

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE
DREVÁRSKA FAKULTA

Katedra fyziky, elektrotechniky a aplikovanej mechaniky



Predmet: Aplikovaná fyzika v POB

Laboratórna úloha: 3 Určovanie modulu pružnosti preglejky

Akad. rok:

Dátum:

Meno účastníka skupiny	Úloha	Emócie/dojmy – hodnotenie práce (body)	Podiel člena v %	Hodnotenie
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		
		Zaujímavosť 1 2 3 4 Náročnosť 1 2 3 4 Užitočnosť 1 2 3 4		

3 Stanovenie modulu pružnosti materiálov

3.1 Teória

Mechanické vlastnosti materiálov pri statickom jednoosom zaťažovaní patria medzi veľmi dôležité materiálové vlastnosti najmä pre konštrukčné materiály. Medzi základné mechanické vlastnosti zaraďujeme **Youngov modul pružnosti E** , **medzu elasticity σ_e** , **medzu sklzu σ_s** , **pevnosť σ_m** a **ťažnosť $A(\%)$** . Tieto vlastnosti sa určujú najčastejšie skúškami v ťahu, tlaku, 3 bodovom ohybe, pričom hodnoty získané rôznymi metódami sa buď líšia alebo niektoré sú pre daný typ skúšky nedefinované (hlavne ťažnosť ktorá sa určuje iba pre skúšku ťahom). Pre väčšinu materiálov platí že Youngov modul pružnosti E určený ťahovou skúškou, tlakovou skúškou a 3bodovým ohybom je považovaný za rovnaký. Toto neplatí pre skúšku šmykovú ktorá určuje hodnotu modulu pružnosti v šmyku G ktorá spravidla sa líši od hodnoty E . Na základe týchto 2 druhov modulu sa definuje pojem Poissonova konštanta ktorá je vysoko dôležitá pre modelovanie správania materiálu podrobeného viac druhovému mechanickému zaťaženiu v tom istom čase čo je bežný jav pre materiály použité v konštrukciách.

Uvedené mechanické vlastnosti sa pre každý typ skúšky určujú z deformačnej závislosti ktorú možno vyjadriť buď v tvare závislosti pôsobiacej sily od predĺženia alebo vo všeobecnosti v tvare závislosti napätia od deformácie.

Napätie vo vzorke sa pre homogénne materiály definuje podielom pôsobiacej sily ku ploche ktorá je touto silou zaťažená. Deformácia sa štandardne určuje ako podiel zmeny dĺžky ku pôvodnej dĺžke vzorky.

Závislosť napätia od deformácie má rôzne oblasti s ktorých najdôležitejšie sú tzv. oblasť elastickej deformácie, oblasť plastickej deformácie a oblasť porušovania materiálu.

Pod oblasťou **elastickej deformácie** rozumieme takú oblasť pre ktorú platí, že ak sa odoberie napätie spôsobujúce deformáciu vzorky, tak sa vzorka po určitom čase vráti do pôvodnej polohy.

Pod oblasťou **plastickej deformácie** rozumieme takú oblasť pre ktorú platí, že ak sa odoberie napätie spôsobujúce deformáciu vzorky, tak sa vzorka nikdy už nevráti do pôvodnej polohy, lebo vo vzorke už došlo k posuvu kryštalografických rovín (tvorí sa trhlinka vo vnútri telesa).

Ak je vysoké množstvo kryštalografických rovín posunutých tak väzbové sily sú výrazne oslabené čoho dôsledkom je po následovnom pôsobení napätia postupné porušovanie väzieb materiálu, ktoré končí **lomom materiálu**.

Spôsob porušovania materiálu sa líši od typu deformácie materiálu.

Veľmi dôležitým zákonom, ktorý popisuje elastickú oblasť deformácie je tzv. Hookov zákon, ktorý hovorí

Deformácia je priamoúmerná napätiu materiálu.

Pri mechanickom zaťažovaní sa meria miera deformácie v závislosti od miery napätia materiálu ako je to znázornené na obr. 1. Hookov zákon možno popísať v nasledovnom tvare (1)

