

# Oponentní posudek disertační práce

Téma: „Příspěvek k experimentálnímu stanovení modelu silového zatížení šroubovitého vrtáku“.

Autor: Ing. SKLENIČKA Josef

Doktorský studijní program: N2031 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2303V004 - Strojírenská technologie – technologie obrábění

a) *zhodnocení významu pro obor:*

I když využití šroubovitých vrtáků ve strojírenství má jednu z nejdelších tradic, přesto zůstává stále mnoho otázek týkajících se predikce max. využití a spolehlivosti nástroje nezodpovězeno. Autor DP se zcela netradičně zaměřil na experimentální zjišťování silového zatížení osového nástroje, šroubovitého vrtáku ze SK, posuvovou silou ( $F_f$ ) a kroutícím momentem ( $M_c$ ) a to za pomoci statistického modelování. Hlavním cílem DP je nalezení modelů závislosti  $F_f$  a  $M_c$  v závislosti na proměnných (geometrii nástroje, rezných podmínkách procesu vrtání) a její aplikovatelnost v CAD/CAM systémech, tzn. již ve fázi TPV, nikoliv po nasazení na stroji, popř. až při destrukci vrtáku.

b) *hodnocení postupu řešení:*

DP má chronologickou osnovu, na úvod je provedena kvantifikace procesu vrtání, bez hlubší rešeršní části a uvedeny základní možnosti zjišťování silového zatížení nástroje (experimentálním měřením, výpočtem dle analyticky nebo experimentálně odvozeného vztahu a pomocí MKP). Zároveň je proveden detailní rozbor nástroje z hlediska konstrukčních prvků a geometrie břitu, tzn. statický popis dle nástrojových úhlů a kinematický za pomoci pracovních úhlů, tzn. ve vazbě na polohu nástroje vůči obrobku.

Dále jsou rozepsány standardní metody výpočtu rezných sil při vrtání tj.:

- a) výpočet s využitím experimentálně zjištěných vztahů ( $k_{c1}$ , exponenciálních rovnic);
- b) „ „ analyticky odvozeného vztahu z teorie obrábění;
- c) „ „ pomocí MKP, např. programem AdvantEdge FEM;

Pro experimentální měření rezných sil autor využil piezoelektrický dynamometr KISTLER, umístěný na frézovacím stroji DMU 40 eVo linear.

Důkladně se zabýval jak plánem experimentu, tak jeho statistickým vyhodnocením pomocí aplikace NASOMER 8.5 (naprogramována v SW MatLab), přičemž při testování hypotéz použil řadu parametrických testů (Fisherův, Studentův, Durbin-Watsonův, Shapiro-Wilkův, metodu ANOVA aj). s hladinou významnosti  $\alpha = 5\%$ .

Vlastní řešení DP se zabývá zjišťováním hodnot  $F_f$  a  $M_c$  za pomoci statistického modelování a konfrontací získaných výsledků s analyticky zjištěnými hodnotami. K experimentu byly použity SK s PVD šroubovitě vrtáky s různou geometrií ( $\alpha_0, \omega_r, \epsilon_r$ ), reznými podmínkami při vrtání jakostí ocelí 12 050.1; 14 220.1; 19 313.3 a 19 573.3. Konst. faktory byly: mat. nástroje, jádro, tvar ostří a drážky, šířka fazet, 2D hloubka vrtání, procesní kapalina, ....

c) *stanovisko k výsledkům DP:*

Pro splnění hlavního úkolu si autor DP vytyčil ještě dílčí cíle:

- vliv polohy vrtaného otvoru na hodnoty  $F_f$  a  $M_c$  při použití dynamometru KISTLER;
- nalézt metodu experimentálního zjišťování jednotkového měrného rezného odporu  $k_{c1}$  v závislosti na rezné rychlosti;

Souhrn výsledků rozsáhlého experimentu:

1. experimentem došel k závěru, že poloha vrtaného otvoru nemá statistický význam na velikost sledovaných veličin  $F_f$  a  $M_c$ ;
2. experiment provedl za pomoci metody DoE jako centrálně kompozitní, uvedeny postupy diferencovaného statistického zpracování pro  $F_f$  a  $M_c$ , výsledkem je nalezení 4 závislostí pro výpočet  $F_f$  a  $M_c$ ;

De facto byl potvrzen soulad s hodnotami dle analytických výpočtů z teorie obrábění - definovat způsob experimentálního zjišťování jednotkového měrného řezného odporu  $k_{c1}$  jako funkce řezné rychlosti;

3. experimentem prokázal, že nelze přesně stanovit závislost (funkci) jednotkový měrný řezný odpor  $k_{c1}$  pro jakost 12 050.1;
4. experiment byl zaměřen na křížovou validaci nalezených modelů, tzn. nalezené statistické modely porovnány s vybranými experimentálně určenými modely, tzn. opakované testování přesnosti a výkonnosti nalezeného modelu (závislosti) a to i v bodech mimo hranici centrálního kompozitního plánu.

