

MOŽNOSTI ZISŤOVANIA MODULU PRUŽNOSTI NEKOVOVÝCH MATERIÁLOV LASEROVÝM ZARIADENÍM

Úvod :

Experimentálne metódy v mechanike pružných telies majú základný význam i napriek tomu, že súčasná teória analýzy napätosti dosiahla vysoký stupeň objektivnosti výsledkov. Teoretické rozboru stavu napätosti nepostačujú pri zložitých úlohách a pri anizotropných materiáloch.

Výhodou experimentálnych postupov je najmä skutočnosť, že stav deformácií resp. napätosti možno zaregistrovať na meraných objektoch priamo v prevádzkových podmienkach bez toho, aby sme museli poznať povahu síl pôsobiacich na tieto objekty. Je zrejmé, že táto možnosť pri teoretických metódach neprichádza do úvahy.

V tomto príspevku sa analyzuje možnosť experimentálneho merania modulu pružnosti v ťahu pre nekovové materiály (guma, celulojd, plexisklo, ...) pomocou laserového zariadenia. Princíp metódy je založený na meraní absolútnych deformácií v smere zaťaženia skúšobného pásu. Metóda sa vyznačuje vysokou presnosťou merania jednak tým, že laserové zariadenie je schopné s vysokou presnosťou a citlivosťou merať a tiež tým, že výsledky nie sú ovplyvnené mŕtvym chodom v kinematických dvojiciach.

Popis meracieho zariadenia

Zariadenie na meranie modulu pružnosti v ťahu pozostáva:

- z mechanickej časti,
- z laserovej súpravy

Mechanická časť meracieho zariadenia

Mechanická časť meracieho zariadenia obsahuje:

