

## OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Oponent:	prof. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D., Fakulta strojní VŠB-TUO
Téma práce:	Topologická optimalizace frézovacího nástroje s využitím výrobní technologie Direct Metal Laser Sintering
Autor práce:	Ing. Pavel Hanzl
Školitel:	doc. Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.
Pracoviště:	Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni
Studijní program:	P2301 Strojní inženýrství
Studijní obor:	2303V004 Strojírenská technologie-technologie obrábění

---

Oponentní posudek disertační práce byl vypracovaný na pokyn předsedy oborové rady prof. Dr. Ing. Františka Holešovského na základě dopisu DFST/SO/70/K-20 ze dne 24. 9. 2020. V posudku se na základě požadavků vyjadřuji ke:

- a) zhodnocení významu pro obor,
- b) postupu řešeného problému, k použitým metodám, splnění cíle,
- c) výsledkům disertační práce a původními konkrétnímu přínosu předkladatele disertační práce,
- d) systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce,
- e) publikační činnosti disertanta,
- f) doporučení či nedoporučení disertační práce k obhajobě (podle zákona č. 111/1998 Sb. § 47).

### POSOUZENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

a) Téma předložené doktorské disertační práce „*Topologická optimalizace frézovacího nástroje s využitím výrobní technologie Direct Metal Laser Sintering*“ je aktuální a její odborné zaměření je v souladu se studijním oborem 2303V004 Strojírenská technologie-technologie obrábění. Vědecko – výzkumný charakter práce přináší jak teoretické závěry pro vědní obor, tak poznatky pro praktické využití. Práce je členěna do 8 kapitol na 104 stranách a obsahuje 3 přílohy. V práci je použito 35 odkazů na citovanou literaturu, včetně zahraničních literárních pramenů.

b) Úvodní kapitola popisuje potenciál zefektivnění procesu frézování se zaměřením na nové řešení čelní frézy využitím lattice struktur. Cíle disertační práce popsány v kapitole 1 jsou jasně a přehledně definovány. Kladně hodnotím návaznost vývoje odlehčené frézy s řešením projektu ve spolupráci s partnery z průmyslu a dalšími výzkumnými organizacemi z České republiky.

V teoretické části práce je provedena podrobná rešerše současného stavu poznání topologických optimalizací využitelných pro frézovacích nástrojů. Experimentální část práce popisuje technické provedení frézy s ohledem na technologičnost konstrukce, byla provedena analýzy prutů, konkrétně hodnocena geometrie, provedeny mechanické zkoušky, hodnoceny vlivy orientace vrstev k ose prutů, dále napojení lattice struktury na obálku frézy, hodnocena únosnost vzorků pro tahové zkoušky, tlumící vlastnosti struktur a další. Rozsah experimentálních prací byl rozsáhlý a svědčí o komplexnosti řešení zvoleného tématu. V experimentální části práce nebyl řešen jen návrh odlehčené frézy, ale také její výroba a bylo provedeno testování s vyhodnocenými výsledky měření rezonančních kmitočtů, řezných sil, kvality obrobeného povrchu. V závěru práce je provedeno shrnutí výsledků disertační práce včetně obecných závěrů vyplývajících z výsledků naměřených dat. Na základě předložených výsledků lze konstatovat, že zadané cíle práce byly splněny.

c) Výsledky práce jsou přínosné nejen z teoretického hlediska, ale také z praktického. Velmi kladně hodnotím tvorbu užitého vzoru „Rotační pouzdro obsahující odlehčenou strukturu“. Přínosy v práci v práci jsou správné a dále využitelné ve všeobecném hledisku. Výsledky práce bylo potvrzeno, že topologicky optimalizovaná fréza může přispět ke zvýšení dynamiky řezného procesu.

d) Práce je strukturována systematicky, přehledně zpracována na vysoké formální i jazykové úrovni. Některé níže uvedené připomínky nesnižují přínosy práce pro technickou praxi.

e) Publikační činnost autora v oblasti 3D tisku je značně rozsáhlá již od roku 2015 a reflektuje dlouhodobý zájem studenta o řešenou problematiku. Bohužel ani jedna publikace není v impaktovaném časopise podle záznamů na WoS a Scopus.