Výsledky **velmi** rozsáhlého experimentu a statistického vyhodnocování ve formě predikčních závislostí, jsou natolik podrobné, vypovídající, navíc kolidují s poznatky z technologie obrábění, čímž umožňují predikovat hodnoty sledovaných veličin  $F_f$  a  $M_c$  již ve stádiu TPV.

Autor zejména v oblasti statistického vyhodnocování výsledků experimentu odvedl velmi rozsáhlou a záslužnou práci. Rozborem navíc potvrdil v praxi známou věc, že nelze jednoznačně definovat jednotkový měrný řezný odpor odřezávaného mat.

*d) formální, štábní úroveň DP:*

obsahově a graficky je rozsáhlá práce velmi přehledně zpracována, proložená řadou barevných grafů, fotografií, obrázků, skic, tabulek, což zvyšuje její vypovídací schopnost a čtivost. Navíc formou 14 příloh jsou uvedeny důležité detailní informace týkající se vlastní rozsáhlé experimentální části výzkumu.

Vlivem značného objemu, rozsahu práce (81 str.), se bohužel autor nevyhnul četným gramatickým chybám, netechnickým výrazům „dojiti“ (jako trpný rod), ..., které tímto značně snižují štábní úroveň jinak vysoce odborné práce. V některých lokalitách jsem nabyl dojmu absence kontroly pravopisu textu.

*e) publikační činnost autora:*

doktorand čerpal info jak z 36 především domácích zdrojů, tak z impaktovaných zahraničních časopisů, odborných článků, příspěvků, mat. listů, ... Celkem publikoval 14 prací vztahujících se k řešenému tématu a 28 prací nevztahujících se k tématu DP.

Navíc je autorem či spoluautorem 3 výzkumných zpráv, 3 ověřených technologií a 3 funkčních vzorů.

*f) hodnocení oponenta:*

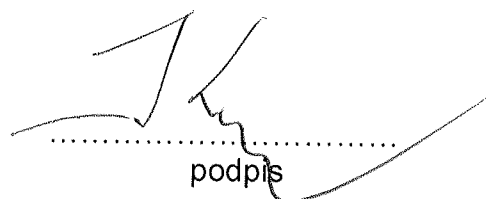
autor prokázal schopnost samostatné výzkumné práce, a proto **doporučuji** DP k obhajobě ve smyslu zákona č.111/1998 Sb. § 47.

**Otázky:**

1. Můžete blíže definovat kódování podle DoE normování a důvody plánování experimentu dle centrálního kompozitního plánu v blokovém uspořádání?
2. V čem spatřujete podstatu neshody při stanovení experimentálního jednotkového řezného odporu u jakosti 12 050.1 oproti analytickému výpočtu?

Zpracoval: KESL Miloslav, Dr.Ing.

Dne: 2017-10-30



.....  
podpis



---

## ***OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE***

|                     |   |
|---------------------|---|
| <i>Oponent:</i>     | doc. Ing. Robert Čep, Ph.D.   |
| <i>Téma práce:</i>  | Příspěvek k experimentálnímu stanovení modelu silového zatížení šroubovitého vrtáku |
| <i>Autor práce:</i> | Ing. Josef Sklenička  |
| <i>Školitel:</i>    | doc. Ing. Josef Škarda, CSc.  |

---

Posudek byl vypracován na základě dopisu DFST/SO/58/K-17 Vyžádání oponentního posudku na disertační práci Ing. Josefa Skleničky ze dne 11. 10. 2017. V posudku se, na základě pokynů pro vypracování, vyjadřuji k:

- Zhodnocení významu pro obor;
- K postupu řešeného problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle;
- K výsledkům disertační práce a původního přínosu předkladatele disertační práce;
- K systematickosti, přehlednosti, formální a jazykové úpravě disertační práce;
- K publikacím doktoranda;
- Doporučení či nedoporučení disertační práce k obhajobě dle zákona č. 11/1998 Sb., §47;

### **POSOUZENÍ PRÁCE**

Téma předložené doktorské disertační práce vysoce aktuální a její odborné zaměření zapadá do studovaného studijního programu Strojní inženýrství a oboru Strojírenská technologie – technologie obrábění. Vědecko – výzkumný charakter práce přináší jak teoretické závěry pro vědní obor, tak poznatky pro praktické využití. Práce je členěna do 5 kapitol na 88 stranách a obsahuje 37 obrázků, 58 tabulek, a 14 příloh. V práci je použito 36 odkazů na citovanou, převážně domácí, literaturu.