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (1)$$

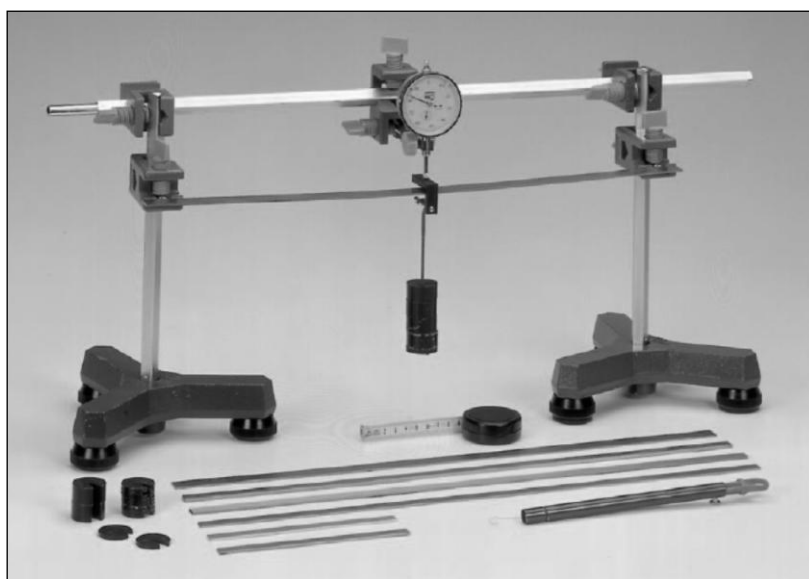
Kde:

σ - napätie materiálu v Pa

ε - deformácia materiálu, bezrozmerná veličina

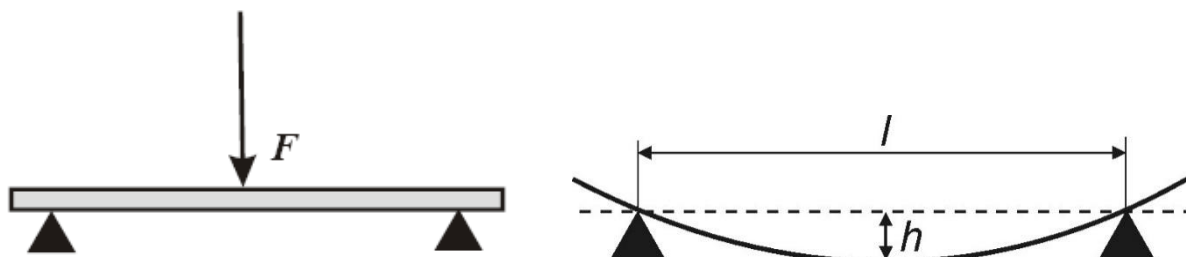
E – Youngov modul pružnosti v Pa

Poznámka: Modul pružnosti teda predstavuje mieru deformácie pri danom napätí materiálu. Čím je hodnota modulu pružnosti vyššia, tým vyššia hodnota napätia musí pôsobiť v materiáli aby deformácia bola plastická. Spravidla materiály ktoré majú vyšší modul pružnosti majú aj vyššiu pevnosť a teda sa častejšie používajú ako konštrukčné prvky. Takéto materiály sa zvyknú označovať ako tuhé.



Obr. 1. Experimentálna aparátúra

V ďalšom texte opíšeme spôsob určovania modulu pružnosti v ohybe. V prípade, ak je tyč voľne uložená na dvoch podperách a zaťažaná v strede silou F , v mieste podopretia pôsobia na tyč dve sily veľkosti $F/2$ opačného smeru. Zaťažujúca sila pritom deformuje tyč a výsledkom je priehyb tyče (obr. 2).

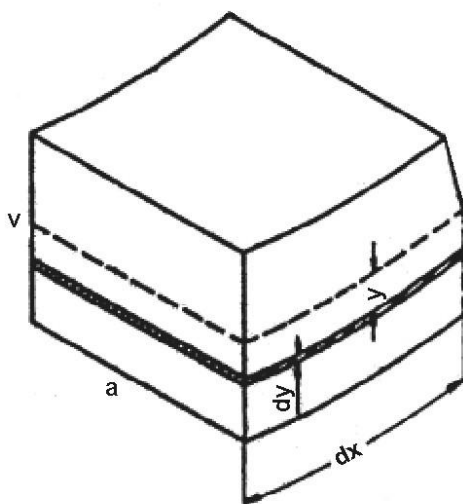


Obr. 2. Schéma zaťaženia telesa v ohybe

Sila pôsobiaca na element tyče v smere osi x spôsobujúca predĺženie elementu tyče je definovaná podľa Hookeovho zákona vzťahom

$$\frac{dF_x}{dS} = E \cdot \frac{dl}{dx} \quad (2)$$

kde $dS = a \cdot dy$ (podľa obr. 3).



Obr. 3. K odvodeniu vzťahu pre priehyb nosníka

Táto sila vytvára moment

$$dM_z = y \cdot dF_x = \frac{2 \cdot E \cdot a \cdot \sigma}{v \cdot dx} \cdot y^2 dy \quad (3)$$

kde E je modul pružnosti, F je veľkosť zaťažujúcej sily, l je vzdialenosť podpier na ktorých je vzorka uložená, a je šírka vzorky (v smere kolmom na zaťažujúcu silu), h je prieťah vzorky pri zaťažení danou silou, a v je výška vzorky (v smere zaťažujúcej sily).

