

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ
НАУКА
ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу одржаној 20. 05. 2021. године (број одлуке: 01-1/1432-10) и на седници Већа за техничко-технолошке науке одржаној 09. 06. 2021. године (број одлуке: IV-04-450/12) одређени смо за чланове Комисије за подношење извештаја за оцену научне заснованости теме и испуњености услова кандидата за израду докторске дисертације: „**Натријум силикатно стакло као нови фазно изменљиви материјал – испитивања и примена**“ у научној области Машинско инжењерство кандидата **Ивана Бијелића**, дипл. маш. инж. На основу података којима располажемо достављамо следећи

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА,
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ

Бр. 01-1 / 2149

607 20²¹ год.
КРАГУЈЕВАЦ

ИЗВЕШТАЈ

1. Научни приступ проблему предложеног нацрта докторске дисертације и процена научног доприноса крајњег исхода рада

Истраживања на тему докторске дисертације припадају производном машинству и развоју стезних прибора и посвећена су фазно изменљивим материјалима који припадају класи савремених материјала, а који под одређеним условима мењају стање тј. прелазе из течног у чврсто стање. Кандидат наводи да је феномен брзе промене стања ових материјала и могућност њихове имплементације у индустрији интензивирао истраживања у области науке и развој групе ових материјала чија технологија израде је данас недоступна широј научној и стручној јавности. Фазно изменљиви материјали имају велику примену у индустрији, посебно у сложеним условима савремене машинске обраде. Стезни прибори пројектовани на бази фазно изменљивих материјала могу бити прибори са псеудофазном променом материјала и прибори са аутентично фазном променом материјала. Нови фазно изменљиви материјал који се предлажу као тема истраживања у овој докторској дисертацији одликује аутентично фазна промена стања. Овај материјал је комерцијално доступан на тржишту, веома је прихватљиве цене коштања, и поред огромног потенцијала могуће индустријске примене, омогућава и развој потпуно нових технологија израде елемената танких зидова.

Планирано је да се метода разматра у реалним експерименталним условима на физичким моделима, где би се са великом поузданошћу симулирала попустљивост веза елемената конструкције стезних прибора. Кандидат је планирао и развој уређаја за експериментална испитивања стабилности веза елемената у статичким и динамичким условима оптерећења и реализацију плана и програма експерименталних испитивања. Такође, планирана је и математичко-статистичка обрада резултата експерименталних истраживања која треба да омогући утврђивање статичке и динамичке чврстоће везе натријум силикатног стакла као фазно изменљивог материјала, предмета обраде и осталих елемената стезног прибора.

Метода, према процени комисије, може наћи велику примену у авио индустрији, као и у осталим гранама индустрије где је потребно израдити сложене монолитне предмете.

Према резултатима прелиминарних лабораторијских истраживања материјал који се предлаже има веома добре карактеристике. Комисија дели очекивања кандидата да ће овај фазно изменљиви материјал са аспекта области могуће индустријске примене и техно-економског аспекта бити у истој класи или превазићи постојеће фазно изменљиве материјале

Имајући у виду приказ проблема проучавања, полазне хипотезе и предложене научне методе истраживања, приказани нацрт докторске дисертације садржи све елементе који су потребни да би израда ове докторске дисертације дала научни допринос значајан за даљи развој научних истраживања у домену побољшања стезних прибора применом натријум силикатног стакла као фазно изменљивог материјала.

Веза са досадашњим истраживањима

На основу референци из литературе коју је кандидат навео и образложио може се закључити да је у досадашњим истраживањима у области стезних прибора проблематика којом се они баве веома актуелна. Кандидат наводи да су стезни прибори пре 50 година сматрани као мање битан елемент сваког обрадног процеса. Посматрани су као статичка конструкција чија је улога да обезбеде базирање и стезање предмета обраде и пренесу оптерећења са алата на радни сто алатне машине. Кандидат је у литератури препознао да пре 50 година и није било веће индустријске потребе за истраживањима у смислу побољшања перформанси тадашњих стезних прибора. Међутим, истраживања у области резних алата у протеклих 50 година довела су до огромног побољшања њихових перформанси. Савремени резни алати данас раде са брзинама резања од преко 500 m/min, док су пре 50 година имали потешкоћа и са резањем брзином од 50 m/min. Кандидат је навео да иста проблематика важи и за брзину помоћног кретања, која је била од 50 mm/min, а данас брзине помоћног кретања достижу и превазилазе вредности од 1000 mm/min. При томе, трошкови алата који оптерећују производну операцију су пре 50 година износили око 30% укупних трошкова, док данас ти трошкови износе 3-5%. Савремене алатне машине прате развој алата са аспекта њихове крутости, тачности обраде и расположивих опсега брзина главног и помоћног кретања. Ниво развоја резних алата и алатних машина ни у научном, а посебно у индустријском смислу, није достигнут у области стезних прибора. Кандидат је уочио и навео да стезни прибор, у великом броју индустријских операција, представља "уско грло" и као материјални чинилац обрадног процеса резни алат-алатна машина-стезни прибор ограничава реално веће могућности алатних машина и резних алата.

