



**Prof. Ing. Marián Dzimko, PhD., Katedra konštruovania a častí strojov,
Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita, Univerzitná 1, 010 26 Žilina**

Oponentský posudok dizertačnej práce

***„Experimentální studium utváření mazacích filmů za podmínek nedostatečného
zásobování kontaktu mazivem“***

predloženej

Ing. Davidom Košťálom
doktorandom Ústavu konstruování FSI VUT Brno

Školiteľ: **prof. Ing. Ivan Křupka, Ph.D.**

Oponentský posudok na predloženú prácu som vypracoval na základe schváleného návrhu menovania za oponenta a člena komisie pre obhajobu dizertačnej práce doc. Ing. Jaroslavom Katolíckym, Ph.D., dekanom FSI VUT Brno.

Faktografické údaje:

Práca má kompletne 137 strán, abstrakt, obsah, celkom 11 samostatných kapitol vrátane zhrnutia a záveru, zoznamu použitých skratiek a symbolov, 90 obrázkov a grafov a autor uvádza 74 literárnych prameňov z historického aj aktuálneho obdobia, dostupných knižne aj z internetu. Práca je doplnená o zoznam publikácií autora k danej problematike v počte 13, užitočných vzorov a funkčných vzoriek.

Rozsah práce a jej delenie na príslušné kapitoly považujem za primerané a logické. Predložená práca poskytuje koncentrovaný prehľad o súčasnom stave poznatkov z oblasti tribológie elastohydrodynamického kontaktu za podmienok nedostatočného zásobovania kontaktu mazivom a prináša nové originálne poznatky. Úvod do problematiky dopĺňa krátka analýza a vyhodnotenie poznatkov, ktoré sú uvedené zrozumiteľnou formou na stranách 10 - 40. Strany 46 až 119 prezentujú výsledky vlastnej práce doktoranda, ich získavanie, analýzu a zhodnotenie a strany 120 až 137 obsahujú bibliografické a štatistické údaje.

Význam a voľba témy dizertačnej práce

V oblasti uplatnenia tribológie je množstvo nevyriešených otázok a problémov, na ktoré hľadajú odpoveď vedci, praktici aj teoretici. V súčasnosti podľa International Tribology Council (ITC) vystupujú do popredia otázky tzv. „zelenej tribológie“. Po období expanzívneho rozvoja, kedy sa nebral ohľad na energetickú náročnosť a ochranu životného prostredia, nastáva vytriezvenie a šetrenie energie, zvyšovanie spoľahlivosti, predlžovanie technickej životnosti strojov a zariadení sa stáva prioritné.

Tribológia svojou vedeckou podstatou vytvára vstupy pre podporu existujúcich výrobných techník a technológií, ktoré sú úzko späté s priemyslom a materiálnou výrobou, potrebnou na zabezpečenie života moderného človeka.

Na základe uvedených skutočností konštatujem, že doktorand si pre tému dizertačnej práce zvolil aktuálny, vedecký, tribologický problém objasnenia a definovania príčin existujúcej úrovne trenia a opotrebenia, ktorý sa vyskytuje pri tribologických systémoch s nedostatočným mazaním.

Vlastná vedecká práca a dosiahnuté výsledky

Základnou podstatou dizertačnej práce, definovanou autorom v kapitole 4, je experimentálne štúdium vytvárania mazacích filmov v podmienkach nedostatočného zásobovania kontaktu mazivom metódami optickej interferometrie.

Doktorand uvádza: „Vzhľadom k rešeršnej časti je zřejmé, že v této oblasti je výrazná snaha o kvantifikaci úrovně hladovění. Parametr h_{oil} , označovaný jako tloušťka či množství maziva na vstupu kontaktu, může být jedním z možných a široce uplatnitelných způsobů.“

Deklarovaným hlavným cieľom je vyšetrovanie vplyvu hrúbky vrstvy maziva na vstupe kontaktu na hrúbku a distribúciu mazacieho filmu v EHD kontakte, pričom dôraz je kladený na možnosť tento problém experimentálne opísať a preukázať závislosť medzi úrovňou hladovania a hrúbkou vrstvy mazivá, ktorá vstupuje do kontaktu, nielen množstvom dávkovanej maziva.

