

OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Ing. Zdeňka Pošváře

Výpočtové modely vlastností hybridních kompozitních struktur

Oponent: *Ing. Bohuslav Cabrnach, Ph.D.*

Předkládaná práce o rozsahu 85 stran je rozdělena do šesti hlavních částí. Cílem práce bylo navrhnout a ověřit metodiku návrhu hybridních kompozitních nosníkových struktur. Práce je zpracována přehledně, s logicky uspořádanými kroky řešení daného tématu.

Aktuálnost tématu práce

Disertační práce se věnuje aktuálnímu tématu, a sice návrhu kompozitních konstrukcí nosníkového typu s cílem zvýšení efektivity jejich návrhu. Téma práce je aktuální především z hlediska rozšiřování a prohlubování znalostí o chování kompozitních a hybridních materiálů při statickém i dynamickém namáhání pro efektivní využívání jejich vlastností, protože použití nekonvenčních materiálů v nosných částech strojních konstrukcí se neustále rozšiřuje.

Vhodnost použitých metod řešení a způsobu jejich aplikace

K řešení problematice autor přistoupil systematicky a komplexně. Při řešení současného stavu řešené problematiky se soustředil na používané materiály, technologie výroby a analytické metody vhodné k analýzám nosníků z kompozitních materiálů. Autor se zde soustředil na analýzu materiálových a technologických řešení vhodných pro kompozitové nosníkové konstrukce, se kterými pracuje u svého zaměstnavatele. Řešení je poměrně stručná, nicméně se dotýká všech aspektů nutných k řešení dané problematiky.

Ve vlastní práci se autor nejprve věnoval problematice určování elastických vlastností kompozitních nosníků prostřednictvím analytických přístupů, kde odvodil vztahy pro výpočet průhybu vetknutého a prostě podepřeného nosníku s uvážením nebo zanedbáním vlivu smykové tuhosti. V navazující kapitole porovnal oba odvozené přístupy s numerickými i s výsledky experimentálních měření na nosnících se čtvercovým průřezem. Z porovnání výsledků vyplývá velice dobrá shoda analytického přístupu a experimentálních dat. Autor také došel ke správnému závěru, že u kompozitních nosníků je vliv smyku na výsledné průhyby výrazně větší než u klasických kovových řešení. Autor v další práci navázal odvozením dvou metod pro určování korigované smykové tuhosti kompozitních nosníků, které zde diskutuje a porovnává jejich chování pro čtvercové průřezy nosníků.

Závěrečná část práce se věnuje experimentálnímu zjišťování materiálových vlastností použitých materiálů a experimentální verifikaci odvozeného analytického modelu. Z kapitoly popisující materiálové zkoušky číší nezkušenost s experimentálním zjišťováním materiálových vlastností. Zvolené normy jsou pro zjišťování tahových a tlakových vlastností jednosměrných laminátů zcela nevhodné, k čemuž v práci došel i autor. Autorovi však nelze upřít snaha o vyřešení těchto problémů, o něž se pokusil návrhem a realizací dvou typů nestandardizovaných zkoušek, i tak ovšem dosáhl nejednoznačných výsledků. U těchto typů materiálu (UHMC vlákna) bych autorovi doporučoval použít metody odvození vlastností laminy ze zkoušek laminátů (např. dle L.J. Hart-Smith). Při experimentálním zjišťování průhybu kompozitního nosníku, sloužící k verifikaci odvozené metody, autor opět narazil na řadu problémů, se kterými se mu nakonec podařilo vypořádat. Zkušenější experimentátoři by raději řešených problémů vyhnuli, nicméně autor prokázal, že je schopen problémy analyzovat a zdárně vyřešit.

Cíle práce a jejich naplnění

Cíle práce jsou jasně a realisticky formulovány ve třetí kapitole práce. Hlavním cílem práce bylo vytvoření metodiky návrhu hybridních kompozitních struktur nosíkových profilů použitelné v technické praxi při zrychleném návrhu profilu dle požadovaných vlastností řešení. Dílčí cíle disertační práce byly následující:

- 1) *Navrhnout analytickou explicitní metodu přímého určení korigované smykové tuhosti hybridních kompozitních profilů.*

Dílčí cíl splněn v kapitole 6.

- 2) *Návrh technologické realizace optimalizační smyčky profilu „na míru“ s využitím analytických metod určení ohybové a smykové tuhosti hybridních kompozitních profilů.*

Dílčí cíl splněn v kapitole 5.

- 3) *Experimentální verifikace analytické explicitní metody přímého určení korigované smykové tuhosti hybridních kompozitních profilů.*

Dílčí cíl splněn v kapitole 8.

Jak vyplývá z výše uvedeného hodnocení, všechny stanovené cíle disertační práce byly splněny a významné části byly publikovány.

Teoretický a praktický přínos práce

Teoretický přínos práce vidím ve formulování zobecněné metodiky návrhu kompozitních nosníků s uvážením smykové tuhosti. Praktický přínos práce je v odvození a aplikaci nového přístupu k výpočtu korigované smykové tuhosti a ve vyvinutí výpočetního nástroje pro analýzy typizovaných nosíkových profilů ve firmě Compo Tech Plus s.r.o.

Připomínky a dotazy

Disertační práce má dobrou formální úroveň. Práce je zpracována přehledně, s přiměřenou grafickou úpravou. Práce bohužel obsahuje řadu nepřesných formulací a v řadě případech nesprávné názvosloví (mokrý laminace, nepřerušovaná vlákna, těsná vlákna, napříčová vlákna, měrný objemový podíl, matrice tvrdne, tlak na modul ...) a anglickanismů (crossbar, flow-chart, epoxydový, ...), které úroveň práce snižují.

K práci bych měl následující dotazy:

1. *Proč autor použil uvedené tahové a tlakové normy pro identifikaci materiálových parametrů UD laminy?*
2. *Ze kterého zdroje autor převzal tvrzení: „matrice by měla být vytvrzena při teplotě min. o 20% vyšší než je maximální provozní teplota“?*

Závěrečné hodnocení

Práce má dostatečnou teoretickou úroveň a značný praktický význam, prokazuje přehled autora v daném oboru a jeho schopnost samostatné vědecké práce.

Na základě výše uvedeného **doporučuji** práci k obhajobě.

V Praze dne 6.12. 2019.

Ing. Bohuslav Cabrnach, Ph.D.
Výzkumný a zkušební letecký ústav, a.s.