

HODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE

POSUDOK OPONENTA PRÁCE

Názov práce: **Uplatnenie matematických algoritmov v procesoch implantológie**

Autor: **Mgr. Gabriela Ižaríková, PhD.**

Odbor habilitačného konania *biomedicínske inžinierstvo*

Akad. rok: **2021/2022**

a inauguračného konania:

Oponent: **Dr.h.c. prof. Ing. Dušan Bakoš, DrSc.**

Pracovisko oponenta: *Fakulta chemickej a potravinárskej technológie STU v Bratislave*

KOMENTÁR OPONENTA HABILITAČNEJ PRÁCE

AKTUÁLNOSŤ ZVOLENEJ TÉMY HABILITAČNEJ PRÁCE:

Habilitačná práca ponúka zaujímavé vzájomné prepojenie využitia aditívnych technológií a uplatnenia matematických algoritmov pri príprave implantátov špecifickej geometrie pre integráciu s kostným tkanivom v organizme. Ide o veľmi aktuálnu problematiku využitia aditívnych technológií v medicíne, navyše s originálnym prístupom k hodnoteniu a optimalizácii mechanických vlastností, povrchovej morfológie, ovplyvňujúcimi biologické vlastnosti implantátu. Atraktivite habilitačnej práce a riešeniu konkrétnych úloh prispela úzka spolupráca Katedry biomedicínskeho inžinierstva a merania s Katedrou technológií, materiálov a počítačovej podpory.

METÓDY SPRACOVANIA HABILITAČNEJ PRÁCE:

Habilitačná práca vznikla sumarizáciou výsledkov, ktoré boli získané riešením viacerých vedeckých projektov. Pozostáva zo štyroch kapitol, kde logicky začína stručným prehľadom základných pojmov a štatistických metód, ktoré sa všeobecne využívajú v procesoch verifikácie a testovania vzoriek a ktoré boli uplatnené pri optimalizácii procesu aditívnej výroby implantátov. Ďalšia kapitola predstavuje literárny prehľad základných poznatkov o biomateriáloch, pričom sa venuje najmä zliatinám uplatnených pri príprave skúšobných vzoriek. Pekne je spracovaná časť zameraná na výrobné technológie, ktoré súvisia s výrobou implantátov. V procese aditívnej výroby sa objekty vyrábajú z digitálneho 3D-CAD modelu vrstva po vrstve, kde sa pri kovových práškoch využíva laserové spekanie. V štvrtjej kapitole sú navrhnuté a verifikované algoritmy pre proces výroby implantátu, kde sa zdôrazňuje význam analýzy a správneho štatistického zovšeobecnenia výsledkov.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY HABILITAČNEJ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY:

Habilitačná práca si kladie za cieľ vniesť do procesu aditívnej výroby implantátov prvky matematickej štatistiky, vhodné pre analýzu výsledkov realizovaných štúdií. Realizovalo sa to analýzou niektorých vlastností biokompatibilných kovových materiálov používaných pre implantáty, pripravených zo zliatin Ti6Al4V a CoCr. Výhodou použitého procesu výroby implantátu je, že môže byť navrhnutý podľa individuálnych požiadaviek. Štúdium sa zameralo na stanovenie vplyvu výkonu lasera pri spekaní prášku Ti6Al4V na mikroštruktúru výrobku, jeho mechanické vlastnosti a overovala sa možnosť modifikácie morfológie povrchu implantátov tryskaním rôznymi typmi tryskacích prostriedkov. Pri grafickom vyjadrení sa porovnávali hodnoty tvrdosti spekania nežihaných a žihaných kde sa optimalizoval výkon lasera. Po tepelnom spracovaní (žíhaní) boli hodnoty tvrdosti materiálov nižšie pri všetkých výkonoch lasera. Štatisticky významné rozdiely medzi skupinami boli stanovené pomocou jednofaktorovej Analýzy rozptylov (ANOVA). Variabilita medzi vzorkami sa hodnotila parametrickými testami, F-testom a t-testom, keďže boli splnené podmienky pre parametrické testy.

Na zmenu morfológie povrchu vzoriek materiálov sa použili dva typy tryskacích prostriedkov, pričom sa ukázalo že na sledované hodnoty parametrov drsnosti povrchu ukázali rozdiely. Tieto parametre pri základnom materiáli nadobúdajú stále vyššie hodnoty v porovnaní s ostatnými vzorkami. Výkon lasera pri sinterovaní ovplyvnil sledované parametre drsnosti, no nevedlo to k zovšeobecneniu, že s rastúcim výkonom lasera rastú aj hodnoty parametrov. Zaujímavé bolo štúdium sledovania vplyvu umiestnenia vzoriek implantátov na výstavbovej platforme zariadenia pri spekaní z prášku Ti6Al4V technológiou DMLS. Stabilita mechanických vlastností bola testovaná prostredníctvom merania mikrotvrdosti a drsnosti materiálov v dvoch navzájom kolmých smeroch a vyhodnotená metódami štatistickej analýzy. Rovnako cenné sú výsledky posudzovania vplyvu opakovaného používania prášku na vlastnosti finálneho výrobku a vplyv umiestnenia na platforme, kde sa pri technológii SLM použil prášok zo zliatiny CoCr. V blízkosti prechodu laserového lúča vznikajú častice s väčším zrnom čiastočným natavením a spojením viacerých zrn prášku. Takéto častice pri ďalšom použití spôsobujú nehomogenitu výrobku súvisiacu s nedostatočným výkonom laserového lúča na roztavenie nadrozmernej častice.

