

Měření modulu pružnosti v tahu

P. Krausová, L. Závorka*

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT

* luciaomnibusse.and.coach@interia.pl

Abstrakt:

Cílem našeho experimentu bylo ověření platnosti Hookeova zákona, experimentálně změřit modul pružnosti v tahu a výsledky porovnat s tabulkovými hodnotami Youngova modulu. Hookův zákon a Youngův modul mají velké využití ve vědních oborech zabývajících se materiály, zejména pak ve stavebnictví.

1 Úvod

Při pružné deformaci tahem (změna tvaru tělesa vyvolaná vnější tažnou silou do takové velikosti, že se po odstranění deformující síly vrátí těleso díky vnitřním elastickým silám do původního stavu) ovlivňuje vlastnosti homogenního tělesa (materiál má vlastnosti stejné ve všech bodech tělesa) zejména Youngův modul E . Experimentální zjištění Youngova modulu lze učinit metodou přímou, tedy měřením modulu pružnosti v tahu z prodloužení drátu nebo metodou nepřímou, tedy měřením modulu pružnosti v tahu z průhybu nosníku. Zde se však budeme zabývat pouze druhou variantou.

2 Měření modulu pružnosti v tahu z průhybu nosníku

• Popis metody

Pro samotné měření budeme potřebovat nosník obdélníkového průřezu o rozměrech b, c podepřený na dvou vodorovných břitech vzájemně od sebe vzdálených o délku l . Zatížíme-li tento nosník uprostřed silou F (tedy zavěšováním závaží o hmotnosti m), začne se nosník působením vnější síly prohýbat. Délku průhybu nosníku y budeme měřit a následně vypočteme Youngův modul.

• Matematický aparát

Pro nosník obdélníkového průřezu, kde b je rozměr průřezu tyče ve směru působící síly a c je druhý rozměr průřezu platí pro moment průřezu následující vztah:

$$I = \frac{b^3 \cdot c}{12}$$

Pro délku průhybu nosníku tedy bude platit vztah následující:

$$y = \frac{l^3 \cdot F}{48 \cdot E \cdot I}$$

Odkud pro Youngův modul E dostáváme vztah:

$$E = \frac{l^3 \cdot F}{48 \cdot y \cdot I}$$

kde síla $F = m \cdot g$ (g ... tíhové zrychlení ($9,81 \text{ m/s}^2$), m ... hmotnost závaží)

3 Vlastní měření

Pro náš aparát (ČVUT FSv) jsme provedli následující měření (výpočet odchylek není připojen):

Rozměry nosníku: $l = (0,5017 \pm 0,0011) \text{ m}$

$b = (7,9267 \cdot 10^{-3} \pm 0,0022 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$

$c = (7,9317 \cdot 10^{-3} \pm 0,0029 \cdot 10^{-3}) \text{ m}$

Moment průřezu: $I = (329,20 \cdot 10^{-12} \pm 0,30 \cdot 10^{-12}) \text{ m}^4$

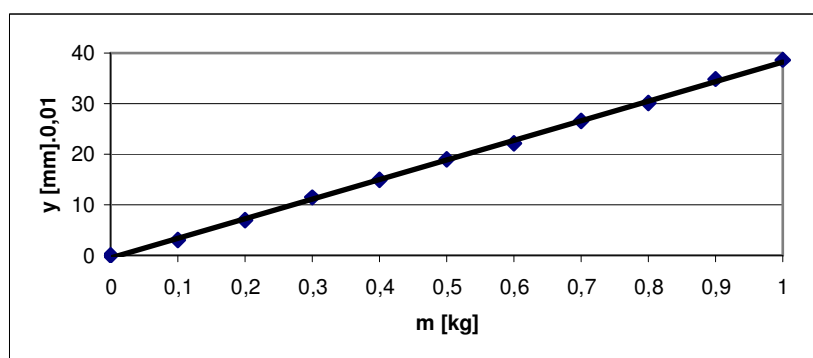
Youngův modul:

č. měř.	m [kg]	y [m] $\cdot 10^{-5}$	$\frac{m}{y} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}} \right] \cdot 10^3$	$\left(\frac{m_i}{y_i} - \left(\frac{m}{y} \right) \right)^2 \left[\frac{\text{kg}^2}{\text{m}^2} \right] \cdot 10^3$	E [Pa] $\cdot 10^9$
1	0,1	3,1	3,226	255,935	252,9
2	0,2	7,0	2,857	18,742	224,0
3	0,3	11,5	2,609	12,343	204,5
4	0,4	14,9	2,685	1,232	210,5
5	0,5	19,0	2,632	7,762	206,3
6	0,6	22,1	2,715	0,026	212,8
7	0,7	26,5	2,642	6,100	207,1
8	0,8	30,1	2,658	3,856	208,4
9	0,9	34,8	2,586	17,983	202,3
10	1,0	38,6	2,591	16,667	203,1
součet			27,201	340,646	2131,9
průměr			2,7201		213,19

Pro daný nosník nám tedy vychází modul pružnosti v tahu následovně:

$$E = (213,2 \cdot 10^9 \pm 3,5 \cdot 10^9) \text{ Pa}$$

Z naměřených hodnot ještě sestavíme graf závislosti deformace na zatížení:



4 Porovnání výsledků

Tabulkové hodnoty pro Youngův modul pružnosti pro ocel:

$$E = (190 - 220) \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

Hodnota zjištěná naším měřením:

$$E = (213,2 \pm 3,5) \cdot 10^9 \text{ Pa}$$

5 Shrnutí

Celkovým výsledkem našeho experimentu je, že jsme se i přes nepřesnosti při měření (dané např. lidským faktorem, nepřesnostmi přístrojů...) dopracovali ke zdárnému výsledku, tedy že jsme správně určili materiál, ze kterého je nosník vyroben, a to z oceli, a že závislost deformace na zatížení je skutečně lineární.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali všem členům fyzikální laboratoře na FSv ČVUT, a to zejména RNDr. Šárce Hoškové za umožnění provedení experimentu.

Reference

- [1] Drchalová, J.: Fyzika 10, ČVUT, Praha, 2001,
- [2] Brož, J.: Základy fyzikálních měření I, SPN, Praha, 1983,