Прегледом литературе долази се до закључка да су истраживања у области стезних прибора уназад више година толико интензивирани да скоро нема научне дисциплине која није примењена у анализама везаним за могућа побољшања концепта и конструкција стезних прибора. Примењују се теоријске методе анализе динамичког понашања конструкција стезног прибора и предмета обраде при симулацији дејства сила резања, анализирају померања елемената прибора и предмета обраде, анализирају нивои вибрација, примењују методе FEM (finite element method) анализе, методе вишекритеријумске оптимизације дизајна стезног прибора и многе друге методе, укључујући и методе вештачке интелигенције.

Кандидат је у наредном излагању дао краћи преглед литературних извора који су уже везани за тему предметне дисертације.

Наводи се да дизајн стезних прибора добија све већи значај и да је мало пажње усмерено на оптималан дизајн распореда елемената прибора. Проблем дизајна је одредити положај носача односно елемената који врше базирање и стезање на што оптималнији начин. Кандидат наводи да се Б. Тадић и сарадници¹ у свом раду баве проблемима базирања и стезања предмета обраде типа одливка кућишта мењача са укрштеним осама отвора и променљивим, релативно малим дебљинама зида. Такође, запажа да они у раду представљају теоријску анализу проблема, предлажу модел базирања и стезања за општи случај сложене геометрије предмета обраде и пружају опсежну студију случаја дизајна стезног прибора који испуњава све захтеве и ограничења, у смислу захтева за максимално повећање производности и минимизацију нивоа грешака израде. Кандидат закључује да се предложеном методом, узимајући у обзир ограничења, може ефикасно остварити базирање и стезање предмета обраде сложене геометрије са танким зидовима што потврђују и резултати FEM (finite element method) анализе.

Даље, кандидат наводи радове и износи запажања.

В. Li и S. N. Melkote² су у свом раду користили нелинеарну методу програмирања за решавање проблема оптимизације распореда елемената прибора. Метода минимизира грешке при локализованој еластичној деформацији предмета обраде.

U. Roy и J. Liao³ су развили хеуристичку методу за планирање најбољих носећих и стезних положаја елемената.

Z. J. Тао и сар.⁴ су представили методологију геометријског закључивања за одређивање оптималних тачака стезања и редоследа стезања за произвољне геометријске облике предмете обраде.

В. Li и S. N. Melkote⁵ су представили оптимални приступ синтезе распореда и сила стезања који узима у обзир динамику предмета обраде током процеса обраде. Представљен је комбиновани распоред елемената за стезање и поступак оптимизације силе стезања. Користили су метод моделирања контактне еластичности који објашњава утицај динамике предмета током обраде.

¹ B. Tadić, B. Bogdanović, B. Jeremić, P. Todorović, O. Lužanin, I. Budak, Đ. Vukelić, Locating and clamping of complex geometry workpieces with skewed holes in multiple-constraint conditions, *Assembly Automation*, ISSN 0144-5154, Vol. 33, No 4, pp. 386-400, 2013.

² B. Li, S. N. Melkote, Improved workpiece location accuracy through fixture layout optimization, *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 39, pp. 871-883, 1999.

³ U. Roy, J. Liao, Geometric reasoning for re-allocation of supporting and clamping positions in the automated fixture design system, *IEEE Transactions* 31, pp. 313-322, 1999.

⁴ Z. J. Tao, A. S. Kumar, A.Y.C. Nee, A computational geometry approach to optimum clamping synthesis of machining fixture, *International Journal of Production Research* 37 (15), pp. 3495-3517, 1999.

⁵ B. Li, S. N. Melkote, Optimal fixture design accounting for the effect of workpiece dynamics, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 18, pp. 701-707, 2001.

Е. У. Т. Тан и сар.⁶ су описали моделирање, анализу и верификацију оптималних конфигурација система стезања методама оптимизације и моделирања методом коначних елемената.

