

Oponentní posudek

na diplomovou práci Bc. Jana Brožka

“ Návrh uložení kola na nápravu pro autokrosový speciál Škoda Fabia S2000”

Předložená diplomová práce je věnována studiu, analýze a následnému vyřešení problému praskajícího stejnoběžného hřídele používaného na autocrossovém speciálu ford focus 4x4. Z maximální vozidlem přenositelné trakční síly byl zjištěn maximální kroutící moment působící na stejnoběžný hřídel na jednom kole. Tento údaj je poté použit k určení napětíových vztahů v hřídeli. Okrajovým tématem diplomové práce pak je návrh tvaru náboje kola a uchycení brzdového kotouče.

Práce je rozdělena do následujících kapitol:

- První kapitola je věnována vysvětlení provozních podmínek, ve kterých bude vozidlo používáno, a dále představení specifikace připravovaného závodního speciálu škoda fabia S2000.
- Druhá kapitola obsahuje teoretickou část seznamující čtenáře s problematikou drážkování hřídelů a šroubového spojení včetně výpočtových vztahů pro návrh drážkování na hřídeli a stanovení potřebného utahovacího momentu závitového spoje pro dosažení požadovaného osového předpětí.
- Ve třetí kapitole diplomant analyzuje a hledá řešení problému s praskáním stejnoběžného hřídele. Nejprve je výpočty zjištěn maximální kroutící moment na kole vozidla, jehož snížením o třecí poměry v uložení kola je zjištěn maximální kroutící moment působící na stejnoběžný hřídel. Trhovou zkouškou jsou dále zjištěny meze kluzu R_c a pevnosti R_m u materiálu použitého na současném provedení hřídele. Pro zjištění maximálního napětí v kritických místech hřídele je použita metoda konečných prvků v programu COSMOSWORKS 2009. Výsledky softwarové simulace průběhu napětí při zatížení hřídele vypočteným kroutícím momentem jsou zde vyhodnoceny s ohledem na zjištěné pevnostní vlastnosti materiálu. Diplomant se dále zamýšlí nad možnými konstrukčními změnami hřídele a vybírá variantu úpravy tvaru výběhu drážkování, kterého se dosáhne odlišnou výrobní metodou drážkování, tj. frézováním. Další změnou je pak volba vhodnějšího materiálu pro těžce namáhané hřídele, a sice oceli 16 720. Autor využívá programu COSMOSWORKS 2009 ve stejném nastavení také pro kontrolu napětí v upraveném hřídeli a vyhodnocuje jeho životnost dle normy ČSN 690010, která se díky aplikovaným změnám prodloužila z 9ti na 65 závodů.
- Ve čtvrté kapitole je pojednáno o předběžném návrhu náboje kola. Autor vybírá standardní těhlici z hořčíkové slitiny typu RB09 a pro ni určený náboj kola. Ten je upraven se zaměřením na co největší odlehčení při zachování pevnosti.
- Pátá kapitola se zabývá uchycením vzduchem chlazených kotoučů. Diplomant zde představuje běžně používané typy uchycení a předkládá vlastní návrh držáku brzdového kotouče.

- Diplomová práce je zakončena závěrem, seznamem použité literatury a zdrojů, seznamem použitých obrázků a seznamem použitého softwaru.

Práce je napsána srozumitelně, velikost jednotlivých kapitol je úměrná jejich významu. Po formální stránce (jazykové, terminologické, grafické) je předložená práce vypracována pečlivě, bez hrubých nedostatků. Zde bych pouze upozornil na:

- špatně uvedenou jednotku kroutícího momentu $M_{\max \text{ kr}}$ (N místo Nm) na straně 22 – jelikož v ostatních případech je jednotka kroutícího momentu uvedena správně, pokládám to za náhodnou spíše než systematickou chybu
- u F-v diagramu vyobrazeném v grafu 3.1 na straně 23 bych uvítal znázornění průběhu $F_{\max, ad}$ a označení všech úhlů stoupání v legendě, stejně jako seznam vstupních údajů potřebných k jeho sestavení.

Prováděné postupy výpočtů se shodují s postupy používanými v běžné praxi. Jediná výtká směřuje k výpočtu maximálního kroutícího momentu na kolo $M_{\max \text{ kr}}$. Zatížení jednotlivých kol vozidla se může a bude měnit se změnou dynamiky pohybu vozidla, tj. při průjezdu zatáčkou, akceleraci, deceleraci a při přejezdu nerovností. Z tohoto důvodu nelze uvažovat, že zatížení jednotlivých kol od váhy vozidla bude konstantní a rovnoměrně rozložené v každém okamžiku jízdy vozidla. Pro výpočet $M_{\max \text{ kr}}$ by se tedy měla použít síla zatěžující kolo ve statickém stavu povýšená o dynamické účinky.

Prosím proto diplomanta, aby při obhajobě podrobněji popsal vliv dynamických jevů na změnu rozložení hmotnosti vozidla na jednotlivá kola a následný vliv tohoto jevu na $M_{\max \text{ kr}}$.

Diplomant v práci skloubil praktické zkušenosti s teoretickými znalostmi načerpanými během bakalářského a magisterského studia a jejich správnou aplikací vyřešil hlavní úkol diplomové práce. Závěry plynoucí z analýzy softwaru simulovaného zatížení stejnoběžného hřídele jsou správné a zvolená řešení pomocí změny tvaru výběhu drážkování a změny materiálu hřídele jsou, vzhledem k určení a podmínkám použití hřídele, naprosto adekvátní.

Vzhledem k rozsahu potřebných znalostí a zkušeností potřebných k vytvoření této práce a k jejímu pečlivému zpracování a úpravě je zřejmé, že ji autor věnoval značné úsilí a mnoho času. Dynamické vlivy na rozložení hmotnosti vozidla na jednotlivá kola jsou v tomto případě nezanedbatelné a jejich rozbor, dle mého názoru, měl být součástí výpočtů. Nic méně koeficient bezpečnosti pro zvolená řešení problému se pohybuje kolem hodnoty 3,3, a tudíž nově navržený hřídel by namáhání s navýšením o účinky dynamických vlivů zcela jistě vyhověl.

Předložená práce dle mého názoru splňuje kritéria kladená na diplomové práce a hodnotím ji známkou **velmi dobře**.



Ing. Martin Kostinec
konstruktér mechanických systémů