

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина - свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>На основу предлога Катедре за процесе обраде скидањем материјала, Одлуке Наставно-научног већа Департамана за производно машинство и одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, а у складу са чланом 77, став 1 Статута Факултета техничких наука, Декан Факултета техничких наука, решењем 012-72/06-2015 од 01.04.2016. године, именовao је Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације.</p>
<p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none">Др Павел Ковач, редовни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад, УО: Процеси обраде скидањем материјала, председникДр Марин Гостимировић, редовни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад, УО: Процеси обраде скидањем материјала, чланДр Миран Брезочник, редовни професор, Машински факултет, Марибор, УО: Интелигентни обрадни системи, чланДр Миодраг Хаџистевић, редовни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад, УО: Метрологија, квалитет, прибори и еколошко-инжењерски аспекти, чланДр Миленко Секулић, ванредни професор, Факултет техничких наука, Нови Сад, УО: Процеси обраде скидањем материјала, ментор
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: ВЛАСТИМИР (ОСТОЈА) ПЕЈИЋ</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава: 11.08.1966. године, Добој, Босна и Херцеговина</p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив: Факултет техничких наука у Новом Саду, Производно машинство, Дипломирани машински инжењер</p>
<p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија: -</p>
<p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: Факултет техничких наука у Новом Саду, Развој модела алата за обраду резањем према STEP-NC стандардима у интеграцији CAD/CAM и CNC, Производно машинство, 2007. године</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: Производно машинство</p>

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Моделовање и оптимизација процеса глодања вретенастим глодалима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графика и сл.

Процес глодања тврдих (каљених) челика, вретенастим лоптастим глодалима, најчешће се примењује у операцијама завршне обраде комплексних површина. Моделовање овог процеса обраде и оптимизација његових улазних параметара су веома важни, како као помоћ за разумевање самог процеса тако и за решавање практичних проблема. За моделовање излазних перформанси процеса обраде и налажење оптималних вредности улазних параметара, кориштено је неколико класичних и природом-инспирисаних метода. Од класичних метода моделовања и оптимизације, у раду су примењене: методологија одзивне површине-RSM, Тагучи метода и Тагучи метода са сивом релационом анализом. Осим класичних метода кориштене су и природом-инспирисане методе моделовања и оптимизације: генетски алгоритам-GA, сиви вук оптимизер-GWO и недоминантно сортирајући генетски алгоритам II-NSGA II. Добијени поуздани математички модели излазних перформанси процеса обраде, као и чињеница да је могуће квалитетно одредити оптималне вредности улазних параметра обраде, потврђују оправданост примене свих кориштених метода у процесу глодања вретенастим лоптастим глодалима тврдих (каљених) челика. Посебно треба издвојити резултате добијене помоћу методе сиви вук оптимизер-GWO. Ова природом-инспирисана метода је потпуно нова метода и до сада није било литературних информација о могућностима њене примене у процесима обраде резањем.

Докторска дисертација је написана на српском језику латиничним писмом. Основни текст дисертације садржи 10 поглавља на 223 стране, и то:

1. Увод,
2. Преглед стања у подручју истраживања,
3. Основе процеса глодања вретенастим глодалима,
4. Моделовање и оптимизација процеса обраде резањем,
5. Експериментална истраживања,
6. Моделовање излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима,
7. Оптимизација параметара процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима,
8. Анализа добијених резултата,
9. Закључна разматрања,
10. Литература.

Испред основног текста налазе се још наслов рада, кључна документацијска информација, захвалност и садржај рада, који су посебно нумерисани. Поред основног текста дисертација садржи и 12 прилога са експериментално добијеним оригиналним подацима.

Текст дисертације садржи 83 табеле, 99 слика, 30 дијаграма и 189 литературних референци.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Увод

У *првом*, уводном поглављу, укратко су представљени предмет, циљ и методологија истраживања, као и полазне хипотезе. Поједностављеном схемом научног истраживања, кроз приказ методологије истраживања примењене у овој дисертацији, кандидат је већ у уводном делу илустративно представио сценарио примењеног истраживања. Комисија сматра да је у уводном делу кандидат јасно упознао читаоца са проблематиком истраживања и његовим значајем како са научног, тако и са практичног становишта.

