

PŘÍSPĚVEK K UŽITÍ UHLÍKOVÉHO KOMPOZITU

Při zpracovávání diplomových prací na Katedře nauky o materiálu ČVUT-FSI jsou prováděny mechanické zkoušky na kompozitových zkušebních tělesech vyrobených ve Výzkumném a zkušebním leteckém ústavu Praha-Letňany z materiálu československé produkce (výrobce Monokrystaly Turnov, označení CS) a z materiálu Fibredux 914C-TS5-34 (výrobce CIBA GEIGY, Velká Británie). Oba tyto materiály jsou dodávány ve formě prepregu, který má po vytvrzení tloušťku 0,125 mm. Všechna zkušební tělesa byla podrobena statické zkoušce tahem, přitom síla a poměrné prodloužení byly měřeny v padesáti bodech a uloženy do paměti počítače, kde byly dále zpracovávány. Zjištěná závislost napětí-deformace není obecně přímková, přesto byly všechny Youngovy moduly pružnosti určovány jako konstanty. Důvodem je následující předpoklad :

Při dimenzování konstrukcí z laminátů by zavedení nekonstantních modulů dle Younga neúměrně komplikovalo výpočet za cenu v praxi často zanedbatelného zpřesnění. Proto byl zvolen interval mezi poměrnými deformacemi 0.001 až 0.004 za oblast, kde obvykle kompozitní materiál pracuje, uvážíme-li skutečné zatížení konstrukce. Zde presentované tuhostní charakteristiky popisují chování laminátu právě v tomto intervalu. Přestože mez pevnosti bývá zjištěna při podstatně vyšších deformacích, lze konstatovat praktickou použitelnost hypotéz a kritérií pevnosti, které nedávají při tomto přístupu zkreslené výsledky.

Od každého typu skladby uhlíkového laminátu byla zkoušena vždy dvě hladká zkušební tělesa a dvě tělesa s koncentrátorem (díra \varnothing 5 mm, šířka 20 mm) ve stavu vysušeném a ve stavu vlhkém. V tabulce 1. jsou uvedena zjištěná data, ze kterých je kromě jiného zřejmý vliv konkrétní skladby laminátu na absolutní absorpci vody. Maximální absorbovaný hmotnostní obsah vody do C/E kompozitu byl v tomto případě cca 2 %. Základní vlastnosti monovrstvy uvádí tabulka 2.

Konkrétním výstupem výše popsaných experimentů je také tzv. kobercový nomogram, vhodný pro určování Youngova modulu pružnosti CS kompozitu skladby složené z orientovaných monovrstev 0° , $+45^\circ$, -45° , 90° , viz obr.1. Tento nomogram byl zpracován na základě přímo naměřených modulů pružnosti dle Younga a dalších, které byly dopočítány z dat uvedených v tabulce 2. Kobercový nomogram umožňuje nalézt Youngův modul pružnosti symetrické skladby laminátu v suchém stavu. Tento postup lze prakticky využít v počátcích návrhu konkrétní konstrukce z uhlíkového kompozitu. Obdobné nomogramy lze konstruovat také pro další potřeby konstruktéra-výpočtáře, např. pro stanovení mezní hodnoty pevnosti, nebo pro určení součinitelů teplotní dilatace.

Zde uvedené experimentální výsledky podávají informaci o mechanických vlastnostech československého uhlíkového kompozitu v porovnání se zahraničním materiálem obdobného typu.

Údaje o mezní hodnotě pevnosti zkušebních těles s koncentrátorem svědčí o nižší vrubové citlivosti laminátů oproti tzv. izotropním materiálům. Hodnota součinitele α' pro kruhový otvor byla pro náš případ v rozmezí 1,3 až 1,8, což je z hlediska konstruktéra příznivé.

Předpokladem účinného využití uhlíkových kompozitů ve výrobě je vyšší technologická kázeň a stejnorodost kvality, které musí předcházet úzká spolupráce konstruktéra, technologa i výpočtáře.

