

РЕЦЕНЗИЈА

НА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ
НА СРЕДНАТА ТЕМПЕРАТУРА ПРИ ОБРАБОТКА СО СТРУЖЕЊЕ НА МЕТАЛИ
СО ЗГОЛЕМЕНА ТВРДИНА“, ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р НАИМ ОСТЕРГЛАВА,
ПРИЈАВЕНА НА МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ,
УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП

Со Одлука број 0206-463/2 од 12.7.2021 година, донесена на 61. седница, одржана на 12.7.2021 год. на Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 (биотехнички, техничко-технолошки и природно-математички науки) при Универзитет „Гоце Делчев“ во Штип, формирана е Комисија за оценка и одбрана на докторската дисертација под наслов „Математичко моделирање на средната температура при обработка со стружење на метали со зголемена тврдина“, во состав:

проф. д-р Елениор Николов – претседател,
проф. д-р Симеон Симеонов, член - интерен ментор,
вон. проф. д-р Мите Томов, член - екстерен ментор,
вон. проф. д-р Невен Трајчевски, член,
проф. д-р Винета Сребренкоска, член.

По прегледот и анализата на докторската дисертацијата, Комисијата во наведениот состав го поднесува следниов

ИЗВЕШТАЈ

Структура на трудот

Докторската дисертација е напишана на вкупно 129 страници А4 формат, со вкупно 21 табели и 116 слики. Содржината во трудот опфаќа 10 поглавја, организирани по следниот редослед: Вовед; Преглед на литературата и достигнувањата во областа на истражувањето; **Методи за мерење на температурата при обработка со стружење**; Научноистражувачки тези, цели и задачи на истражувањето; Експериментални истражувања (услови и резултати); Математичко моделирање на средната температура во процесот на режење при обработка со стружење; Анализа на резултатите, Заклучок; Литература и Прилог.

Во **првото** поглавје (**Вовед**) се дефинирани основните поими опфатени во истражувањето. Дадени се објаснувања и шематски прикази на поимите поврзани со обработката со стружење на челици со зголемена тврдина. Образложен е мотивот за реализираните истражувања, односно посочено е дека идејата, обработка со брусење да се замени со обработка со стружење кога се во прашање материјали со зголемена тврдина е главната моторна сила во истражувањата во оваа област. Од друга страна, во процесот на стружење познавањето на температурата кој се развива во зоната на режење е многу значајно од аспект на познавање на другите физички процеси (триење, абење, отпор на режење, термички промени на површински слој и сл.). Затоа е посочено дека во дисертацијата се разгледувани методите на мерење на температурата во процесот на режење, како и факторите кои влијаат на висината на температурата. Исто така, наведено е дека моделирањето на средната температура во процесот на стружење може да се користи и како показател на стабилноста на процесот на трансформација на обработуваниот материјал во струшка.

Во **второто** поглавје (**Преглед на литературата и достигнувањата во областа на истражувањето**) е направен краток преглед на релевантните истражувања во предметната област на дисертацијата. Пред се прегледот се темели на научни трудови, но вклучена е и останатата литература (книги, стручни трудови и стандарди). Анализирани се трудови во кои се истражува влијанието на алатите (нивните материјали и геометрии) врз температурата при обработка со стружење на тврди материјали. Коментирани се истражувања во кои се разгледува влијанието на разладното средство, затапувањето (абењето) на резниот алат, материјалот на обработуваното парче (тврдината), отпорите на режење и сл. врз температурата, водејќи сметка, односно оптимирајќи ги влезните

параметри (брзина на режење, помест, длабочина на режење). На крајот од анализата е заклучено дека кај постоечките истражувања истовремено се разгледуваат само мал број параметри (од технолошките) кои влијаат на висината на температурата во зоната на режење, но и тоа дека во литературата недостасуваат анализи и коментари во насока на поврзување на моделите за предвидување на температура во зоната на режење со стабилноста на процесот на режење.

Во **трето** поглавје (**Методи за мерење на температурата при обработка со стружење**) е направен пресек и кратко се образложени експерименталните методи кои се користат за мерење на температурата во зоната на режење при обработка со стружење. Карактеристично е тоа што кај обработката со стружење, во различни точки од резниот алат, работното парче или струшката, температурата е различна и овие разлики се големи. Од тие причини во литературата се среќаваат повеќе методи за мерење на температурата кои меѓусебно се разликуваат по основ на физиката на процесот на мерење и целта (средна, максимална температура и сл.). Посочено е дека од експерименталните методи, најраспространет е методот на природен термопар, каде што природниот термопар се состои од алат за стружење и работното парче. Методите кои се базираат на природен термопар се едноставни за реализација, но бараат познавање на термоелектричните карактеристики на работното парче и резниот алат (резната плочка), а нивното определување е само по експериментален пат и некогаш може да биде доста сложено.