Рад С. Н. Xiong, Y. Wang, Y. L. Xiong⁷ представља општу методу за одређивање оптималних сила стезања, укључујући њихову величину и положај. Они су прво развили локално еластични контактни модел за описивање нелинеарне спреге између контактне силе и еластичне деформације на појединачном контакту. Дали су скуп једначина „компатибилности“ тако да еластичне деформације међу свим контактима у систему учвршћења предмета обраде резултирају доследним скупом померања тог предмета у његовом глобалном систему. Минималну норму еластичне деформације на контактима су дефинисали као циљну функцију, а затим проблем одређивања оптималних сила стезања формулисали као ограничени проблем нелинеарног програмирања.

Р. Чааги и сар.⁸ представљају нови модел и поступак за квантификовање геометријских недостатака обраде. Они разматрају динамичке ефекте обраде и понашање предмета обраде. Кинематичко одступање услед лоцирања и померања предмета обраде моделирано је методом хомогене трансформације. Метода коначних елемената МКЕ (FEA – finite element analysis) користи се за утврђивање динамичких померања узрокованих силама стезања и силама резања. Њихов рад представља методологију за моделирање геометријских недостатака обраде узимајући у обзир динамичке ефекте обраде. Ова методологија се састоји у квантификовању извора варијација као што су кинематичка грешка, статичка деформација и грешка изазвана вибрацијама. Поред тога, ова развијена методологија процењује утицај динамичких ефеката обраде на стварање геометријских дефеката.

И. М. Деиаб и М. А. Elbestawi⁹ су представили резултате експерименталног испитивања триболошких услова контактне површине предмета обраде и стезног прибора, узимајући у обзир утицај материјала предмета обраде, храпавост површине предмета обраде, храпавост елемената стезног прибора и нормално оптерећење. Статистичке методе су коришћене за анализу експерименталних података. Утврђено је да се коефицијент трења смањује, а нормално оптерећење контакта повећава, што се може оправдати променом површинске храпавости.

М. Hazarika и сарадници¹⁰ развијају систем планирања оптималног распореда елемената стезног прибора и њихове величине који пружа довољне улазне параметре

⁶ E. Y. T. Tan, A. S. Kumar, J. Y. H. Fuh, A. Y. C. Nee, Modeling, analysis and verification of optimal fixturing design, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering 1 (2), pp. 121–132, 2004.

⁷ C. H. Xiong, Y. Wang, Y. L. Xiong, On Clamping Planning in Workpiece-Fixture Systems, IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 5 (3), pp. 407-419, 2008.

⁸ R. Chaari, M. Abdennadher, J. Louati, M. Haddar, Modelling of the 3D Machining Geometric Defects Accounting for Workpiece Vibratory Behaviour, International Journal of Simulation Modelling, 10 (2), pp. 66-77, 2011.

⁹ I. M. Deiab, M. A. Elbestawi, Experimental determination of the friction coefficient on the workpiece-fixture contact surface in workholding applications, International Journal of Machine Tools and Manufacture, 45 (6), pp. 705-712, 2005.

¹⁰ M. Hazarika, U. S. Dixit, S. Deb, A setup planning methodology for prismatic parts considering fixturing aspects, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 51 (9-12), pp. 1099-1109, 2010.

за инжењера који тај прибор треба да осмисли у погледу препоручене дубине продрања алата и распореда стезних елемената и сила стезања. Идејни пројекат стезног прибора врши се на основу сила резања и сила стезања. Они у свом раду предлажу нову стратегију за проналажење радијуса закривљености сферних елемената стезног прибора за правилан контакт са површином предмета обраде. Методологија је објашњена на примеру завршног процеса глодања.

Y.G. Liao и S. J. Hu у овом раду представљају интегрисани модел анализе целокупног система стезни прибор-предмет обраде¹¹. У сврху предвиђања квалитета обрађене површине, развијена је методологија за интегрисање FEA (finite element analysis) модела стезни прибор-предмет обраде са експерименталном крутошћу прибора и његове везе са радним столом алатне машине. У овом интегрисаном моделу узимају се у обзир предоптерећења стезања, силе резања, интеракција контакта стезни прибор-предмет обраде, усаглашености учвршћења, крутост радног стола машине и принудне вибрације. Предности овог побољшаног модела анализе су реалнија предвиђање квалитета обрађене површине и бољег разумевања узрока површинских аномалија. Динамичка крутост система стезни прибор-предмет обраде зависи од структуре предмета обраде и његовог стезног прибора. Дакле, свака карактеристика обраде на предмету обраде има другачији одзив на принудне вибрације. Када фреквенција сила резања не одговара некој од природних фреквенција система стезни прибор-предмет обраде, вибрације које се јављају само мало утичу на коначни квалитет обрађене површине. Поређење резултата симулације и експерименталних података показује разумно слагање. Овај пример примене показује да је развијена методологија способна да процени квалитет површине за велики компликовани предмет обраде какав је на пример блок мотора.