Dosiahnutie cieľa je podmienené splnením čiastkových experimentálnych a teoretických etáp, uvedených na str. 43 dizertačnej práce, ktorými sú:

- Modifikácia experimentálneho zariadenia nevyhnutná pre opakovateľnosť merania.
- Návrh a výroba stierača mazivá pre potreby realizácie experimentov.
- Úprava povrchu testovaných vzoriek na požadovanú drsnosť.
- Stanovenie závislosti medzi množstvom dodávaného maziva a stupňom hladovania.
- Štúdium vplyvu vzájomnej vzdialenosti kontaktov - efekt spätného toku maziva do kontaktu.
- Zistenie pomeru delenia maziva medzi dva povrchy na výstupe kontaktu. Zistenie vplyvu sklzovo - valivého pomeru na tento parameter.
- Zistenie závislosti centrálnej hrúbky maziva a jeho distribúcia na hrúbke mazivá na vstupe kontaktu.
- Spracovanie výsledkov.
- Vyhodnotenie experimentov a zovšeobecnenie parametrov do formy bezrozmerných veličín.
- Porovnanie všeobecnej závislosti s teoretickým modelom a urobenie všeobecných záverov a nových, všeobecne platných pravidiel.

Vlastnú vedeckú výskumnú činnosť popisuje doktorand počnúc 5. kapitolou venovanou metódam a použitým materiálom, kde je podrobnejšie charakterizovaná experimentálna aparátúra a jej vlastná modifikácia, princípy merania, metódy merania: optická interferometria a fluorescencia, meranie vlastností mazív a charakterizovanie teoretickej časti venované predikcii parametrov experimentu, spracovaniu výsledkov, porovnaniu s teóriou doplnené o analýzu možností vzniku chýb.

Doktorand v 6. kapitole, ktorá je venovaná výsledkom a diskusii experimentálnych procesov a testov, kvantifikácii hladovania, slabým miestam navrhutej metódy z pohľadu autora, vplyvu vzájomnej vzdialenosti elementov na dopĺňovanie maziva, pomeru delenia maziva po priechode kontaktom, vplyvu hrúbky vrstvy maziva na vstupe do kontaktu na úroveň hladovania, vplyv parametra γ na závislosť h_{oil} od h_c , tvaru vstupného menisku a vplyvu chýb a ich analýze, výstižne prezentuje svoje vedomosti a zručnosti.

Kapitola 7 je venovaná celkovému záveru a sumarizovaniu dosiahnutých výsledkov.

Podľa mňa tvoria uvedené kapitoly č. 5, 6, 7 autorsky podstatnú časť dizertačnej práce a konštatujem:

- Predložená dizertačná práca sa zaoberá experimentálnym štúdiom pokročilého EHD kontaktu pri nedostatočnom zásobovaní mazivom a opisom procesov, ktoré tento dej sprevádzajú.
- Autor zhrnul na základe štúdia literatúry súčasný stav poznania v oblasti hladujúcich EHD kontaktov.
- Významné sú informácie o prácach, ktoré popisujú pohyb mazivá, resp. jeho vtekanie späť do valivej dráhy vytvorenej priechodom valivého prvku. Pri podmienkach, v ktorých dochádza k hladujúcemu kontaktu, je dôvodom väčšinou veľmi malé množstvo maziva.

Doktorand prezentuje výsledky v troch hlavných pojednávaniach, z nich „Doplňovanie maziva“ a „Pomer delenia mazivá“ boli študované najmä pre overenie platnosti formulovaných predpokladov a tretia časť: „Vplyv hrúbky maziva na vstupe na úroveň hladovania“ prezentuje výsledky, charakterizujúce správanie sa vyšetrovaného kontaktu v podmienkach hladovania, ktorých skúmanie bolo definované ako hlavný cieľ predloženej práce.

