



30th Conference of Experimental Stress Analysis
30. konference o experimentální analýze napětí
2. - 5. 6. 1992 ČVUT Praha Czechoslovakia

A VELOCITY OF PROPAGATION OF THE LONGITUDINAL DEFORMATION PULSE AND THE DYNAMIC MODULUS OF ELASTICITY OF THE COMPOSITE ROPE WITH THE LONG FILAMENTS

Humen Vl., Potěšil A., Krivoš M.

V příspěvku jsou uvedeny výsledky experimentu prostřednictvím něhož byla prokázána možnost použití směšovacího pravidla pro výpočet dynamického modulu pružnosti kompozitního vlasce, který sestává z polymerní matrice a dlouhých, jednosměrně uspořádaných vláken.

RYCHLOST ŠÍŘENÍ PODÉLNÉHO DEFORMAČNÍHO PULSU A DYNAMICKÝ MODUL PRUŽNOSTI DLOUHOVLÁKNOVÉHO KOMPOZITU

Results of the dynamic experiments with the composite ropes are documented in the article. It is observed possibility of using the mix-rule for determination dynamic modulus of elasticity of composite rope which is composed from the polymer matrix and the long straight filaments.

Keywords: Wave propagation, Composite material, Dynamic properties.

ÚVOD

V souvislosti s vývojem speciální bleskovice pro důlní práce se ukázala možnost ověřit platnost směšovacího pravidla pro dynamický modul pružnosti kompozitu. Kompozit měl tvar vlasce kruhového průřezu. Podélná osa vlasce byla též osou souměrnosti rozložení zpevňujících vláken rovnoběžných s povrchovou přímkou vlasce.

POUŽITÉ EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ

Hodnotu dynamického modulu pružnosti E_d lze stanovit ze znalosti rychlosti c_0 šíření podélného deformačního pulsu prostřednictvím vztahu

$$E_d = \rho (c_0)^2, \quad (1)$$

kde ρ je měrná hustota testovaného materiálu vlákna. Podstatou užitých metod je změření času Δt průchodu čela podélného pulsu dvěma místy vzdálenými o Δx na testovaném vlákně. Rychlost c_0 je pak dána

$$c_0 = \Delta x / \Delta t. \quad (2)$$

V experimentálním zařízení realizovaném v laboratoři autorů je puls ve svazku vláken vybuzen úderem výkyvného kladívka do jednoho z úchytů. Vybuzený puls je snímán polovodičovými tenzometry měrné délky 3 mm s klidovým odporem 350 Ω . Tenzometry jsou do svazku vláken vlepeny, resp. na kompozitní vlasce nalepeny.

TESTOVANÝ MATERIÁL

V experimentálním programu byly testovány dvě skupiny kompozitních vlasců. V obou skupinách byl jako matrice užit polymerní materiál ELVAX 260. V I. skupině byly jako zpevňující vlákna užitá polypropylénová vlákna (250 tex) vyrobená ve VÚCHV Svit. V II. skupině byl užit skleněný kord ES-5-11 z podniku Vetrex Litomyšl. Kompozitní vlasce byly zhotoveny ve VÚPCH Pardubice. V tabulce 1 jsou uvedeny pro všechny testované vlasce hodnoty měrné hustoty vlasce ρ_c a hodnoty plnění V_f .

HODNOTY RYCHLOSTÍ c_0 A MODULU E_d

Rychlost šíření pulsu c_0 byla změřena jednak pro všechny vzorky obou skupin I a II a jednak pro samotná vyztužující vlákna, resp. svazky vláken, a vlasce z matričního materiálu. Na základě znalosti měrné hmotnosti a rychlosti c_0 byla prostřednictvím vztahu (1) oceněna velikost dynamického modulu pružnosti E_d . Vyhodnocené střední rychlosti c_0 spolu s vypočtenými hodnotami E_d jsou uvedeny v tabulce 2.