J. Lu и сар.¹² за успостављање механичког модела система за причвршћивање предмета обраде користе теорију завртња силе резања и теорију минималне нормалне силе. Сила стезања је оптимизирана са циљем смањења нормалне силе која делује на предмет обраде и ограничавања стабилности система учвршћења предмета обраде. Они излажу нову методологију за оптимизацију сила стезања, базирану на критеријумима одржавања стабилности предмета обраде током процеса обраде. На овај начин се интензитет стезних сила драматично смањује, што је најкорисније за побољшање квалитета обраде танкозидних предмета. У раду је изложена и студија случаја која доказује методу.

M. A. Mannan и J. P. Sollie¹³ баве се интелигентним системом стезања који функционише у реалном времену контролишући силу стезања у односу на геометрију предмета и силу резања. У већини типова обрада, прекомерна сила стезања узрокује изобличење предмета обраде, што на крају доводи до нетачности у димензијама и облику. Нарочито у случајевима машинске обраде танкозидних компоненти великих димензија и других прецизних компоненти, деформације и изобличења могу се минимизирати оптимизовањем места и величине сила стезања. Главни недостаци

¹¹ Y.G. Liao, S.J. Hu, An integrated model of a fixture-workpiece system for surface quality prediction, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 17 (11), pp. 810-818, 2001.

¹² J. Lu, F. Zhang, J. Zuo, H. Qian, N. Ma, Quantitative Optimization of Workpiece-fixture System's Clamping Forces, International Journal of Computational Intelligence Systems, 4 (3), pp. 402-409, 2011.

¹³ M. A. Mannan, J. P. Sollie, A force-controlled clamping element for intelligent fixturing, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 46 (1), pp. 265-268, 1997.

интелигентног система за стезање где се може управљати и локацијом и величином силе стезања су врло високи трошкови и ограничена доступност.

Рад R. O. Mittal и сар.¹⁴ представља методологију за динамичко моделирање и симулацију система стезни прибор-предмет обраде. У раду се примењује симулациони приступ за динамичке ситуације операција машинске обраде. Аутори су развили тачан модел контактнoг интерфејса у сваком положају за базирање и стезање на површини предмета обраде и симулирали глодање како би се анализирали ефекти различитих фактора на тачност предмета обраде и показала предност оваквог приступа. На овај начин добили су силе стезања потребне да би се предмет обраде одржавао у контакту са елементима стезног прибора. У модел су укључени еластични ефекти контакта стезног прибора-предмета обраде, који дају нелинеарне динамичке једначине кретања. Будући да се разматра системска динамика, резултати се добијају у функцији времена. Процењује се утицај шема стезања и базирања на тачност предмета обраде. Показано је да се могу добити силе стезања потребне за одржавање стабилности предмета обраде под датим условима обраде. Такође се уочава да је редослед постављања елемената стезног прибора важан јер он одређује положај и оријентацију која се даје предмету обраде пре него што обрада заиста почне. Још један аспект који би се могао показати корисним је добијање карактеристика вибрација на различитим контактним тачкама на предмету обраде, како би се дизајнирао уређај за смањење варијација завршне обрађене површине.

N. T. Papastathis, M. S. Ratchev и A. A. Popov¹⁵ у раду представљају приступ моделирању који намерава да покрије недостатак модела стезни прибор-предмет обраде који адекватно бележи динамички одзив активних стезних елемената и понашање танкозидних предмета израђених динамичким покретним оптерећењима. Представљен је тест случај који укључује један активни елемент учвршћења у контакту са танком алуминијумском плочом подвргнутом равномерно распоређеном динамичком покретном оптерећењу. Тест случај је примењен експериментално како би се потврдила предложена методологија моделирања. Предложеним моделом постиже се интеграција аналитичких израза за активне елементе и дискретизовани модел предмета обраде методом импедансног спајања у просторним координатама. Приступ моделирању покретних оптерећења потврђен је помоћу утврђених аналитичких модела.

H. T. Sanchez и сар.¹⁶ су представили две методе анализе система стезања у процесу обраде како би се утврдиле најпогодније зоне стезања на предмету обраде. Прва укључује израчунавање контактнoг оптерећења елемената стезног прибора и предмета обраде помоћу једноставног и директног математичког алата, који се заснива на једноставној и директној матрици која квадратни проблем оптимизације унутрашње енергије деформације претвара у линеарни и поједностављује проблем минимизације

¹⁴ R. O. Mittal, P. H. Cohen, B. J. Gilmore, Dynamic modeling of the fixture-workpiece system, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 8 (4), pp. 201-217, 1991.

