

Oponentský posudek doktorské disertační práce.

Název práce : **Využití povrchových akustických vln pro monitorování mazací vrstvy mezi valivými elementy a dráhou ložiska**

Autor : Ing. Jakub Chmelař

Rozsah práce : 141 stran

Datum vydání : 2019

Autor posudku : prof. Dr. Ing. Miloš Němček, VŠB-TU Ostrava

Posudek byl vypracován na žádost prof. Ing. Tomáše Jirouta, Ph.D., proděkana pro vědeckou a výzkumnou činnost fakulty strojní ČVUT v Praze.

Aktuálnost zvoleného tématu

O aktuálnosti řešené problematiky není pochyb. Klasickou diagnostikou ale rovněž i online diagnostikou uložení s valivými ložisky strojů a dopravních prostředků se zabývá řada pracovišť. Jak univerzitních, tak i výzkumných pracovišť v průmyslu. Zařízení, která využívají valivá uložení, jsou velmi výkonná a efektivní, jejich údržba je však drahá a každé vyřazení stroje (vozidla) z provozu se dále násobně prodražuje. Klasické postupy údržby tím pádem nejsou efektivní a hledají se cesty tzv. online diagnostiky kritických uzlů. Tyto vyspělé metody mohou s předstihem identifikovat problém třeba v uložení a tím lze předejít značným výpadkům při dlouhodobém vyřazení z provozu. Z toho plyne aktuálnost autorem zpracovaného tématu.

Cíle doktorské práce

Hlavní cíl práce – vývoj a ověření metody sledování mazacího filmu mezi valivými elementy a dráhou ložiska prostřednictvím monitorování charakteristik šíření aktivně buzených povrchových akustických vln. Tento cíl se jevil jako velmi odvážný a obtížný jak z teoretického hlediska, tak i z hlediska praktické aplikace.

Hlavní cíl práce vyvolal potřebu přípravných studií a experimentů. To jsou dílčí cíle této práce:

- tvorba matematického modelu ložiska a mazaného kontaktu,
- vytvoření mapy provozních mazacích režimů ložiska,
- konstrukce zkušebního stendu ložisek,
- provedení experimentů pro sledování mazací vrstvy v ložisku pomocí akustických povrchových vln,
- návrh vyhodnocení a interpretace těchto měření.

Vlastní práce

V úvodu autor přehledně popisuje řešenou problematiku. Uvádí přehled typických poruch u valivých ložisek a provádí přehled zatížení kritických míst. Rovněž seznamuje se současným stavem diagnostiky v oblasti valivých ložisek.

Následuje kvalitní model ložiska a EHL mazací vrstvy pro valivý kontakt. Tato část je poměrně náročná, ale autor dokázal srozumitelně prezentovat svoji práci v této oblasti. Je vidět, že autor nemá problém s efektivním využitím numerických metod. Na celé řadě obrázků a tabulek pak ukazuje zajímavé výstupy. Zde odvedl velký kus práce. Součástí kapitoly je i validace důležitých částí vlastního modelu (*Kissoff*).

Poté následuje návrh experimentu s využitím těchto modelů. Velmi dobře si autor poradil s nedostatkem technických údajů pro testované ložisko. Výsledkem je opět řada obrázků a tabulek. Jsou hodnotné jak z vědeckého, tak i z praktického hlediska (např. obrázky 6.18, 6.19 aj.).

Závěrečná kapitola se věnuje hlavní náplni této práce – experimentálnímu snímání mazací vrstvy prostřednictvím povrchových akustických vln. Po teoretickém úvodu autor popisuje jeho vlastní návrh na praktické využití těchto vln při online diagnostice konkrétního ložiska. Nezůstal však pouze u návrhu, ale opět zkonstruoval zařízení pro tento typ diagnostiky a ověřil ho i prakticky. Rovněž zde lze nalézt řadu velmi zajímavých výstupů.

