

## **Oponentní posudek doktorské disertační práce**

Jméno doktoranda: **Ing. Tomáš Marek**

Téma práce: **Predikování vybraných vlastností rotačních kinematických dvojic obráběcích strojů**

Školitel: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Pracoviště: ÚVSSR FSI VUT v Brně

### **Úvod**

Předložená disertační práce se zabývá vlastnostmi rotačních dvojic nosných struktur obráběcích strojů. Autor se primárně zabývá přesností rotačních dvojic a jejich vlivem na celkovou pracovní přesnost obráběcího stroje. Práce má celkem 137 stran. Autor věnoval 52 stran detailnímu přehledu současného stavu poznání a 48 stran popisu vlastního řešení. Obě tyto hlavní části práce doplňují dobře zpracované seznamy použité literatury, zkratk a symbolů a výklad pojmů použitých v dizertační práci.

### **Aktuálnost tématu disertační práce**

Zaměření na rotační dvojice obráběcích strojů a jejich vliv na celkovou přesnost obráběcího stroje je velmi aktuální. Tato aktuálnost plyne jak z rostoucího objemu víceosých a multifunkčních obráběcích strojů používaných v průmyslu, tak z nedostatečné standardizované podpory pro ověřování a určování vlastností jejich rotačních os.

### **Splnění stanoveného cíle disertační práce**

Autor v popisu současného stavu poznání (kap. 2) uvádí detailní přehled konstrukčního provedení rotačních os obráběcích strojů (zejména způsoby jejich uložení, řešení pohonu a odměřování) a přehled současných měřicích metod a prostředků pro určování přesnosti rotačních os i celých strojů. Z celého textu je dobře vidět autorův nadhled a praktickou zkušenost v uvedené problematice. V oblasti citací fundamentální oborové literatury bych považoval za vhodné uvést odkazy na více zdrojů, které jsou mimo mateřské pracoviště doktoranda nebo jeho původní publikace (jakkoliv jsou tyto hodnotné).

Na konci kap. 2 doktorand dobře shrnuje současný stav poznání a jeho bílá místa. Na základě toho definuje hlavní cíl své práce: „Cílem dizertační práce je návrh metodiky pro predikci vybraných vlastností rotačních kinematických dvojic obráběcích strojů. Metodika bude brát v úvahu dostupnost vhodné měřicí techniky, popis konstrukčního provedení rotačních kinematických dvojic.“ Takto definovaný cíl považuji za málo konkrétní a srozumitelný pro doktorskou disertační práci. V dalším textu však autor upřesňuje, že tato metodika by měla být použita zejména v oblasti měření a kompenzací nepřesností rotačních os obráběcích strojů. To je důležitá a velmi relevantní oblast (viz výše), ve které autor přináší vlastní řešení popsaná v kapitolách 4, 5 a 6. Doktorand detailně popisuje vlastní originální metodiku pro měření vlastností rotačních kinematických dvojic, kterou následně aplikuje na vybraných příkladech. Tím je stanovený cíl disertační práce splněn.

## **Postup řešení problému a výsledky disertace s konkrétním přínosem doktoranda**

Jak bylo zmíněno, vlastní řešení je popsáno v kap. 4, 5 a 6. Celou kap. 4 a podkapitolu 6.1 je však možno považovat za popis současného stavu poznání a měly by být součástí kap. 2. S odkazem na kap. 4 je v kapitole 5 použit systémový přístup pro vytvoření originální vlastní metodiky pro měření vlastností rotačních kinematických dvojic. Navržená metodika je velmi komplexní, přesto je popsána srozumitelně. Popsaný postup je ale robustní, principiálně ošetřuje chyby prostředí i obsluhy. Pro praktické použití by bylo vhodné okomentovat některé detaily, např. jak provést měření prašnosti v okolí stroje (metoda, limity), jak vyhodnotit míru vibrací okolí (metoda, limity dle nějakého platného standardu), určení teploty obráběcího stroje (v jakém místě?), jaké jsou možné mechanické zásahy do stroje a jeho konstrukce a jak tyto ovlivňují výsledné chyby stroje. Připomínku mám též k popisu celého obr. 71 - jedná se spíše o detailní popis měřicího postupu, než o predikci chování. Ta je až návazným krokem na základě řady experimentálně zjištěných hodnot.

