

Oponentní posudek

Disertační práce Ing. Františka Sedláčka

Disertační práce Ing. Františka Sedláčka je věnována dnes velice atraktivnímu tématu aplikace kompozitních materiálů u mechanických komponentů. V oblasti letectví, námořním nebo sportovním průmyslu nacházejí tyto materiály díky svým mimořádným mechanickým a fyzikálním vlastnostem uplatnění již řadu let. V ostatních technických oborech, pro které je charakteristická větší sériovost výroby, naráželo použití kompozitních materiálů na omezení v podobě příliš nákladného vývoje nebo složitosti výrobních technologií. S postupným rozvojem CAE softwarových nástrojů a nových výrobních technik nacházíme nosné, nebo výkon přenášející díly z vláknových kompozitů stále častěji i v ostatních odvětvích, jako například v automobilovém nebo kolejovém průmyslu.

Ing. František Sedláček si ve své disertační práci klade za cíl vytvoření metodiky návrhu pružných komponent z kompozitních materiálů za využití numerických simulací. K tomuto účelu autor zpracoval velmi rozsáhlou rešerši věnovanou kategorizaci kompozitních materiálů, technologiím výroby kompozitních dílů, jejich mechanickým vlastnostem a kritériím porušení. Velmi podrobně jsou zmapovány i různé typy spojů kompozit-kompozit a kompozit-kov.

Vlastní tvůrčí činnost je pak věnována návrhu třech kompozitních komponent přenášejících různé typy zatížení. Autor postupuje systematicky v souladu vědeckými metodami a začíná analýzou „jednodušší“ komponenty. Na příkladu konvenční listové pružiny z oceli nejprve validuje numerický model, na jehož základě posléze optimalizuje geometrii ekvivalentní konstrukce z jednosměrového laminátu s ohledem na pevnostní kritérium maximálních napětí. Následně přistupuje k návrhu univerzální spojky pro přenos tahového, tlakového, ohybového nebo kardanického zatížení. Za tímto účelem ing. Sedláček připravuje zkušební vzorky pro zkoumání způsobu porušení v přípojných bodech spojky. Autor velmi sebekriticky hodnotí inkoherenci nasbíraných dat a hledá možnosti zlepšení. Finální geometrie a skladba pružné univerzální spojky byla opět výsledkem optimalizace s ohledem na pevnostní kritéria a zvolenou technologii výroby – aditivní technologie. Získané poznatky autor plně využívá k návrhu třetí komponenty, kterou je pružná vlnovcová spojka. Optimalizací získané konstrukční provedení spojky autor dále podrobuje detailní numerické pevnostní analýze. Potřebné parametry porušení jsou získány nabitováním experimentálně získaných dat na numerický model dle patřičných zkoušek. Svoji všestrannost autor dokládá i návrhem výrobní technologie a samostatnou přípravou velice precizně zpracovaného funkčního vzorku vlnovcové spojky. Vzorek je dále podroben sérii experimentů, pomocí kterých je validován pokročilý numerický model. Je dosaženo vynikající

shody MKP simulací s výsledky experimentů. Obě kapitoly věnované pružným spojkám jsou zakončeny souhrnem základní metodiky a praktickým vývojovým diagramem pro jejich návrh.

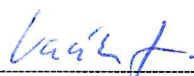
Disertační práce ing. Sedláčka bezesporu výraznou měrou přispívá k rozvoji oboru konstruování z nekonvenčních materiálů. Autor postupuje systematicky dle obecně platných vědních metod, s převahou empirických procedur. **Vytýčené cíle byly bezesbytku splněny.**

V době, kdy výrobci dopravní techniky podléhají neustálému tlaku na snižování emisních dopadů na životní prostředí, vede jakákoliv možnost redukce hmotnosti dopravního prostředku ke zvýšení konkurenceschopnosti výrobce na trhu. Výsledky disertační práce v podobě ucelené metodiky pro návrh pružných kompozitních spojek jsou plně aplikovatelné ve výrobním podniku vybaveným potřebnými SW/HW nástroji.