DISKUSE VÝSLEDKŮ

Z tabulky 2 je patrné, že hodnota E_d vlasce je ovlivněna jednak velikostí modulů E_d jednotlivých komponent a jednak plněním V_f .

V tabulce 3 je provedeno porovnání modulu $(E_d)_{vyp}$ kompozitního vlasce, který byl vypočten dle vztahu

$$(E_d)_{vyp} = (E_d)_f V_f + (E_d)_m V_m \quad (3)$$

a modulu $(E_d)_{exp}$, který byl experimentálně stanoven. Porovnání je učiněno prostřednictvím vztahu

$$D = \frac{(E_d)_{vyp} - (E_d)_{exp}}{(E_d)_{vyp}} 100 [\%]. \quad (4)$$

Z tabulky 3 je patrné, že je dosaženo velmi dobrého souhlasu mezi vypočtenou a experimentálně stanovenou hodnotou E_d kompozitního vlasce. Pro odhad výsledného E_d kompozitního vlasce s jednosměrně uspořádanými vlákny je tedy možné použít směšovacího pravidla, přestože toto pravidlo bylo odvozeno za předpokladu existence statických podmínek zatížení. Vysvětlení tohoto experimentálně pozorovaného jevu lze hledat v amplitudovém frekvenčním spektru zatěžovacího pulsu. Dominantní část této spektrální funkce je pro buzený puls v oblasti relativně nízkých frekvencí (0 až 3kHz). Vzhledem k tomuto dominantnímu nízkofrekvenčnímu obsahu pulsu lze tedy realizované pulsní zatížení považovat za zatížení kvazistatické.

Tabulka 1

Skupina	Typ výztuže	ρ_f	ρ_m	Počet svazků vláken	ρ_c	V_f
		kgm ⁻³	kgm ⁻³		kgm ⁻³	
I	PP	900	1096	1	1090	0.030
				3	1057	0.235
				6	1020	0.416
II	skleněný kord	2500	1096	1	1126	0.020
				3	1315	0.154
				6	1497	0.284

Tabulka 2

Skup.	V_f	ρ	C_0		E_d		Poznámka
			$\bar{x}$	$\pm S$	$\bar{x}$	$\pm S$	
		kgm^{-3}	m/s	m/s	GPa	GPa	
	1	2500	5100	54	65.0	1.37	skl. kord matr. ELVAX PP vlákno
	0	1096	307	3	0.10	0.002	
	1	900	3505	114	11.1	0.72	
I	0.030	1090	585	8	0.38	0.011	1xskl. vlákno
	0.235	1057	1154	3	2.59	0.011	3xPP vlákno
	0.416	1020	2004	3	4.09	0.013	6xPP vlákno
II	0.020	1126	1229	19	1.70	0.05	1xskl. vlákno
	0.154	1315	2796	8	10.27	0.06	3xskl. vlákno
	0.284	1497	3559	16	18.96	0.166	6xskl. vlákno

Tabulka 3

Skup.	Vlákno		Matrice		$(E_d)_{vyp}$	$(E_d)_{exp}$	D
	E_d	V_f	E_d	V_m			
	GPa	1	GPa	1	GPa	GPa	%
I	11.1	0.030	0.1	0.970	0.430	0.380	-13.1
		0.235		0.765	2.684	2.586	-3.7
		0.416		0.584	4.777	4.094	-12.5
II	65.0	0.020	0.1	0.980	1.400	1.700	+17.6
		0.154		0.846	10.075	10.277	+2.0
		0.284		0.716	18.506	18.964	+2.5

Vladimír Humen / Ing., CSc.

Antonín Potěšil / Doc., Ing., CSc.

Milan Krivoš / posluchač 5. roč.

The Technical University of Liberec

Department of Solid Mechanics

Hálkova 6, 461 17 Liberec, Czechoslovakia

tel. 048 - 21847, fax. 048 - 23317