¹⁵ N. T. Papastathis, M. S. Ratchev, A. A. Popov, Dynamics model of active fixturing systems for thin-walled parts under moving loads, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 62 (9-12), pp. 1233-1247, 2012.

¹⁶ H. T. Sanchez, M. Estrems, F. Faura, Fixturing analysis methods for calculating the contact load distribution and the valid clamping regions in machining processes, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 29 (5-6), pp. 426-435, 2006.

деформација. Друга метода полази од добијених података о контактном оптерећењу и решава неколико случајева у којима положај стезања варира. Из ових података могуће је утврдити интерполационе једначине, где је контакт оптерећења дефинисан у функцији положаја стезања.

S. Selvakumar и сарадници у свом раду¹⁷ предлажу алгоритам заснован на вештачким неуронским мрежама (artificial neural network – ANN) са дизајнирањем експеримената (design of experiments – DOE) за пројектовање оптималног распореда елемената стезног прибора како би се смањила максимална еластична деформација предмета обраде проузрокована силама стезања и силама резања које делују на предмет у процесу обраде. Метода коначних елемената (finite element method – FEM) користи се за откривање максималне деформације предмета обраде за различите распореде елемената стезног прибора. ANN се користи као алат за оптимизацију за проналажење оптималног места за стезање. ANN резултати се упоређују са резултатима FEM-а и након тог процеса, ANN се користи за предвиђање максималне деформације за могуће распореде стезања. DOE је представљен као још један алат за оптимизацију за проналажење подручја решења за све варијабле дизајна до минималне деформације предмета обраде. ANN предвиђа максималне деформације свих могућих распореда стезања унутар зона решења. Распоред који показује минималну деформацију изабран је као оптималан распоред елемената стезног прибора.

Ђ. Vukelić и коаутори¹⁸ истражују усаглашеност предмета обраде и стезног прибора у случајевима када се стезање врши помоћу стандардног и посебно дизајнираног стезног елемента. Приказана су теоријска разматрања, праћена резултатима експерименталних истраживања. Експерименти показују значајне предности специјално дизајнираног стезног елемента у поређењу са стандардним стезним елементом.

В. Tadić и коаутори¹⁹ се усредсређују на проблем усаглашености између елемената стезног прибора и предмета обраде под динамичким оптерећењима током обраде. За разлику од претходних истраживања, аутори су развили посебан уређај који је коришћен у експерименталним истраживањима да би се утврдио утицај радијуса сферног врха елемената стезног прибора на међусобну сагласност и носивост. Резултати експерименталних испитивања показују да, под одређеним условима, елементи стезног прибора са сферним врховима већег радијуса пружају знатно нижу сагласност између елемената стезног прибора и предмета обраде.

A. J. C. Trappey и коаутори²⁰ дају преглед истраживања дизајна елемената стезног прибора, која су већином урађена 1980-их. Главне теме прегледа су принципи

¹⁷ S. Selvakumar, K. P. Arulshri, k. P. Padmanaban, K. S. K. Sasikumar, Design and optimization of machining fixture layout using ANN and DOE, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 65 (9-12), pp. 1573-1586, 2013.

¹⁸ Ђ. Vukelić, В. Tadić, D. Miljanić, I. Budak, P. M. Todorović, S. Randjelović, Novel workpiece clamping method for increased machining performance, Tehnicki Vjesnik – Technical Gazette, Vol. 19, No. 4, 837-846, 2012.

¹⁹ В. Tadić, Ђ. Vukelić, D. Miljanić, В. Bogdanović, I. Mačuzić, I. Budak, P. Todorović, Model testing of fixture-workpiece interface compliance in dynamic conditions, Journal of Manufacturing Systems, Vol. 33, No.1, pp. 76-83, ISSN 0278-6125, Doi 10.1016/j.jmsy.2013.05.004, 2014.

²⁰ A. J. C. Trappey and C. R. Liu, A literature survey of fixture-design automation, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 5(3) (1991) pp. 240-255.

причвршћивања (подупирање, базирање и стезање), аутоматизовани дизајн елемената стезног прибора (конфигурација, монтажа и верификација) и дизајн елемената стезног прибора (наменски, модуларни и електрични/магнетни типови).