Habilitačná práca pri naznačených cieľoch jednotlivých štúdií dokladuje význam zamerania práce, čo je potvrdené výsledkami a otvára nové možnosti hodnotenia procesov aditívnych technológií.

PRÍNOS PRE ĎALŠÍ ROZVOJ VEDY A TECHNIKY (UMENIA):

Aditívne technológie si už našli pevné miesto pri príprave presných implantátov, ktoré podľa aplikácie musia spĺňať aj náročné kritériá kladené na mechanické vlastnosti, morfológiu povrchu a celkovo na zložitú biokompatibilitu implantátu. Každé zlepšenie procesu s adekvátnym hodnotením vplyvov na vlastnosti výsledného implantátu je vítané a posúva dopredu nielen poznanie, ale aj dokáže zefektívniť výrobu a šetriť finančné náklady na materiály.

PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K HABILITAČNEJ PRÁCI:

Môžem konštatovať, práca je členená logicky s kapitolami, ktoré vedú k objasneniu základných pojmov vo veľmi komplexnej oblasti prípravy a

aplikácie implantátov. Chcem upozorniť na pojem implantológia, ktorý sa častejšie vyskytuje v texte a niekedy nie je celkom adekvátne použitý (Výrobné technológie využívané v procesoch implantológie). Implantológia síce predstavuje oblasť interdisciplinárneho výskumu, čo si vyžaduje silný odborný vzťah medzi klinickými pracovníkmi implantológmi a vedcami s technickým alebo biologickým pozadím, najmä s cieľom rozvíjať nové výskumné stratégie. Základom komunikácie sa stáva spoločný vedecký jazyk, ktorý obsahuje znalosti, medzi ktoré v implantológii patria: biologický princíp oseointegrácie, implantačné technológie a chirurgické protokoly. Čiže ide viac o medicínsky pojem. Inak práca z formálneho hľadiska budí dobrý dojem a tiež svedčí o didaktických schopnostiach autorky.

OTÁZKY K RIEŠENEJ PROBLEMATIKE:

1. Úprava povrchu titánovej zliatiny má veľký význam a často sa na povrch titánových implantátov aplikuje in situ anatasový tenký film, aby sa dosiahla lepšia proliferácia buniek a ďalšie pozitívne efekty podporujúce biokompatibilitu implantátu. Stretli ste sa s hodnotením biokompatibility Ti6Al4V materiálu po tryskovaní, ktoré ste použili?
2. Pri analýze vzťahov medzi premennými v práci skúmate a charakterizujete vzájomné vzťahy medzi premennými, čo vedie k hľadaniu matematickej funkcie, ktorá čo najlepšie popisuje priebeh závislosti medzi premennými. Pri technologických procesoch často využívame sledovanie viacerých parametrov naraz. Čo si myslíte o adekvátnosti využívania metódy DOE?
3. Ešte didaktická otázka. Čo si myslíte o úrovni matematického vzdelania študentov po maturite a je dostatočná príprava študentov v matematike a štatistike na fakulte?

CELKOVÉ ZHODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE A ZÁVER:

Pri záverečnom hodnotení môžem ešte raz konštatovať, že habilitačná práca je veľmi aktuálna a oceňujem previazanie štúdií, z ktorých vychádza medzi dvomi vednými odbormi na fakulte. Z tohto hľadiska je práca originálna. Pri porovnaní požadovaných kritérií na počet publikácií a ohlasov, autorka ich ďaleko prekračuje, čo dokumentuje vedeckú erudíciu a pri množstve projektov, aj schopnosť spolupracovať vo vedeckom tíme. Samotná habilitačná práca svojim obsahom a logickou nadväznosťou kapitol je dokladom jej didaktických schopností. Predloženú habilitačnú prácu Mgr. Gabriely Ižarikovej, PhD. hodnotím ako kvalitný podklad na obhajobu a získanie vedecko-pedagogickej hodnosti docent a po úspešnej obhajobe odporúčam jej ustanovenie do funkcie docenta v odbore „biomedicínske inžinierstvo“.

Predloženú habilitačnú prácu na základe predchádzajúceho hodnotenia

ODPORÚČAM prijať k obhajobe

a po jej obhájení navrhujem udeliť vedecko-pedagogický titul "docent (doc.)"

Podpisom na tomto posudku zároveň súhlasím s licenčnými podmienkami obsiahnutými v licenčnej zmluve na použitie posudku záverečnej práce, ktorá je súčasťou tohto posudku.

Dátum: 12.08.2022

podpis autora posudku