Во **четврто** поглавје (**Научноистражувачки тези, цели и задачи на истражувањето**) се дадени целите и задачите на истражувањето кои се директно поврзани со научноистражувачките тези:

- Степенестиот облик на функција од прв ред добиен со примена на методологијата на *Design of experiments* (DOE), со користење четирифакторен план на експерименти со повторување во средната точка од истражуваниот хиперпростор, со проверка на адекватноста на добиените модели, со успех може се користи за математичко моделирање на средната температура која се појавува во зоната на режење при обработка со стружење на челици со зголемена тврдина.
- Резултатите од мерењето на средната температура како физичка појава во процесот на стружење со помош на методот на природен термопар се со задоволителна точност и повторливост и со успех може да се користат за:
 - Успешно математичко моделирање на средната температура преку степенестиот облик на функција од прв ред,
 - Донесување на правилна одлука за стабилноста на процесот на стружење при обработка на материјали со зголемена тврдина што е во директна зависност од вредностите на параметрите на режење.

Во **петтото** поглавје (**Експериментални истражувања (услови и резултати)**) се опишани експерименталните истражувања, односно избран е материјал за стружење (челик за подобрување С 55 (DIN) со тврдост 52 ± 2 HRC), од кој се изработени специјални прстени. Направен е избор на држачи на алат, резачки плочки и дополнителна потребна опрема. Обработката со стружење, како и мерењата на средната температура по методот на природен термопар се реализирани на Машинскиот факултет во Скопје.

Во **шестото** поглавје (**Математичко моделирање на средната температура во процесот на режење при обработка со стружење**) изворно е прикажано математичко моделирање на температурата во функција од независните влезни параметри брзина на режење, поместот, длабочината на режење и радиусот на врвот на резната плочка. Дадени се добиените математички модели за температурата во облик на степенеста функција од прв ред, без меѓусебно дејство и без оцена на значајноста на факторите, без меѓусебно дејство и со оцена на значајноста на факторите, со меѓусебно дејство и без оцена на значајноста на факторите и со меѓусебно дејство и со оцена на значајноста на факторите. Табеларно е дадена дисперзионата анализа за добиените модели, како и разликите помеѓу теоретски пресметаните вредности и експериментално добиените вредности. Во ова поглавје исто така се прикажани дијаграми во облик на 3-Д површини со цел графичка интерпретација на добиените математички модели.

Во *седмото* поглавје (**Анализа на резултатите**) се дава спроведената анализа на добиените резултати од претходната точка. Дадени се конечните изрази од математичкото моделирање со кои може да се пресмета (предвиди) средната температура во зависност од технолошките параметри (брзина, помест, длабочина на режење и радиус на врвот на резната плочка). Дискутирани се добиените математички модели и образложена е врската (зависностите) помеѓу температурата поединечно и влезните независни променливи (технолошките параметри). За издвојување е тоа што сите добиени математички модели се проверени на тест за адекватност со користење на Фишеров тест со 95% интервал на доверба ($\alpha=0,05$) и сите се адекватни.

Во делот за **Заклучоци** изведени се концизни и јасни заклучоци, како и препораки за понатамошни истражувања.

Во прилогот се дадени целосната графичка интерпретација (во облик на 3-Д површини) на математичките модели и измерените сигнали за средната температура во реално време.

Предмет на истражување и краток опис на применетите методи

Обработката со стружење е изведена на прстени, специјално дизајнирани и изработени за оваа намена, од материјал челик за подобрување со ознака С 55 (DIN). Прстените дополнително се термички обработени за да се добие тврдина 52 ± 2 HRC, што влегува во групата на челици со зголемена тврдина. Димензиите на прстените се $\Phi 102 \times \Phi 82 \times 20$ mm. При обработката со стружење прстените се поставуваат на специјално помагало, кое овозможува одведување на електричниот сигнал од прстените во текот на самата обработка. Обработката со стружење се изведува со примена на резачки плочки SNGN 120708-120712-120716 од мешана керамика MC 2 ($Al_2O_3 + TiC$), на конвенционален струг модел TVP 250 од фирмата „Првомајска“ со сила од $P=11,2$ (kW).

Мерењето на температурата на обработената површина на прстените со стружење се изведува во реално време со примена на природен термопар кој е дел од компјутеризиран мерен систем (во сопственост на Машинскиот факултет во Скопје). Обработката на резултатите од изведените експериментални истражувања е реализирана со примена на специјализиран софтверот CADEX (Computer Aided Design and analysis of Experiments), користејќи степенест облик на функцијата и четирифакторен потполн план на експерименти од прв ред ($2^4 + 4$).

Горенаведеното посочува дека во истражувањата главно е користен експерименталниот метод, додека во анализата на литературата и добиените експериментални резултати и донесувањето на заклучоците е користен индуктивно-дедуктивниот метод.

Краток опис на резултатите од истражувањето

Од извршените експериментални истражувања успешно се добиени адекватни математички модели во повеќе облици и интерации за средната температура со примена на методот на Design of experiments (DOE) што е директно потврдување на првата научна теза.

