

Recenzní posudek bakalářské práce

Jméno autora: *Šárka Veselá*

Název bakalářské práce: *Numerický model šroubového spoje kompozitu*

Recenzent bakalářské práce: *Ing. Radek Kottner, Ph.D.*

Posuzovaná práce obsahuje 35 stran. V souladu se zadáním je logicky rozčleněna do 4 kapitol. Úvod, závěr a seznam použité literatury jsou uvedeny samostatně. Nechybí ani seznamy obrázků, tabulek a označení.

V úvodu autorka vysvětluje, proč se stále více používají kompozity. Zmiňuje se, že implementace kompozitních komponent do větších sestav bývá největším problémem a že nejčastěji se využívá spojů s pomocnými elementy. Na tomto základě je definován cíl bakalářské práce: vytvořit experimentálně ověřený numerický model šroubového spoje dvou kompozitních komponent, který by bylo možné použít pro vyšetření jeho únosnosti.

První kapitola je věnována kompozitním materiálům a pevnostnímu kritériu maximálního napětí.

Obsahem druhé kapitoly je přehled 3 druhů spojů s pomocnými elementy. Zmíněn je kolíkový a nýťový spoj. Hlavní pozornost je věnována šroubovému spoji. Kromě základní charakteristiky je zde vysvětlen i výpočet předepínací síly. Je škoda, že se autorka zabývala pouze obecnou problematikou spojů s pomocnými elementy a nevyhledala literaturu, která je zaměřena konkrétně na problematiku spojování kompozitů.

Hlavní těžiště práce je ve třetí a čtvrté kapitole, přičemž experimenty jsou popsány v kapitole třetí a model v kapitole čtvrté. Protože nebyly známy součinitele tření na stykových plochách spoje, nesloužily vlastní experimenty pouze k verifikaci modelu, ale na základě porovnávání experimentů a modelu byly tyto neznámé parametry také identifikovány.

Počet provedených experimentů je na bakalářskou práci poměrně velký. Při experimentech bylo dokonce využito digitální korelace obrazu. Pozornost byla věnována přeplátovanému spoji s jedním šroubem, který spojoval dvě laminátové desky s dvojitým vrstvením a navíc s různými vzdálenostmi šroubu od krajů desek. Zkoušky byly provedeny

s metrickými šrouby o průměru 6 a 8 mm. Experimenty včetně testovaných vzorků jsou dobře popsány. Škoda, že výsledným grafům nebyla věnována větší pozornost. Zasloužily by si lepší čitelnost.

Numerický model byl vytvořen parametricky, což je vzhledem k možným dalším analýzám velmi výhodné. Popsání vytvořeného modelu je bohužel velmi stručné. Tabulární zpracování porovnání experimentů a modelu je provedeno dobře, zajímavé by ale bylo i grafické zpracování, z kterého by byly lépe zřejmé např. vlivy geometrických parametrů desek na vlastnosti spoje.

V závěru autorka opakuje, co bylo v práci provedeno. Z vlastních závěrů práce se autorka správně vyjadřuje k chybě mezi experimentálně zjištěnou hodnotou síly prokluzu z numerické simulace vůči experimentální hodnotě. Je logické, že v tomto případě lze lepší shody těžko dosáhnout. Velmi přínosný je závěr, že kritérium maximálního napětí predikuje první porušení kompozitu při přibližně 42 % skutečné únosnosti spoje. Vzhledem k názvu práce v závěru chybí více doporučení k tvorbě numerického modelu. Přínosné by především bylo popsání použitých vazeb mezi částmi šroubového spoje, jejichž různý způsob definování musel mít významný vliv na výsledky a jejichž ladění muselo dát autorce dosti práce.

Připomínky a dotazy

- Str. 3: U jakého materiálu lze uvažovat, že má příčně izotropní vlastnosti?
U laminátu s různě orientovanými laminami?
- Str. 4: Vysvětlete předpoklady Kritéria maximálního napětí (zejména pojem „lineární napětí“).
- Str. 6: Vysvětlete, jak spoje s pomocnými elementy „přenášejí napětí“, a jak se „zatížení vstřebává do vrstvy lepidla“.
- Str. 8: Vysvětlete, jak lze montáž předepnutého spoje provádět „měřením v úhlu kroucení“.
- Str. 8: Je platnost Hookova zákona jedinou podmínkou pro to, aby byla lineární závislost síly na posuvu v montážním-pracovním diagramu?
- Str. 14: Vysvětlete pojem „maximální síla, která byla potřeba k překonání odporu, který šroub vyvolával“.

- Str. 24: Vysvětlete, jakým způsobem byly „verifikovány vzorky“ a proč jejich změna parametrů vyvolala potřebu připravit parametricky psaný skript.
- Str. 24: Vysvětlete, jak byla deska modelována „jako vícevrstvý solidový prvek“ a ostatní části spoje „jako jednovrstvý solidový prvek“.
- Str. 25: Jakým způsobem byla v modelu předepsána předepínací síla?
- Str. 25: Ukažte na obrázku v modelu předepsané okrajové podmínky. Kterým uzlům byly předepsány popsané posuvy?
- Obr. 4.1: Bylo by vhodné ukázat zejména síť prvků v okolí šroubu, která z tohoto jediného v práci uvedeného obrázku modelu není vůbec patrná.
- Jaké vazby (kontakty) byly definovány mezi jednotlivými částmi spoje?
- V jakém místě docházelo k prvnímu porušení dle modelu?
- V seznamu literatury chybí použité strojnické tabulky.

Závěr

Silnou stránkou práce je její experimentální část. Výsledky práce jsou velmi přínosné, i co se týče porovnání výsledků numerické simulace a provedených experimentů. Navíc je užitečné a bylo jistě pracné, že autorka vytvořila model parametricky. Bohužel ale nebylo věnováno dosti pozornosti interpretaci výsledků. Mnoho výsledných grafů je špatně čitelných a mnoho analýz by ještě s vytvořeným modelem a experimentálními výsledky mohlo být provedeno. Jinak je práce přehledná a nevyskytuje se v ní mnoho překlepů, i když je patrné, že nad některými výrazy autorka příliš nepřemýšlela (viz Připomínky a dotazy).

Studentka splnila všechny body zadání bakalářské práce. Na základě toho a výše uvedeného doporučuji práci k obhajobě a hodnotím ji známkou

„velmi dobře“.

V Plzni, dne 14.8.2015



Ing. Radek Kottner, Ph.D.