Po úvodní kapitole disertační práce následuje v kapitole 1 definování cílů této práce. Cíle práce jsou definovány stručně, jasně a srozumitelně a jeví se jako vhodně stanovené a splnitelné. Při řešení disertační práce student využil metod obvyklých pro zpracování podobných prací, např. predikci s využitím experimentálně zjištěných vztahů či využitím analyticky odvozených vztahů, metody MKP, plánování experimentu DoE, apod. Výsledky předložené v disertační práci se jeví jako původní dílo studenta a jsou správné a využitelné. Po formální stránce je disertační práce na odpovídající úrovni, která je kladena na tento typ práce, je bez výraznějších chyb nebo překlepů a

převzaté části jsou řádně citovány. Kladně hodnotím rozsáhlou publikační činnost disertanta, včetně VaV výstupů jako ověřené technologie, funkční vzorky a výzkumných zpráv pro firmy. V době psaní posudku má doktorand 3 záznamy v databázi SCOPUS. Kladně také hodnotím poměrně obsáhlou diskuzi výsledků práce a také nástin dalšího výzkumu v této oblasti, který je uveden na straně 81 v kapitole závěr.

Následuje kapitola Rozbor současného stavu. Tato kapitola je spíše popisná, jak se dá dojít k vytýčeným cílům a zasloužila by si větší pozornost. Bez důkladné analýzy současného stavu řešené problematiky, se hůře definují cíle, kterými doktorand posune problematiku kupředu. Bylo by vhodné pro příští vědecká díla udělat důkladnou rešerši stavu řešení ve světě s využitím publikací v časopisech a na konferencích, zejména s využitím uznávaných databází.

## **PŘIPOMÍNKY A DOTAZY K PŘEDLOŽENÉ PRÁCI**

- Dle názoru oponenta je obvyklejší v disertační práci nejprve zpracovat rozbor současného stavu a poté definovat cíle.
- V seznamu symbolů a zkratk by se neměli uvádět obecně známí věci, např. chemické značky prvků.
- Některé obrázky jsou malé nebo hůře čitelné, zbytečně to snižuje jinak výbornou technickou úroveň disertační práce.
- V kapitole rozbor současného stavu by bylo vhodné udělat i rešerši současného stavu řešení problému ve světě s využitím publikací z uznávaných databází. Má doktorand přehled o kolezích z ČR i mimo ni, kteří řeší podobnou problematiku? Je s nimi navázaná nějaká spolupráce?
- Kolik otvorů bylo vrtáno každým vrtákem? Byly potom přebroušovány, nebo byl použit vždy jedenkrát? Byl zahrnut vliv opotřebení do modelu?
- Kdo navrhoval a vyráběl použité vrtáky?
- Může výsledky ovlivnit např. průhyb vrtáku při menších průměrech?
- Jak by model/experiment ovlivnilo použití/vyloučení procesní kapaliny?
- Je možné modely pro výpočet posuvové složky síly řezání nějakým způsobem matematicky zjednodušit?
- Je zvykem na závěr práce vyzdvihnout přínosy disertační práce pro vědní obor a praktické využití. Prosim studenta, aby při obhajobě nastínil tyto 2 body.
- Přílohy by bylo možná vhodnější uložit na vhodný nosič.

## ZÁVĚR

Vytyčené cíle byly v předložené disertační práci úspěšně naplněny (viz kapitola 1, strana 15). Získané výsledky mohou být přínosem jak pro další rozvoj vědní disciplíny, tak i využitelné v praktických provozech. I přes uvedené připomínky má předložená disertační práce odpovídající formální i odbornou úroveň, její výsledky jsou správné a využitelné.

*Ing. Josef Sklenička* prokázal svojí disertační prací, že je způsobilý tvůrčí vědecké práce, dokáže používat vědecké a experimentální metody a má dobré teoretické znalosti. Na základě poskytnutých podkladů, disertační práce a výše uvedených skutečností

## DOPORUČUJI

doktorskou disertační práci *Ing. Josefa Skleničky* k obhajobě a po jejím úspěšném absolvování udělení vědecké hodnosti Ph.D.

V Ostravě dne 27. 10. 2017



.....  
*doc. Ing. Robert ČEP, Ph.D.*  
*VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní*  
*oponent disertační práce*