Кандидат наводи да одговарајуће пројектован стезни прибор може да унапреди квалитет и обраду делова и олакша измену делова, што је веома битно у савременој производњи²¹. Како би се обезбедила крутост предмета обраде током процеса обраде, потребно је коришћење стезног прибора који се може расклопити у модуле и поново склопити у захтевани стезни прибор за одговарајући облик предмета обраде^{22, 23}. У ту сврху користе се фазно-изменљиви стезни прибори. Фазно-измењиви стезни прибор је уређај који може да држи предмете обраде различитих облика и величина док су изложени великом броју различитих производних операција^{24, 25, 26}. Флексибилно стезање је веома важна ставка у сваком производном циклусу, где се један скуп стезних прибора користи за центрирање и ослањање различитих облика предмета обраде. Флексибилно стезање са фазно-измењивим материјалима обухвата употребу функционалних материјала који мењају своја агрегатна стања из течног у чврсто и обрнуто изазвани одређеним спољашњим условима²⁷. Наведена фазна промена мора се на једноставан начин контролисати и њено штетно дејство на предмет обраде скоро да и не постоји. Примена оваквог начина стезања одвија се у два корака. Предмет обраде је постављен у течни флексибилни материјал и остаје учвршћен када материјал пређе у чврсто стање. Након процеса обраде, фазни материјал се враћа у течност стање, како би се предмет обраде уклонио из стезног прибора.

Кандидат наводи и фазно измењиви материјал који он планира да користи и испита, а то је натријум силикат који је растворљив у води, чији се водени раствор комерцијално назива водено стакло. Најчешће се појављује у хемијском облику Na_2SiO_3 и $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. Особине натријум силиката и његова широка примена последњих година привлаче све већу пажњу истраживача. Ретко које једињење има тако добре особине као и могућност примене у разним областима. Комерцијално се производи више типова натријум силикатног стакла са различитим уделом активних супстанци, а

²¹ G. Peng ,G. Chen , C. Wu, H. Xin , Y. Jiang, Applying RBR and CBR to develop a VR based integrated system for machining fixture design, Expert Systems with Applications, Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 1, pp. 26-38, 2011.

²² I. Boyle, Y. Rong, D. C. Brown, A review and analysis of current computer-aided fixture design approaches, An International Journal of Manufacturing, Product and Process Development, Vol. 27, No. 1, pp. 1-12, 2011.

²³ H. Wang, Y.K. Rong , H. Li, P. Shaun, Computer aided fixture design: Recent research and trends, Computer-Aided Design , Vol. 45, No. 12, pp. 1085-1094, 2010.

²⁴ N. Lange, M. V. Gandhi, B.S. Thompson, D.J. Desai, An Experimental Evaluation of the Capabilities of a Fluidisedbed Fixturing System, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 4, No. 2, pp. 192-206, 1989.

²⁵ Y. Rong, R. Tao, X. Tang, Flexible Fixturing with Phase-Change Materials. Part 1. Experimental Study on Magnetorheological Fluids, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 16, No.1, pp. 822-829, 2000.

²⁶ X. Tang, X. Zhang, R. Tao, Flexible Fixture Device with Magneto-Rheological Fluids, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, Department of Physics, Vol. 10, No. 9, pp. 690-694, 1999.

²⁷ P. M. Grippo, B. S. Thompson and M. V. Gandhi, A review of flexible fixturing systems for computer-integrated manufacturing, International Journal of Computer-Integrated Manufacturing, 1(2), pp. 124-135, 1988.

према томе и различите густине и вискозности^{28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43}.
Особине воденог стакла као лепка познате су годинама^{44, 45, 46}. Истраживање засновано

²⁸ J.A. Vaccari et al: Materials handbook, McGraw-Hill [1-b] Greenwood, Norman N.; Earnshaw, Alan (1997). Chemistry of the Elements (2nd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. ISBN 0080379419 [1-c] Wells A.F. (1984) Structural Inorganic Chemistry 5th edition Oxford Science Publications ISBN 0-19-855370-6

²⁹ J.G. Vail, Soluble Silicates – Their Properties and Uses, vol. 1–2, Reinhold publishing corporation, New York, USA, 1952.

³⁰ R.K. Iler, Chemistry of Silica – Solubility, Polymerization, Colloid and Surface Properties and Biochemistry, John Wiley & Sons, Hoboken, USA, 1979.

³¹ M.J. Hollamby, D. Borisova, P. Brown, J. Eastoe, I. Grillo, D. Shchukin, Growth of Mesoporous Silica Nanoparticles Monitored by Time-Resolved Small-Angle Neutron Scattering, *Langmuir*, 27 (12) (2011) 7493–7501.

³² T. Kim, S. Hwang, S. Hyun, Development of a Continuous Manufacturing Process for Silica Sols via the Ion-exchange of a Waterglass, *Ind. Eng. Chem. Res.* 47 (2008) 6941–6948.

