DYNAMICKÁ VISKOELASTICITA POLYMERNÍCH VLÁKEN

Ing. Vl. HUMEN, Ing. A. POTĚŠIL,CSc.
Katedra mechaniky, pružnosti a pevnosti, VŠST Liberec
Ing. J. GRÉGR
Monokrystaly Turnov

1. Úvod

Odezvu lineárního viskoelastického materiálu na ustálené i neustálené dynamické zatížení lze charakterizovat prostřednictvím závislosti fázové rychlosti $c(f)$ na frekvenci spolu se závislostí koeficientu útlumu $\alpha(f)$ resp. úhlu mechanických ztrát $\delta(f)$ na frekvenci.

Pracovníci laboratoře KMP vypracovali impulsní metodu [1], která umožňuje určit frekvenční charakteristiky lineárního viskoelastického materiálu ze změny tvaru podélného deformačního pulsu při jeho šíření jednodimensionálním tělesem zhotoveným z testovaného materiálu. Podstata metody spočívá v důsledné aplikaci experimentálně pozorované afinní podobnosti časových profilů podélných deformačních pulsů [2] .

2. Vybuzení osamělého deformačního pulsu a jeho změření ve dvou místech na vlákně

Distorze pulsu, tj. pokles amplitudy a prodloužení délky, při jeho šíření v přibližně jednodimensionálním prostředí, je zapříčiněna materiálovou disipací, geometrickou disperzí a distorzí způsobenou konečnou délkou snímače a přenosovou charakteristikou snímacího zařízení. S ohledem na možnosti experimentálního vybavení laboratoře je nutné volit takové experimentální uspořádání, aby distorze pulsu byla zapříčiněna především materiálovou disipací.

V experimentálním uspořádání instalovaném v laboratoři KMP je k vybuzení deformačního pulsu užíváno zařízení explozního drátku [3] , ve kterém je využíváno silových projevů výbuchu tenkého drátku. Tlaková válcová vlna vznikající explozí drátku v uzavřené válcové komoře je do vlákna přenesena prostřednictvím kruhové mosazné membrány do níž je pevně uchycen jeden z konců vlákna. Druhý konec vlákna je připevněn k třmenovému dynamometru.

Tvarování pulsu je možné v uvedeném zařízení provésti prostřednictvím uchycení membrány a vhodnou výplní komory, ve které drátek exploduje. Časová délka takto buzeného pulsu je cca 200 - 300 μs.

V experimentech, jejichž vyhodnocení je uvedeno, byl explozním drátkem vybuzený podélný tahový deformační puls snímán dvěma polovodičovými tenzometry o měrné délce 4 mm s klidovým odporem R_o = 350 Ω. Tenzometry byly napájeny ze dvou nezávislých zdrojů konstantního proudu I_o = 1 mA. Signály z tenzometrů byly po zesílení (ca A = 10) přivedeny na vstup osciloskopu ORION EMG 1552. Tenzometry byly do svazku monovláken vlepeny. Vlákno bylo mírně předepjato, přičemž předpětí vlákna bylo měřeno třmenovým dynamometrem (obr. 1). Síla předpětí vlákna byla pro všechna testovaná vlákna stejná a rovna 20 - 30 N. Vzdálenost mezi tenzometry byla 550 a 600 mm.

3. Vyhodnocení frekvenčních charakteristik polymerních vláken SAF a WOLPRYLA

Prostřednictvím uvedeného zařízení byly testovány následující polymerní vlákna:

SAF - speciální polyakrylonitrilové (PAN) vlákno, výrobce Courtaulds Ltd., GB, jemnost 0,122 tex, hustota ρ = 1,20 ÷ 1,21.10^3 kg m^{-3};

WOLPRYLA - speciální PAN vlákno, výrobce Chemiefaserwerk Premnitz, NDR, jemnost 0,14 tex.
C-60 a HT 359 jsou označení poloprovozních šarží u výrobce. Hustota pro obě šarže ρ = 1,18 ÷ 1,19 kg m^{-3}.

Určení frekvenčních charakteristik metodou osamělého afinního pulsu předpokládá výpočet Fourierových obrazů osamělého pulsu v určitém frekvenčním rozsahu. V laboratoři KMP byly sestaveny programy pro numerický výpočet Fourierových obrazů na počítači HP 9830 A. K výpočtu frekvenčních charakteristik je použito amplitudového a fázového spektra experimentálního pulsu v místě 1 (A_{1EXP}, φ_{1EXP}) a afinně zkonstruovaného pulsu v místě 2 (A_{2AF}, φ_{2AF}). Prostřednictvím následujících vztahů lze spočísti tyto závislosti:

- závislost koeficientu $\alpha(f)$ na frekvenci

$$\alpha(f) = \frac{1}{\Delta x} \ln \frac{A_{1EXP}(f)}{A_{2AF}(f)} , \qquad (1)$$

- závislost fázové rychlosti na frekvenci

$$c(f) = V \frac{f \cdot \Delta x}{f \cdot \Delta x - \frac{V}{2\pi}\left[\varphi_{1EXP} - \varphi_{2AF}\right]} , \qquad (2)$$

- závislost úhlu mechanických ztrát $\delta(f)$ na frekvenci

$$\delta(f) = 2 \cdot \operatorname{arctg}\left(\frac{c(f) \cdot \alpha(f)}{2 \cdot \pi f}\right) . \qquad (3)$$

Vzhledem k omezenému rozsahu tohoto příspěvku jsou v tabulce 1 uvedeny pouze hodnoty koeficientu útlumu $\alpha(f)$ pro testovaná vlákna.