Práce se dále vyznačuje vyspělou technickou úrovní a kromě hluboké znalosti problematiky je u autora znatelná i výborná vyjadřovací schopnost při jejím popisu. Řazení kapitol je přehledné a logické, autor cituje z mnoha důvěryhodných informačních zdrojů, v souladu s normou ISO 690. Obsáhlý výčet publikací a účast na mnoha vědeckých konferencích svědčí o bohatých výzkumných aktivitách a všestrannosti autora.

Disertační práci Ing. Sedláčka jednoznačně doporučuji k obhajobě.

V Plzni, 25.11.2019



Ing. Josef Vacík, Ph.D.

Oponentní posudek doktorské disertační práce

Ing. FRANTIŠKA SEDLÁČKA

METODIKA NÁVRHU POKROČILÝCH FLEXIBILNÍCH KOMPONENT Z KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ ZA VYUŽITÍ NUMERICKÝCH SIMULACÍ

a) Zhodnocení významu pro obor

Využívání kompozitních materiálů ve strojírenství není tak rozšířeno jako v jiných odvětvích, například v letectví, v kosmickém nebo sportovním průmyslu. Proto každá práce věnující se použití kompozitních materiálů ve strojírenství má pro tento obor velký význam. V současné době se kompozitní materiály využívají v menší míře v konstrukcích výrobních strojů díky jejich vysokému poměru tuhosti a hmotnosti a dobrým tlumícím vlastnostem. V dopravní technice se většinou používají na sekundární konstrukce, kde se využívá jejich nízká hmotnost. Proto je potěšující, že se disertant zabývá poměrně složitou problematikou, jakou je bezesporu návrh pružné spojky, která je více osé zatěžována.

b) Postup řešení problému, použité metody, splnění stanovených cílů

Předložená disertační práce je zaměřena do oblasti pružných kompozitních spojek. Hlavním cílem práce bylo vytvořit základní metodiku konstrukčního návrhu pro více osé zatěžované pružné spojky z kompozitních materiálů za podpory numerických simulací. Než bylo přistoupeno k vytvoření metodiky konstrukčního návrhu pružné spojky pro přenos točivého momentu, byla analyzována kompozitní listová pružina a posléze univerzální kompozitní spojka. Zde disertant získal potřebné znalosti a zkušenosti z chování těchto komponent při různých typech namáhání a zjistil, jaké módy porušování mohou nastat. Z toho je zřejmé, že postupoval systematicky a jeho práce má logickou stavbu. Při dosahování cílů použil současné výpočtové metody. Pro stanovení vstupních dat pro numerické simulace a verifikaci některých výpočtů byla použita měření s využitím

moderních experimentálních zařízení. K dosažení cílů bylo nutné provést obrovské množství experimentů, numerických simulací a analýz. Lze konstatovat, že stanovené cíle byly beze zbytku splněny.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta

Lze konstatovat, že práce věnující se návrhu pružných komponent jsou pro praxi velmi významné. Za hlavní výsledek práce je možno považovat vytvoření metodiky konstrukčního návrhu více ose zatěžované pružné spojky. Jedná se o poměrně složitý návrh konstrukce, která musí splňovat geometrické, pevnostní a tuhostní požadavky. Autor vytvořil generický CAD model, který vstupuje do geometrické optimalizace, jež umožňuje s využitím metody konečných prvků nalézt konstrukci požadovaných mechanických vlastností. Za konkrétní přínos lze považovat pokročilý 3D model, který má za úkol provést verifikaci výsledku strukturální optimalizace. Tento model zahrnuje třetí směr vrstev a také zahrnuje navrženou technologii výroby. Respektuje tudíž kladení jednotlivých vrstev tkaniny včetně jejich překryvů. Kladně je třeba hodnotit, že byl vytvořen zkušební vzorek vlnovcové spojky, který byl podroben zkouškám a byla shledána dobrá shoda s numerickým řešením.

d) Další vyjádření k disertační práci

Rozboru současného stavu dané problematiky je věnována až sedmá kapitola obsahující necelých pět stran. Domnívám se, že by si tato problematika zasloužila více pozornosti. Existuje celá řada publikací, které jsou věnovány pružným kompozitním spojkám a to jak z hlediska výpočtů, tak experimentů. Určitě by nebylo na závadu zmínit se o únavě a životnosti těchto cyklicky namáhaných strojních částí. Oproti tomu je možná věnován zbytečně velký prostor kapitolám 2 až 5. Jedná se o všeobecně známé věci. Víím, že kritéria porušení kompozitních materiálů hrála v práci důležitou roli, ale stačilo je pouze vyjmenovat a ne jim věnovat 13 stran. Práce je příliš obsáhlá, obsahuje 166 stran. Domnívám se, že při troše ukázněnosti by se dala zpracovat stručněji, což by oponenti uvítali.

