



POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

SLOVNÍ HODNOCENÍ

Autor DP: DANIEL DIVÍŠEK

Název DP: MODEL TEPLOTNÍCH DEFORMACÍ STROJE A FRÉZOVACÍHO NÁSTROJE
ZOHLEDŇUJÍCÍ VLIV ŘEZNÉHO PROCESU

Oponent DP: ING. LUKÁŠ HAVLÍK

Osnova:

1. Přístup studenta k řešené problematice a zvolený postup řešení
2. Dosažené výsledky, jejich přínos a praktické využití
3. Grafické zpracování (úprava) a přehlednost práce
4. Připomínky k diplomové práci
5. Otázky na studenta k zodpovězení u obhajoby
6. Závěrečné hodnocení

1. Přístup studenta k řešené problematice a zvolený postup řešení

Přístup studenta k řešené problematice je věcný a poměrně komplexní a zvolený postup řešení metodicky správný.

V úvodu diplomové práce je definován její cíl, následuje stručný popis problematiky termomechaniky ve vazbě na obráběcí stroje, zejména popis zdrojů tepla a způsobů jeho šíření. Jsou zmíněna negativa tepelného působení v rámci obráběcího stroje a následně jsou uvedeny možnosti eliminace tohoto působení – ať již vhodnou konstrukcí obráběcích strojů (symetrie skeletu, resp. zdrojů a propadů tepla), nebo použitím softwarových kompenzací zejména lineárních os (pro kompenzaci posunutí mezi nástrojem a obrobkem vlivem tepelného ovlivnění skeletu stroje). Následně jsou popsány experimenty, ze kterých vychází zpracovávaná data a dále již následuje popis vlastní výzkumné práce – tvorba a hodnocení softwarových kompenzačních modelů na bázi přenosových funkcí. Na závěr dochází ke shrnutí a vyhodnocení jednotlivých modelů.

Student se drží předepsaného zadání, je dodržen (resp. mírně překročen) i doporučený rozsah práce.

2. Dosažené výsledky, jejich přínos a praktické využití

Dosažené výsledky v zásadě odpovídají typu práce. Dále jsou zásadně ovlivněny tím, že zdrojová data pochází z předchozí výzkumné činnosti a nelze je již nijak ovlivnit ani rozšířit. Praktické využití výsledků, jak již název napovídá, je záležitostí praxe. Jen ta může najít odpověď na tuto otázku. Teprve reálným nasazením vítězného kompenzačního modelu na produkčním stroji ve výrobním podniku se zjistí jeho tzv. robustnost. Tedy odolnost a úspěšnost kompenzačního modelu na variantnost různých vstupních podmínek, od konkrétních reálných podmínek, různé geometrie nástroje (včetně otázky opotřebení), obráběného materiálu (zásadní rozdíl mezi automatovým a leteckým hliníkem, resp. slitinou hliníku), okolního prostředí stroje, až po nezanedbatelný vliv konkrétní obsluhy stroje, resp. technologa vlastního rezného procesu.



Zcela samostatnou otázkou přínosu a praktického využití výsledků této práce tvoří fakt vysoce nestandardního chování vřetene stroje, které může mít zásadní vliv na aplikaci daných výsledků. Více k tomuto - viz bod 4.

3. Grafické zpracování (úprava) a přehlednost práce

Grafické zpracování práce je v zásadě bez připomínek a přehlednost práce je velmi dobrá. I přesto se v předložené diplomové práci vyskytují některé lingvistické a drobné faktické prohřešky.