2. Преглед стања у подручју истраживања

Шири преглед актуелног стања у подручју истраживања је дат, кроз табеларне приказе и текстуалне описе, у *другом* поглављу дисертације. Кандидат је систематски и хронолошки

дао приказ стања, како на пољу моделовања излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима, тако и на пољу оптимизације улазних параметара обраде при глодању вретенастим лоптастим глодалима. Табеларни прегледи јасно приказују стање истраживања са битним елементима, као што су имена аутора, кориштена мерно-аквизициона опрема, улазни параметри и излазне перформансе процеса, као и примењене методе моделовања и оптимизације. Преглед обухвата стање истраживања у последњих 10 година, што указује на актуелност прегледа стања у подручју истраживања.

3. Основе процеса глодања вретенастим глодалима

Основе процеса вретенастог глодања су приказане у поглављу *три*. Посебан акценат је стављен на геометрију вретенастих лоптастих глодала и на изабране излазне перформансе овог процеса обраде (силе резања, храпавост обрађене површине, производност обраде). Кандидат је прво дао приказ општег модела вретенастог глодала, а затим је јасно указао на специфичности геометрије вретенастог лоптастог глодала. У анализи излазних перформанси процеса глодања, теоријски су обрађене излазне перформансе које су биле предмет истраживања у оквиру ове докторске дисертације. Једначина за израчунавање производности обраде, при глодању вретенастим лоптастим глодалом, прецизно је изведена из аналитичких и геометријских релација. Она омогућава да се врло лако и квалитетно, квантитативно одреди производност обраде, као једна од најзначајнијих функција обрадивости материјала.

4. Моделовање и оптимизација процеса обраде резањем

У поглављу *четири* објашњен је значај моделовања и оптимизације процеса обраде резањем, као кључних техника за подршку производњи у 21. веку. Потребне за егзактним представљањем процеса и система су све веће са развојем модерних и интелигентних обрадних система. Дат је детаљни приказ бројних прилаза моделовању различитих перформанси процеса обраде резањем. Указано је на могућности и ограничења различитих врста модела, као што су: емпиријски модели, механистички модели, аналитички модели, нумерички модели и модели засновани на вештачкој интелигенцији. На основу анализе тренутно достигнутог степена развоја у моделовању процеса обраде резањем, кандидат је указао и на ограничења индустријске примене развијених модела.

Кроз приказ савремених оптимизационих техника, кандидат је указао на главни циљ оптимизације процеса обраде резањем, а то је одређивање оптималних вредности улазних параметара обраде, како би се постигле побољшане перформансе процеса обраде резањем. За решавање оптимизационих проблема користи се широк спектар оптимизационих метода и алгоритама. Један број тих алгоритама и метода је детаљно објашњен у овом поглављу. Ту се пре свега мисли на природом-инспирисане алгоритме оптимизације, који све више налазе примену у оптимизацији многих процеса обраде резањем.

Комисија констатује да је преглед актуелних метода и алгоритама, који се користе за моделовање и оптимизацију процеса обраде резањем, дат систематски и веома јасно, као и да су обухваћени сви неопходни теоретски аспекти за успешну реализацију истраживања дефинисаних докторском дисертацијом.

5. Експериментална истраживања

Поступак експерименталних истраживања је детаљно приказан у поглављу *пет*. Три основне целине овог поглавља су: планирање експеримента, услови при експерименталним истраживањима и резултати експерименталних истраживања. У раду су кориштене две најпознатије технике планирања експеримента: централни композициони план и робустни план експеримента, применом ортогоналних низова према методи Тагучија. Кандидат је укратко приказао теоријске основе ова два типа експерименталних истраживања.

За улазне независне параметре изабрани су: број обртаја алата (брзина резања), помак по зубу, дубина резања и ширина резања. Вредности ових параметара су вариране на пет нивоа, који су одређени на основу препорука произвођача алата, односно с обзиром на ограничења машине алатке обрадног система.

Услови при експерименталним истраживањима су детаљно описани путем приказа кориштене мерно-аквизиционе опреме за мерење сила резања и храпавости обрађене површине, машине алатке, резног алата и обратка. Сам поступак извођења експерименталних испитивања поткрепљен је већим бројем фотографија, које показују симулацију и генерисање управљачког кода, позиционирање обратка, повезивање мерно-аквизиционог система, заслон управљачке јединице CNC обрадног центра током једне експерименталне тачке, као и израдак на коме су вршена мерења храпавости обрађене површине.

