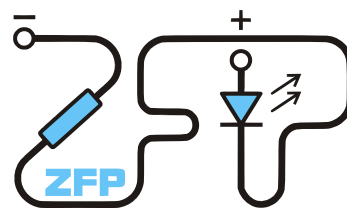


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum I



Úloha č. XI

Název úlohy: Dynamická zkouška deformace látek v tlaku

Jméno: František Pavlík

Datum měření: 1. 3. 2022

Připomínky opravujícího:



	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0–2	
Výsledky a zpracování měření	0–9	
Diskuse výsledků	0–4	
Závěr	0–1	
Použitá literatura	0–1	
Celkem	max. 17	

Posuzoval:

dne:

Pracovní úkol

1. Změřte tuhost aparatury K .
2. Proveďte dynamickou zkoušku deformace v tlaku přiloženého vzorku.
3. Výsledek dynamické zkoušky v tlaku graficky znázorněte a určete mezní napětí $\sigma_{0,2}$ a σ_U .

Teoretická část

Pokud na vzorek pevné látky působíme tahem nebo tlakem, dochází ke změně rozměrů látky a deformaci. Bude-li na válcový vzorek ve směru osy válce působit síla F , změní se původní délka vzorku l_0 na l . Velikost změny závisí na materiálu, velikosti působící síly F a výchozím průřezu vzorku S_0 .

Jedna otáčka kotouče měřícího zařízení odpovídá zdvihu $D = 0,75\text{ mm}$ a stálý kmitočet otáčení kotouče je $f = (0,60 \pm 0,01) \cdot 10^{-3}\text{ s}^{-1}$. Pro rychlost posunu výsuvného podstavce platí [1]

$$v_d = fD \quad . \quad (1)$$

Pro změnu délky za dobu Δt platí

$$\Delta l_A = v_d \Delta t \quad . \quad (2)$$

K určení působící síly použijte následující vzorec

$$F = \alpha U \quad , \quad (3)$$

kde U je výstupní napětí, $\alpha = (50,0 \pm 0,5) \text{ N/mV}$ a časovou závislost napětí je možné zobrazit v programu Zapisovač.

Tuhost aparatury zjistíme dynamickou zkouškou tahem s kalibračním vzorkem, který je zhotoven z materiálu o známé vysoké hodnotě modulu pružnosti v tahu a jehož příčné rozměry jsou podstatně větší než rozměry měřených vzorků. Pak lze kalibrační vzorek pokládat za absolutně tuhý a zjištěné délkové změny připsat deformaci aparatury. Tuhost aparatury K zjistíme ze vzorce [1]

$$F = K \cdot |\Delta l_A| \quad , \quad (4)$$

kde $|\Delta l_A|$ je poměr délkové změny aparatury.

Díky znalosti tuhosti aparatury můžeme vypočítat deformaci vzorku dle vzorce

$$|\Delta l_v(F)| = \Delta l(F) - \frac{F}{K} \quad . \quad (5)$$

Dále vypočítáme relativní deformaci ϵ_0 a smluvní napětí σ ze vztahů [1]

$$\epsilon_0 = \frac{\Delta l}{l_0} \quad , \quad (6)$$

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad . \quad (7)$$

Nyní už známe všechny potřebné hodnoty pro vypočítání skutečného napětí σ'