Str. 10, plošná hustota tepelného toku nemá žádné jednotky? Str. 17, poslední věta lépe vyzní ve tvaru „V oblasti mezi body B a D vzniká teplo z důvodu tření mezi hlavním hřbetem nástroje a přechodovou plochou obrobku“. Str. 18, druhá polovina hlavního odstavce: co největší úhel hřbetu znamená nevyhnutelně zmenšení úhlu čela, resp. břítu nástroje, což má zase svá negativa (zejména snížení pevnosti břítu). Obr. 2 by bylo vhodné (shodně s obr. 1) otočit o 90° proti směru hodinových ručiček. Na str. 19, v rovnici (6) za prvním rovnítkem chybí násobení časem. První věta bodu 3.4 (str. 19) ... spolu se silou ... jakou silou? Poslední věta tohoto odstavce: Proces minimalizace má následující (lépe) možnosti; pojem fáze znamená posloupnost a aplikaci všech kroků (což nemusí být nezbytné). Následně výčet jednotlivých možností: Konstrukční (lépe) opatření/Návrh pasivního chlazení/Kompenzace teplotních deformací (nestačí napsat jen kompenzace). První věta bodu 3.4.1 ... teplo se šíří (lépe) symetričtěji. První věta bodu 3.4.2 ... jak minimalizovat teplotní chyby je (lépe) řízené sdílení tepla mezi jednotlivými částmi stroje., resp. částmi stroje a jeho okolím. První odstavec, str. 23 ... kterými protéká voda nebo olej a ochlazuje konstrukci (přidáno), resp. jí teplotně stabilizuje. V prvním odstavci str. 24 by byla vhodná zmínka o klimatizovaném prostoru pro práci stroje. První věta bodu 3.4.3 (lépe) Kompenzace v tomto pojetí je děj, při kterém dochází k minimalizaci teplotních chyb pomocí vhodného nastavení ... V posledním odstavci str. 24, by byla vhodná poznámka, že použití měřících sond inprocesně (tedy během řezného procesu) má zejména při víceosém frézování (např. obecných ploch forem pro vstříkování) nevýhodu v možném vzniku stop po nástroji, resp. v nespojitosti obráběných ploch před a po měření sondou, resp. po kompenzačním zásahu. První věta na str. 25 ... z matematického modelu. Jakého modelu? Druhý odstavec str. 28 řádek 3 ... vstupem není teplo, ale teplota. Str. 29, třetí odrážka, poslední slovo: optimalizací? Poslední věta str. 31, ... měření deformace osy Z ... ve skutečnosti jde o měření relativního posunutí mezi vřetenem (nástrojem) a stolem obráběcího stroje (místem upnutí obrobku). Str. 34, obr. 14 je poměrně nepřehledný. Str. 35, začátek posledního odstavce ... z konstrukční oceli, nebo slitiny hliníku. Chybí bližší označení materiálů – viz připomínka v bodě 2. Str. 37, obr. 19 chybí zobrazení *delta z obrobek*. Str. 41, první odstavec, důvodem zahřívacího cyklu vřetena není „zahřátí všech mechanismů a motorů“, ale téměř výlučně řízený ohřev ložisek vřetena. V bodě 5.3 (v grafu) je uveden P_{max} , v bodě 5.4 P_{limit} . Je mezi nimi rozdíl, resp. označují jedno a to samé? Bod 7.1 a první odstavec bodu 7.1.1 uvádějí totéž. Obr. 41, 2x „nahore vlevo“. Nejsou náhodou obrázky 44 a 45 identické? Neměla by modrá křivka na obr. 58 souhlasit s červenou křivkou na obr. 28? Str. 90, bod 9, konec první věty: spíše než „způsoby jeho eliminace“ napsat „a způsobům eliminace deformací v důsledku tohoto chování“ (neeliminujeme teplotní chování, ale jeho negativní důsledky). Tentýž bod, první věta druhého odstavce: neexistují pouze tři způsoby eliminace teplotních chyb, proto by bylo vhodnější napsat: „Jsou popsány tři nejpoužívanější způsoby minimalizace teplotních chyb“.

4. Připomínky k diplomové práci

Kromě víceméně drobných, většinou stylistických, výše uvedených chyb, tak se v předložené práci vyskytuje fenomén, bez jehož důkladného objasnění mohou být výsledky této práce



přinejmenším zpochybnitelné. Tímto jevem je zasouvání (zejména) nástroje do sestavy vřetene při jeho tepelné expozici. Shodně s tímto se toto neděje při tzv. Aircuttingu, kdy nevzniká žádná dominantní tepelná expozice od řezného procesu. Tato anomálie je vysoce nestandardní, a pokud chybí data pro její věrohodné zpětné rozklíčování, bude pravděpodobně nevyhnutelné experimenty zopakovat, a to tak, aby mohl být tento jev dostatečně objasněn.

Důvodů tohoto chování může být více, od (v práci) zmíněného hromadění třísek na stole obráběcího centra, dále pak možnou systematickou chybou v experimentech, usazujícím se hliníkovým prachem na nástroji, čelu vřetena, snímačích, s jeho občasným odstraněním proudem okolního vzduchu, nebo odstředivou silou, dále pak možným netypickým technickým provedením a managementem chlazení, až po použití nestandardně sofistikované vřetenové jednotky s možnou interní kompenzací teplotních dilatací. Nezvyklé jsem rovněž skoky (resp. zvlnění) měřených deformací v toleranci až 20um (a to na čidlech s rozlišením 1um).