Požadavek rozvoje techniky, v kontextu s hospodářskými a ekologickými podmínkami v naší společnosti, vede k rozvoji nového interdisciplinárního vědního oboru "Materiálové inženýrství". Materiálové inženýrství však není pouze nový vědní obor, je to zcela nový přístup ke konstruování, kdy spolu s návrhem konstrukce bude navrhován i konkrétní materiál, včetně technologie výroby. Klíčovým problémem je potom praktický pokrok ve znalosti tvorby kompozitních materiálů, zákonitosti synergie a schopnosti kvalifikovaně předpovídat výsledné vlastnosti materiálového systému podle vstupních údajů o materiálových složkách a technologii. Tohoto cíle lze dosáhnout za předpokladu poznatků o materiálových složkách, o vzájemných chemických, fyzikálních a fyzikálněchemických vazbách, resp. interakcích, o synergických účincích složek a o vlivech strukturních i superstrukturních, o vlivu okolního prostředí, o účelnosti, spolehlivosti a životnosti finálního výsledku.

Pro realizaci výše uvedených cílů byl již na Českém vysokém učení technickém, fakultě strojní zaveden nový studijní obor 39-42-8 Materiálové inženýrství. Výzkum synergických materiálů formou diplomových prací může být příkladem zavádění této specializace do studia.

Seznam literatury : /1/ MEISSNER B, ZILVAR V.: Fyzika polymerů, SNTL/ALFA Praha, 1987 /2/ AGARVAL B. D., BROUTMAN L. J.: Vláknové kompozity, SNTL Praha, 1987 /3/ BAREŠ R. A.: Kompozitní materiály, SNTL Praha, 1988 /4/ HUMHAL F.: Určení materiálových charakteristik C/E kompozitu, užívaného ve VZLÚ, diplomová práce ČVUT-FSI K 232, 1989 /5/ POPELKA M.: Technologické a materiálové aspekty použití C/E kompozitu, diplomová práce ČVUT-FSI K 232, 1989

Tabulka 2.

	E_L /GPa/	E_T /GPa/	G_{LT} /GPa/	ν_{12}
CS materiál	112,7	7,26	4,44	0,31
F - 914	129,6	8,62	5,00	0,30

Ing. Václav Květ, CSc. - ČVUT-FSI, K 232, Karlovo nám. 13, 121 35 Praha 2

Ing. Josef Křena - VZLÚ Praha-Letňany

Skladba	suchý			vlhký		
	E_1 [GPa]	R_1 [MPa]	R_1^+ [MPa]	E_1 [GPa]	R_1 [MPa]	R_1^+ [MPa]
				Hmotn. obsah vody [%]		
	CS - materiál					
[0]8	112,70	776,0	636,4	1,5	107,40	762,5
[90]16	7,26	42,5	17,7	0,7	6,95	33,9
[0/90/0/90] _s	59,60	505,0	300,8	1,2	60,50	561,7
[0/±45/0] _s	65,59	719,0	459,1	0,8	65,67	731,9
[0/±45/90] _s	42,62	308,5	213,6	1,3	42,15	314,6
[±45/±45] _s	13,39	119,8	91,4	1,2	12,39	124,8
	F - 914 C					
[0]8	129,60	1559,5	-	1,1	130,00	1463,9
[90]16	8,62	41,9	24,8	0,7	8,38	36,5
[0/90/0/90] _s	66,68	815,0	466,0	1,0	65,55	777,2
[0/±45/0] _s	69,81	858,9	509,5	1,5	72,50	888,7
[0/±45/90] _s	47,33	477,8	290,9	1,2	45,54	462,6
[±45/±45] _s	14,40	157,9	122,7	1,4	14,12	172,2

⁺ vzorek s koncentrátorem Index s označuje symetrickou skladbu, je psán v místě střední roviny Počet vzorků byl malý, proto je třeba tab.hodnoty posuzovat v kontextu s pracovním diagramem, signály akustické emise a fraktografií

Tabulka 1.

KOBERCOVÝ NOMOGRAM CS MAT.

POUŽITELNÝ PRO SKLADBY TYPU ($0^\circ \pm 45^\circ 90^\circ$)
 PŘÍKLAD ODEČTU UVEDEN PRO VZOREK SKLADBY
 ($0/\pm 45/90/0$), $E = 55,75 \text{ GPa}$