Metody použité v práci

Doktorand se velmi dobře osvědčil při vytvoření modelu ložiska a EHL mazací vrstvy pro valivý kontakt. Bez problémů využil možností prostředí *GNU Octave* pro řešení systému diferenciálních rovnic. Velmi cenné jsou oba experimenty. Jsou náročné na pracnost i přesnost provedení. Své teoretické výstupy správně validoval.

Výsledky doktorské práce

Z formálního hlediska je disertační práce správně členěna. Vlastní postup tvorby je názorný a přehledný. Autor se vyjadřuje jasně a srozumitelně. Obrázky jsou přehledné. Mezi hlavní přínosy pro teorii a praxi lze zařadit:

- velmi kvalitní popis současného stavu řešené problematiky (včetně GBLM),
- dobře použitelný model valivého ložiska,
- vytvoření matematického modelu ložiska a EHL vrstvy na vysoké úrovni,
- efektivní aplikace *GNU Octave*,
- dva experimenty s praktickou využitelností.

Dosavadní publikační činnost autora

Jak plyne z rozsáhlého seznamu publikací, uvedeném na konci práce, doktorand aktivně pracuje hlavně v oblasti problematiky valivých ložisek. Tato jeho činnost je vyjádřena v jeho devíti publikacích v oboru. Tento počet je zcela vyhovující u studentů doktorandského studia.

Připomínky k práci

Vlastní práce má nezvykle velký počet kapitol a podkapitol (cca 110). Celkově je v práci minimum překlepů. Některé uvádím:

- na str. XIX je rozměr hustoty maziva neodpovídající použitému v práci,
- v seznamu symbolů chybí kinematická viskozita (v práci použity dvě různé označení),
- na str. XXI je použita angličtina (*page 44*),
- v řadě případů použito *Reynoldsovi* namísto *Reynoldsovy* (str. 26, 49, 50, 51, ...),
- na str. 21 ...*Fourierovi*..., ...*výzkum laboratorních podmínkách*...,
- na str. 29, obr. 5.1 chybně označená rychlost otáčení klece,
- na str. 30, tab. 5.1 místo f_{BPI} a f_{BPO} má být f_{BPI} a f_{BPFO} ,
- na str. 32, footnote patří na str. 31,
- často je použito *měřící* ... místo *měřicí* ...,
- na str. 64 ...*Reynoldsovou rovnic*...,
- na str. 66, tab. 6.1 místo P_{CD} má být D_{PW} .

Dotazy k obhajobě

- 1) Jaký je správný fyzikální rozměr koeficientu teplotní roztažnosti α_T uvedený v seznamu, je tento součinitel závislý na teplotě?
- 2) Ložisko po rozebrání k měření už nelze použít pro experiment?
- 3) Jak relevantní je balík software *Kissoft* pro valivá ložiska použitý pro validaci?

Závěr

Z předložené disertace je vidět, že autor odvedl značný kus práce. Všechny vytčené cíle splnil. Práce je přehledná a dobře čitelná, vhodně doplněná obrázky a tabulkami. Doktorand prokázal své znalosti nejen při tvorbě kvalitního modelu, ale i při efektivním využití potřebného software pro numerická řešení a validace svého modelu. Nejcennější je ovšem aplikace a využití monitorování charakteristik šíření aktivně buzených povrchových akustických vln pro online stanovení stavu EHL vrstvy valivého ložiska. Toto bude určitě velkým přínosem v oboru.

Protože doktorand v předložené práci splnil podmínky dané zákonem č. 11/1998 Sb. o vysokých školách

doporučuji,

aby Ing. Jakubu Chmelařovi bylo umožněno doktorandskou disertační práci obhajovat a po úspěšném obhájení mu byla udělena vědecká hodnost Ph.D. ve studijním oboru „Konstrukční a procesní inženýrství“.

V Ostravě dne 2.1.2020

prof. Dr. Ing. Miloš Němček