Máme-li posoudit několik materiálů z hlediska viskoelasticity, pak lze ukázat, že je vhodné posoudit tyto materiály prostřednictvím úhlu mechanických ztrát $\delta(f)$. Na obr. 2 jsou ukázány závislosti $\delta(f)$ pro testovaná vlákna a to ve frekvenčním rozsahu platnosti užité metody.

4. Závěr

Všechna testovaná vlákna vykazovala afinní podobnost časových profilů vybuzených podélných tahových deformačních pulsů. V rozsahu platnosti afinní podobnosti bylo tedy možné vyhodnotit frekvenční charakteristiky testovaných vláken metodou osamělého afinního pulsu.

Ze závislostí $\delta - f$ vynesených na obr. 2 je patrné, že z hlediska podílu nevratné energie potřebné k přeskupení molekul příslušného vlákna, není rozdílu mezi výrobními šaržemi vlákna typu WOLPRYLA. Je však též zřejmé, že vlákno typu SAF vyžaduje větší podíl nevrtané energie k redistribuci molekul než obě šarže vlákna WOLPRYLA. Z tohoto hlediska je vlákno SAF viskoelastičtější než vlákno WOLPRYLA. Vysvětlení tohoto jevu by však vyžadovalo přístup k řešené problematice z hlediska morfologie struktury vlákna, což však přesahuje rozsah tohoto příspěvku.

Použitá literatura

[1] HUMEN,V.-POTĚŠIL,A.-VEJVODA,J.st.: Identifikace frekvenčních charakteristik akrylonu (PMMA), novoduru (PVC) a celuloidu metodou afinního osamělého pulsu. Strojírenství, 35, 1985, č. 12, s. 698-703.

[2] HUMEN,V.-VEJVODA,J.ml.: Experimentální stanovení distorze pulsu šířícího se v tyči z disipativního materiálu. Strojnícky čas., 33, 1982, č. 5, s. 575-589.

[3] VEJVODA,J.st.-VEJVODA,J.ml.-HUMEN,V.: Optimalizace parametrů experimentálního uspořádání explozního drátku. In: Sborník věd. prací, VŠST Liberec, 1983, s. 199-209.

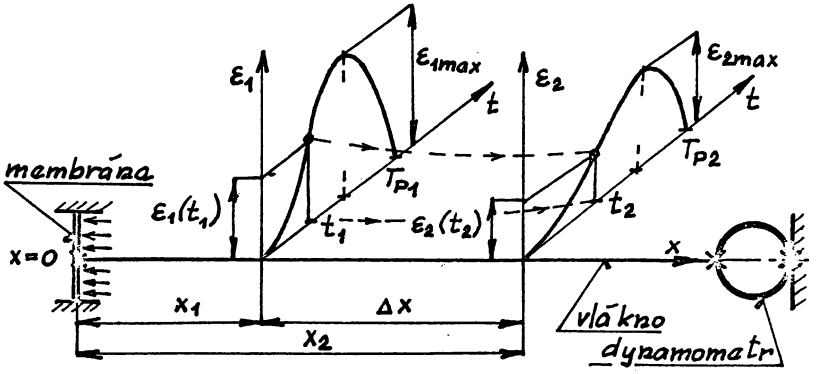
Závislost koeficientu útlumu $\alpha(f)$ na frekvenci

			Frekvence [kHz]								
Materiál	N	α	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
SAF	16	x	0	0,008	0,016	0,028	0,045	0,068	0,096	0,133	0,178
		S	0	0,0045	0,0062	0,0091	0,0151	0,0226	0,0316	0,0433	0,0580
C 60	22	x	0	0,004	0,010	0,021	0,032	0,048	0,066	0,089	0,118
		S	0	0,0051	0,0083	0,0126	0,0214	0,0300	0,0420	0,0580	0,0760
HT 359	21	x	0	0,004	0,009	0,018	0,029	0,043	0,061	0,082	0,103
		S	0	0,0050	0,0060	0,0120	0,0170	0,0250	0,0340	0,0470	0,0590

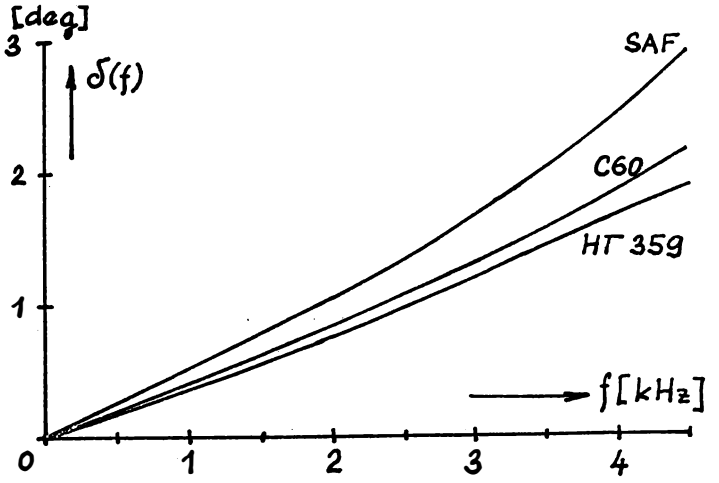
N - počet vyhodnocených dvojic pulsů

$[\alpha] = m^{-1}$

Tabulka 1


membrána
x=0
ε1
ε1max
t
ε2
ε2max
t
TP1
TP2
ε1(t1)
t1
ε2(t2)
t2
x
x1
Δx
x2
vlákno
dynamomatr

OBR. 1


[deg]
3
2
1
0
δ(f)
SAF
C60
HT 359
f[kHz]
1
2
3
4

OBR. 2