

**РЕЦЕНЗИЈА**  
**НА ДОКТОРСКА ДИСЕРТАЦИЈА ПОД НАСЛОВ „МАТЕМАТИЧКО МОДЕЛИРАЊЕ**  
**НА ПАРАМЕТРИТЕ НА РАПАВОСТ ПРИ ОБРАБОТКА СО СТРУЖЕЊЕ НА**  
**МЕТАЛИ СО ЗГОЛЕМЕНА ТВРДИНА“ ИЗРАБОТЕНА ОД М-Р МЕВЛУДИН**  
**ШАБАНИ, ПРИЈАВЕНА НА МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ,**  
**УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ“ ВО ШТИП**

Со Одлука број 0206-414/7 од 17.6.2021 година, донесена на 60. седница, а одржана на 17.06.2021 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 параметрите на рапавост при обработка со стружење на метали со зголемена тврдина“, во состав:

- д-р **Елениор Николов**, редовен професор – претседател,
- д-р **Симеон Симеонов**, редовен професор, член - интерен ментор,
- д-р **Мите Томов**, вонреден професор, член - екстерен ментор,
- д-р **Невен Трајчевски**, вонреден професор, член,
- д-р **Ристо Кукутанов**, 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 196 страници А4 формат, со вкупно 99 табели и 147 слики. Содржината во трудот опфаќа 9 поглавја, организирани по следниот редослед: Вовед; Преглед на литературата и достигнувањата во областа на истражувањето; Научноистражувачки тези, цели и задачи на истражувањето; Експериментални истражувања (услови и резултати); Математичко моделирање на параметрите на рапавоста; 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, како и дефиниции и графички елаборации на параметрите на рапавост кои се предмет на истражување во дисертацијата. 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 на истражувањата, додека посебно за издвојување е тоа што во истражувањата истовремено се разгледувани и моделирани вкупно шест параметри на рапавост за еден исти профил на рапавост.

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 параметри на рапавоста при обработка со стружење на тврди материјали. Коментирани се истражувања во кои се разгледува влијанието на разладното средство, затапувањето (абењето) на резниот алат, температурата во зоната на режење и сл. врз рапавоста на обработената површина, 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 на рапавост, а тоа најчесто се параметрите Ra и Rz (Rt). Нагласено е дека профилот на рапавост не може еднозначно да се дефинира само со параметрите Ra и Rz (Rt), па затоа може да има повеќе облици на површини со профили на рапавост кои во експлоатација различно ќе се однесуваат а да имаат идентични вредности за параметрите Ra и Rz (Rt).

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

- Методот Design of experiments (DOE), особено степенестиот облик на функција од прв ред, преку примена на четирифакторен план на експерименти со повторување во средната точка од истражуваниот хиперпростор, може со успех да се користи за математичко моделирање на повеќе параметри на рапавост истовремено.
- Истовременото математичко моделирање на повеќе параметри на рапавост овозможува еднозначно опишување на профилот на рапавост, додека пак вредноста на експонентите во математичките модели надополнето со проверката на адекватноста на експериментално добиените математички модели овозможува да се констатира степенот на стабилност на процесот на обработка со стружење на материјали со зголемена тврдина.

Во четвртото поглавје (**Експериментални истражувања (услови и резултати)**) опишани се експерименталните истражувања, односно избран е материјал за стружење (челик за подобрување С 55 (DIN) со тврдост  $52 \pm 2$  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 профилите на рапавост се реализирани на Машинскиот факултет во Скопје.

Во петтото поглавје (**Математичко моделирање на параметрите на рапавоста**) изворно е прикажано математичко моделирање на сите шест параметри на рапавост 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 разгледуваните параметри на рапавост во облик на скалеста 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.

**Шестото поглавје (Анализа на резултатите)** ја дава спроведената анализа на добиените резултати од претходната точка. Дадени се конечните изрази од математичкото моделирање со кој може да се пресметуваат (предвидат) параметрите на рапавоста ( $R_a$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_z$ ,  $R_{Sm}$  и  $R_{mr}$ ) 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 врквата (зависностите) помеѓу параметрите на рапавост 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 **Заклучоци** изведени се концизни и јасни заклучоци, како и препораки за понатамошни истражувања.

