

Posudek disertační práce

Doktorand: Ing. Jiří Drobílek
Název práce: Samobuzené kmitání v obráběcích strojích
Školitel: doc. Ing. Pavel Bach, CSc.
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Konstrukční a procesní inženýrství
Pracoviště: Ústav výrobních strojů a zařízení
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní
Rozsah práce: 115 stran základního textu, 77 obrázků, 2 tabulky, 67 odkazů na použitou literaturu, k tomu navíc 6 odkazů na firemní literaturu. Doktorand uvádí také seznam 7 vlastních publikací.

Aktuálnost zvoleného tématu

Doktorandská práce se zabývá dynamikou řezného procesu. Jeho modely se sestavují desetiletí a podle úrovně měřicí techniky se znalosti zákonitostí tohoto procesu prohlubují. V souladu s potřebami praxe se zpřesňují metody predikce stability mikropohybů řezného nástroje, což má důležitý význam pro kvalitu povrchu obrobku. Za hlavní část disertační práce považují experiment s vyhodnocením, který je popsán ve druhé polovině práce.

Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky

Důkladný rozbor současného stavu poznání je obsažen na 70 stránkách textu. Cíle práce jsou formulovány až na stránce 78, přičemž popis současného stavu za definici cílů dále pokračuje. Krok za krokem jsou uváděny poznatky z literatury a zkušenosti pracoviště doktoranda, popřípadě Výzkumném ústavu obráběcích strojů a obrábění (VÚOSO). První pokusy řešit stabilitu řezného procesu začaly v Československu v 50. letech ve VÚOSO, jmenovitě techniky J. Tlustým a M. Poláčkem, kteří definovali problém jako kmitání nástroje modelovaného jako soustředěná hmota, která je zavěšena v prostoru na dvou pružinách (obr. 5, str. 17).

Připomínky a poznámky k textu disertační práce

Pohyb modelového systému v rovině lze popsat dvěma nelineárními pohybovými rovnicemi. Budící síla je řezná síla, která zjednodušeně závisí na řezném odporu a tloušťce třísky. Tato tloušťka třísky se může periodicky měnit (inner a outer modulace), což způsobuje parametrické buzení kmitání řezného nástroje. Předpokládáme, že pohybové rovnice je možné pro malé amplitudy linearizovat. Úloha vede na matici hmotnosti a tuhosti o rozměru 2×2 . Počet vlastních čísel a vlastních vektorů je roven 2. Vlastní frekvence jsou tedy dvě a k nim přísluší dva vlastní vektory, z nichž každý má dva prvky. Vlastní vektor určuje pro každou vlastní frekvenci obecně obálku kmitů, tj. v daném případě pro každý z obou směrů kmitání jedné hmoty. Pro netlumené kmitání této hmoty v rovině půjde o kmity na dvou frekvencích ve dvou směrech o amplitudě dané velikosti příslušné složky vlastního vektoru. Hmota se obecně bude pohybovat pro každou vlastní frekvenci po elipse. Označení „tvar kmitů“ se hodí pro nosníky nebo plochy, atd.. Úloha k řešení je jednoduchá oproti nosníkům a deskám, a proto použití označení „tvar kmitů“ by mohl doktorand více promyslet.

Jak již bylo zmíněno výše, na řezný nástroj působí síla, která se podle předpokladu periodicky mění. V tomto případě vzniká parametrická rezonance, jak vyplývá z prací Aleše Tondla a Ladislava Půsta. Považuji za rozumné začít s experimentem a na základě naměřených výsledků hledat dostatečně jednoduchý a zároveň přesný model.

Linearizovaná soustava je čtvrtého řádu, a proto může být systém nestabilní i pro běžné (obvykle kladné) velikosti parametrů modelu. Jako velmi vhodné považují pro popis pohybů použití komplexních čísel (obr. 6). Mez stability je maximální přípustná tloušťka třísky pro danou řeznou rychlost.

Pro lepší srozumitelnost také doporučuji vysvětlit, co je vstupem a výstupem pro přenosovou funkci (14), jako například u vzorce (37).

Doporučuji prověřit správnost indexů v rovnici (11) na straně 16. Jedná se pravděpodobně o jednu z metod numerického řešení obyčejných diferenciálních rovnic, která se nazývá predátor-korektor.