$$\sigma' = \sigma(1 + \epsilon_0) \quad . \quad (8)$$

Výsledky a zpracování měření

Nejprve jsme změřili rozměry vzorku

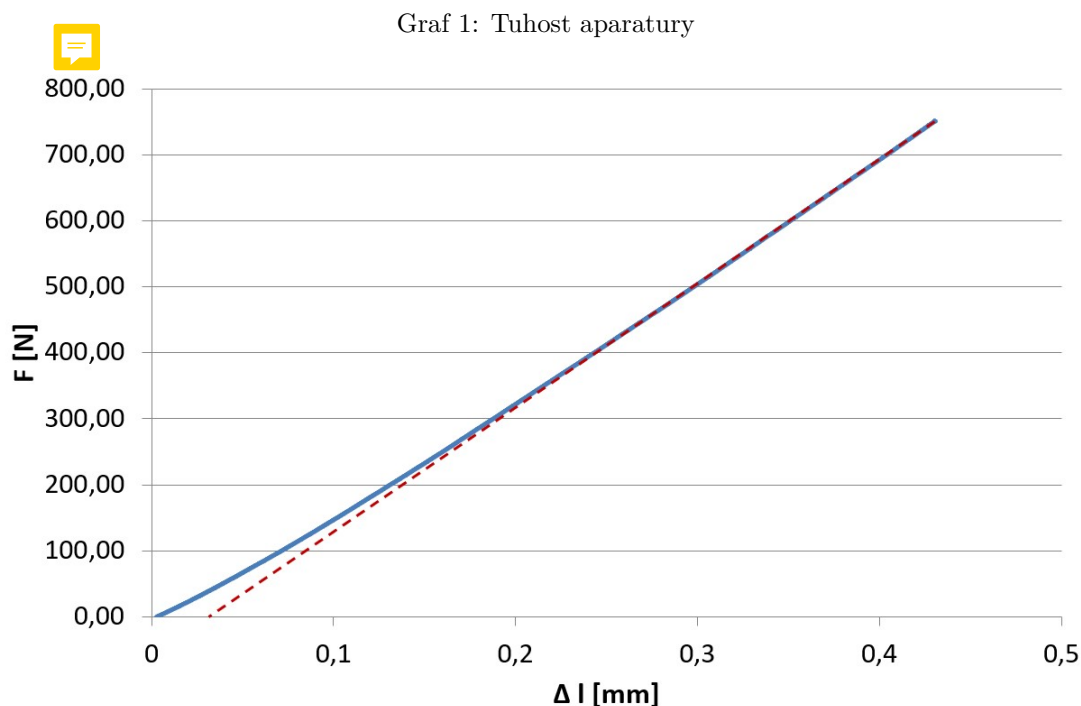
$$l_0 = (9,64 \pm 0,01) \text{ mm} \quad ,$$

$$d_0 = (7,31 \pm 0,01) \text{ mm} \quad ,$$

chyba přístroje je napsána na mikrometru [2].

Dále bylo potřeba vypočítat tuhost aparatury K . Provedli jsme tedy dynamickou zkoušku tlakem s kalibrační vzorkem. V programu zapisovač jsme dostali závislost napětí na čase. Pomocí vzorce 3 jsme si vypočítali sílu a pomocí vzorce 2 změnu délky. Tyto hodnoty jsme poté zanesli do Grafu 1. Následně jsme graf proložili přímkou pomocí lineární regrese. Směrnice této přímky je rovna tuhosti aparatury. Tuhost aparatury je tedy rovna

$$K = (1,891 \pm 0,034) \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad .$$



Jelikož jde o nepřímé měření, chybu tuhosti vypočítáme pomocí vzorce pro chybu nepřímých měření

$$(\sigma_K)^2 = \left(\frac{\partial K}{\partial \alpha}\right)^2 (\sigma_\alpha)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial U}\right)^2 (\sigma_U)^2 + \left(\frac{\partial K}{\partial f}\right)^2 (\sigma_f)^2 \quad , \quad (9)$$

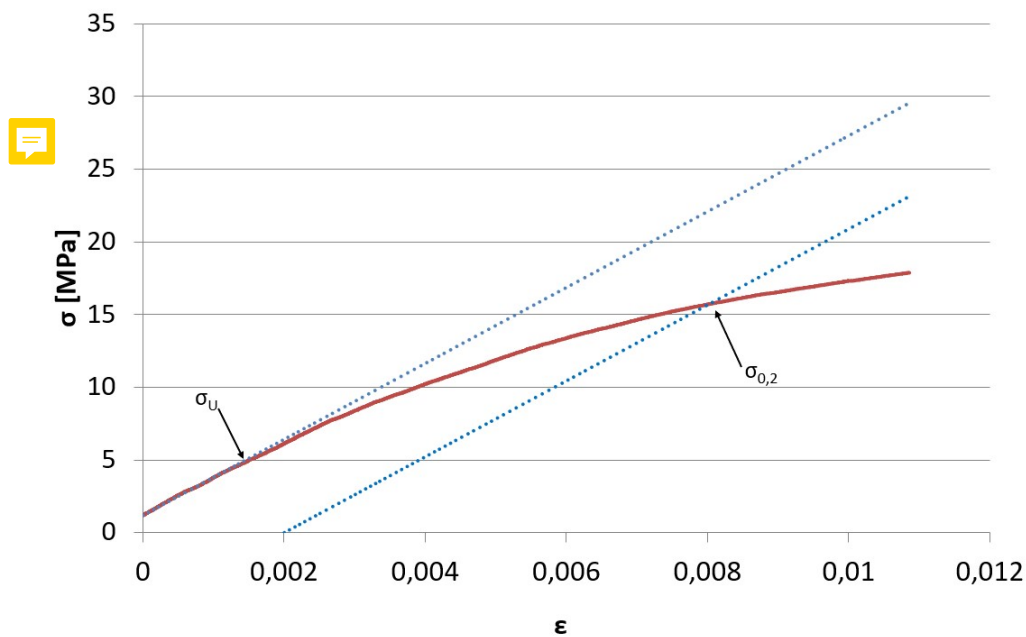
po zderivování

$$(\sigma_K)^2 = \left(\frac{U}{fD\Delta t}\right)^2 (\sigma_\alpha)^2 + \left(\frac{\alpha}{fD\Delta t}\right)^2 (\sigma_U)^2 + \left(\frac{\alpha U}{f^2 D\Delta t}\right)^2 (\sigma_f)^2 \quad (10)$$

kde σ_U je v případě použitého multimetru rovna součtu 35 ppm použitého rozsahu (tedy 100 mV) a 90 ppm z naměřené hodnoty (použije nejvyšší naměřenou hodnotu tedy 15 mV) [3]. Celková chyba napětí je $\sigma_U = 0,00485 \text{ mV}$.

Poté jsme provedli dynamickou zkoušku na vzorku. Opět jsme z programu zapisovač dostali závislost napětí na čase. Pro následující výpočty bylo potřeba provést korekci Δl , kterou jsme vypočetli pomocí vzorce 5. K tomuto jsme potřebovali vědět tuhost aparatury. Nyní už známe všechny potřebné hodnoty k výpočtu relativní deformace ze vzorců 1 - 6. Dále jsme vypočítali smluvní a skutečné napětí pomocí vzorců 6 a 7. Dále jsme vytvořili graf závislosti deformace na smluvním napětí.

Graf 2: Dynamická tlaková zkouška na vzorku



Pomocí lineárního fitu z grafu odečteme velikosti meze úměrnosti σ_U a meze kde trvalá plastická deformace dosáhne 0,2 % $\sigma_{0,2}$.

$$\sigma_U = (3,8 \pm 0,5) \text{ MPa}$$

$$\sigma_{0,2} = (15,7 \pm 0,5) \text{ MPa}$$

Při určení chyby nastal problém, přestože chyba v měření délky a průměru vzorku je velmi malá a chyba tuhosti aparatury je určena s dobrou přesností, tak vše závisí na kvalitě fitu a přesnosti odečtení dat z grafu. Z tohoto důvodu je konečná chyba pouze hrubým odhadem.

Diskuse

Výpočet chyby tuhosti se zdá být jednoznačný, protože chyba každé dílčí veličiny je velmi přesně určena. Jelikož je závislost v Grafu 1 v poslední třetině lineární nemusíme se bát chyby při fitování a výslednou tuhost můžeme určit s vysokou přesností.

Výpočet napětí je podstatně složitější a do výsledku se promítne mnohem více neznámých. Chyby měření délky a průměru vzorku a chyba tuhosti jdou určit relativně přesně. Největší problém vzniká při vynášení dat do grafu. Jelikož je vztah nelineární a už od začátku se velmi odchyluje od lineárního fitu je velmi těžké vyčíst přesnou hodnotu. Mírně snazší je určení $\sigma_{0,2}$, protože místo kde křivka protíná druhý fit je mnohem více zřetelné. Další chyba může vyplynout ze samotné kvality fitu.

Závěr

Provedli jsme kalibraci aparatury a zjistili její tuhost K

$$K = (1,891 \pm 0,034) \cdot 10^6 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1} \quad .$$

Provedli jsme dynamickou zkoušku tahem a z Grafu 2 určili hodnoty

$$\begin{aligned} \sigma_U &= 3,8 \text{ MPa} \\ \sigma_{0,2} &= 15,7 \text{ MPa} \quad . \end{aligned}$$

Literatura

- [1] Dynamická zkouška deformace látek v tlaku [online]. [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: https://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/texty/txt_111.pdf
- [2] Mikrometr [online]. [cit. 2022-02-26]. Dostupné z: <https://imgur.com/a/1KSGujP>
- [3] Zadání praktik [online]. [cit. 2022-03-04]. Zadání praktik. Dostupné z: <https://imgur.com/a/zwyu1zJ>