Во **Прилог** се дадени изворно измерените профили на рапавост и целосната графичка интерпретација (во облик на 3-Д површини) на математичките модели.

#### **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  $52 \pm 2$  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, што овозможува лесна нивна заменливост, а со тоа и полесно мерење на рапавоста на површинскиот слој. 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 силина од  $P = 11,2(\text{kW})$ .

Мерењето на параметрите на рапавоста на обработената површина добиена при обработка со стружење се изведува со примена на компјутеризиран мерен уред, модел Surtronic 3+, од фирмата Taylor Hobson-UK. Пресметката на параметрите на рапавост на измерените профили се врши со помош на софтверот TalyProfile. Обработката на резултатите од изведените експериментални истражувања е реализирана со примена на компјутерскиот софтвер CADEX (Computer Aided Design and analysis of Experiments), користејќи скалест 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 за параметрите на рапавост  $R_a$ ,  $R_p$ ,  $R_v$ ,  $R_z$ ,  $R_{Sm}$  и  $R_{mr}$  со примена на методот на Design of experiments (DOE) што е директно потврдување на првата научна теза.

За математичките модели за параметрите  $R_a$ ,  $R_p$ ,  $R_v$  и  $R_z$  заедничко е тоа што поместот и радиусот на врвот на резната плочка се доминантни (значајни) фактори, додека пак резната брзина и длабочината на режење се незначителни фактори. Зголемувањето на поместот директно влијае на зголемување на вредностите на параметрите на рапавост, а додека зголемувањето на радиусот на врвот на резната плочка значи намалување на вредностите на параметрите. Токму и физиката на стабилен теоретски процес на стружење тоа да го потврдува. Генерално експонентот на резната брзина е со негативен предзнак што значи дека со зголемување на резната брзина вредностите на параметрите на профилот на рапавост незначително опаѓаат, како резултат на течното (полесното) одделување на струшката од основниот материјал. Малата вредност на експонентот на длабочината на режење сам по себе покажува дека експериментите се реализирани во стабилен процес на режење, каде што отпорите на режење не влијаат (или влијаат многу малку) на процесот на формирање на профилот на рапавост. Токму оваа констатација е потврдување на втората теза во докторската дисертација.

Од друга страна, математичкиот модел за параметарот  $R_{Sm}$  покажува дека доминантно влијание во хоризонталните карактеристики на профилот на рапавост има поместот. Малите вредности на експонентите на другите променливи (брзина, длабочина и радиус) повторно укажуваат на стабилен процес на обработка.

Интересно за коментар е тоа што сите експоненти на влезно променливите во математичкиот модел за параметарот  $R_{mr}$  имаат мали (незначајни) вредности. Тоа е така затоа што кандидатот усвоил вредноста на параметарот  $R_{mr}$  да ја пресметува на функционална височина во вредност од 50% од  $R_z$ . Со ова уште еднаш се дава потврда на втората научна теза во 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 Мевлудин Шабани ги има објавено следниве научно истражувачки трудови:

- **Shabani Mevludin**, Simeonov Simeon, Pira Bujar and Osterglavva, 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
- 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.

### ЗАКЛУЧОК И ПРЕДЛОГ

Комисијата за оценка и одбрана на докторската дисертација со наслов „Математичко моделирање на параметрите на рапавост 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 параметрите на рапавост при обработка со стружење на метали со зголемена тврдина“** изработена од м-р Мевлудин Шабани и да одобри јавна одбрана на истата.

### РЕЦЕНЗЕНТСКА КОМИСИЈА

Д-р **Елениор Николов** – претседател,  
редовен професор на Воена академија при УГД – Штип, с.р.  
Д-р **Симеон Симеонов**, член, интерен ментор,  
редовен професор на Машински факултет при УГД – Штип, с.р.  
Д-р **Мите Томов**, член, екстерен ментор,  
вонреден професор на Машински факултет при УКИМ - Скопје, с.р.  
Д-р **Невен Трјчевски**, член,  
вонреден професор на Воена академија при УГД - Штип, с.р.  
Д-р **Ристо Кукутанов**, член,  
редовен професор на Машински факултет при УГД - Штип, с.р.