Током самог процеса глодања, независно од врсте плана експеримента, мерене су ортогоналне силе резања. Након мерења сила резања извршено је мерење средње аритметичке храпавости обрађене површине, односно прорачун производности обраде за сваку експерименталну тачку. Експериментална испитивања су обухватила укупно 55 експерименталних тачки (30 експеримената према централном композиционом плану и 25 експеримената према Тагучи ортогоналном низу $L_{25}(5^6)$).

У завршном делу овог поглавља, кандидат је дао јасан табеларни приказ свих експерименталних резултата, који су добијени током експеримената на основу оба типа плана експеримента (централни композициони четворофакторни план и Тагучи ортогонални низ).

Комисија сматра да је описани избор метода, техника, процедура и експерименталних узорака адекватно реализован и јасно приказан, те да омогућује поновљивост спроведених експеримената и успешну реализацију постављених циљева докторске дисертације.

6. Моделовање излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима

Моделовања излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима је приказано у поглављу *шест*. Примена методологије одзивне површине (RSM), у циљу добијања почетних полиномних математичких модела, је успешно реализована помоћу софтвера Design-Expert, уз кориштење експерименталних података добијених централним композиционим планом. За оцену адекватности добијених модела, као и за оцену сигнификантности појединих улазних параметара процеса, кандидат је користио анализу варијанси (ANOVA). На овај начин су добијени структурни облици математичких модела за различите излазне перформансе процеса обраде. Коначни математички модели излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима, су добијени применом једне класичне методе моделовања (методологије одзивне површине–RSM) и две природом-инспириране методе моделовања (генетски алгоритам-GA и сиви вук оптимизер-GWO). На основу анализе најмањег одступања, моделских од експерименталних резултата, добијени су најадекватнији математички модели за сваку излазну перформансу процеса обраде (ортогоналне силе резања, резултујућу силу резања, средњу аритметичку храпавост обрађене површине и производност обраде). Експериментални подаци, добијени током експеримената према Тагучи ортогоналном низу, су послужили као потврдни тест за најадекватније математичке моделе.

Комисија сматра да је поступак одређивања, најадекватнијих математичких модела излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима, добро спроведен, што је потврдним тестовима и верификовано. Применом савремених класичних, као и природом-инспирираних метода, кандидат је показао савремени приступ у решавању практичних проблема научног истраживања.

7. Оптимизација параметара процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима

За оптимизацију улазних параметара процеса обраде кориштено је неколико класичних метода (методологија одзивне површине–RSM, Тагучи метода и Тагучи метода са сивом релационом анализом). Осим ових класичних метода, оптимизација улазних параметара процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима, извршена је и помоћу неколико природом-инспирираних метода оптимизације (генетски алгоритам- GA, сиви вук оптимизер-GWO и недоминантно сортирајући алгоритам II -NSGA II).

У циљу једнокритеријумске оптимизације параметара резања, при обради глодањем вретенастим лоптастим глодалима, као класична метода кориштена је Тагучи метода, а од природом инспирираних метода кориштене су метода генетског алгоритма (GA) и метода сиви вук оптимизер (GWO).

Резултати вишекритеријумске оптимизације параметара резања су добијени на основу два различита приступа. Један приступ је базиран на преференцијалном приступу претраживања простора решења оптимизације и доношења одлука, док је други приступ базиран на идеалном приступу претраживања простора решења оптимизације и доношења одлука. За добијање оптималних параметара резања према преференцијалном приступу од класичних метода кориштене су методологија одзивне површине (RSM) и Тагучи метода са сивом релационом анализом (TGRA), а од природом-инспирираних метода генетски алгоритам (GA) и сиви вук оптимизер (GWO) метода. Код идеалног приступа кориштена је метода недоминантно сортирајућег генетског алгоритма II (NSGA II).

Комисија констатује да је спроведена оптимизација улазних параметара обраде, при процесу обраде глодањем вретенастим лоптастим глодалима, у складу са постављеним

циљевима истраживања. Кандидат је кроз опсежна истраживања, применом већег броја оптимизационих техника, овладао савременим оптимизационим алатима и техникама.