Súčet momentov vytvorených silou F_x musí byť v rovnováhe s momentom vytvoreným vonkajšou silou $F_y/2$, pre ktorú platí

$$\frac{F_y}{2} \cdot x = \frac{E \cdot a \cdot \sigma \cdot v^2}{6dx} \quad (4)$$

z čoho úpravou získame výraz v tvare

$$dh = \frac{6 \cdot F_y \cdot x^2}{E \cdot a \cdot v^3} dx \quad (5)$$

Integráciou posledného výrazu získame vzťah pre výpočet prieťhu v tvare

$$h = \frac{F \cdot l^3}{4 \cdot E \cdot a \cdot v^3} \quad (6)$$

Vzťah pre výpočet modulu pružnosti testovaného materiálu určíme po úprave vzťahu (6) v tvare

$$E = \frac{m \cdot g \cdot l^3}{4 \cdot a \cdot h \cdot v^3} \quad (7)$$

Kde:

l – vzdialenosť podpier v m

a – priemerná šírka vzorky v m

v – priemerná hrúbka vzorky v m

h – prieťah vzorky v m

m – celková hmotnosť závaží na vzorke v kg

g – gravitačné zrýchlenie rovné $9,81 \text{ m.s}^{-2}$

Cieľ:

Stanoviť modul pružnosti PMMA bukovej preglejky

Potreby:

Vzorka 3 vrstvej bukovej preglejky, odchýlkomer KINEX, závažia o hmotnosti 100g (spolu 1000g), podstavce, meter. Digitálne posuvné meradlo

Pracovný postup:

1. Na vzorke určíme 9 krát hodnotu šírky a , hrúbky v . Hodnoty zapíšeme do tab. 1. Následne určíme aritmetický priemer oboch parametrov pre vzorku preglejky, ktoré zapíšeme do tab. 2.
2. Experimentálne zariadenie zostavíme podľa obr. 1. Vzďialenosť podpíer nastavíme tak aby konce použitej tyče boli na úplnom konci podpíer. Dĺžka l je vzďialenosť vonkajších častí podpíer od seba. Hodnotu dĺžky l zapíšeme do tab. 2.
3. Na trojboké podstavce položíme vzorku vzorky. Držiak na mikrometrické meradlo umiestnime tak, aby bol pohyblivý piest meradla v strede meranej vzorky medzi podperami. Odmeriame vzďialenosť medzi podperami l .
4. Do stredu vzorky umiestnime nosič závažia, na ktorý naložíme závažia o hmotnosti 1000 g(+10g držiak závaží).
5. Postupne meriame priehyb pri záťažach 1,01 kg a 0,01 kg a zaznamenáme nameranú hodnotu výchyľky y pri 1kg záťažení (rozdiel medzi 1,01 a 0,01 kg), ktorú zapíšeme do tab. 3.
6. Hodnotu priehybu h pri záťažení váhou 1 kg určíme ako rozdiel deformácie pri záťažení váhou 1,01 kg a záťažení váhou 0,01 kg v absolútnej hodnote, ktorú zapíšeme do tab. 3.
7. Podľa vzťahu (7) vypočítame experimentálnu hodnotu modulu pružnosti E_{exp} , ktorú zapíšeme rovnako do tab.3.
8. Záverom určíme percentuálnu odchýľku podľa vzťahu $PO = \frac{|E_{exp} - E_{Teor}|}{E_{Teor}} \cdot 100\%$.
Tabuľková hodnota modulu pružnosti E_{teor} bukovej preglejky je rovná 15 GPa.
Percentuálnu odchýľku zapíšeme do tab. 3.

Kontrolné otázky:

A.

1. Definujte a vysvetlite Hookeov zákon!
2. Vysvetlite čo predstavuje Youngov modul pružnosti!

B.

1. Ako závisí veľkosť priehybu od šírky vzorky ak hrúbka vzorky a dĺžka vzorky je konštantná?
2. Prečo sa vzorka ohýba v strede dĺžky?

Vyhodnotenie:**Tab.1.** Namerané hodnoty šírky (**a**) a hrúbky vzorky (**v**)

Rozmer	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a (mm)									
v (mm)									

Tab. 2. Priemerné hodnoty geometrických parametrov (**a**, **v**, **l**)

Rozmer	a (m)	v (m)	l (m)
Priemer			

Tab. 3. Namerané deformácie pri nulovom a 1kg zaťažení a priehyb odpovedajúci 1kg zaťaženiu. Vypočítaná experimentálna hodnota modulu pružnosti a percentuálna odchýlka PO

Záťaž	y (m)	h (m)	E _{exp} (GPa)	E _{teor} (GPa)	PO (%)
0 kg				15	
1 kg					