

# **Oponentský posudok**

na habilitačnú prácu  
„Skúmanie kvalitatívnych parametrov laserových rezacích strojov“

**Ing. Ivety Čačkovej, PhD.**

pre habilitovanie za docentku

Strojníckej fakulty  
Slovenskej technickej univerzity v Bratislave

v odbore  
„5.2.50 výrobná technika“

**Autor posudku:**

**prof.h.c. prof. Ing. Pavol Findura, PhD.**

Katedra strojov a výrobných biosystémov

Technická fakulta

Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre

Na základe poverenia Dr.h.c. prof. Ing. Ľubomíra Šooša, PhD. predsedu Vedeckej rady SJF z 15. júna 2022 a v zmysle postupu získavania vedecko-pedagogických titulov alebo umelecko-pedagogických titulov „docent a profesor“ predkladám oponentský posudok na habilitačnú prácu „Skúmanie kvalitatívnych parametrov laserových rezacích strojov“ Ing. Ivety Čačkovej, PhD. pre habilitovanie za docentku Strojníckej fakulty Slovenskej technickej univerzity v Bratislave.

Posudzovaná habilitačná práca predstavuje ucelené vedecké dielo autorky pokrývajúce segment jej vedeckej a výskumnej činnosti počas jej pôsobenia na fakulte. Predloženú prácu možno na základe jej obsahu rozdeliť na osem častí, z toho vystihujúcich vlastnú prácu charakterizujú štyri kapitoly. Celkový rozsah práce je 196 strán, 166 obrázkov, 66 grafov a 88 tabuliek.

Kapitola 1 má názov: Téma a ciele habilitačnej práce. Je rozdelená do dvoch podkapitol, kde prvú trochu netradične nazvala ako „Výsledky dosiahnuté v dizertačnej práci“ a v druhej charakterizuje hlavný cieľ práce ktorým podľa autorky je vytvorenie systému pre automatické nastavenie optimalizovaných parametrov rezania vzhľadom na hrúbku materiálu, tvar a rozmer dielca v jeho požadovanej presnosti. Druhá podkapitola spresňuje cieľ práce na skúmanie rozmerovej a geometrickej presnosti dielca po rezaní na vláknovom laserovom rezacom stroji vzhľadom na nastavenie stroja na výslednú presnosť respektíve na veľkosť odchýlky menovitých rozmerov a veľkosť odchýlky od geometrickeho tvaru.

Pričom tento cieľ definovala do nasledujúcich čiastkových cieľov:

-skúmať a vyhodnotiť rozmerovú a geometrickú presnosť dielca vyrobeného laserovým rezaním na vláknovom rezacom stroji od spoločnosti Microstep s označením Fiber Laser MFSCo 1001.20 L,

- skúmať vplyv parametrov nastavenia stroja vzhľadom na rozmerovú a geometrickú presnosť dielca z materiálu S235, hrúbky 5 mm,

- získať závislosť jednotlivých parametrov pre minimalizovanie veľkosti odchýlky od menovitých rozmerov a odchýlok tvaru, polohy orientácie,

- definovanie optimálnych parametrov nastavenia vláknového laserového stroja Fiber Laser MFSCo 1001.20L pri rezaní materiálu S235 v hrúbke 5 mm,

- vytvoriť štandardizovaný postup pre skúmanie presnosti dielcov po laserovom rezaní pre rôzne typy a hrúbky materiálov.

V práci bola stanovená aj pracovná hypotéza, kde autorka predpokladá, že laserový rezací stroj Fiber Laser MFSCo 1001.20L pracuje v tolerančnej triede 1 definovanej v norme EN ISO 9013 a najvýznamnejší vplyv na rozmerovú a geometrickú presnosť dielca bude mať zmena polohy ohniska laserového lúča.

Kapitola dva predstavuje s názvom: Laserové rezanie a laserové rezacie stroje predstavuje informačnú platformu o riešenej problematike doma aj vo svete, pričom sa snažila zostaviť charakteristiku významných výrobcov laserových rezacích strojov. V úvodnej časti habilitantka predstavuje význam presných CNC energolúčových technológií v priemyselnej výrobe. Popisuje vývoj v oblasti technológií delenia materiálov predovšetkým v oblasti jej kvalitatívnych ukazovateľov.