Na obrázku 61 je popisováno kontrolní buzení přípravku pro rozkmitání nože při ortogonálním soustružení a na obrázku 62 jsou výsledky měření. Buzení a odezva je v ose rotace. Tato zkouška slouží obvykle ke kalibraci snímače síly. Odezva v daném frekvenčním rozsahu obsahuje dvě rezonanční frekvence, což představuje dvoumotový model. Mezi rezonančními frekvencemi je antirezonanční frekvence, která způsobuje změnu fáze z -180 stupňů k nule. Na nižší frekvenci kmitají obě hmoty ve fázi a na vyšší frekvenci v protifázi. V textu práce se doktorand zmiňuje o respektování tohoto jevu, přičemž není do podrobnosti popsáno, jak se měření koriguje. Frekvenční rozsah měření se zdá být omezen nižší rezonanční frekvencí. Doporučuji tento problém u obhajoby vysvětlit.

Dosažení stanoveného cíle

Cíle disertační práce jsou rozvedeny do čtyř dílčích cílů, a to rozšíření metody řízeného rozkmitání nože pro identifikaci řezného procesu, nalezení nových jevů v dynamickém řezném procesu, zpřesnění modelu a jeho využití pro určení meze stability. Za nejnáročnější ze stanovených cílů považují sestavení experimentu a vytěžení výsledků měření k analýze meze stability, což jsou hlavní přínosy disertační práce a jsou plně disertabilní.

Považuji cíle práce za splněné. S daným technickým vybavením pro experimenty bylo dosaženo zajímavých výsledků.

Teoretický přínos disertační práce

Protože jde o disertační práci, nelze očekávat zásadně nové objevy. Doktorand však plně prokázal schopnost používat vědecké metody práce a zručnost řešit technické problémy při návrhu experimentálního zařízení pro rozkmitání nože s cílem zkoumat dynamiku řezného procesu. Jestliže bude doktorand pracovat jako pedagogický pracovník, doporučuji mu, aby se snažil otevřít problematiku stability i mimo obor obrábění. Jak jsem už uvedl, výrazy jako „tvar kmitů“ mohou čtenáře v daném případě plést.

Praktický přínos disertační práce

Praktický přínos práce hodnotím výše než přínos pro teorii. Doktorand prokázal experimentální zručnost a připravil zajímavý test pro analýzu dynamiky řezného procesu. Na základě naměřených dat byl sestaven nový model dynamické řezné síly (str. 103). Naměřená data jsou aproximována empirickými vzorci. Nový model byl také ověřen. Nelíbí se mi, že se objevuje tvrzení, kdy doktorand částečně sám zpochybňuje svoje vlastní výpočty – str. 114 „Určení reálné hranice mezi stabilními a nestabilními podmínkami je však samo o sobě velmi problematické“. Něčemu z toho, co zjistil, by měl věřit. Co je tedy v grafu na obr. 77 experiment?

Vhodnost použitých metod řešení

Nemám námitek proti použitým metodám měření a hodnocení výsledků měření.

Způsob, jak byly použité metody aplikovány

Nemám také námitky proti způsobu použití metod analýzy výsledků měření. Práce neobsahuje podle mne žádné podstatné chyby v úvahách a formulacích závěrů.

Posouzení, zda doktorand prokázal odpovídající znalosti v oboru

Doktorand se ve svém oboru nepochybně vyzná. Disertační práce obsahuje seznam 7 vlastních publikací doktoranda. U dvou z nich je vedoucím autorem. Kolektivní autorství je dáno povahou experimentální práce.

Formální úroveň práce

Podle mého názoru je disertační práce přesycena fakty a detaily. Text mohl být stručnější. Odvozování matematických vzorců mohlo být také přehlednější. Doktorandská práce obsahuje nadměrné množství převzatých grafů, u kterých doktorand sice uvádí poctivě zdroj, avšak měl vybrat jen ty nejdůležitější. Podle mého vkusu se mohl doktorand vyhnout slovu „fenomén“, které mi zní u obráběcího stroje divně.

Závěr

Doktorand prokázal schopnost vědecky pracovat a obohatil o nové poznatky obor, který se zabývá stabilitou řezných procesů. Disertační práce přispívá k rozvoji oboru, a proto ji na základě výše uvedených skutečností doporučuji k obhajobě. Po úspěšné obhajobě doporučuji udělit titul Ph.D..

V Ostravě 15. 11. 2018

Prof. Ing. Jiří Tůma, CSc.
VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní