Oddělení fyzikálních praktik při Kabinetu výuky obecné fyziky MFF UK

PRAKTIKUM I – Mechanika a molekulová fyzika

Úloha č. XI.

Název: Dynamická zkouška deformace látek v tlaku

Pracoval: Radim Pechal stud. skup. Y – 16 dne 7. dubna 2008

Odevzdal dne: .....

Hodnocení:.....

Připomínky:

Kapitola referátu	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Teoretická část	0 – 3	
Výsledky měření	0 – 9	
Diskuse výsledků	0 – 5	
Závěr	0 – 2	
Seznam použité literatury	0 – 1	
Celkem	max. 20	

Teoretický úvod

Pokud působíme na zkoumaný vzorek tlakem, dochází k jeho deformaci. Pro popis chování vzorku se zavádí podle [1.] následující veličiny. Skutečné napětí σ' je vztaženo ke skutečnému průřezu vzorku S.

$$\sigma' = \frac{F}{S} \tag{1}$$

kde F je síla, která působí na vzorek. Dále se definuje smluvní napětí σ, což je napětí vztažené k původnímu průřezu S_0 nedeformovaného vzorku.

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \tag{2}$$

Zavádí se pojem relativní deformace ε_0. Relativní deformace je definována jako poměr prodloužení vzorku $l - l_0$ a jeho původní délky l_0

$$\varepsilon_0 = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{|\Delta l_A|}{l_0} \tag{3}$$

Při dynamické zkoušce deformace látky v tlaku se zkoumají houževnaté materiály. Pro tyto materiály platí, že vztah mezi relativní deformací a skutečným napětím je nejprve lineární závislost. (Tento fakt popisuje Hookův zákon.) Lineární vztah můžeme předpokládat až do tzv. meze úměrnosti σ_u. Po překonání meze úměrnosti až do meze pružnosti ε_e platí, že po odstranění napětí se vzorek vrátí do původní podoby. Po překonání meze pružnosti se vzorek trvale deformuje.

Mez pružnosti se vystihuje bodem, kdy plastická deformace dosahuje $\varepsilon_{pl} = 0,2\ \%$. Napětí $\sigma_{0,2}$, které náleží této deformaci, se nazývá mez 0,2. Tu můžeme zjistit přímo ze zatěžovacího diagramu při použití vztahu

$$|\varepsilon_0| = |\varepsilon_{el}| + |\varepsilon_{pl}| \tag{4}$$

kde ε_{pl} je plastiská deformace a ε_{el} je elastická deformace. Elastická část je dána Hookovým zákonem. Využívá se k tomu konstanta úměrnosti, která se stanoví z lineární počáteční části tlakové deformační křivky.

Dynamická zkouška deformace v tlaku se provádí na měřícím zařízení, které umožňuje stláčet vzorek konstantní rychlostí a měřit sílu, kterou je působeno na vzorek. Tato síla je realizována pomocí převodu z elektromotoru, který koná otáčivý pohyb o frekvenci f. Otáčivý pohyb motoru se přenáší na závit se stoupáním s. Tento šroub působí tlakem na vzorek. Síla, která působí na vzorek, je zaznamenáváme na zapisovač Servogor. Na zapisovači se záznamový arch posouvá rychlostí v_p. Dále se volí rozsah zapisovače, který udává konstantu α.

Vzhledem k velikosti přenášených sil, není možné pouvažovat aparaturu za nedeformovatelnou. Proto je nutné provádět korekci na tuhost aparatury. Předpokládá se, že tuhost aparatury je v rámci používaných sil elastická. Potom platí vztah

$$F = K \cdot |\Delta l_A| \tag{5}$$

kde K charakterizuje tuhost aparatury.Tuhost aparatury se určí tak, že se nejdříve do aparatury vloží pokusný vzorek, který má řádově větší příčné rozměry a který má vysoký modul pružnosti v tahu. Díky tomu se považuje kalibrační vzorek za absolutně tuhý. Po provedení dynamické zkoušky získáme tzv. kalibrační křivku $y(x_K)$. Platí vztahy

$$F = \alpha y \tag{6}$$

a dále

$$|\Delta l_A| = \frac{v_d}{v_p} \cdot x = \frac{s \cdot f}{v_p} \cdot x = \beta \cdot x \tag{7}$$

Hodnota tuhosti aparatury se získá pomocí lineární regrese. Pro vzrah

$$y\left(x_k\right) = K\frac{\beta}{\alpha}x \tag{8}$$

Při vyhodnocování vzorku se postupuje tak, že se nejdříve odečte hodnota výchylek vzorku a kalibrační křivky pro dané $|\Delta l_A|$. Získá se tak $y\left(x_2 - x_1\right)$, kde x_2 je hodnota síly při měření vzorku. Konstanry α a β zůstávají stejné.

