

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Kompozitní kování křídla sportovního letounu
Jméno autora:	Bc. Jan Grenar
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav letadlové techniky
Oponent práce:	Ing. Tomáš Kostroun
Pracoviště oponenta práce:	Ústav letadlové techniky, Fakulta strojní, ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	průměrně náročné
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání práce hodnotím jako průměrně náročné.	

Splnění zadání	splněno s většími výhradami
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Předložená práce splňuje s velkými výhradami jednotlivé body zadání. První rešeršní část je provedena poměrně důkladně byť ne bez drobných nedostatků. Student ale bohužel nedostatečně využil získaných poznatků pro další zpracování diplomové práce. Samotný konstrukční návrh vychází z obecného konstrukčního schématu vhodného spíše pro kovové podoby kování. Základní dimenzionální optimalizace je provedena nejdříve pro kování z hliníkové slitiny 6060-T6 na základě empirického výpočtu. Stejný, pro kompozit nepříliš vhodný, způsob výpočtu je následně využit i pro optimalizační výpočet hybridního kompozitového kování s využitím ekvivalentních hodnot pevnostních charakteristik. Ty jsou ale stanoveny bez uvážení vlivu tuhosti jednotlivých materiálů. Takto navržené dimenze kování jsou následně podrobeny MKP analýze a v případě kompozitového kování je následně upravena jeho tloušťka tak, aby splňovalo předpokládané požadavky. V práci není nikde jednoznačně uvedeno, jaké materiálové charakteristiky byly použity pro výpočet, stejně tak není popsáno aplikované zatížení a okrajové podmínky. Samotný výpočet kování zanedbává neosové složky zatížení. Metodou MKP je následně řešena i přechodová oblast mezi čistým kompozitem a hybridním kováním.</p> <p>Součástí pevnostní optimalizace hybridního kompozitového kování by dle mého názoru mělo být i optimalizace poměru kovové složky a kompozitové složky, nejen suché konstatování, že bylo použito 45% nerezové oceli a 55% jednosměrného uhlíkového kompozitu.</p>	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Zvolený postup práce je jen částečně vhodný. Využití empirického výpočtu, vhodného pro kovová provedení kování, k analýze hybridního kompozitového kování je značně zjednodušující a z mého pohledu v podstatě nepoužitelné. Stanovení pevnostních materiálových charakteristik hybridního kompozitu bez zahrnutí vlivu tuhosti pak nedává správné výsledky ani pro předběžný odhad. Samotný kontrolní MKP výpočet je proveden velmi zjednodušeným způsobem za použití 2D elementů a v práci nejsou uvedeny vstupní materiálové charakteristiky, způsob zatížení, okrajové podmínky a kritéria porušení kompozitu použitá pro tento výpočet.</p> <p>Samotná volba konfigurace kování není vhodná ani z technologického hlediska. Pro spodní kování hlavního nosníku jsou vrstvy kompozitu otočeny o 90° oproti vrstvám v pásnici a u závěsu pomocného nosníku se předpokládá využití jednosměrného kompozitu, i když je připojen na stojinu pomocného nosníku.</p>	

Odborná úroveň

F - nedostatečně

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Odborná úroveň předložené práce je na nízké úrovni. Poměrně kladné hodnocení si zaslouží pouze první řešeršní část práce, jejíž výsledky ale nejsou pro následující samostatnou tvůrčí práci příliš využity. Na několika stranách se student provedl rozbor možných koncepcí kování a jejich zatěžování, aby se následně rozhodl pro výpočet převzít zatížení z jiné práce (a to jen složku ve směru pásnic). Ačkoliv student uvádí, že převzal provozní hodnoty zatížení, tak v původní práci se jedná o hodnoty početní.

V následujících částech je proveden optimalizační výpočet kovové (6061-T6) a hybridního kompozitového (nerezová ocel a jednosměrný CFRP) kování pomocí empirických vztahů pro kovové závěsy, který se ale pro kompozitové kování vůbec nehodí a nedosahuje ani orientačních výsledků. V této kapitole jsou také stanoveny předpokládané materiálové vlastnosti hybridního materiálu pomocí směšovacího pravidla a to ve směru vláken a kolmo na ně. Bohužel hodnoty pevností jsou nesprávně stanoveny se zanedbáním vlivu tuhosti jednotlivých složek. Nesprávnost takto provedeného výpočtu se následně ukázala na kontrolním MKP výpočtu, kdy bylo třeba provést úpravu geometrie kování, tak aby splnilo na něj kladené požadavky. Ta byla provedena změnou jediného parametru, a to tloušťky kování (zvýšení cca 4x). MKP výpočet je dále doplněn o návrh a výpočet přechodové oblasti mezi hybridní a čistě CFRP částí. Samotný MKP je proveden jednoduchým způsobem pomocí 2D elementů bez využití kontaktních úloh. V práci není nikde jednoznačně uvedeno, jaké materiálové charakteristiky byly použity pro výpočet, stejně tak není popsáno aplikované zatížení, okrajové podmínky a zvolená kritéria porušení.

Součástí pevnostní optimalizace hybridního kompozitového kování by dle mého názoru mělo být i optimalizace poměru kovové složky a kompozitové složky nebo jednoznačné zdůvodnění použití poměru 45% nerezové oceli a 55% jednosměrného uhlíkového kompozitu.

V práci není nikde uveden výkres finální podoby navrženého kování (ani jiný 3D pohled), vše je spíše řešeno nepříliš vhodně pomocí slovního popisu.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

D - uspokojivě

Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.

Jazykovou a formální úroveň práce nehodnotím jako příliš podařenou. V celé práci je poměrně velké množství překlepů a formálních nedostatků. Autor se nedrží běžné terminologie užívané v daném oboru a ještě ji průběhu práce mění, což se projevuje na srozumitelnosti předloženého díla. V případě, že autor využívá převzaté grafy a obrázky z cizojazyčné literatury v česky psané práci, by dle mého názoru bylo vhodné provést jejich překlad nebo alespoň detailnější popis v textu práce.

Výběr zdrojů, korektnost citací

D - uspokojivě

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Pro první řešeršní kapitolu byla využita vhodná odborná literatura v dostatečném množství. Bohužel údaje z ní získané následně student příliš nevyužívá pro vlastní tvůrčí práci zaměřenou na návrh a pevnostní ověření kompozitního kování. Vzhledem k využití metod konečných prvků pro pevnostní výpočty kompozitních kování postrádám využití odborné literatury věnované této problematice. V neposlední řadě není v práci uveden použitý stavební předpis, podle kterého probíhal pevnostní výpočet.

Citace jsou ve většině případů provedeny korektně, jen u tabulky 11 chybí uvedení zdroje uváděných dat.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uveďte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Výsledné hodnocení je dáno především nízkou odbornou úrovní práce, ve které student využívá velmi zjednodušené a často nesprávné postupy. Celá pevnostní optimalizace spočívá pouze v návrhu předběžné geometrie pomocí nevhodné metody a následná úprava tloušťky kování pro splnění pevnostních požadavků. V práci chybí rozbor vedoucí k optimalizovanému objemovému poměru nerezové oceli a jednosměrného kompozitního materiálu spojených do hybridního kompozitu.

Student by měl v rámci obhajoby odpovědět na následující otázky:

- 1) Na základě čeho volil poměr mezi nerezovou ocelí a uhlíkovým kompozitem?
- 2) Jak je zamýšleno spojení spodního kování a spodní pásnice hlavního nosníku?
- 3) Co je myšleno materiálovou charakteristikou „únosnost“, která je často zmiňována v úvodní části práce?

Datum: 26.8.2020

Podpis: