

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ

и

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 26.4.2024. године (број одлуке: IV-04-312/2) одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом: „Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем”, кандидата Славице Миладиновић, студента докторских академских студија Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, за коју је именован ментор др Блажа Стојановић, редовни професор.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о докторској дисертацији
1.1. Наслов докторске дисертације: Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем
1.2. Опис докторске дисертације (навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, шема, графикана, једначина и референци) (до 500 карактера): У дисертацији су приказани и анализирани резултати структурних, физичких, механичких и триболошких испитивања композита са надеутектичком Al18Si легуром којој су додате честице силицијум-карбида, алуминијум-оксида и графита. Применом оптимизационих метода су изабрани композити са најбољим карактеристикама који су додатно испитани на трибометру са праволинијским наизменичним кретањем. Дисертација је написана у 8 поглавља, на 152 стране, са 98 слика, 29 табела, 39 једначина и 295 референци.
1.3. Опис предмета истраживања (до 500 карактера): Предмет истраживања су две групе композита са основом од Al18Si легуре. Првој групи су додаване честице силицијум-карбида (SiC), величине 30 μm , алуминијум-оксида (Al_2O_3), величине 20 – 30 nm и графита (Gr), величине 17 μm или 200 – 800 μm . Садржај SiC је био 10 мас. %, Al_2O_3 0,5 мас. %, а Gr 1 или 3 мас. %. Другој групи су додаване честице SiC величине

40 μm (3 мас. %), Al_2O_3 величине 20 – 30 nm (0,5 мас. %) и/или величине 36 μm (3 мас. %) и Gr величине 250 – 500 μm (3 мас. %).

1.4.Анализа испуњености полазних хипотеза:

Анализом приказаних резултата и закључака може да се констатује да су хипотезе постављене на почетку истраживања, у пријави теме докторске дисертације, у потпуности испуњене. Показано је да процентуални садржај ојачивача има велики утицај на механичке и триболошке карактеристике композита, односно да су испитивани композити имали боље карактеристике од основног материјала. Прецизност и савремена аквизиција коришћене опреме (трибометара, мерача тврдоће, скенирајућег електронског микроскопа и енергодисперзионог спектрометра) су имали велики утицај на тачност добијених резултата. Успешно спроведена оптимизација материјала са аспекта што мањих интензитета хабања, односно коефицијената трења, је доказала да је оптимизациона метода коришћена за планирање експеримента и анализу резултата адекватна. Применом оптимизационих метода је показано који су испитивани параметри највише утицали и у ком проценту на величине интензитета хабања и коефицијената трења композита. Методом коначних елемената је успешно спроведена напонска анализа елемента са праволинијским наизменичним кретањем (клип клипне машине).

1.5.Анализа примењених метода истраживања:

Одређивање физичких, механичких и триболошких карактеристика композита је извршено експериментално. Одређивање густине обе групе материјала је урађено и теоријски да би се поређењем са експерименталним резултатима добила процена порозности. Тврдоћа композита је мерена по Викерсу применом нормалних сила од 294,2 N и 9,81 N. У оквиру триболошких испитивања је мерено хабање и рачунат је интензитет хабања, односно континуално је праћена сила трења на основу које је рачунат коефицијент трења. За то је коришћен трибометар типа „епрувета на прстену“ са линијским (неконформним) додиром. Коришћен је такође и трибометар са конформним додиром и праволинијским наизменичним кретањем. Испитивања су извођена у условима клизања са подмазивањем (моторно уље SAE 5W-30) при три нормална оптерећења (100, 200 и 300 N), једној брзини клизања (0,5 m/s) и константном пређеном путу (1000 m). Експериментални резултати су искоришћени за оптимизацију материјала са триболошког аспекта помоћу више метода оптимизације (Тагучи метода, Тагучи-греј метода и вештачке неуронске мреже). Утврђени су утицаји појединих фактора и одређена је комбинација параметара при којој су трење и хабање минимални. Напонско стање клипова који би били израђени од испитиваних композита је одређено применом методе коначних елемената при деловању температуре и притиска појединачно, као и приликом њиховог заједничког деловања. Примењене методе истраживања и развијена методологија омогућавају добијање резултата који су били довољни за широку анализу композита и њихове потенцијалне примене.

1.6.Анализа испуњености циља истраживања:

Циљеви задати у пријави теме докторске дисертације су испуњени, односно извршено је:

- одређивање основних триболошких карактеристика (коефицијента трења и интензитета хабања) композита са основом од Al18Si легуре на трибометру са линијским (неконформним) додиром и на трибометру са конформним контактом и праволинијским наизменичним кретањем,
- одређивање макро- и микротврдоће, густине и порозности композита са основом од Al18Si легуре,

- анализирање утицаја одговарајућих ојачивача/побољшивача на триболошке карактеристике композита применом више метода оптимизације (Тагучи метода, Тагучи-греј метода и вештачке неуронске мреже),
- поређење карактеристика композита са карактеристикама основне легуре,
- анализирање похабаних површина испитиваних материјала помоћу скенирајућег електронског микроскопа,
- оптимизација материјала са триболошког аспекта,
- нумеричко анализирање утицаја врсте материјала на напонско-деформационо стање модела клипа.

1.7. Анализа добијених резултата истраживања и списак објављених научних радова кандидата из докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија):

На основу истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације су добијени експериментални резултати мерења тврдоће и густине композита, односно интензитета хабања и коефицијената трења. Резултати мерења тврдоће прве групе композита су показали да најмању тврдоћу има основни материјал, док се додатком 10 мас. % честица SiC (величине 30 μm) и 0,5 мас. % честица Al_2O_3 (величине 20 – 30 nm) у основни материјал тврдоћа повећала. Са друге стране, тврдоћа се смањила када су у композит $\text{Al18Si} + 10\text{SiC} + 0,5\text{Al}_2\text{O}_3$ додате честице графита и када се њихов масени садржај повећао. Најмању порозност су имали основни материјал и композит са 10 мас. % честица SiC (величине 30 μm) и 0,5 мас. % честица Al_2O_3 (величине 20 – 30 nm). Триболошка испитивања прве групе композита су показала да је највиши интензитет хабања имао основни материјал, док су композити са 10 мас. % честица SiC (величине 30 μm), 0,5 мас. % честица Al_2O_3 (величине 20 – 30 nm) и 3 мас. % честица Gr (величине 17 μm или 200 – 800 μm) показали најнижи интензитет хабања. Најнижи коефицијент трења, независно од оптерећења, уочен је за основни материјал. Мерење порозности и тврдоће друге групе материјала је показало да најнижу порозност и највишу тврдоћу има композит са 3 мас. % честица Gr (величине 250 – 500 μm). Високе вредности тврдоће су последица присуства веће количине честица примарног силицијума на површини композита, док је ниска порозност последица додавања честица графита већих димензија које поседују бољу квашљивост (способност пријањања за основни материјал). Додатак од 3 мас. % честица графита је имао највећи утицај и на смањење интензитета хабања, док утицај осталих честица није био значајније изражен.

Анализа резултата методама оптимизације је показала да је најутичајнији фактор нормално оптерећење, као и да оптимизационе методе могу са великом поузданошћу да се користе за предвиђање триболошког понашања композита са основом од Al18Si легуре. Напонско стање клипова клипне машине, који би били израђени од прве групе испитиваних материјала, методом коначних елемената је одређено за случај две различите температуре (300 и 400 °C) и један притисак (7,5 MPa). Резултати анализе су показали да су сви максимални напони нижи од напона на граници течења и да сви испитивани материјали са овог аспекта могу да се користе за израду клипа клипне машине.

На основу резултата докторске дисертације кандидат Славица Миладиновић је објавио три научна рада од којих су два реферисана у „Web of Science“ (JCR листа). Објављени научни радови кандидата из докторске дисертације су:

1. S. Miladinović, S. Gajević, S. Savić, I. Miletić, B. Stojanović, A. Vencl, Tribological behaviour of hypereutectic Al-Si Composites: A multi-response optimisation approach with ANN and

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

Taguchi grey method, Lubricants, Vol. 12, No. 2, 2024, Paper 61, DOI: 10.3390/lubricants12020061, ISSN 2075-4442 [M22]

2. S. Miladinović, B. Stojanović, S. Gajević, A. Vencl, Hypereutectic aluminum alloys and composites: A review, Silicon, Vol. 15, 2023, pp. 2507-2527, DOI: 10.1007/s12633-022-02216-2, ISSN 1876-990X [M22]
3. S. Miladinović, B. Stojanović, S. Gajević, L. Ivanovic, A. Skulić, A review of hypereutectic aluminum piston materials, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 1271, No. 1, 2022, Paper 012011, DOI: 10.1088/1757-899X/1271/1/012011, ISSN 1757-899X [M33]

1.8. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области и анализа извештаја о провери докторске дисертације на плагијаризам (до 1000 карактера):

Прегледом дисертације и анализом радова објављених из дисертације, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Славице Миладиновић, маг. инж. маш. „Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем“ представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада. Оригиналност дисертације је потврђена помоћу програма „iThenticate“ који је пронашао поклапање од 6 % са другим изворима. Највећи ниво поклапања од 2 % је био са интернет страницом преко које се врши претраживање публикација. Остала поклапања су са дисертацијама других аутора и односе се на терминологију везану за оптимизацију, дефиниције, опис и карактеристике коришћене опреме, односно на опис поступака испитивања и мерења. На основу анализе експериментално и нумерички добијених резултата, као и извештаја о провери докторске дисертације на плагијаризам, сматрамо да поменута докторска дисертација представља оригиналан научни рад.

1.9. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области:

Докторска дисертација кандидата Славице Миладиновић маг. инж. маш. „Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем“ представља резултат оригиналног научно-истраживачког рада у области развоја и одређивања карактеристика композита са основом од надеутектичке Al-Si легуре, примене метода оптимизације и анализе примене добијених композита на клипове мотора СУС.

Развој аутомобилске индустрије, између осталог, иде у правцу смањења масе мотора и унапређење њихових радних карактеристика. Поједини делови мотора, као што је то клип, су изложени све већим оптерећењима и температурама и потребно је да се развију и примене материјали који могу да издрже те радне услове. Клипови мотора се најчешће израђују од алуминијумских легура, а једна од група су и надеутектичке Al-Si легуре. У циљу побољшања, пре свега триболошких карактеристика Al-Si легура, све више се развијају композити са различитим врстама, количинама, величинама и комбинацијама ојачивача/побољшивача.

Кандидат је у дисертацији извршио анализу врста и проблематике тренутних истраживања у свету у области надеутектичких Al-Si легура и композита. Установљено је да карактеристике надеутектичких Al-Si легура и композита зависе од врсте, величине и количине додатих честица, као и од поступка производње. Докторска дисертација истражује композите са основом од надеутектичке Al18Si легуре којој су додате различите врсте, величине и количине честица. Композити су произведени компокастинг поступком, након чега је извршена њихова

микроструктурна анализа, мерење густине и тврдоће. На основу прегледа литературе је направљен план триболошких испитивања на трибометру са неконформним (линијским) додиром, а група материјала која је показала боље триболошке карактеристике је испитивана и на трибометру са конформним додиром и праволинијским наизменичним кретањем. Помоћу оптимизационих метода је одређен процентуални утицај појединих фактора на интензитет хабања и коефицијент трења композита. Такође је закључено да коришћене методе оптимизације могу успешно да се примене и код истраживања са релативно малим бројем података. Значај ове дисертације је у томе што пружа боље разумевање карактеристика композита са основом од надеутектичке Al18Si легуре и даје увид у могућност њихове примене. На основу анализе добијених резултата се уочавају значајне предности и побољшања која ови композити могу да донесу у различитим индустријама, а нарочито у аутомобилској индустрији.

1.10. Оцена испуњености услова за одбрану докторске дисертације у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

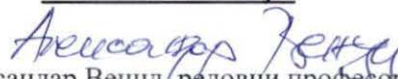
Докторска дисертација кандидата Славице Миладиновић, мастер инжењера машинства, под називом „Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем“ одговара теми дисертације одобреној одлуком број 01-1/4534-7 од 21.11.2019. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и одлуком Већа за техничко технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-987/11 од 11.12.2019. године.

Кандидат је испунио све обавезе предвиђене студијским програмом, Правилником о докторским академским студијама Факултета инжењерских наука број 01-1/4100 од 24.11.2021. године – пречишћен текст и Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу број III-01-1251/28 од 21.12.2023. године. Током израде дисертације кандидат је поштовао академска правила цитирања, навођења извора и сва остала правила. Дисертација је резултат оригиналног рада кандидата, што је доказано провером дисертације на плагијаризам, при чему је добијено мало поклапање са другим литературним изворима.

2. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе докторске дисертације и приложене документације Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Карактеризација композита са основом од Al18Si легуре и њихова примена код триболошких елемената са праволинијским наизменичним кретањем“, кандидата Славице Миладиновић, предлаже надлежним стручним органима да се докторска дисертација прихвати и да се одобри њена одбрана.

Чланови комисије:



Александар Венцл, редовни професор

Универзитет у Београду – Машински факултет

Технологија материјала – трибологија

Председник комисије

Jasna Glišović
Јасна Глишовић, редовни професор

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

Моторна возила и мотори

Члан комисије

Milan Banić
Милан Банић, ванредни професор

Машински факултет Универзитета у Нишу

Машинске конструкције

Члан комисије

Dragan Đunić
Драган Џунић, ванредни професор

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

Производно машинство

Члан комисије

Sandra Gajević
Сандра Гајевић, доцент

Факултет инжењерских наука Универзитета у
Крагујевцу

Машинске конструкције и механизација

Члан комисије