

OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

<i>Oponent:</i>	prof. Ing. Robert ČEP, Ph.D.
<i>Téma práce:</i>	Vliv nanášecího elementu na tisk kovových součástí metodou Direct Metal Laser Sintering
<i>Autor práce:</i>	Ing. Milan Daňa
<i>Školitel:</i>	doc. Ing. Miroslav Zetek, PhD.

Posudek byl vypracován na základě dopisu DFST/SO/71/K-20 Vyžádání oponentního posudku na disertační práci Ing. Milana Dani ze dne 24. 9. 2020. 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 systematičnosti, 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 N2301 Strojní inženýrství a oboru 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 6 kapitol na 105 stranách a obsahuje 116 obrázků, 22 tabulek, bez příloh. V práci je použito 61 odkazů na citovanou, domácí i zahraniční, literaturu.

Po úvodní kapitole, která obsahuje, i popis aktuálnosti disertační práce následují v kapitole 1.2 cíle práce. Cíle práce jsou definovány stručně, jasně a srozumitelně a jsou rozděleny do 5 dílčích cílů. Cíle se jeví jako vhodně stanovené a splnitelné. Při řešení disertační práce student využil metod obvyklých pro zpracování podobných prací. 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 poměrně rozsáhlou a kvalitní publikační činnost disertanta, kdy je nezřídka prvním autorem publikace a také vysoký počet ohlasů na jeho práce.

V době zpracování posudku jsem našel 4 publikace v databázi WoS, včetně jednoho časopisu v Q3 a 35 citací. V databázi SCOPUS jsem našel 28 záznamů a 70 citací bez autocitací. Kladně také hodnotím, nebibliometrizované výstupy doktoranda jako jsou ověřené technologie a funkční vzorky a také výzkumné zprávy, které vznikly v rámci spolupráce s průmyslem.

Následuje kapitola rozbor současného stavu se dvěma podkapitolami zaměřenými na koloběh 3D tisku a nanášecí elementy. Zejména druhá podkapitola dává ucelený přehled o řešené problematice v této disertační práci. Za stěžejní lze považovat kapitolu 3, která se zabývá návrhem a realizací vlastního experimentu. První podkapitola porovnává vybrané mechanické vlastnosti a přesnosti při nanášení pomocí keramického pravítka a karbonového kartáčku, druhá podkapitola tyto výsledky shrnuje. Ve třetí podkapitole jsou identifikovány a kvantifikovány problémy, které mohou vzniknout během nanášení prášků. Čtvrtá a pátá kapitola se zabývá novým řešením – návrhem a testováním vyvinutého dvojpravítkového provedení nanášecího elementu.

Posledními kapitolami jsou ověření funkčnosti navrženého řešení v reálném tisku, přínosy a doporučení pro další výzkum a závěry.

PŘIPOMÍNKY A DOTAZY K PŘEDLOŽENÉ PRÁCI

- V seznamu zkratk, symbolů a jednotek jsou některé značky uvedeny 2x (např. Ra, Rt, Rz) a také jsou tam uvedeny obecně známé symboly, jako jsou značky chemických prvků
- Vznikla disertační práce v rámci nějakého projektu, nebo jako součást většího výzkumu na FST ZČU?
- Má doktorand přehled o kolezích z ČR i mimo ni, kteří řeší podobnou problematiku? Je s nimi navázaná nějaká spolupráce?
- Jakou silou působí nanášecí pravítko na materiál (podpory)?
- Na obr. 31/str. 35 jsou povrchové póry? Dala by se zjistit i vnitřní pórovitost? Pokud ano, jakým způsobem?
- Proč byl v druhé sérii experimentů pro tahovou zkoušku měněn nanášecí element? Mám za to, že když dojde k přerušení stavby, tak výměna pravítka nebývá zvykem.
- Na základě čeho byl zkonstruován model na obr. 55 a kdo je autorem návrhu? Je to nějaký obecný model, nebo konkrétní součást? Kolik dílců bylo vyrobeno a potom změřeno?
- Jakou metodou byla měřena hodnocena kruhovitost?
- Na jakém povrchu byla měřena drsnost? Vytištěném nebo upraveném např. omíláním?
- Proč jsou na obr. 79 a obr. 80 hodnoty v grafu spojeny?
- Můžete jednoznačně definovat proč dvouramenné pravítko ano/ne?

