezi břity.
- 3) Nejprve zaznameníme nulovou polohu číselníkového úchylkoměru y_0 , která přísluší prohnutí tyče zatížené prázdnou miskou, jejíž tíhu dále zanedbáváme, podobně jako vlastní tíhu tyče.
- 4) Prohnutí tyče měříme při rostoucím i klesajícím zatížení, hodnoty odpovídající stejným hmotnostem závaží zprůměrujeme (týká se i nulové polohy), čímž získáme soubor hodnot, ze kterého vypočteme průhyby Δy_i . Odpovídající velikosti F_i zatěžující síly vypočteme z hmotností použitých závaží.
- 5) Poznameníme si teplotu, při které bylo měření prováděno a atmosférický tlak v místnosti.
- 6) Oceníme přesnosti výsledků, použijeme postupy uvedené v odstavcích 3.1.1., 3.1.2., 3.1.5. a 3.2.1.

Kontrolní otázky:

-  Jakou úměrnost vyjadřuje Hookeův zákon?
-  Jak se bude (kvalitativně) měnit modul pružnosti v tahu s teplotou materiálu?
-  Které veličiny ve vztahu (2) a jejich přesnost měření nejvíce ovlivní přesnost konečného výsledku? Spočítejte si parciální derivace pro odvození chyby měření!

Literatura:

[i] HORÁK, Z., KRUPKA, F., ŠINDELÁŘ, V. *Technická fyzika*. Praha: SNTL, 1960.

Autoři: Mgr. Milan Čmelík