8. Анализа добијених резултата

У поглављу *осам* је дата анализа резултата истраживања. На основу теоријских и експерименталних истраживања добијени резултати се могу поделити и анализирати у две групе резултата: математички модели излазних перформанси процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима и оптимални параметри обраде глодањем вретенастим лоптастим глодалима. Редуковани облици полазних четворофакторних модела другог реда, за силе резања F_x , F_y , F_z , F_R и средњу аритметичку храпавост обрађене површине R_a су настали као резултат издвајања, анализом добијених безначајних чланова. Четворофакторни линеарни модел са интеракцијама представља структурни облик математичког модела за производност обраде Q . Због различитог утицаја појединих чланова и њихових међусобних утицаја, различити су и добијени облици модела за поједине излазне перформансе. Начин на који параметри обраде утичу на излазне перформансе процеса обраде, кандидат је представио путем дијаграма пертурбације. Дијаграми пертурбације су практични из разлога што је на једном месту могуће приказати утицај свих параметара на излазну перформансу процеса обраде за посматрану тачку. На основу упоредне анализе релативне тачности добијених математичких модела изабрани су најадекватнији математички модели.

Анализа предикције оптималних параметара обраде при једнокритеријумској оптимизацији је одвојена од анализе предикције оптималних параметара обраде при вишекритеријумској оптимизацији. Разлог за то су различити приступи оптимизацији, односно различите функције циља.

Упоредни прикази анализираних резултата су представљени табеларно и са текстуалним образложењима, на јасан и прецизан начин.

9. Закључна разматрања

У оквиру поглавља *девет*, у првом делу су приказана закључна разматрања изведена на основу анализе резултата истраживања и њихове дискусије, а у другом делу поглавља дати су предлози за будућа истраживања.

Комисија констатује да су постављени циљеви истраживања, у оквиру ове дисертације, у потпуности испуњени и да су полазне хипотезе недвосмислено потврђене. Међутим, кроз ова истраживања дотакнута су многа отворена питања неких нових научних сазнања, која се намећу као правци даљих научних истраживања.

10. Литература

Списак кориштене литературе је дат у завршном поглављу и садржи 189 литературних референци. Од тога су 114 референци из периода 2006.-2016. год., што представља 60% свих коришћених литературних извора. Висок проценат приказане и коришћене литературе из последње деценије, која се бави проблематиком докторске дисертације, додатно потврђује да је тема докторске дисертације веома актуелна. Највећим делом наведени радови су објављени у врхунским међународним часописима. Кандидат је проучио и користио и одређени број докторских дисертација и магистарских радова који се, шире посматрано, односе на проблематику предложене теме, као и неке од уџбеника из области процеса обраде скидањем материјала.

Прилози

Посебан део докторске дисертације чине прилози који представљају оригиналне резултате, добијени као излази при кориштењу различитих софтвера. Прилози су дати на 51 страни и систематизовани су у 12 делова.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. Sekulić M., Hadžistević M., Gostimirović M., Turisova R., **Pejić V.**: Influence of Material Properties on the Machinability in Face Milling, *Materiali in tehnologije*, 2012, Vol. 46, No. 6, pp. 601-606, ISSN:1580-2949. (Materials Science Multidisciplinary, 189/241, IF 2012 = 0,571)
2. Sekulic M., **Pejic V.**, Spaic O., Gostimirovic M., Jurkovic Z.: Optimization of Machining Parameters in Ball-End Milling using Taguchi Method, *Journal of Trends in the Development of Machinery and Associated Technology* 19, pp. 17-20, 2015.
3. Sovilj B., Sovilj-Nikic I., Gajic V., Kovac P., **Pejic V.**, Sovilj-Nikic S., Gyula V.: The parameters of gear teeth surface topography machined by coated and uncoated model hob milling tools, *The 7th International Symposium KOD 2012, Balatonfured, Hungary*, 2012.
4. **Пејић В.**, Петковић З., Мишић Б.: Концепт система за одређивање параметара режима резања заснованог на WEB – технологијама, 37. ЈУПИТЕР конференција, 33 симпозијум НУ-РОБОТИ-ФТС, Београд, стр. 3.115-3.120., 2011.
5. Sovilj-Nikic I, Sovilj B., Brezocnik M., Sovilj-Nikic S., **Pejic V.**: Analysis of Possibility to Apply Genetic Algorithm in Design and Construction of Gear Hob,, *Acta Tribologica*, Volume 17, , p-ISSN 1220-8434, e-ISSN 2069-4601, 2009.
6. **Пејић В.**, Мишић Б.: Савремене методе у оптимизацији обрадних процеса, 32. Савјетовање производног машинства Србије са међународним учешћем, Нови Сад, стр.73-76., 2008.
7. Sovilj-Nikic I., Sovilj B., Brezocnik M., Sovilj-Nikic S., **Pejic V.**: Analysis of influence of gear hob geometric parameters on the tool life using genetic algorithm, *The International Exhibition & Conference on Tribology – ROTRIB '07, Bucharest, Romania*, 2007.
8. Sovilj-Nikic I, Sovilj B., Brezocnik M., Sovilj-Nikic S., **Pejic V.**: Analysis of Possibility to Apply Genetic Algorithm in Design and Construction of Gear Hob, *12th International Conference on Tools, Miskolc, Hungary*, 2007.