³³ D. Dimas, I. Giannopoulou, D. Panias, Polymerization in sodium silicate solutions: a fundamental process in geopolymerization technology *J. Mater. Sci.* 44 (2009) 3719–3730.

³⁴ X.K. Hu, Z.T. Song, H.B. Wang, W.L. Liu, F. Qin, Z.F. Zhang, *Adv. Mater. Res.* 92 (2010) 183–187.

³⁵ H.E. Bergna, W.O. Roberts (Eds.), *Colloidal Silica: Fundamentals and Applications*, CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 2005.

³⁶ G. S. Brady, H. R. Clauser, J. A. Vaccari, *Materials Handbook*, McGraw-Hill Professional, 15th edition, ISBN 007136076X, 2002.

³⁷ A. Earnshaw, N. Greenwood, *Chemistry of the Elements*, Butterworth-Heinemann, 2nd edition, ISBN 0750633654, 1997.

³⁸ A. F. Wells, *Structural Inorganic Chemistry*, Oxford Science Publications, 5th edition, ISBN 0198553706, 1984

³⁹ S. S. Kouassi, M. T. Tognonvi, J. Soro, S. Rossignol, Consolidation mechanism of materials obtained from sodium silicate solution and silica-based aggregates; *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 357, pp. 3013–3021, 2011.

⁴⁰ A. G. Simakin, T. P. Salova, V. O. Zavel'sky, Mechanism of Water Dissolution in Sodium–Silicate Melts and Glasses: Structural Interpretation of Spectroscopic Data, *Geochemistry International*, Vol. 46, No. 2, pp. 107–115, 2008.

⁴¹ X. Yang, W. Zhu, Q. Yang, The Viscosity Properties of Sodium Silicate Solutions, *J Solution Chem*, Vol. 37, pp. 73–83, 2008.

⁴² R. Subasri, H. Nafe, Phase evolution on heat treatment of sodium silicate water glass, *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 354, pp. 896–900, 2008.

⁴³ Akinobu Satoh; Water glass bonding; *Sensors and Actuators A72* 1999. 160–168; Advanced Technology R&D Center, Tokyo, Japan.

⁴⁴ S. S. Kouassi, M. T. Tognonvi, J. Soro, S. Rossignol, Consolidation mechanism of materials obtained from sodium silicate solution and silica-based aggregates; *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 357, pp. 3013–3021, 2011.

⁴⁵ A. G. Simakin, T. P. Salova, V. O. Zavel'sky, Mechanism of Water Dissolution in Sodium–Silicate Melts and Glasses: Structural Interpretation of Spectroscopic Data, *Geochemistry International*, Vol. 46, No. 2, pp. 107–115, 2008.

⁴⁶ Akinobu Satoh; Water glass bonding; *Sensors and Actuators A72* 1999. 160–168; Advanced Technology R&D Center, Tokyo, Japan.

на коришћењу натријум силикатног гела као везивног средства за хладно очвршћавање описали су S. S. Kouassi и коаутори⁴⁷. Везивни материјали су добијени мешањем натријум силиката пре хлађења са грануларним материјалима (силицијумски прах и песак). Најчешће се користи као неорганско везивно средство. Показао се као врло користан јер у процесу англомерације комбинује и учвршћује fine и мале честице у веће групе, тако што силикат реагује са површином честица. Натријум силикат се разграђује у води. Након што се очврсло водено стакло покваси, део воде се сједињује са дисиликатном јединицом и формира NaHSi_2O_5 , док други део хидрира силикат⁴⁸. Статичка и динамичка вискозност раствора натријум силиката уз промену концентрације температуре, модула, брзине смицања и хемијских адитива испитана је у раду⁴⁹. Статистички резултати су показали да се вискозност монотонно повећава, док концентрација раствора варира у распону од 15% до 55%, опада са повећањем температуре од 15°C до 70°C, а има минималну вредност када је модул 1,8. Ови резултати сугеришу да раствор натријум силиката испољава особине суспензије, у којој ањони силиката реагују као везиво, а колоидне честице делују као ефикасни укрупњивачи.

Термичка обрада воденог стакла представљена у раду⁵⁰ даје податке везане за водено стакло и фазне прелазе од 100°C до 800°C што даје корисне информације о стабилности овог једињења и његове употребе при различитим температурама.