- Byly všechny vzorky vyrobeny z nového, čistého prášku, nebo byl použit i recyklovaný? Jaký je Váš názor na znovupoužití prášků? Jaký to může mít vliv na výsledky?
- Byl zkoumán vliv umístění vzorku na desce? Mohlo by to mít nějaký význam?
- V disertační práci bylo uskutečněno obrovské množství experimentů a jejich vyhodnocení a je koncepčně rozdělena do několika etap. Doporučoval bych pro příští práce, zaměřit se na jednu oblast, a tu prozkoumat detailně a do hloubky.

ZÁVĚR

Vytyčené cíle byly v předložené disertační práci úspěšně naplněny (viz kapitola 1.2, str. 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. Milan Daňa 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. Milana Dani* k obhajobě a po jejím úspěšném absolvování udělení vědecké hodnosti Ph.D.

V Ostravě dne 29. 10. 2020



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

Oponentský posudek disertační práce

Ve smyslu Zákona o vysokých školách České republiky č. 111/98 Sb.

Název práce: **Vliv nanášecího elementu na tisk kovových součástí metodou DMLS**

Autor práce: **Ing. Milan Daňa**

Předložená disertační práce zasahuje do oblasti aditivních technologií, konkrétně do 3D tisku kovů metodou DMLS založenou na principu práškového lože, kde hlavním tématem k řešení je analýza soudobých technik nanášení prášku na stavební platformu včetně dopadu na mechanické a další vlastnosti kovových výtisků s vyústěním do návrhu, realizace a odzkoušení nového inovativního řešení spočívající v tzv. dvou-pravítkovém provedení.

Autor rozčlenil disertační práci do 6 kapitol. První dvě kapitoly uvádí čtenáře do problematiky kovového 3D tisku. Stěžejní kapitolou je kap. 3, ve které se autor věnuje experimentům a řešení nanášecího elementu pro nástrojovou ocel MS1 (W-Nr 1.2709). Další kapitoly se týkají ověření funkčnosti navrženého zařízení při reálném tisku a přínosy předložené práce. Disertační práce obsahuje velmi hutných 100 stran, 116 obrázků, 22 tabulek a závěrečný seznam použité literatury. V práci nechybí seznam použitých zkratk, symbolů a jednotek vč. uvedení publikační a další odborné činnosti autora. Některé zkratky či symboly však disertant ve výčtu opomněl.

V prvních dvou kapitolách se autor věnuje obecně metodě DMLS i vč. zevrubnému popisu vznikajících technických problémů při nanášení prášku (vibrace, nečistoty apod.). Zároveň zde seznamuje čtenáře i se svými cíli. Hlavním cílem je objasnění vlivu změny nanášecího elementu v procesu 3D tisku s následným návrhem inovace nanášecího pravítka. Další cíle jsou podružné, nicméně podmiňující pro splnění cíle hlavního. K těmto kapitolám nemám výraznější připomínky až na jednu marginálii, kde se autor na str. 16 dopouští mírné nepřesnosti ohledně tvrzení, že s využitím DMLS odpadají investice do dalších technologií, což zajisté nelze takto explicitně vyjádřit.

