

KOMPOZITNÉ MATERIÁLY AKO INOVATÍVNY PRVOK VO VÝUČBE PRUŽNOSTI A PEVNOSTI

MURČINKOVÁ Zuzana, SR

Resumé

Článok sa zaoberá včlenením princípov správania sa kompozitných materiálov do klasickej výučby predmetu Pružnosť a pevnosť ako inovatívneho prvku predmetu. Jedným zo základných predpokladov výpočtov je, že materiál predpokladáme homogénny a izotrópny, čo v prípade kompozitných materiálov nie je splnené. Anizotropia kompozitných materiálov otvára rozšírenie, respektíve zmenu vžitého myslenia vo výpočtoch, ale aj v konštrukčnej praxi.

Kľúčové slová: kompozitný materiál, anizotropia, výpočet, počítačová simulácia.

COMPOSITE MATERIALS AS INOVATING FEATURE IN MECHANICS OF MATERIALS

Abstract

The paper dealt with integration of composite materials behaviour principles into classical teaching of subject Mechanics of materials. Such integration provides innovative feature for subject. One of basic assumptions in calculations is that material is homogenise and isotropic. In case of composites, the basic assumption is not fulfilled. Anisotropy of composites introduces larger applications or changing the conventional thinking of calculations and designing.

Key words: composite material, anisotropy, calculation, computer simulation.

1 Úvod

Motiváciou zaoberať sa problematikou uvedenou v abstrakte je, že mnohokrát študenti zabúdajú alebo si neuvedomujú základné predpoklady výpočtov. Jedným z predpokladov výpočtov je, že materiál považujeme za homogénny a izotrópny. V prípade kompozitov tento predpoklad nemožno splniť, preto samozrejme vo výpočtoch nemožno použiť základné vzťahy pri jednotlivých druhoch namáhania. Je potrebné uvedomiť si, že v prípade kompozitov možno vžitie princípy zmeniť, respektíve vžitý výpočet je potrebné pre kompozity upraviť.

2 Kompozitné materiály

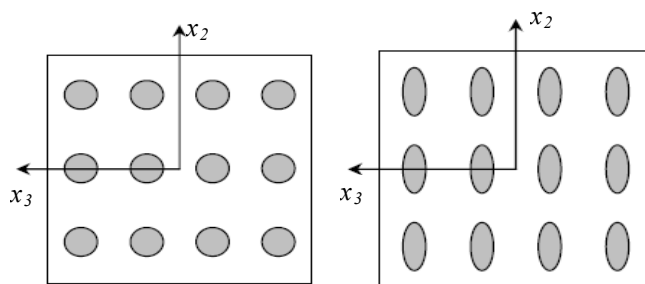
Kompozitný materiál je materiál pozostávajúci z dvoch alebo viacerých zložiek s rozdielnymi vlastnosťami, ktoré spolu vytvárajú výsledný materiál s novými vlastnosťami. Existuje mnoho druhov kompozitov, pričom kvôli ich výnimočným vlastnostiam a rozsiahlym možnostiam rôznych kombinácií materiálov, výstuží, ich percentuálneho zastúpenia, orientácii a pod., sa nachádzajú ďalšie nové kompozity a ich ďalšie širšie uplatnenie. V tomto trende používania materiálov je nevyhnutné, aby absolvent vysokoškolského štúdia spoznal aj základné druhy kompozitov a základné princípy ich mechanického a/alebo tepelného správania ako odozvy na zaťaženie.

3 Izotropia versus anizotropia

Izotropný materiál je taký, ktorého mechanicko-fyzikálne vlastnosti sú rovnaké v každom smere. Opakom je anizotropia, pri ktorej mechanicko-fyzikálne vlastnosti sú v každom smere rôzne.

Materiálové konštanty pre izotropný materiál sú modul pružnosti v ťahu E , Poissonovo číslo μ a modul pružnosti v šmyku G , pričom medzi týmito konštantami platí vzťah, takže sú potrebné (nezávislé) len dve z nich.

Priečne izotropný materiál má 3 roviny symetrie materiálových vlastností, pričom v jednej rovine sú vlastnosti izotrópne a 5 nezávislých prvkov matice elastických konštánt, a to E_1 , $E_2=E_3$, $G_{12}=G_{13}$, $\mu_{21}=\mu_{31}$, μ_{32} . G_{23} nie je nezávislá konštanta, lebo ju možno vypočítať podľa vzťahu $G_{23}=E_2/2(1+\mu_{23})=E_3/2(1+\mu_{32})$. Príkladom je jednosmerne orientovaný vláknový kompozit s vláknami kruhového prierezu (obr. 1), kde rovina $x_2 x_3$ je rovinou priečnej izotropie, pričom os vlákien je os x_1 . E_1 je modul pružnosti v smere osi 1 (resp. x_1), G_{12} je modul pružnosti v šmyku v smere 2, pričom normála k smeru 2 je smer 1 a μ_{21} je Poissonovo číslo pri priečnom zúžení v smere 1 a predĺžení v smere 2.



Obr. 1: Príklady priečne izotrópneho a ortotrópneho vláknového materiálu.