Zvlášť oceňujem zhrnutie tejto kapitoly, kde sa autorka snažila charakterizovať vývoj techniky prostredníctvom konštrukčných inovácií implementovaných priamo do strojov prípadne do pracovného procesu v zmysle Industry 4.0.

Jednou podkapitolou označenou 2.3 je charakteristika jej vedecko-výskumných projektov. Tieto projekty zároveň predstavujú aj spoluprácu s praxou resp. fy. Microstep. Ide napríklad o konštrukčný návrh prototypu univerzálneho efektora pre obojstranné zrážanie hrán kovových dielcov trojicou plazmových horákov. Či v rámci projektu APVV návrh a vývoj vysokorýchlostného CNC laserového rezacieho stroja s použitím priameho pohonu lineárnymi motormi prípadne návrh automatických manipulačných systémov používaných na manipuláciu s materiálom. Zároveň všetky návrhy sú podložené technickou dokumentáciou, obrázkami a vizualizáciami. Väčšina projektov bola riešená v rámci výskumných projektov a teda riešiteľských kolektívov, z popisu však nie je jasný podiel autorky na jednotlivých prototypoch.

V súčasnej dobe narastajú nároky hlavne zo strany zákazníkov na presnosť strojov a možnosť rýchlej a účinnej kontroly strojov. Kvalitu stroja na ktorom prebiehala výroba ovplyvňuje množstvo aspektov ktoré sa snažila autorka rozobrať v kapitole 3 s názvom: Analýza výsledkov výskumu v oblasti parametrov laserových rezacích strojov a ich vplyvu na kvalitu rezaných dielov. Autorka tu rieši voľbu parametrov procesu laserového rezania v závislosti od zloženia, hrúbky rezaného materiálu a požadovanej kvality povrchu rezu. Rovnako grafmi a fotografiami dokumentuje vplyv najdôležitejších parametrov procesu ako

sú výkon, intenzita laserového zdroja, rýchlosť rezania, ohnisková vzdialenosť objektívu, poloha ohniska, vlnová dĺžka a tlak plynu.

Táto kapitola je delená do dvoch podkapitol ktoré sa venujú požiadavkám na kvalitu tepelných rezov tak ako je definované podľa platnej normy EN ISO 9013. Výsledky autorky potvrdzujú poznatky iných autorov, že ďalšie zlepšenie kvality rezu je možné dosiahnuť reguláciou výkonu lasera, ktorý musí byť optimalizovaný podľa hrúbky materiálu. Rýchlosť rezania je potom obmedzená zníženým výkonom lasera, no aj v tejto problematike sú oblasti ktoré sú sporné a môžu byť inšpiráciou pre ďalšie vedecké skúmanie.

Nasledujúca kapitola habilitačnej práce je venovaná samotnému návrhu experimentov, opisu podmienok pri realizácii experimentu, opisu plánu experimentu a jeho realizácie.

Samotná realizácia experimentu bola uskutočnená v spoločnosti Microstep na laserových rezacích strojoch tejto spoločnosti pričom sa skúmali dosiahnuteľné rozmerové a geometrické tolerancie menovitých rozmerov spracovávaných dielcov s rôznymi hrúbkami materiálov laserovým rezaním.

V experimentálnej časti habilitačnej práce sa autorka zaoberá hlavne hodnotením kvality vyrezávaného dielca po laserovom rezaní najmä z hľadiska rozmerovej a geometrickej presnosti dielca vplyvom nasledujúcich parametrov: hrúbka a typ materiálu (jeho metalurgické vlastnosti), výkon lasera, priemer trysky, druh rezného plynu, rýchlosť rezania, zrýchlenie, tlak rezného plynu a ohnisková vzdialenosť. Pri realizácii experimentu bolo vyhodnocovaných celkovo 162 experimentálnych vzoriek.