VII ЗАКЉУЧЦИ, ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Моделовање излазних перформанси процеса и оптимизација улазних параметара обраде заузимају значајно место у савременој производњи. Процеси обраде резањем су веома сложени обрадни процеси где је најчешће потребно истовремено посматрати више излазних перформанси процеса обраде.

Применом једне класичне методе моделовања (методологија одзивне површине-RSM) и две природом-инспирисане методе моделовања (метода генетског алгоритма-GA и сиви вук оптимизер метода-GWO) одређени су коефицијенти у претходно формираним облицима математичких модела. На основу прорачуна релативне грешке и утврђивања најмањег одступања моделских резултата од експерименталних, извршен је избор најадекватнијих математичких модела за све посматране излазне перформансе процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима.

Већина најадекватнијих математичких модела добијена је методом сиви вук оптимизер-GWO. Коефицијенти математичких модела, добијени методама RSM i GA, су такође чинили добијене математичке моделе поузданим, јер су одступања резултата била незнатна у односу на резултате добије помоћу GWO.

Верификовани најадекватнији математички модели су недвосмислено потврдили полазну хипотезу H1:

Истраживањем процеса глодања, а на основу експерименталних података, могуће је добити поуздане математичке моделе за излазне перформансе процеса обраде, као што су силе резања (F), средња аритметичка хрпаваост обрађене површине (R_a) и производност обраде (Q) у функцији параметара режима резања (n, s_1, a, B) применом класичних метода, као и применом природом-инспирисаних алгоритама.

Главни циљ оптимизације процеса обраде је да се одреде оптималне вредности параметара обраде, како би се постигле побољшане излазне перформансе процеса обраде резањем са високом димензионом тачношћу.

На основу експерименталних истраживања ефеката улазних параметара обраде на излазне перформансе процеса, при једнокритеријумској оптимизацији, могу се извести следећи закључци:

- Добијене оптималних вредности свих улазних параметара обраде (n , s_l , a и B), које су одређене у зависности од функције циља Q_{\max} , су исте, без обзира који метод оптимизације је кориштен за њихово добијање.
- Оптималне вредности дубине резања a и ширине резања B су исте, независно која функција циља је кориштена, односно који метод оптимизације је примењен.
- Оптималне вредности броја обртаја n и помака по зубу s_l се разликују, у зависности од функције циља ($F_{x_{min}}$, $F_{z_{min}}$, $F_{R_{min}}$ и R_{amin}), као и у зависности од кориштене методе оптимизације. Приликом оптимизације помоћу GA и GWO добијене су исте вредности ових улазних параметара обраде, које се разликују од вредности које су добијене помоћу Тагучи методе.
- ANOVA анализом, експерименталних података добијених по Тагучи плану експеримента, утврђено је, да за посматране излазне перформансе процеса обраде (F_x , F_y , F_z , F_R и R_a), нису значајни управо они улазни параметри обраде чије се оптималне вредности разликују.
- *Природом-инспириране методе*, генетски алгоритам - GA и сиви вук оптимизер - GWO, дају идентичне вредности оптималних параметара обраде. Треба нагласити да је GWO метода једноставнија за примену и да је време решавања оптимизационих задатака краће, него помоћу GA.
- Тагучи метода је веома ефикасна метода, јер не захтева постојање математичког модела и није неопходан већи број експеримената. С друге стране, ова метода је и непрецизнија, јер за предикцију оптималних параметара обраде могу бити предложене само вредности параметара обраде на одређеним, претходно дефинисаним нивоима.
- Резултати једнокритеријске оптимизације наводе на закључак да су све три примењене оптимизационе методе: Тагучи метода, метода генетског алгоритма - GA и метода сиви вук оптимизер – GWO, прикладне и веома поуздане методе за оптимизацију параметара обраде глодањем вретенастим глодалима тврдых (каљених) челика.