Těžištěm disertační práce je nejrozsáhlejší kapitola 3, která se týká návrhu a vyhodnocení vlastních experimentů na výtiscích s využitím keramického pravítka (tuhé) a karbonového kartáčku (poddajné) z několika pohledů (podíl nečistot ve struktuře, tahová zkouška, metalografie, zkouška rázem v ohybu, zkouška cyklického zatěžování, přesnost tisku a drsnost povrchu na výtisku). V rámci této kapitoly je rovněž proveden návrh integrace předchozích testovacích pravítek v jeden subsystém implementovaný do 3D tiskárny EOS M290, což samozřejmě úzce souvisí s předchozími experimenty, nicméně bych se přikláněl k tomu, aby se tato část stala pro svůj význam samostatnou kapitolou, jelikož úzce souvisí s kompletním konstrukčním zapracováním do stroje vč. SW vybavení a instalace. Zde bych poukázal na to, že některé průběhy hodnocení experimentů bych z pohledu přehlednosti přesunul do příloh a nechal v hlavním textu pouze výsledná hodnocení-grafy s příslušnými komentáři. Na druhou stranu velice pozitivně hodnotím a oceňuji návrh low-cost prototyp monitorovacího systému vibrací s využitím akcelerometrů a dalších elektronických součástek spojených s platformou ARDUINO, vč. vytvoření ovládacího SW.

Závěrečné kapitoly disertační práce se věnují ověření funkčnosti navrženého automatického dvou-pravítkového nanášecího systému vč. rozšířeného SW o funkcionality vzešlé z rozsáhlé experimentální činnosti. Rovněž s uvedenými přínosy disertační práce souhlasím, zároveň k těmto kapitolám nemám významnější připomínky, jen si dovoluji vyslovit přání v tom, aby následná očekávaná etapa spojená s průmyslovým řešením a komercializací byla úspěšná, i když cesta k dosažení nebude jednoduchá.

Závěrem konstatuji:

a) Zhodnocení významu disertace pro obor.

Předkládaná práce má pro obor velký význam, neboť zmíněný přístup při zpracování vč. analýzy současného řešení a dosažené výsledky ve formě prototypu nanášecího automatického dvoupravitkového subsystému v 3D tiskárně EOS M290 završují k velkým očekáváním. Pokud se výsledky testování dále optimalizovaného prototypu osvědčí v dlouhodobém testování u výrobce 3D tiskárny, roste tím šance na úspěšnou komercializaci výsledku.

b) Vyjádření k postupu řešení problému a ke splnění stanoveného cíle.

Autor postupoval při řešení problému systematicky, jednotlivé kapitoly jsou logicky provázány a dle mého názoru splnil svůj stanovený hlavní cíl definovaný v kap. 1.2. Velmi oceňuji propojení teoretického základu s praktickým výstupem.

c) Stanovisko k výsledkům disertační práce.

Disertant dospěl během řešení práce k nespočetnému množství dílčích poznatků, které patřičně okomentoval, přičemž vycházel v úvodu řešení svého tématu z hypotéz, které se snažil systematickým a odborným přístupem potvrdit či vyvrátit. Hodnocení přínosů poté shrnul v kap. 6, přičemž se nechá konstatovat, že dosáhl i svých podružných cílů.

d) Systematičnost a formální úprava.

Disertační práce má velmi dobrou formální úpravu s několika vlastními barevnými obrázky či fotografiemi. Jak jsem již výše uvedl, některé statě v hlavním textu disertační práce by bylo vhodné uvést v příloze. Takto uvolněný prostor by bylo možné např. využít k detailnějšímu popisu testování navrženého prototypu. Z pohledu stylistiky byl použit menší font písma než se běžně používá.

e) Vyjádření k publikacím disertanta.

Disertant je autorem či spoluautorem mnoha příspěvků v odborných časopisech či na odborných konferencích, které se vztahují k uvedenému tématu. Rovněž z dalších uvedených příspěvků vyplývá, že se úzce zapojoval i do další vědecké práce na svém pracovišti.

e) Vyjádření oponenta dle zákona č.111/1998 Sb. § 47.

Práci hodnotí jako velmi zdařilou a přínosnou a proto práci **doporučuji** k obhajobě.

V Plzni, dne 29.10. 2020



.....
Ing. Pavel Kozmín, Ph.D.

HOFMEISTER s.r.o.
Mezi Ploty 12
326 00 Plzeň

E-mail: kozmin@hofmeister.cz