- napínacie zariadenie,
- vodiace a nastavovacie zariadenie

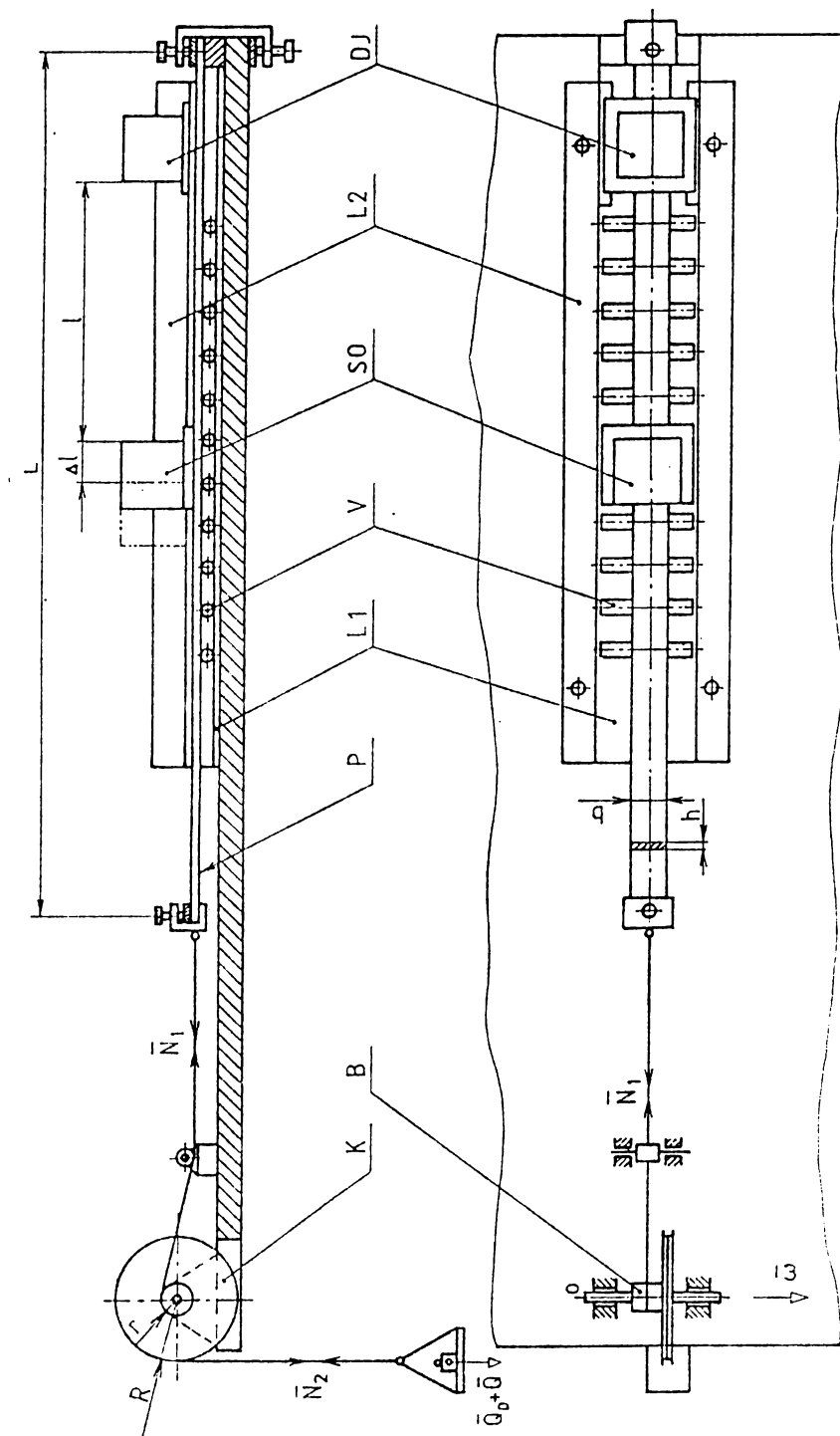
Napínacie zariadenie

Napínacie zariadenie (obr.1) slúži na zaťažovanie skúšobnej vzorky ťahovou normálovou silou N_2 . Silu N_2 vyvodí závažia Q známej veľkosti spolu s tiažou držiaka závažia Q_D . Prevodom $r : R$ bubna B a kladky K (kladka a bubon sú ošou o pevne spojené) sa dosiahne zvýšenie účinnosti zaťaženia skúšobnej vzorky.

Zo statiky rovnováhy kladky a bubna k osi o plynie

$$\text{pričom} \quad N_1 \cdot r = N_2 \cdot R \quad (1)$$

$$N_2 = Q + Q_D \quad (2)$$



obr.1

Zohľadnením (1) a (2) vyplýva vzťah, z ktorého sa určí normálová sila v skúšobnej vzorke - v modeli.

$$N_1 = (Q + Q_D) \frac{R}{r} \quad (3)$$

keďže

$$Q = m \cdot g \quad (4)$$

$$Q_D = m_D \cdot g$$

kde m [kg] je hmotnosť pridávaného závažia,
 m_D [kg] - hmotnosť držiaka závažia,
 g [ms⁻²] - gravitačné zrýchlenie,

po dosadení bude

$$N_1 = (m + m_D) \cdot g \cdot \frac{R}{r} \quad (5)$$

Vodiace a nastavovacie zariadenie

Deformáciu pásu treba realizovať v smere laserového lúča. Vodiace a nastavovacie zariadenie musí umožniť posuv pásu v smere tohoto lúča. Pomocou pásu v smere napínania sa unáša súčasne spätný odražač laserovej súpravy a jeho pohyb registruje vyhodnocovacia elektronika laserového zariadenia. Skúšobná vzorka a spätný odražač je v horizontálnom smere vedený podpernými valčekmi a vodiacimi lištami L_1 a L_2 .

Zisťovanie modulu pružnosti

Modul pružnosti, ako charakteristická materiálová konštanta, vyplýva z Hookovho zákona podľa vzťahu

$$E = \frac{\sigma'}{\xi} \quad [\text{Pa}] \quad (6)$$

kde σ' [Pa] je napätie
 ξ [-] - pomerné predĺženie.

Podľa (6) ide o lineárnu závislosť medzi napätím a pomerným predĺžením. Táto závislosť je však lineárna iba po istú hodnotu napätia σ'_U , tzv. medza úmernosti. Ak za napätie sa dosadí

$$\sigma' = \frac{N_1}{A} \quad (7)$$

kde N_1 [N] je normálová sila v modeli (v páse) namáhanom na ťah,
 A [m²] - prierez modelu (pre obdĺžnikový prierez $A = b \times h$)

a za

$$\xi = \frac{\Delta l}{l} \quad (8)$$

kde Δl [m] je predĺženie modelu,
 l [m] - jeho pôvodná dĺžka
 potom dostaneme

$$E = \frac{N_1 \cdot l}{A \cdot \Delta l} \quad (9)$$

Zataženie normálovou silou N_1 sa realizuje napínacím zariadením podľa vzťahu (5). Dĺžku l odčítame priamo z tabuľky vyhodnocovacej elektroniky pri posuve spätného odražača z nulovej polohy do polohy medznej. Posuvy Δl , ktoré vzniknú v dôsledku zataženia, tiež odčítame v tabuľke po jeho vynulovaní.

