

Příspěvek k aplikaci experimentálních metod při zjišťování vlastností C-E kompozitů

Ing. Milan RŮŽIČKA, CSc. - fakulta strojní, ČVUT Praha, Technická 4, 166 07 Praha 6

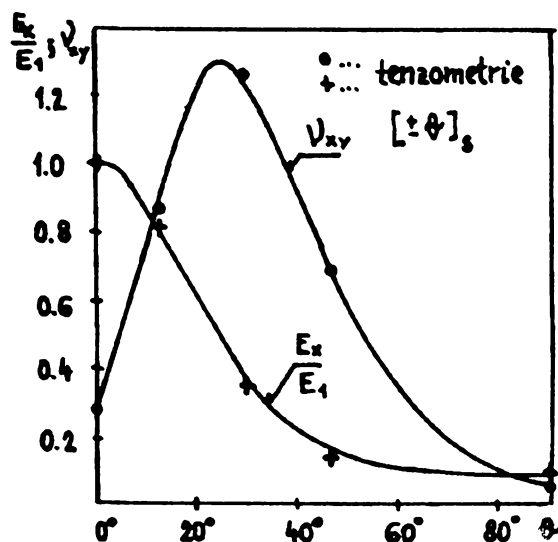
Výrobky z kompozitních materiálů na bázi C-E (uhlík-epoxy) patří stále mezi velmi drahé a technologicky náročné materiály. Ve srovnání s izotropními kovovými materiály se však vyznačují vysokou pevností při své nízké hmotnosti, odolností proto koroznímu prostředí a vysokou únavovou pevností. Nejčastější technologií výroby laminátu je vytvrzení struktury, která je poskládána z jednotlivých vrstev prepregů, tj. předimpregnovaných cca 0.3 mm tlustých vrstev s jednosměrně orientovanými uhlíkovými vlákny. Se širším používáním těchto materiálů na nosné části i mimo tradiční oblasti letectví a kosmonautiky, zejména do automobilového průmyslu, nabývá na významu optimalizování orientace jednotlivých vrstev laminátu, abychom dostali vhodnou strukturu. O problematice pevnosti a porušování desek z C-E kompozitu různé symetrické skladby např. $[0/+45/-45/90]_s$, $[0/90/0/90]_s$, $[0/+45/-45/0]_s$ pojednává např. [1]. Anizotropní vlastnosti materiálu, vrstvená a nehomogenní struktura vyžadují i specifický přístup při aplikaci "klasických" výpočtových i experimentálních postupů, které směřují k jejich zobecnění.

Konstrukční problémy způsobuje, podobně jako u klasických materiálů, koncentrace napětí (vruby, otvory ap.), která je naružena od kovů závislá na skladbě laminátu a ovlivňuje zejména jeho statickou, poněkud méně i únavovou pevnost [2]. Různá orientace vrstev laminátu má za následek rozdílnost Poissonových čísel. Jejich výpočet pomocí laminační teorie a experimentální ověření tenzometrickým měření ukazuje obr. 1. Velké rozdíly v Poissonových číslech mohou způsobovat delaminaci vrstev, což je vedle porušení matrice a přetržení vláken typický druh poškození laminátu. K detekci poruch se užívá řada experimentálních metod, popsaných např. v [3].