Ortotrópny materiál má 3 roviny symetrie materiálových vlastností a 9 nezávislých prvkov matice elastických konštánt, a to E_1 , E_2 , E_3 , G_{12} , G_{13} , G_{23} , μ_{21} , μ_{31} , μ_{32} . Príkladom je jednosmerne orientovaný vláknový kompozit s eliptickými vláknami v reze (obr. 1).

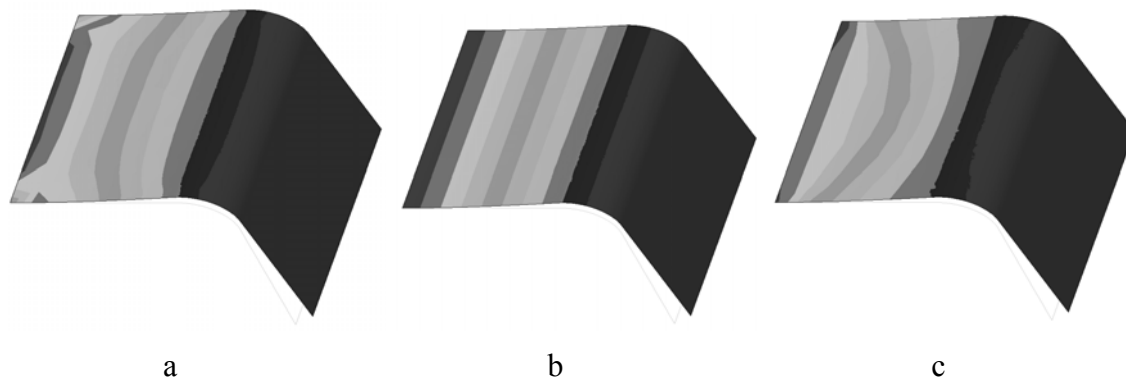
Anizotropný materiál nemá žiadnu rovinu symetrie materiálových vlastností, matica elastických konštánt má 21 nezávislých prvkov (1).

$$C_{ij}|_{\text{anisotropic}} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} & C_{14} & C_{15} & C_{16} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} & C_{24} & C_{25} & C_{26} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} & C_{34} & C_{35} & C_{36} \\ C_{41} & C_{42} & C_{43} & C_{44} & C_{45} & C_{46} \\ C_{51} & C_{52} & C_{53} & C_{54} & C_{55} & C_{56} \\ C_{61} & C_{62} & C_{63} & C_{64} & C_{65} & C_{66} \end{bmatrix} \quad (1)$$

3 Porovnanie výpočtu

Prezentovať odlišnosť v mechanickom správaní izotrópneho a priečne izotrópneho materiálu, resp. ortotrópneho materiálu možno na príklade laminátu – vrstveného kompozitu. Obr. 2 zobrazuje tri rôzne priebehy Misesovho napätia na rovnakom modeli. Rôznorodosť v priebehu napätí nie je spôsobená okrajovými podmienkami (tie sú rovnaké), ale odlišnosťou

v materiálových vlastnostiach. V časti a) obrázku 2 je model z izotrópneho materiálu. V časti b) je 5-vrstvový laminát s orientáciou lamín 0° a v časti c) je ten istý laminát s inou orientáciou lamín. Každá samostatná lamina má však jednosmerne orientované vlákna, čiže jedna lamina predstavuje priečne izotrópny materiál, ale viacvrstvová lamina je predstaviteľom ortotrópneho materiálu.



Obr. 2 Modely

Počítačová simulácia správania kompozitov je rozsiahla problematika, práve v súvislosti s problematikou určenia materiálových konštánt uvedených v časti 2. Obr. 2 ilustruje odlišné správanie kompozitov ako predstaviteľov anizotrópných materiálov v porovnaní s izotrópnymi materiálmi. Samotnú simuláciu nemožno uskutočniť bez teoretických základov práve v oblasti anizotrópných materiálov, ktoré by mal budúci absolvent získať na predmete Pružnosť a pevnosť.

4 Záver

V súčasnosti stále viac sa uplatňujúce kompozitné materiály v technickej praxi si vyžadujú nevyhnutnosť aplikácie bežných výpočtov pri navrhovaní výrobkov aj pre kompozitné materiály, čo sa nedá uskutočniť bez prípravy absolventa aj pre túto oblasť.

5 Literatúra

1. Murčinková, Z.: Vybrané kapitoly z mechaniky poddajných telies. Rovinný a priestorový ohyb, deformácia pri ohybe, Ing. Zuzana Murčinková, PhD., Prešov 2009, ISBN 978-80-970241-5-4
2. Kompiš, V. - Murčinková, Z.: Kompozitné materiály vystužené krátkymi vláknami. In: Strojárstvo. ISSN 1335-2938 : XIII, 2009.

Lektoroval: Ing. Jaromír Murčinko, PhD.

Kontaktná adresa:

Zuzana Murčinková, Ing. PhD.,
KNTZ, Fakulta výrobných technológií v Prešove, Technická univerzita Košice, Štúrova 31, 080 01
Prešov, SR, tel. 00421 51 77 23 796, e-mail: zuzana.murcinkova@tuke.sk