За различните варијанти на математичките модели за средната температура заедничко е тоа што сите независно влезни променливи (брзината, поместот, длабочина на режење и радиусот на врвот на резната плочка се доминантни (значајни) фактори иако нивните вредности во експонентите се мали (<1). Сепак, овде може да се издвои резната брзина како најдоминантен фактор од кои зависи средната температура. Зголемување на резната брзина значи и зголемување на средната температура. Зголемувањето на поместот и длабочината на режење ги зголемуваат отпорите на режење, а со тоа и триењето, со што повторно се зголемува средната температура. Единствено со зголемување на радиусот на врвот на резната плочка доаѓа до намалување на средната температура.

Како што постојат зони на создавање на температурата во процесот на стружење, така постојат и зони на одведување на температурата од зоната на режење. Кај стабилен процес

на режење овој топлотен биланс во текот на времето би бил приближно константен. Ако се погледнат облиците на измерените сигнали прикажани изворно (во реално време) од прилогот од дисертацијата, ќе се види тека сигналот е сабилен во текот со времето. На тоа укажува и малата разлика помеѓу измерените вредности за средната температура кај експериментите кај кои има повторување. Токму оваа констатација претставува потврдување на втората теза од докторската дисертација.

Конечна оценка на докторската дисертација

Врз основа на анализата и проверката на докторската дисертација може да се заклучи дека трудот е успешно завршен, а проблематиката од теориски аспект систематично е разработена. Добиените резултати од направените истражувања во докторската дисертација се јасно презентирани, систематизирани и анализирани, а целите на истражувањето се успешно реализирани.

Преку теоретски, истражувачки и научен пристап, направено е поврзување на истражувањето во еден целосен труд. Трудот е јасно напишан на научно и стручно ниво, со јасни анализи и дискусии на резултатите, како и нивно јасно презентирање во форма на табеларни податоци, графички прикази и сликовито.

Добиените резултати од истражувањата се објавени во меѓународни списанија.

Оваа докторска дисертација обработува актуелна тема и содржи податоци од истражувања и литература што се карактеризираат со висок степен на научна и апликативна вредност.

Исполнетост на законските услови за одбрана на трудот

Кандидатот м-р Наим Остерглава ги има објавено следниве научноистражувачки трудови:

Ostergllava Naim, Simeonov Simeon, Shabani Mevludin, Pira Bujar and Loku Afrim (2020) *Statistical analysis of the effect of cutting parameters on the Average temperature in hard turning of steel C 55 (DIN)*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 11 (6). pp. 90-99. ISSN 2229-5518

Ostergllava Naim, Shabani Mevludin, Simeonov Simeon, Loku Afrim and Pijar, Bura (2021) *Prediction of Surface Roughness Through Roughness Parameter Rz, During Hard Turning of Steel C55(DIN) Using Mixed Ceramics MC2 (Al2O3+TiC)*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 12 (4). pp. 615-621. ISSN 2229-5518

Shabani Mevludin, Simeonov Simeon, Pira Bujar and **Ostergllava Naim** (2021) *Mathematical Modeling of the Surface Roughness Parameters Rp and Rv in Hard Turning of Steel C55(DIN) Using Mixed Ceramics MC 2 (Al2O3+TiC)*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 12 (3). pp. 502-509. ISSN 2229-5518

Shabani Mevludin, Simeonov Simeon, Pira Bujar and **Ostergllava Naim** (2020) *Statistical Analysis of the effect of cutting parameters on the surface roughness profile height parameter Ra in hard turning of steel C(55) DIN*. International Journal of Scientific & Engineering Research, 11 (5). pp. 165-173. ISSN 2229-5518.

ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка и одбрана на докторската дисертација со наслов „Математичко моделирање на средната температура при обработка со стружење на метали со зголемена тврдина” изработена од кандидатот м-р Мевлудин Шабани, донесе заклучок дека истата претставува оригинално научно истражување, со значајни резултати и препораки. Презентираниот материјал во докторската дисертација и спроведените експериментални истражувања, реализирани со врвна опрема и според најсовремените модели на планирање на експериментите и обработка на податоците, врз кои се темелат заклучните согледувања и препораки од кандидатот, претставуваат значаен придонес во научната литература кој ја третира истражуваната проблематика.

Докторската дисертација врз основа на содржината, обемот и постигнатото ниво на квалитет на научна работа ги задоволува и исполнува условите потребни за изработка на докторска дисертација.

Врз основа на горенаведеното, Комисијата има чест да му предложи на **Наставно-научниот совет на докторски студии на Кампус 2 да ја прифати позитивната рецензија на докторската дисертација со наслов „Математичко моделирање на средната температура при обработка со стружење на метали со зголемена тврдина” изработена од м-р Наим Остреглава и да одобри јавна одбрана на истата.**

РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Проф. д-р Елениор Николов – претседател, с.р.
редовен професор на Воена академија при УГД - Штип
Проф. д-р Симеон Симеонов, член, интерен ментор, с.р.
редовен професор на Машински факултет при УГД - Штип
Проф. д-р Мите Томов, член, екстерен ментор, с.р.
вонреден професор на Машински факултет при УКИМ - Скопје
Проф. д-р Невен Трјчевски, член, с.р.
вонреден професор на Воена академија при УГД - Штип
Проф. д-р Винета Сребренкоска, член, с.р.
редовен професор на Технолошко-технички факултет, УГД - Штип