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

- Zvažujete do budoucna možnosti aplikace kompozitních materiálů pro konstrukci čelních fréz, popřípadě jaké očekáváte přínosy?
- Uveďte, zda a popřípadě jakým způsobem se bude na konstrukci nástroje projevovat vliv teploty při obrábění? Zvažujete do budoucna řešit i tuto problematiku?
- Byla hodnocena pórovitost vytisknutého vzorku, a jaké má či mohla by mít dopady na výsledky provedených testů?
- Byl pro tisk frézovacího nástroje použit nový nerecyklovaný prášek? Jaké negativní důsledky může mít použitý prášek na výsledky testů?
- V práci bylo hodnoceno opotřebení, není uvedeno kritérium. Jaké kritérium opotřebení bylo měřeno viz str. 67 obrázek 66? Jaká byla trvanlivost břitu pro odlehčenou a plnou frézu?

- V práci je popisován technologický postup výroby odlehčené frézy, bohužel nebyl doložen výrobní výkres frézy.
- Doporučuji vyvarovat se slangovým termínům v práci, např. na str. 63 „kulatina“, v práci se navíc nachází řada typografických chyb (např. v obsahu nejsou uvedeny kapitoly 6 a7, u obr. 46 neodpovídá popis obrázku aj. Je třeba uvádět termíny v souladu s normami, viz např. na straně 18 „úhel hlavního řezného břitu“ není uveden v normě aj.
- Doporučuji v práci uvádět jednotky SI, odstranit jednotku „vteřiny“ apod. viz str. 69, v tabulce 2 na str. 44 nejsou doplněny jednotky u průměrů hodnot.
- Velmi kladně hodnotím tématické zaměření práce a zpracování tématu, a to nejen po stránce odborné ale i formální.

## VYJÁDRĚNÍ K AUTOREFERÁTU PRÁCE

Předložený autoreferát stručně a výstižně popisuje obsah doktorské práce včetně současného stavu řešené problematiky, stanovených cílů práce, experimentální práce, hlavní výsledky a závěrečné zhodnocení. Součástí autoreferátu jsou také publikace autora vztahující se k danému řešenému tématu a použitá literatura. Autoreferát je ve shodě s řešeným tématem disertační práce a splňuje náležitosti autoreferátu po formální i technické úrovni.


## ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Téma práce je aktuální a navázáno na praxi. Stanovené cíle byly v předložené disertační práci úspěšně naplněny a získané výsledky budou přínosem jak pro další rozvoj vědní disciplíny, tak i využitelné v praktických provozech. I přes uvedené připomínky má předložená disertační práce odpovídající odbornou i formální úroveň, její výsledky jsou správné a využitelné. Plně vyhovuje stanoveným podmínkám a prokazuje, že *Ing. Pavel Hanzl* je způsobilý tvůrčí vědecké práce, dokáže používat vědecké a experimentální metody a má dobré teoretické znalosti. Proto

## DOPORUČUJI

doktorskou disertační práci *Ing. Pavla Hanzla* k obhajobě (podle zákona č. 111/1998 Sb. § 47) a po jejím úspěšném absolvování udělení akademického titulu Ph.D.

V Ostravě dne 20. 10. 2020

  
 .....  
 prof. Ing. et Ing. Mgr. Jana PETRŮ, Ph.D.  
 Fakulta strojní VŠB – TU Ostrava  
 oponentka disertační práce



## Oponentní posudek k obhajobě disertační práce

Západočeská univerzita v Plzni

**Jméno:** Ing. Pavel Hanzl

**Název:** Topologická optimalizace frézovacího nástroje s využitím výrobní technologie Direct Metal Laser Sintering

**Fakulta:** strojní

**Studijní program:**

**Studijní obor:** Strojírenská technologie – technologie obrábění

**Školitel:** doc. Ing. Miroslav Zetek, Ph.D.

**Oponent:** Jméno: Ing. Hynek Purš, Ph.D.  
Zaměstnavatel: Advanced Engineering s.r.o.

### Obsahová stránka

Práce svým rozsahem i obsahem splňuje zadání. Struktura práce je logická a promyšlená. Syntaxe a sémantika je na velmi dobré úrovni. Velmi oceňuji zvolené téma pro jeho přínos k zefektivnění technologie výroby, ale i lepší využití spotřebovávaných energií a tím i přispění ke zvýšení ekologičnosti výroby. Velmi kladně hodnotím komplexnost práce.