Co se týká jazykové úrovně, tak je práce psána kultivovanou češtinou s minimem chyb a překlepů (je zaznamenáno v práci). Práce je psána přehledně, obrázky jsou čitelné. Lze konstatovat, že má disertační práce velmi dobrou grafickou úroveň.

Formální připomínky:

Pouze pár formálních připomínek.

- V práci se často (např. str. 23, 24, aj.) vyskytuje pojem poměrná deformace. Správně by mělo být poměrné prodloužení nebo pouze deformace. V textu pod obr. 9-4 by mělo zase být místo slova deformace slovo posunutí.

- V práci se několikrát objevuje (např. str. 75, 77, Tab. 8-4, Tab. 9-2, aj.) místo pojmu pevnost, pojem maximální napětí.
- Str. 43 obr. 8-4. Experimentální měření je zobrazeno obrázkem z počítače. Proč není foto?

Dotazy:

- Str. 53, čím si vysvětlujete, že se tuhost pružiny vlivem cyklického namáhání zvyšuje?
- V kapitole 9.1 se věnujete analýze navíjených oček vyrobených ze skelných vláken a epoxidové pryskyřice. Podobnou analýzu uvádí Ing. R. Kottner, Ph.D ve své disertační práci v roce 2007. Zde pracuje se vzorky vyrobenými z uhlíkových vláken a epoxidové pryskyřice. Dospěl jste na základě vašich analýz k stejným závěrům co se týká typu porušení u volných vzorků a upnutých vzorků? Dosáhl jste porušení matrice pod stejným úhlem při namáhání tlakem?
- Ze srovnání Tab. 9.2 mechanické parametry ručně vyrobených vzorků a Tab. 9.3 mechanické parametry tištěných vzorků plyne, že jak tuhosti, tak pevnosti jsou u ručně vyrobených vzorků vyšší. Může to být způsobeno rozdílnými vlastnostmi vláken? Jaký byl objemový podíl vláken u tištěných oček? Jak byl stanoven objemový podíl (60% vláken) u ručně vinutých vzorků?
- Na str. 124 je uvedeno, že bylo provedeno porovnání výsledků testu DCB získaných numericky, analyticky a experimentálně. Jakých výsledků bylo dosaženo analytickým řešením?

e) Vyjádření k publikacím disertanta

Disertant uvádí ve své disertační práci celkem 17 publikací vztahujících se k tématu disertace. Většinou jsou to příspěvky ve sbornících zahraničních konferencí. Z uvedeného seznamu je zřejmé, že se jedná o kvalitní konference, tematicky zaměřené k dané problematice, kde musel disertant své výsledky obhajovat před odbornou veřejností. Lze konstatovat, že publikační činnost je nadprůměrná.

f) Vyjádření oponenta

Práce Ing. Františka Sedláčka představuje významný přínos v oblasti návrhu pružných spojek vyrobených z kompozitních materiálů. Předložená práce je komplexní. Kromě velkého množství experimentů a numerických simulací včetně složitých optimalizačních přístupů obsahuje i testy na skutečném výrobku. V předložené práci prokázal vysoké odborné znalosti v oblasti konstruování, mechaniky kompozitních materiálů, experimentálních metod a numerických simulací. Práce je napsána srozumitelně a jasně. Z předložené práce je zřejmé, že autor má nejen velmi dobré znalosti v daném oboru, ale je schopen provádět důležité

analýzy a vyvodit z nich potřebné závěry. Publikační činnost autora je velmi dobrá. Cíle disertační práce byly v celém rozsahu splněny. Vzhledem k výše uvedenému **doporučuji práci k obhajobě** a po jejím úspěšném proběhnutí udělit titul

„ doktor “

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized initials 'V. L.' followed by a horizontal line.

V Plzni, dne 15. 11. 2019

prof. Ing. Vladislav Laš, CSc.