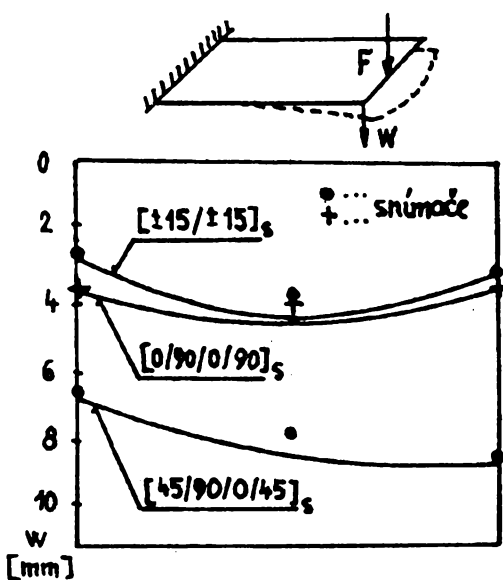
Některé klasické metody EAN a novější holografické postupy jsme aplikovali při ověřování deformací a napětí i pro získávání materiálových charakteristik C-E kompozitů. Chtěli bychom přitom upozornit na specifiku aplikace na ortotropní a tenkostěnné materiály. Při tenzometrických měřeních je to zejména použití správné teplotní kompenzace, korekce měřených poměrných prodloužení na příčnou citlivost tenzometru a na jeho úhlovou odchylku v instalaci. O způsobu korekcí informuje lit. [4,5,6]. Aplikací tenzometrie jsme např. měřili koncentrace napětí v otvorech pro různé skladby tahových kompozitních vzorků, napětí ohybaných desek ap. Výsledky byly v dobré shodě s analytickým výpočtem. K měření průhybů ohybově namáhaných kompozitních desek jsme využili tenzometrických planžetových snímačů velkých posuvů, popsaných v [7]. Toto měření ověřovalo výsledky výpočtů MKP při použití vrstveného modelu desky [8]. V důsledku nízké ohybové tuhosti desky bylo třeba zahrnout přítláčné síly planžetových snímačů. Porovnání průhybových čar v příčném řezu po jedné straně vetknuté desky ukazuje obr. 2.

Metodou povrchové reflexní fotoelasticimetrie jsme ověřovali změnu silového toku při různých skladbách laminátu u klasického vrubu (otvor) a při přenosu síly do otvoru pomocí čepu. Korekcemi při vyhodnocování izochromat, které se týkají okrajového efektu, vyztužení a přídatného ohybu při jednostranném polepení tahového vzorku popisuje [9,10]. Výsledky přispívají k objasnění způsobu namáhání a materiálového přizpůsobení přechodových částí ocel-kompozit.

Mezi nové a perspektivní optické metody, které však vyžadují náročnější materiálové i teoretické vybavení patří různé postupy holografické interferometrie. Jejich aplikace je sice většinou vázána na laboratorní prostředí, umožňuje však provádět vysoce citlivá měření deformací v rovině vzorku i ve směru kolmém. Tak lze u kompozitů např. měřit materiálové konstanty, detekovat lokální anomálie v posuvech, která pomůže odhalit oblast delaminace vrstev laminátu apod. S možnostmi jednoho z postupů tzv. speklinterferometrie jsme se seznámili na zahraničním pracovišti, jak popisuje [12]. Optické měření tuhosti laminátových vzorků různých skladeb jsme prováděli na plochých tahových vzorcích. Při osvětlení koherentním zdrojem světla (pulsní He-Ne laser 20 mW) byly pořízeny speklfotografie (film Holotest 10E75) a to při dvojexpozici v odlehčeném a zatíženém stavu. Rekonstrukcí záznamu podle [12] jsme získali interferenční pruhy konstantního posuvu v rovině vzorku při různých zatíženích. Z naměřených a statisticky zpracovaných hodnot roztečí proužků jsme vyhodnocovali technický modul pružnosti dané skladby laminátu. Širší možnosti aplikace interferenčních metod, zejména při detekci delaminací shrnuje práce [13].



Obr. 1



Obr. 2

Literatura:

- [1] Růžička, M.: In sborník Křehký lom materiálů a konstrukcí, Karlovy Vary, prosinec 1990, str. 136-140. [2] Růžička, M.-Landa, M.: In sborník Únava materiálu a konstrukcí, Praha, září 1989, str. 341-347. [3] Sendecij, G.P.: In AGARD Conf.Proc.No 355, London, April 1983. [4] Perry, C.C.: In Experimental Mechanics, Dec. 1984, str. 286-299. [5] Tuttle, M.E.-Brinson, M.F.: In Exp.Mech., March 1984, str.54-65. [6] Bert, M.: In Exp.Mech., Sept. 1985, str.288-293. [7] Michalec, J.: In sborník EAN 1989, Nitra, str. 289-232. [8] Lechovský, J.: Diplomová práce, K2110, ČVUT fak.str. Praha 1990. [9] Zandman, F. & all: Photoelastic Coatings, SESA No3, 1977. [10] Růžička, M.: In sborník EAN 1989, Nitra, str. 321-326. [11] Růžička, M.: Bericht Universität Karlsruhe, IFTM/FL, 1988. [12] Klumpp, P.A.- Schnack, E.: In VDI Berichte Nr.679, 1988. [13] Klumpp, P.A.: Disertationsarbeit, Universität Karlsruhe, 1989.