Aplikace metodiky je demonstrována v kap. 6 dvěma způsoby. V kap. 6.2 je detailní aplikace s popisem všech detailů na stroji DMU 75. V kapitole 6.3 je komentován potenciál zlepšení přesnosti různých typů strojů s využitím volumetrické kompenzace. Doktorand zde ne zcela jasně kombinuje své praktické zkušenosti s výsledky měření na stroji DMU 75, ze kterých kvantifikovaně odhaduje možnosti zlepšení přesnosti konkrétního stroje. V celé kapitole je možno vidět poctivý technický přístup, data však nebyla experimentálně ověřena. Shrnutí poznatků v závěru kap. 6 je hodnotné a mělo by být v budoucnu více propagováno vůči firemní praxi.

Celkově je postup řešení problému jasně popsán a prakticky demonstrován. Výsledky disertace jsou jednoznačně položeny na konkrétním přínosu doktorandovy práce a jsou ověřitelné.

## **Význam pro praxi a rozvoj vědního oboru**

Celá disertace je hodnotná pro praxi i rozvoj poznání v oblasti stavby a měření obráběcích strojů. Za přínos pro praxi považuji vytvoření metodiky, která navzdory své komplexnosti sestává z dílčích kroků dobře implementovatelných do firemních postupů. Velmi užitečná je též demonstrace řešení na konkrétním příkladu. Z pohledu rozvoje poznání v oboru považují za přínosné zejména identifikování chybějících standardů pro měření a posuzování přesnosti obráběcích strojů s rotačními osami a identifikaci všech faktorů, které tato měření mohou ovlivnit. Experimentální rozměr metodiky považuji za nejvýznamnější přínos práce. Téma predikce chování rotačních os z pohledu přesnosti bylo dobře otevřeno, v tomto rozsahu ho však nepovažuji za úplné. Doporučil bych téma v budoucnu dále rozvinout.

## **Formální úprava disertační práce a její jazykové úroveň**

Text je přehledný, formulace jasné a srozumitelné. Text je doprovázen řadou vysvětlujících obrázků a grafů, což pomáhá orientaci v celé problematice. Celkově je formální úprava disertační práce na vysoké úrovni.

## **Závěrečné zhodnocení**

Celá práce je zpracována pečlivě, struktura textu je přehledná a dosažené závěry jsou srozumitelně vysvětleny. Vytvořená metodika je přínosná pro průmyslovou praxi i pro rozvoj poznání v oboru obráběcích strojů. **Doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.**

### Otázky na doktoranda k zodpovězení při obhajobě

1. V kap. 5.1 doktorand uvádí: „Jedná se o velmi drahé investiční celky (desítky milionů korun) a každá hodina mimo výrobu je pro podnikatele ztrátou 8.000 Kč.“ Z čeho vychází uvedená konkrétní částka hodinových nákladů a proč ji uvádí takto absolutně?
2. Jak by mělo dojít k vylepšení konstrukčního provedení rotační osy na základě výsledků měření přesnosti této osy, resp. celého stroje?
3. Jak byla měřena úroveň vibrací a prašnosti a s jakými limitními hodnotami byly porovnávány změřené hodnoty v příkladu kap 6.2, odstavec A. *Kontrola sub soustavy okolí a místo instalace CNC obráběcího stroje (podmínky prostředí)?*

Posudek zpracoval:



.....

doc. Ing. Petr Kolář, Ph.D.

Ústav výrobních strojů a zařízení

Fakulta strojní ČVUT v Praze