Výsledky měření

Frekvene otáčení motoru $f = 0,6 \cdot 10^{-3} s^{-1}$
Stoupání závitu $s = 0,75mm$
Rychlost posunu papíru v zapisovači $v_p = 0,167mm \cdot s^{-1}$
Konstanta úměrnosti $\alpha = 10$ N / dílek
Z těchto parametrů jsem vypočítal podle vztahy (7) parametr $\beta = 0,269$
Dále jsem proměřil parametry měřeného válečku (měření jsem prováděl pomocí mikrometru):
Délka válečku $l = (10,08 \pm 0,01)mm$
Průměr válečku jsem přeměřil na pěti místech. Vyšel mi shodně $d = (7,01 \pm 0,01)mm$. Obsah podstavy válečku je $S = (39,59 \pm 0,11)mm^2$.

Určení tuhosti aparatury K

Ze vztahu (8) jsem získal tuhost aparatury pomocí lineární regrese. Odtud jsem získal koeficient $K\frac{\beta}{\alpha}$, ze kterého jzem určil K. Hodnoty jsem odečítal ze záznamového archu s přesností $\pm 1mm$. Naměřené hodnoty x_2 pro určení tuhosti aparatury jsou v tabulce 1.

Tuhost aparatury $K = (1486 \pm 6)KN \cdot m^{-1}$.

Dynamická zkouška v tlaku pro předložený vzorek

Hodnoty x_1 jsem opět odečítal ze záznamového archu s přesností $\pm 1mm$. Z naměřených dat jsem sestrojil graf 2., který popisuje závislost smluvní napětí na relativním prodloužení. K určení smluvního napětí jsem použil vztah (2), kde pro F platí, že je dáno vztahem $F = \alpha \cdot |\Delta l_A|$. Pro relativní prodloužení ε_0 platí vztah (7). Z těchto naměřených dat jsem odečelt mez 0,2 a mez úměrnosti.

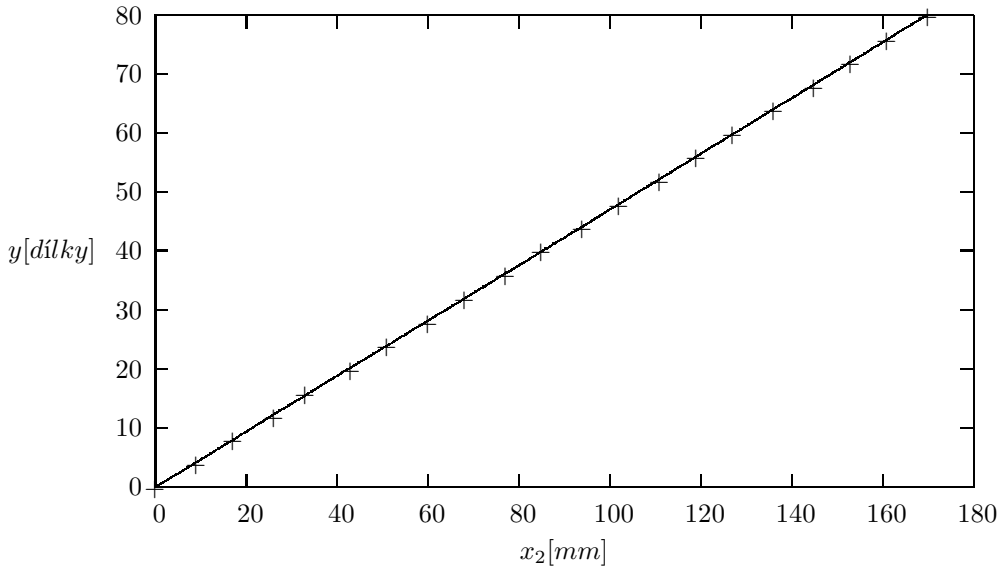
Pro zpracování naměřených dat jsem použil program Gnuplot, kde jse využil beziérovy křivky, pro proložení naměřených dat pro lepší určení mezí úměrnosti a mezi 0,2.

Z naměřených dat jsem určil mez úmernosti v tlaku $\sigma_U = (9,0 \pm 0,4)MPa$.