### Aktuálnost tématu

Stanovené zaměření disertační práce (DP) a její cíle jsou v současné době velmi důležitým aspektem při vývoji obráběcích nástrojů. Analýza vlivů odlehčení nástrojů na výrobní proces a jeho výsledky je důležitým aspektem ovlivňujícím výslednou produktivitu, spolehlivost a hospodárnost obrábění. Vhodně navržené SW nástroje pak mohou relativně jednoduchým způsobem napomoci programátorům a konstruktérům nástrojů vyhnout se tak případným navazujícím problémům

vycházejícím z neznalosti předpokládaného zatížení odlehčené struktury. Proto konstatuji, že téma je aktuální.

### **Dosažení stanovených cílů**

Doktorand si v úvodu jednoznačně stanovil cíle DP. K tomu následně směřoval své činnosti začínající především rozbořením současného stavu. Na základě analýz současného stavu zvolil postup pro vlastní návrh topologické optimalizace součásti a metod, kterými je možné požadovaného výsledku dosáhnout. Zároveň navrhl ověřovací metody, kterými mohl své hypotézy podpořit. Pozitivně hodnotím snahu o jasnou strukturovanost možných řešení od známějších až po méně známe, resp. obvyklé. Velmi pozitivně hodnotím vždy snahu o dostatečné ověření smysluplnosti a přínosu konkrétních návrhů. Velmi dobře také volil použití virtuálních simulačních metod a praktických testů pro návrh nebo ověření určitého řešení. Tím bylo dosaženo i hlavního cíle DP. Velmi kladně hodnotím dostatečně širokou úvahu nad možnostmi dalšího vývoje a vylepšení.

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

Rozbor současného stavu je zaměřen na stanovenou problematiku deklarovaných cílů DP. Tato kapitola působí uceleným dojmem a její přehledné zpracování podtrhuje vždy samostatné zhodnocení popisované metody. Autor čerpal jak z domácích zdrojů, tak i zahraničních a vhodně formuloval získané poznatky.

Teoretický přínos DP spatřuji především ve velmi dobrém využití matematických simulačních metod pro určení tvaru blížícího se co nejvíce tvaru optimálnímu. Stejně tak tyto metody velmi dobře slouží i pro velmi efektivní ověření navrhovaných nových řešení.

Velmi kladně hodnotím, že všechny podstatné efekty byly i experimentálně ověřeny. Tím se tato práce stává dostatečně komplexní a kvalifikovanou.

### **Formální a jazyková úroveň**

Kapitoly DP jsou logicky řazeny za sebou s vyváženým poměrem textové a grafické části. Obrázky, grafy a tabulky jsou vždy popsány a autor se vhodně odvolává na jejich číslování. Stejně tomu tak je s citovanými dokumenty, kde jsem neshledal významné nedostatky. Jako v každé práci, tak i zde se vyskytují občasné překlepy nebo malé nepřesnosti. Např. chybně uvedené sídlo firmy Adv.Eng. na str. 17 nebo nepřesná informace o zdrojovém kódu SW Optistruct vs. Nastran na str. 55. Tyto nepřesnosti však nijak nesnižují odbornou úroveň práce. Souhrnně tedy lze konstatovat, že práce splňuje všechna kritéria.

### **Publikační činnost**

Publikační činnost doktoranda je poměrně rozsáhlá a ukazuje jeho intenzivní zájem o dané téma a velmi dobrý přehled v oboru.

Po zodpovězení položených otázek a na základě předložené disertační práce ji **doporučuji** k obhajobě.

Doporučuji po úspěšné obhajobě udělit akademickou hodnost „philosophiae doctor“ - Ph.D.”

Předloženou disertační práci na základě předchozího hodnocení **DOPORUČUJI** přijmout k obhajobě po jejím úspěšném obhájení navrhuji udělit akademický titul

**„philosophiae doctor (Ph.D.)“**

**Doplňující otázky:**

1. Zvažoval jste nebo již dokonce experimentoval i s jinými materiály pro výrobu frézovací hlavy? Co by mohlo být přínosem, příp. naopak nevýhodou při použití jiného materiálu?
2. Zvažoval jste i další konstrukční možnosti pro zvýšení útlumu vibrací nástroje? Příp. jaké?
3. Porézní trámčité struktury jsou známy svými výbornými vlastnosti z pohledu chlazení. Uvažujete nějak dále využít tuto vlastnost vedle dalších uvažovaných chladících kanálku, které zmiňujete ve své práci?

V ....., datum



---

oponent