

OPONENTSKÝ POSUDOK DOKTORANDSKEJ DIZERTAČNEJ PRÁCE

Názov témy diz. práce: New possibilities for gearwheels of automotive gearboxes
Autor: Ing. Ondřej Miláček
Školiteľ: doc. Dr. Ing. Gabriela Achtenová
Študijný odbor: Dopravní stroje a zařízení
Doktorský študijný program: Strojní inženýrství

Posudok bol vypracovaný na základe listu: Č.j. 175/12921/O/2023 prodekana FS ČVUT Praha, zo dňa 08.02.2023.

Faktografické údaje

Predložená dizertačná práca bola vypracovaná na Fakulte strojní ČVUT v Prahe. Samotná dizertačná práca obsahuje 121 strán textu vrátane 139 obrázkov, 15 tabuliek. V práci bolo použitých 44 literárnych prameňov, z toho v 9 je doktorand zároveň spoluautorom. Po formálnej stránke a grafickej úprave vyhovuje dizertačná práca požiadavkám kladeným na tento druh graduačných prác. Je rozčlenená do 10 kapitol, ktoré sú logicky členené a obsahovo vyvážené.

Aktuálnosť problematiky a obsahová náplň

Dizertačná práca sa zaoberá problematikou aplikácie PM materiálu v oblasti ozubených kolies určených pre automobilové prevodovky vyplývajúce zo snahy o nájdenie nového riešenia prevodoviek. Primárne sú kvantifikované požiadavky, ktoré by malo spĺňať nové riešenie a zároveň metódy, pomocou ktorých by to eventuálne mohlo byť dosiahnuté. Predpokladá sa synergický efekt navrhnutých postupov. V súčasnej dobe sa táto problematika javí vysoko aktuálna, hlavne z pohľadu energetického manažmentu vozidla.

Z pohľadu obsahu práce sú uvedené konvenčné spôsoby výroby ozubených kolies, druhy ozubení a ich charakteristické vlastnosti, ako aj spomenutá potreba nového riešenia v oblasti ozubenia. Sú popísané spôsoby testovania automobilových prevodoviek a skúšobný stend, na ktorom sa predpokladalo experimentálne overovanie navrhovaných ozubení s potrebnými úpravami. Je navrhnuté použitie asymetrického evolventného ozubenia do konceptu nového riešenia prevodoviek. Je presne definovaný tvar bokov zuba a postup, ako ho dosiahnuť podložený matematickým postupom. Je navrhnutý softvér, ktorý potrebné veličiny pre asymetrické ozubenie dokáže napočítať. Podrobne je popísaný postup prípravy vzoriek ozubených kolies s asymetrickým ozubením a postup testovania jednotlivých vzoriek pre dva rýchlostné stupne. Vyhodnotenie skúšobných vzoriek je zvlášť pre projekt HIP a zvlášť pre ozubenia vyrobené valcovaním.

Dosiahnutie cieľ a stanoveného v dizertačnej práci

Cieľom dizertačnej práce bolo aplikovať nové technológie (použitie materiálu PM v kombinácii s asymetrickým ozubením) v oblasti ozubených kolies určených pre automobilové prevodovky a určiť ich vplyv na trvanlivosť ozubenia. Tento cieľ bol zložený z dvoch častí. Prvá časť bola zameraná na aplikáciu technológie HIP na ozubenie so štandardnou symetrickou geometriou vyrobených trieskovým obrábaním. Nové v tomto prípade sa javí použitie HIP technológie na ozubené kolesá vyrobené PM. Táto časť úlohy je splnená.

Druhá časť sa zaoberá návrhom asymetrického profilu ozubeného kolesa za účelom zníženia kontaktných tlakov bokov zubov. Ozubené kolesá boli v tomto prípade vyrobené technológiou valcovania. Táto časť sa javí oveľa náročnejšia, pretože bolo potrebné vyvinúť softvér, ktoré asymetrické evolventné ozubenie spočíta. Na výrobe špeciálneho ozubenia boli zainteresované dve renomované firmy (švédská spoločnosť Högans AB a nemecká Profiroll Technologies GmbH). Keďže riešiteľský team pravdepodobne nemá

profesionálne skúsenosti s výrobou špeciálnych ozubení, bol odkázaný na dodávateľa. Pravdepodobne na tejto spolupráci vznikli komplikácie spojené s epidemiou Covid 19, ktoré zabránili naplneniu druhej časti práce. Napriek tomu si myslím, že s tým, čo doktorand mal k dispozícii, dokázal maximum.

Úroveň rozboru súčasného stavu problematiky riešenej v dizertačnej práci

Doktorand sa správne rozhodol pri výbere a použití výpočtových metód, spôsobe prístupu pri plánovaní experimentov a simulácii. Pozitívne hodnotím navrhnuté postupy pre splnenie cieľov dizertačnej práce, kde bolo potrebné vytvoriť aj niektoré špecifické meracie zariadenia, resp úpravy potrebné na dosiahnutie relevantných výsledkov ako aj tvorbu softvéru, ktorý dokáže navrhnuť a spočítať parametre symetrického aj nesymetrického evolventného ozubenia. Zvolené výpočtové metódy a spracovanie výsledkov boli zvolené správne. Viedli k výsledkom, s ktorými je možné pracovať ďalej.

Teoretický prínos dizertačnej práce

Na základe spracovania dizertačnej práce je možné konštatovať, že doktorand je s danou problematikou veľmi dobre oboznámený. Samotné závery riešenia potvrdzujú, že výsledky riešenia sú dostatočne presné a sú použiteľné aj pre praktické účely. Preukázal dostatočné vedomosti a zručnosti pri plánovaní experimentov, tvorbe ako aj príprave jednotlivých meraní. Preukázal schopnosť samostatne pracovať s výpočtovými a simulačnými programami a celkový prehľad v riešenej problematike.

Praktický prínos dizertačnej práce

Prínosom dizertačnej práce je súbor odporúčaní, poznatkov a postupov vedúcich k vytvoreniu nového prístupu pri tvorbe asymetrických ozubených kolies (celá kapitola 6). Navrhnuté postupy pri simulácii validačných modelov a simulácii zaťaženia automobilových prevodoviek sú použiteľné pre ďalšie variácie meraní. Autor samostatne uvádza prínosy svojej práce v krátkom zhrnutí v kapitole 8, s ktorými môžem súhlasiť. Zároveň poukazuje na ďalšie možnosti, ktorými by sa mohol výskum v tejto oblasti zaoberať.

Vhodnosť použitých metód riešenia

Použité metódy zodpovedajú náročnosti riešenej problematiky. Každý čiastkovej úlohe predchádza teoretický rozbor, kde sú vysvetlené základné pojmy, postupy a prípadné slabé resp. silné stránky. Do riešenia sú zapojené aj špičkové firmy a experimenty sú vykonávané na sériovo vyrábaných prevodovkách, aby sa eliminovali prípadné zjednodušenia náhradných modelov.

Spôsob aplikácie použitých metód

Použité metódy sú aplikované na zodpovedajúcej vedeckej úrovni a prispievajú k zvýšeniu celkovej úrovne dizertačnej práce. Nie je používaných zbytočne veľa teoretických úvodov, ktoré by odvádzali pozornosť čitateľa tejto práce. Je jasne zafinovaný problém a hneď k nemu spôsoby, ako by sa dal riešiť.

Preukázanie odpovedajúcich znalostí v danom odbore

Riešená problematika nie je jednoduchá. Je ťažko optimalizovať niečo, čo už bolo optimalizované. Bez základných vedomostí z odboru sa pri tejto riešenej problematike človek veľmi ľahko stratí v množstve premenných a faktorov, ktoré vplyvajú na správny chod ozubeného prevodu a jeho spoľahlivosť. Z textu práce nie je celkom jasné, do akej miery sa doktorand podieľal na tvorbe softvéru, potrebného na výpočet asymetrického evolventného ozubenia, ale samotný fakt, že sa podieľal na programovaní, dáva najavo jeho skutočný prehľad v riešenej problematike.

Formálna úroveň práce

Dizertačná práca je po stránke štruktúry spracovaná veľmi dobre. Jednotlivé kapitoly na seba logicky nadväzujú. Formálne spracovanie je tiež bez väčších nedostatkov.

Pripomienky k dizertačnej práci

- Na str. 4 na obr. 2-4 vľavo je postup valcovania uvedený v nemčine, práca je v anglickom jazyku, preto aj popis v obrázkoch by mal byť v angličtine;

- Na str.12 na obr.2-13 je uvedená závislosť „Flow Rate“ čerpadla s asymetrickým ozubením na čase. Možno by bolo lepšie na porovnanie uviesť aj časovú závislosť rovnakého čerpadla s priamymi zubami;
- Obrázky, na ktorých sú blokové schémy (5-27 a 5-28) a obrázok s prostredia LabView (5-25) sú pri uvedenom zväčšení nečitateľné;

Otázky na doktoranda

1. Aké sú cenové relácie spojené s výrobou ozubených kolies pomocou PM a plus HIP v porovnaní s konvenčnými metódami sériovej výroby ozubených kolies? Oplatí sa z pohľadu vyššej životnosti ozubených kolies PM ísť touto cestou?
2. Do akých rozmerov ozubených kolies uvedená technológia (PM) je použiteľná?
3. Na skrátenie testov bol zvýšený krútiaci moment. O akú hodnotu (v pomere k bežnému prevádzkovému zaťaženiu prevodovky) sa jednalo?
4. Je navrhnutý materiál PM, z ktorého boli vyrobené ozubené kolesá (Astaloy 85Mo) vhodne zvolený? Na str. 9 je uvedený údaj o použití kolies PM v prevodovke (bez HIP) a ich vyhodnocovaní po najazdení 200 000 km. Výsledky z experimentov ale pri vyššom zaťažovacom momente sa zdajú nízke oproti týmto hodnotám. Môžete to vysvetliť?
5. Percentuálne o aké zvýšenie radiálnych síl sa jedná pri použití asymetrického ozubenia (str.73)?

Záverečné zhodnotenie

Na základe vyššie uvedeného môžem konštatovať, že doktorand Ing. Ondřej Miláček spracovaním svojej dizertačnej práce na tému „New possibilities for gearwheels of automotive gearboxes“ preukázal veľmi dobré teoretické znalosti. Taktiež splnil ciele, ktoré boli dizertačnou prácou stanovené.

Pretože práca Ing. Ondřeje Miláčka spĺňa všetky požiadavky a podmienky, **odporúčam túto prácu k obhajobe** v danom študijnom odbore a po úspešnej obhajobe **k udeleniu vedeckej hodnosti PhD.**

V Košiciach 28.02.2023

prof. Ing. Jozef Kul'ka, PhD.
Oponent