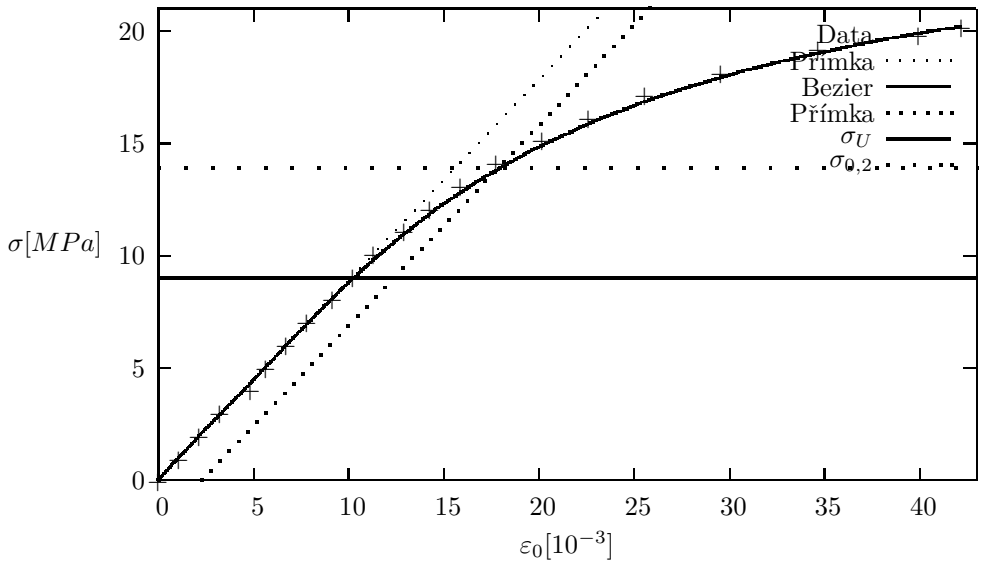
Dále jsem určil mez 0,2 $\sigma_{0,2} = (13,9 \pm 0,8)MPa$

$y[mm]$	$x_1[mm]$	$x_2[mm]$	$\|\Delta l_A\|$	$\varepsilon_0[10^{-3}]$	$\sigma[MPa]$
0	0	0	0	0,00	0,00
4	9	13	4	1,08	1,01
8	17	25	8	2,15	2,02
12	26	38	12	3,23	3,03
16	33	51	18	4,84	4,04
20	43	64	21	5,65	5,05
24	51	76	25	6,73	6,06
28	60	89	29	7,80	7,07
32	68	102	34	9,15	8,08
36	77	115	38	10,22	9,09
40	85	127	42	11,30	10,10
44	94	142	48	12,91	11,11
48	102	155	53	14,26	12,12
52	111	170	59	15,87	13,13
56	119	185	66	17,75	14,14
60	127	202	75	20,18	15,16
64	136	220	84	22,60	16,17
68	145	240	95	25,56	17,18
72	153	263	110	29,59	18,19
76	161	290	129	34,70	19,20
80	170	327	157	42,23	20,21

Tabulka 1: Odečtené hodnoty ze záznamového archu zapisovače



Graf 1: Kalibrační křivka



Graf 2: Výsledky dynamické zkoušky deformace v tlaku

Diskuse výsledků

Deformace v tlaku je poměrně složitý proces a zavisí na mnoha faktorech. Jadním z nich je samotná aparatura, která při malých tlacích na počátku měření zcela nepřiléhá k měřenému vzorku a proto zde není lineární závislost, jak by se dalo očekávat z Hookova zákona. Tato nelinearita je však dána hrubou chybou použité aparatury a proto jsem tuto část měřených dat lineárně interpoloval. V referátu jsem již uváděl interpolovaná data.

Při měření způsobuje asi největší chybu pozorovatel při odečítání hodnot ze záznamového listu. Dochází jednak k pouze přibližné lineární interpolaci při malých napětích, jak jsem zmínil v předchozím odstavci, ale také k přibližnému odhadu při určování měřených mezí úměrnosti v tahu a meze 0,2.

Chyby jsem určoval pouze ze systematické chyby a z kvadratického zákonu přenosu chyb. Zohledňoval jsem chyby vzniklé při měření mechanických vlastností vzorku (délka a průměr). Hodnoty aparatury neměly uvedenu přesnost, proto jsem je považoval za tabulkové veličiny.

Pokud bych chtěl zobrazit do grafu co nejpřesněji chyby, tak například u kalibrační křivky bych nezískal přímku, ale jakýsi pásek, do kterého by tato křivka spadala. Šířka tohoto pásku je závislá na přsnosti se kterou jsem odečítal hodnoty ($\pm 1mm$) a na přesnosti parametrů aparatury. Ovšem toto zpřesnění pouze znepřehledňovalo graf, proto jsem jej v tomto referátu nepoužil. Podobnou konstrukci bych mohl udělat i pro měření vzorku.

Závěr

Provedl jsem dynamickou zkoušku deformace látek v tlaku. Tatko zkouška proběhla podle přepokládaných teoretických závislostí. Stanovil jsem tyto koeficienty:

Koeficient tuhosti aparatury $\underline{K = (1486 \pm 6)KN \cdot m^{-1}}$

Mez úměrnosti v tlaku $\underline{\sigma_U = (9,0 \pm 0,4)MPa}$

Mez 0,2 $\underline{\sigma_{0,2} = (13,9 \pm 0,8)MPa}$

Seznam použité literatury

[1.] *Studijní materiály na stránkách fyzikálního praktika*. http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/