5. Otázky na studenta k zodpovězení u obhajoby

1. Jak si vysvětlujete právě tyto, výše uvedené skoky měřených deformací?
2. V prvním odstavci bodu 3.3 uvádíte: "Na teplo se přemění téměř všechna mechanická práce...". Kam se ztrácí zbytek této práce, resp. energie?
3. Obr. 23: proč výkon vřetenové jednotky obsahuje takový šum, resp. takové špičky?
4. Tab. 3: Jak si vysvětlujete v podstatě trojnásobný rozdíl mezi predikovanou a naměřenou hodnotou výkonu?

6. Závěrečné hodnocení

Předložená diplomová práce obsahuje všechny potřebné znaky tohoto typu práce, tedy definici zadání, úvod do problematiky, vlastní řešení, závěr nad výsledky práce i nutné přílohy. Je věcná, a je zpracována systematicky a přehledně.

Cíl práce - tedy vytvoření matematického algoritmu pro kompenzaci teplotních deformací se zahrnutím vlastního řezného procesu, byl splněn. Jeho úspěšnost a robustnost je už otázkou jeho praktického nasazení, což ale není předmětem této práce.

Prohlášení:

Diplomová práce splňuje zadání a doporučuji ji k obhajobě.

13.8.2021

.....
Datum

.....
Podpis oponenta

Kontakt na Oponenta:

Ing. Lukáš Havlík
KOVOSVIT MAS Machine Tools, a.s.
nám. T. Bati 419
391 02 Sezimovo Ústí
havlik@kovosvit.cz



POSUDEK OPONENTA DIPLOMOVÉ PRÁCE

NÁVRH KLASIFIKACE

Autor DP: DANIEL DIVÍŠEK

Název DP: MODEL TEPLOTNÍCH DEFORMACÍ STROJE A FRÉZOVACÍHO NÁSTROJE
ZOHLEDŇUJÍCÍ VLIV ŘEZNÉHO PROCESU

Oponent DP: ING. LUKÁŠ HAVLÍK

NÁVRH KLASIFIKACE:

Jednotlivá hlediska zpracování diplomové práce navrhuji klasifikovat¹:

| Hlediska hodnocení | A (1) Výborně | B (1,5) Velmi dobře | C (2) Dobře | D (2,5) Uspokojivě | E (3) Dostatečně | F (4) Nedostatečně |
|---|------------------|------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| Splnění požadavků a cílů | x | | | | | |
| Odborná úroveň práce ² | | x | | | | |
| Pracnost a variantnost řešení ³ | | | x | | | |
| Úroveň seznámení se stavem problematiky ⁴ | x | | | | | |
| Uspořádání a úprava, jazykové zpracování ⁵ | | x | | | | |

Diplomovou práci navrhuji klasifikovat známkou⁶:

| A (1) Výborně | B (1,5) Velmi dobře | C (2) Dobře | D (2,5) Uspokojivě | E (3) Dostatečně | F (4) Nedostatečně |
|------------------|------------------------|----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | x | | | | |

13.8.2021

.....
Datum

.....
Podpis oponenta

¹ Hodnocení označte X v příslušném políčku klasifikačního stupně.

² Hodnocení odborné úrovně práce by mělo zohlednit i množství a vážnost chyb vyskytujících se v práci.

³ Hodnocení pracnosti by mělo zohlednit podrobnost zpracování (např. konstrukční nebo výpočtové) vlastního řešení, více variant vlastního řešení nebo zpracování většího objemu naměřených dat.

⁴ Hodnocení úrovně seznámení se stavem problematiky by mělo zohlednit zaměření rešerše na řešenou problematiku a využití tuzemské a zahraniční literatury a ověřených informačních zdrojů.

⁵ Hodnocení uspořádání a úpravy by mělo zohlednit logiku členění práce do kapitol, grafickou podobu a celkovou úpravu práce, množství pravopisných chyb a celkový styl vyjadřovacího projevu.

⁶ Výslednou klasifikaci stanovte jako aritmetický průměr hodnocení s přihlédnutím k celkové úrovni práce.