

RECENZNÍ POSUDEK DIPLOMOVÉ PRÁCE

Diplomant: Bc. Jaroslav Beneš

Název práce: Experimentální a výpočetní charakteristika voštinových sendvičů s inserty

Škola: ČVUT Praha – Fakulta strojní
Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky - Odbor pružnosti a pevnosti

Obor studia: Strojní inženýrství, Aplikovaná mechanika

Recenzent diplomové práce: Ing. Bohuslav Cabrnch, Ph.D.

Posuzovaná práce obsahuje 109 stran včetně příloh. Po grafické stránce je práce pěkně zpracována. Po formální stránce práce obsahuje několik překlepů a celou řadu nepřesných formulací a technických popisů. Díky tomu jsou některé pasáže práce obtížně srozumitelné.

V úvodu jsou vymezeny cíle a členění práce. Náplní diplomové práce bylo experimentální a numerické ověření ohybové tuhosti sendvičů s kompozitními potahy a aramidovou voštinou a dále únosnosti a způsobu porušování závitových vložek vlepených do sendviče pro různé módy zatěžování.

V první části práce je uvedena definice kompozitů a sendvičových struktur, jejich historie, základní rozdělení a vlastnosti. Na tyto podkapitoly navazuje přehled způsobů zavádění osamělých sil do sendvičových konstrukcí. Popis současného stavu je proveden výstižně a přehledně, takže si lze po prostudování úvodní kapitoly vytvořit velice dobrý náhled do řešené problematiky. Vadou na kráse ovšem je občasné použití nesprávné terminologie.

Následující dvě části práce se zabývají návrhem a výrobou zkušebních těles a experimentálním zjišťováním jejich mechanických vlastností. Jsou zde popsány použité materiály, technologie výroby zkušebních vzorků, zkušební zařízení, postup měření a vyhodnocení výsledků. Velice oceňuji, že autor výrobu zkušebních těles prováděl sám. Takto si mohl udělat jasnou představu o reálných dimenzích zkoumaných konstrukcí. Zkoušky byly realizovány standardním způsobem v trhacím stroji pomocí zkušebních přípravků. Při zkouškách byly zjišťovány elastické vlastnosti kompozitních potahů navržených sendvičů a maximální síla potřebná na vytržení vložky ze sendviče i způsob porušení spoje.

Čtvrtá část práce obsahuje popis MKP modelů vytvořených v softwaru Hypermesh / Optistruct pro lineární výpočtové modely a v softwaru ANSYS Workbench pro nelineární výpočtové modely. Modelovány byly oba druhy zkušebních těles, včetně zatěžovacích přípravků. Modely jsou detailní a zahrnují i kontakty mezi zkušebním tělesem a zkušebním přípravkem. Spoje mezi vložkami a okolní strukturou, stejně jako spojení potahu s voštinovým jádrem je modelováno pomocí kohezních prvků. Porovnání výsledků numerických simulací a experimentálních měření bylo provedeno pomocí závislosti zátěžná síla – posuv příčnicku a způsobu porušování.

K práci mám následující poznámky, připomínky a doporučení:

- Při popisu zatěžování závitových vložek ve směru kolmo k rovině panelu se správně používá výraz vytržení vložky (tah) nebo vytlačení vložky (tlak). Při namáhání vložky v rovině panelu se pak jedná o smykové případně ohybové zatížení.
- Při smykovém namáhání vložek je zatížení přeneseno do sendviče hlavně otlačením hlavy vložky o potah sendviče. Proto se pro zvýšení únosnosti vložek ve smyku obvykle zvětšuje tloušťka potahu v daném místě.
- V práci je uvedeno, že měření deformací zkušebních vzorků bylo prováděno odečítáním posuvu příčnicku zkušebního stroje. Tento způsob měření deformací je obecně nepřesný a pro tento typ měření se používají jiné prostředky.
- V popisu porušení zkušebních těles je nesprávně použit výraz delaminace pro oddělení potahu od voštiny (angl. disbonding). Pojem delaminace se používá pro označení oddělení vrstev laminátu.
- Porovnání výsledků experimentů a výpočtů by si zasloužilo provést v samostatné kapitole. Tak, jak je to provedeno v předkládané práci, je poměrně nepřehledné. Dále bych uvítal souhrnné tabulky porovnávající změřené a vypočtené parametry zkoušených variant.
- V příloze autor zaměnil označení materiálových listů použitých prepregů. S tím pravděpodobně souvisí i to, že v popisu vzorků nekorespondují uvedené tloušťky potahů s použitými materiály.

Na diplomanta mám tyto dotazy:


- Zohledňoval diplomant při návrhu zkušebních vzorků hmotnostní (případně objemový) podíl pryskyřice v potahu? Tento parametr ovlivňuje velikost náplavu pryskyřice na voštině a tedy soudržnost potahu s voštinou.
- Vytvrzení zkušebních těles probíhalo v peci pod vakuem nebo v autoklávu s přetlakem?
- Jaký výpočetní model by diplomant použil pro simulaci chování celé konstrukce a jaký k odhadu únosnosti závitových vložek?

Celkové shrnutí a závěrečné konstatování

Závěrem lze říci, že práce má dobrou odbornou i grafickou úroveň. Diplomant prokázal dobré znalosti v oblasti modelování chování kompozitních materiálů pomocí MKP a experimentálního zjišťování materiálových parametrů, což vyplývá i z enormního rozsahu práce a řešení problematiky. Dle mého názoru by řešenou problematiku bylo možné zpracovat jako minimálně dvě samostatné diplomové práce.

Práce splňuje zadání a **doporučuji ji k obhajobě**. Navrhuji klasifikovat známkou **C** - dobře.

V Praze dne 22.1. 2016.


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