Piata kapitola bola venovaná vyhodnoteniu experimentov, technickým parametrom a vlastnostiam meracieho zariadenia, na ktorom boli skúmané odozvy meraných závislých premenných pri všetkých úrovniach faktorov pri 27 nastaveniach. Skúmané kvalitatívne parametre dielcov po laserovom rezaní boli posudzované tak ako to už bolo uvedené v úvode tohto posudku z pohľadu odchýlky menovitých rozmerov a odchýlky geometrického tvaru a polohy.

Namerané údaje boli ďalej štatisticky spracované softwarom Minitab a Matematika v nasledujúcej kapitole. Pričom pre zisťovanie vzájomných závislostí boli využité štatistické metódy Anova či Regresná analýza s cieľom vytvoriť regresný model, ktorý by popísal čo najvernejšie priebeh závislostí medzi skúmanými faktormi. Okrem regresných rovníc bolo ku každej odozve pridané aj grafické znázornenie matematických modelov, možno by som

očakával súhrnné zhodnotenie vysvetľujúce štatistické ukazovatele, ktoré by veľké množstvo výsledkov v tejto práci určite obohatili.

V záverečnej časti posudzovanej habilitačnej práce habilitantka prezentovala komentár k súboru získaných výsledkov, kde sa snažila potvrdiť pracovnú hypotézu, potvrdiť naplnenia stanovených cieľov a naznačiť ďalšie smerovanie výskumu v danej oblasti. Na konkrétnych výsledkoch a faktoch poukázala na implementáciu vlastnej vedecko-výskumnej činnosti do praxe.

Možno konštatovať, že predložená vedecká práca dokumentuje erudovanosť autorky a hĺbku jej znalostí z danej problematiky. Habilitantka dokázala pripraviť materiálo-technickú platformu pre experimenty, následne experimenty realizovať, výsledky vyhodnotiť a prezentovať vhodnou formou na vedeckých a odborných fórach. Za najvyššie ocenenie schopností vedeckých, organizačných a odborných schopností habilitantky možno považovať jej účasť na mnohých konferenciách a sympóziách medzinárodného významu.

*K posudzovanej habilitačnej práce mám nasledovné pripomienka a otázky:*

*Práca po formálnej stránke splňuje kritériá, v práci sa systematicky vyskytuje preklepy, prípadne nepresnosti v označovaní (napríklad s.25 lasry, s.33 názov kap.1.1 má byť označený kap.2.1, s.39 nesprávne číslovanie obrázku č.17 ktorý má byť v poradí č.26, prípadne s.184 jednotné označenie nejde o obrázok 21 ale graf 67 a ďalšie).*

- *Ako si habilitantka predstavuje jej ďalšiu výskumnú činnosť resp. pokračovanie vo výskumnej úlohe ?*
- *Má habilitantka vedomosť o aplikácii globálneho autokalibračného systému na niektorých laserových rezacích strojoch?*
- *Je možné v práci použitú vedeckú metódu aplikovať aj pri iných energolúčových strojoch?*
- *V čom vidíte najväčší prínos výsledkov Vašej habilitačnej práce pre vedný odbor výrobná technika?*

## **Záver**

Predložená habilitačná práca je koncipovaná ako súborné dielo odrážajúce zameranie vedecko-výskumnej činnosti autorky v uplynulých rokoch. Vedecké poznatky zaradené do tejto habilitačnej práce boli publikované vo vedeckých časopisoch a na vedeckých konferenciách doma a v zahraničí. Riešená problematika sa vyznačuje aktuálnosťou, pričom formálna a obsahová stránka predkladanej práce spĺňa stanovené kritéria. Prierez publikačnou činnosťou potvrdzuje vedeckú a odbornú erudovanosť autorky, ktorá sa s problematikou vybraných energolúčových technológií v priemyselnej výrobe zaoberá posledné roky.

Výsledky práce habilitanta majú zodpovedajúcu vedeckú a odbornú úroveň. Posudzovanú habilitačnú prácu Ing. Ivety Čáčkovej v odbore „5.2.50 Výrobná technika“ odporúčam prijať.

V Nitre 28. augusta 2022



prof.h.c.prof. Ing. Pavol Findura, PhD.

Technická fakulta  
SPU v Nitre