

Posudek oponenta diplomové práce

studenta Bc. Jana Čapka

Návrh a analýza rámu horského kola z uhlíkového kompozitu

a) Úvod a komentář k tématu práce.

Téma práce je spojeno s praktickou aplikací a výrobou prototypu kompozitové varianty existujícího duralového rámu horského kola průmyslového výrobce. Cílem práce bylo provést rešerši přístupů a technologií výroby kompozitových rámu světových výrobců, diskutovat standardy zkoušení a ověřování dílů. Tvůrčím cílem bylo navrhnout, analyzovat skladbu uhlíkového kompozitu pro rám včetně provedení optimalizace návrhu z hlediska tuhosti i pevnosti. Je třeba konstatovat, že stanovené cíle byly na DP ambiciózní a náročné.

b) Zvolený přístup řešení.

Po úvodu a a vymezení cílů práce se autor zaměřil na rešerši způsobů zkoušení rámu kol na tuhost, pevnost i životnost. Výčet je komplexní a přehledný. Dále zmapoval základní technologie výroby kompozitových rámu s využitím dostupných literárních zdrojů i webových prezentací. Postrádám krátkou zmínku o stavu výroby v ČR. V další podkapitole probírá potřebné základy analýzy napjatosti a tuhosti kompozitních skladeb v základech klasické laminační teorie, kterou poté užívá v návrhových výpočtech. Ty realizuje s využitím MKP softwaru. Popisuje i na zkušebních příkladech testuje použití různých typů MKP elementů. Základními tvůrčími kapitolami jsou kap 4 a 5, které se věnují návrhu a MKP analýze kompozitového monokoku rámu a optimalizaci jeho uhlíkové skladby.

c) Dosažené výsledky, jejich přínos a možné praktické využití.

Diplomant odvedl velký objem prací. Oceňuji jasné definování předpokladů, řešení, požadavků na konstrukci i popis sestavení, zjednodušení a způsobu modelování skladeb kompozitu. Autor nenechává nic náhodě. Přehledně vymezuje zatěžovací případy (odpovídající předchozí analýze standardizovaných zkoušek), ověřuje výsledky pro různé typy elementů i porovnání výsledků pro různé typy vazeb (okrajových podmínek). Zajímá se o detaily napojení vrstev i koncentrátorů (radiusů přechodů z jedné do druhé trubkové části. Jako pevnostní kritérium zvolil Tsai-Wu hypotézu běžně využívanou pro laminované kompozitové sklady při použití literárních údajů mezi pevností i modulů pružnosti (bez experimentálního ověření). Výsledky kriticky diskutuje na konci kapitoly. Již tato část práce by byla pro DP dostatečným výsledkem. Autor jde však dále a v kapitole optimalizace se věnuje jak globální optimalizaci sklady kompozitních částí rámu pomocí genetických algoritmů, tak metodě lokální optimalizace cílové funkce gradientní metodou. Propojením optimalizačních modulů programu MATLAB a MKP softwaru Abaqus přináší velmi zajímavé výsledky dosažené optimalizací. I zde se přesvědčuje o správnosti zvolených požadavků (sestavění cílové funkce) a to porovnáním tří variant cílové funkce, zaměřené na tuhost, pevnost nebo jejich kombinaci. Přehlednou formou je schopen podat porovnání výsledků a srovnání různých variant v tabulkách výsledků, včetně diskuse zlepšení/zhoršení vlastností vůči referenční hodnotě. Na příloženém CD dokumentuje výpočtové soubory a zdrojové programy.

d) Formální záležitosti, vnější úprava, vzhled a přehlednost práce.

Práce je psána s logickou strukturou, s jasným výkladem cílů, postupů i diskuse výsledků a svědčí o vyspělé schopnosti diplomanta sdělovat výsledek. Nenašel jsem v ní ani prohřešky proti gramatice a stylistice. Autor uvádí odvolávky na použité zdroje

e) *Připomínky a dotazy*

- 1) Postup EFBe hodnotí tuhosti rámu v pětistupňové škále. Jak by diplomant navrhl zařazení a jak by hodnotil dosažené vypočtené tuhosti (pokud by byly experimentálně ověřeny) s požadavky cílové skupiny zákazníků – závodních sportovců?
- 2) V úvaze ekvivalence absorbované energie a potenciální energie zkušebního závaží při rázu u zkoušky předního nárazu kola (str. 33) autor uvažuje dráhu závaží bez uvažování deformace rámu. Jak by ovlivnilo tuto úvahu uvažování poddajnosti rámu (kolik činí dynamický součinitel „vlastní tíhy závaží“? – viz PP1- kap. def. energie při rázu).
- 3) Autor neuvádí srovnání hmotností duralového a navrženého kompozitového rámu. Existuje představa, zda došlo k úspoře hmotnosti?
- 4) V práci je uvedeno, že jako referenční ke kompozitové variantě byly uvažovány výsledky pro duralový rám. Výsledky duralové varianty jsem explicitně nenašel (možná přehlédl). Může autor hlavní tuhosti duralového provedení rámu porovnat s kompozitovým?
- 5) Při prezentaci výsledků optimalizace je třeba mít na zřeteli, že kompozitová varianta optimalizovala složení na pevně dané vnější geometrii CAD/MKP modelu rámu, který vycházel z duralového provedení. Připuštění změny vnější geometrie může v kompozitech znamenat přínos v tuhostech i pevnostech i při ekvivalentní nebo nižší hmotnost.

f) *Návrh známky diplomové práce*

Vzhledem k výše uvedenému doporučuji práci k obhajobě a navrhuji hodnocení

A- výborně

V Praze dne 24.ledna 2016

Jméno, pracoviště, podpis.



Prof. Ing. Milan Růžička, CSc.