Hranicu medzi mazivom a okolitou atmosférou, ktorá vzniká v dôsledku nedostatočného objemu maziva na vstupe, nazývame vstupný meniskus a jeho poloha limituje priestor pre nárast tlaku, ktorý má významný vplyv na hrúbku mazacieho filmu. Pri nižších výsledných tlakoch je hrúbka mazacieho filmu menšia a tým dochádza k riziku opotrebenia funkčných povrchov. Poloha vstupného menisku teda môže byť parametrom definujúcim úroveň hladovania, ale na druhej strane, je veľmi citlivým parametrom, ktorý sa nedá využiť pre situácie, najmä vyšších úrovní hladovania.

Autor dizertačnej práce experimentálne potvrdil, že pre dané prevádzkové parametre správanie zodpovedá teoretickej predikcii a podarilo sa mu overiť množstvo maziva na vstupe, ktoré kontakt vyžaduje pre prevádzku v plne zaplavenom stave.

Mám zato, že praktický význam uskutočnených výskumných prác je očakávaný v novej rovine uplatnenia výsledkov experimentálnych riešení pri tribologickom navrhovaní konštrukčných prvkov a skupín, v práci je vidieť jednoznačné vedecké zameranie a je obsahovo orientovaná do sféry základného výskumu.

Výsledky práce plne potvrdzujú potrebu a oprávnenosť experimentálno-analytického prístupu k riešeniu tribologických závislostí a funkčností v tejto oblasti.

Pripomienky a otázky

Z hľadiska obsahu a členenia spracovávanej problematiky nemám pripomienky a priame otázky. Napriek tomu by som pri obhajobe privítal, keby doktorand mohol zaujať stanovisko k otázkam tribologického charakteru súvisiacimi v širšom zábere so skúmanou problematikou a prezentovať jeho názory:

Otázky:

1. Akým smerom sa budú vyvíjať hranice zaťažiteľnosti mazaného Hertzovho kontaktu pri rovnakých materiáloch dvojice, ale rozdielnej viskozite maziva pri konštantnej vonkajšej teplote kontaktu?
2. Ako sa môže prejaviť významný nárast teploty pri opakovane zaťaženom kontakte?

Názor:

1. Možno pri hladujúcom kontakte reálne očakávať dotyk tuhých telies?
2. Aké mechanizmy opotrebenia sú v kontakte s hladovaním možné?

Formálne spracovanie dizertačnej práce a téz

Doktorand venoval predloženej práci náležitú pozornosť a prácu možno označiť po formálnej stránke za štandardnú. Konštatujem, že grafická úprava je technicky prijateľná a taktiež pozitívne dopĺňa celkový dojem z predloženej práce. Istá nedôslednosť je však viditeľná pri tvorbe „Obsahu“, kde autor uvádza iba kapitoly po druhú úroveň, pričom v texte je delenie podrobnejšie. Gramatickú stránku si nedovoľujem hodnotiť.

Predloženú skrátenú verziu dizertačnej práce, vlastné tézy dizertačnej práce považujem za obsahovo vyvážené a vyhovujúce a konštatujem, že sú v súlade so smernicou rektora VUT. Umožňujú rýchle získať prehľad o dosiahnutých výsledkoch, sú logicky členené a v koncentrovanej forme prezentujú dosiahnuté výsledky uvedené v dizertačnej práci.

Záver

Riešenie problematiky opotrebenia a trenia vo vysokozaťažovaných mazaných kontaktoch patrí do zaujímavej oblasti tribologického výskumu a konštatujem, že doktorand zvládol experimentálnu aj teoretickú časť štúdia. Preukázal taktiež svoje schopnosti tvorivo, odborne a vedecky pracovať nielen individuálne, ale aj v rámci kolektívu.

Predložená dizertačná práca:

Experimentální studium utváření mazacích filmů za podmínek nedostatečného zásobování kontaktu mazivem “

a v nej popísané dosiahnuté výsledky vlastnej práce získané počas interného doktorandského štúdia

pána **Ing. Davida Košťála**

umožňujú konštatovať, že ciele stanovené na začiatku doktorandského štúdia boli splnené a boli prezentované vedeckej a odbornej komunite v dostatočnom počte a kvalite publikačných výstupov.

Na základe vymenovaných skutočností

odporúčam

po úspešnej obhajobe doktorandovi **Ing. Davidovi Košťálovi** udeliť hodnosť Ph.D.

V Žiline 30. októbra 2015

prof. Ing. Marián Dzimko, Ph.D.