Vzhľadom na (5) modul pružnosti potom bude

$$E = \frac{(m + m_D) \cdot g \cdot R \cdot l}{b \cdot h \cdot r \cdot \Delta l} \quad (10)$$

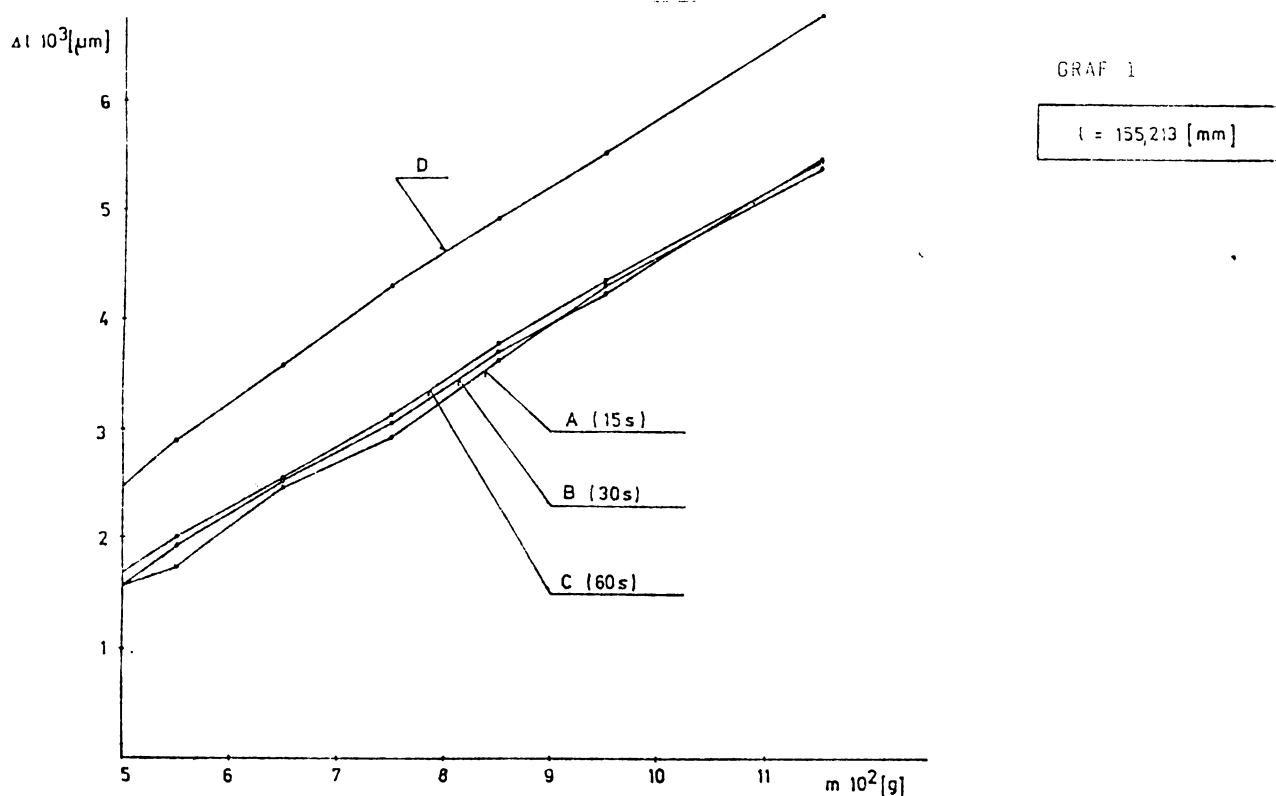
Tabulky a grafy

Pri meraní modulu pružnosti prížovej vzorky prierezu $A = b \cdot h = 27.5 = 135 \cdot 10^6 \text{ m}^2$ sme pre dve série meraní (I a II) dostali závislosť absolútneho predĺženia a zataženia (graf 1 a graf 2), z ktorých možno podľa (10) určiť E.