На основу експерименталних истраживања ефеката улазних параметара обраде на излазне перформансе процеса обраде, при вишекритеријумској оптимизацији, могу се извести следећи закључци:

- Упоредна анализа добијених оптималних вредности улазних параметара, помоћу различитих вишекритеријумских метода није прикладна, због различитог приступа оптимизацији, односно због различитих функција циља.
- Метода генетског алгоритма - GA и сиви вук оптимизер - GWO метода имају идентичне вредности предикције оптималних параметара обраде због истог приступа оптимизацији и исте агрегиране функције циља.
- Приликом вишекритеријумске оптимизације помоћу RSM и Тагучи методе са сивом релационом анализом, добијене су незнатно различите оптималне вредности улазних параметара. Разлог за то може лежати у чињеници да су функције циља имале различит облик и да су тежински фактори одређени на различит начин.
- Оптималне вредности улазних параметара обраде, које су одређене помоћу недоминантно сортирајућег генетског алгоритма II (NSGA II) су представљене Парето скупом оптималних решења. Управо Парето скуп оптималних решења чини ову методу веома поузданом. У зависности од потребе постизања одређене функције циља, доносиоц одлуке из Парето скупа оптималних решења може издвојити најприхватљивије решење.
- Резултати вишекритеријумске оптимизације наводе на закључак да су свих пет примењених оптимизационих метода: Методологија одзивне површине–RSM, Тагучи метода са сивом релационом анализом - TGRA, метода генетског алгоритма -GA, метода сиви вук оптимизер–GWO и метода недоминантно сортирајућег генетског алгоритма II-NSGAII, прикладне и веома поуздане методе за оптимизацију параметара обраде глодањем вретенастим лоптастим глодалима тврдых (каљених) челика.

На основу изведених закључака недвосмислено је доказана полазна хипотеза H2:

На основу добијених поузданих математичких модела за излазне перформансе процеса обраде: силе резања (F), средња аритметичка храпавост обрађене површине (R_a) и производност обраде (Q), који произилазе из H1, могуће је одредити оптималне параметаре режима обраде (n, s, a, B), применом класичних метода, као и применом природом-инспирираних алгоритама.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија констатује да су спроведена истраживања приказана на прегледан, адекватан и систематичан начин. Тумачење резултата је у складу са савременим научним сазнањима, аргументовано и свеобухватно.

У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме
ДА - Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе
ДА - Дисертација садржи све битне елементе научног рада.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Докторска дисертација даје вишеструки оригинални научни допринос у области моделовања и оптимизације процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима. Текст дисертације на јасан, читљив и студиозан начин омогућава свеобухватно сагледавање и разумевање теоретских основа различитих метода и алгоритама, који се могу користити за моделовање излазних перформанси процеса, односно једнокритеријумску и вишекритеријумску оптимизацију улазних параметара процеса обраде. Неке од коришћених метода, као што је сиви вук оптимизер (GWO), су по први пут примењене за потребе моделовања и решавање оптимizacionих проблема у подручју технологије обраде резањем. То представља значајан и оригиналан допринос научним истраживањима у подручју процеса обраде скидањем материјала.

Добијени резултати показују, да се природом-инспириране методе и алгоритми, могу веома успешно користити за потребе моделовања и оптимизације процеса глодања вретенастим лоптастим глодалима, као и класичне методе.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања
Нису уочени недостаци дисертације који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

Да се докторска дисертација прихвати и кандидату одобри одбрана.

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Павел Ковач, редовни професор,
Факултет техничких наука – Нови Сад, председник

Др Марин Гостимировић, редовни професор,
Факултет техничких наука – Нови Сад, члан

Др Миран Брезочник, редовни професор,
Машински факултет – Марибор, члан

Др Миодраг Хаџистевић, редовни професор,
Факултет техничких наука – Нови Сад, члан

Др Миленко Секулић, ванредни професор,
Факултет техничких наука – Нови Сад, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.