V grafe 1 (tab.1) ide o krivky A,B,C,D pričom závislosť

č.	m [g]	Δl [μm]			
		A	B	C	D
1	500	1564	1583	1583	1701
2	550	1744	1948	1948	2024
3	650	2488	2512	2512	2561
4	750	2946	3085	3085	3137
5	850	3666	3735	3735	3796
6	950	4311	4289	4289	4374
7	1150	5397	5484	5484	5476

Tab.1



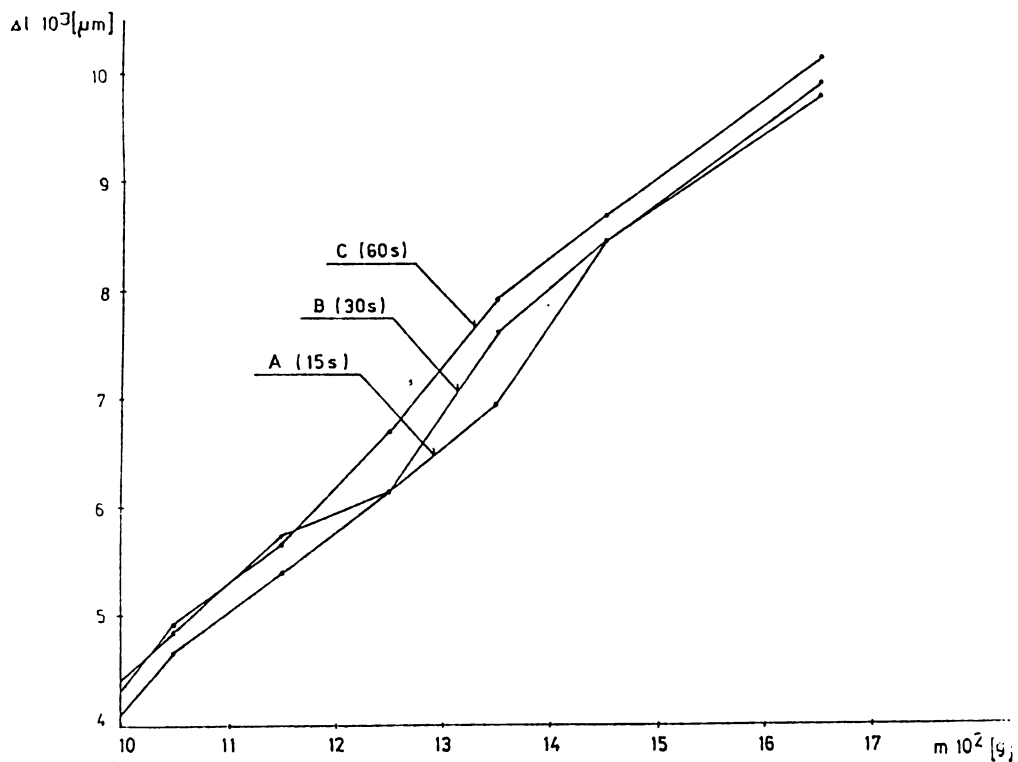
Graf.1

D charakterizuje ustálený stav - odčítanie deformácie po dlhšom čase (rádovo minuty). Závislosť A charakterizuje deformácie odčítané po 15 s, B po 30 s a C po 60s.

V grafe 2 (tab.2) sú závislosti A,B,C, podobne ako v pred-

	m [g]	Δl [μm]		
		A	B	C
1	1000	4451	4073	4315
2	1050	4862	4651	4831
3	1150	5751	5418	5673
4	1250	6147	6222	6732
5	1350	6952	7645	7944
6	1450	8445	6481	8693
7	1650	9913	9793	10181

Tab.2



Graf.2

chádzajúcom prípade, avšak za vyššieho predpätia.

Ako vidieť z príslušných grafov časový faktor nie je zanedbateľný a podľa názoru riešiteľov si v špeciálnych prípadoch vyžaduje osobitný výskum.

Záver

V uvedenom príspevku "Možnosti zisťovania modulu pružnosti nekovových materiálov laserovým zariadením" ide o merania s vysokým stupňom presnosti nameraných hodnôt. Získané výsledky môžu byť cenným prínosom pri zisťovaní charakteristických mechanických vlastností rôznych materiálov.

Zoznam literatúry : (1) PETRU, F., POPELA, B., KRŠEK, J., SLEJŠKAL, A. - Laserový interferenčný merací systém, Slaboprúdy ohrev č. 10, str. 463 - 471, 1978 (2) PETRU, F., VESELÁ, Z., - Princípy laserových interferometrov, Jemná mechanika a optika č. 9, str. 259-264, 1980, (3) URGOSÍK, B., - Fyzika, SNTL, 1981.

Doc. Ing. Jozef Hörmann, CSc., EF SVŠT, Katedra mechaniky, Mlynska dolina, 812 19 Bratislava
Ing. Jarmila Lipková, CSc., EF SVŠT, Katedra mechaniky, Mlynská dolina, 812 19 Bratislava
Ing. Štefan Mrva, EF SVŠT, Katedra mechaniky, Mlynská dolina, 812 19, Bratislava