Кандидат наводи и рад јапанског научника Akinobu Satoh-а⁵¹ који показује добре особине воденог стакла као лепка. Он је развио технологију везивања на ниским температурама (80°C), ниским спољним оптерећењима (електрично поље, магнетно поље, оптерећење, итд.) користећи водено стакло које се користи за израду калуца. Однос адхезивне површине лепка постигнут овом технологијом лепљења био је више од 95%, а чврстоћа везивања је била око 290 kgf/cm². Поред тога, како је дебљина везивног слоја веома мала постиже се прецизно везивање у толеранцији од $\pm 3\mu\text{m}$ уз одличну паралелност, а успешно је изведено фиксирање поклопаца са заптивком ширине 0,32mm. Стопа цурења овом приликом била је мања од границе детекције детектора цурења (1×10^{-10} Pa m³/s), показујући одличну херметичност. Користећи ову технологију везивања, аутор је експериментално направио IR-микросензор типа самопаковања и спровео убрзани тест околине. Као резултат, процењено је да је његов MTTF (mean time to failure – средње време до отказа) шест година.

⁴⁷ S. S. Kouassi, M. T. Tognonvi, J. Soro, S. Rossignol, Consolidation mechanism of materials obtained from sodium silicate solution and silica-based aggregates; *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 357, pp. 3013–3021, 2011

⁴⁸ A. G. Simakin, T. P. Salova, V. O. Zavel'sky, Mechanism of Water Dissolution in Sodium–Silicate Melts and Glasses: Structural Interpretation of Spectroscopic Data, *Geochemistry International*, Vol. 46, No. 2, pp. 107–115, 2008.

⁴⁹ X. Yang, W. Zhu, Q. Yang, The Viscosity Properties of Sodium Silicate Solutions, *J Solution Chem*, Vol. 37, pp. 73–83, 2008.

⁵⁰ R. Subasri, H. Nafe, Phase evolution on heat treatment of sodium silicate water glass, *Journal of Non-Crystalline Solids*, Vol. 354, pp. 896–900, 2008.

⁵¹ Akinobu Satoh; Water glass bonding; *Sensors and Actuators A72* 1999. 160–168; Advanced Technology R&D Center, Tokyo, Japan.

2. Образложење предмета, метода и циља који уверљиво упућују да је предложена тема од значаја за развој науке

Предмет, циљеви и хипотезе ове дисертације обухватају следеће

Како кандидат наводи, фазно изменљиви материјали припадају класи савремених материјала, који под одређеним условима мењају стање тј. прелазе из течног у чврсто стање. Феномен брзе промена стања ових материјала и могућност њихове имплементације у индустрији интензивирао је истраживања у области науке и развој групе ових материјала чија технологија израде је данас недоступна широј научној и стручној јавности. Фазно изменљиви материјали имају велику примену у индустрији, посебно у сложеним условима савремене машинске обраде. Стезни прибори пројектовани на бази фазно изменљивих материјала могу бити прибори са псеудофазном променом материјала и прибори са аутентично фазном променом материјала. Нови фазно изменљиви материјал који се предлаже као тема ове докторске дисертације одликује аутентично фазна промена стања. Овај материјал је комерцијално доступан на тржишту, веома је прихватљиве цене коштања, и поред огромног потенцијала могуће индустријске примене, омогућава и развој потпуно нових технологија израде елемената танких зидова. При чему се постојеће технологије израде елемената танких зидова, и данас, базирају на примени класичних и сложених система стезања или на примени постојећих, знатно сложенијих, скупљих и мање доступних фазно изменљивих материјала. Овде је реч о натријум силикатном стаклу које при мешању са гранулираним неметалним материјалима очвршћава на ваздуху и добија својства камена. Фазна промена стања очврслог материјала настаје његовим растварањем у води која у потпуности разграђује очврсли материјал.

Теоријске анализе и експериментално одређивање параметара везаних за карактеристике (механичке, термичке, и др) натријум силикатног стакла као фазно изменљивог материјала првенствено имају за циљ да се научним методама одреди могућа област примене као и предности и недостатци предложеног материјала у односу на остале фазно изменљиве материјале.

Полазне хипотезе се базирају на следећим чињеницама:

1. Натријум силикатно стакло је материјал који се примењује у многим областима технике, али није познато да је овај материјал примењен у конципирању реалних индустријских конструкција стезних прибора.
2. Резултати прелиминарно обављених истраживања показују да напони раскидања веза елемената остварених преко натријум силикатног стакла задовољавају нивое оптерећења веза елемената реалних индустријских конструкција стезних прибора.
3. Натријум силикатно стакло је материјал ниске цене коштања и посебно велику примену може наћи у операцијама израде "дубоких цепова" на затвореним сложеним контурама металних елемената мале дебљине зида. Потреба за операцијама овог типа највише је изражена у области авио индустрије.

Кандидат је у нацрту докторске дисертације јасно истакао ток активности и концизно образложио методе испитивања.

Методе истраживања

Методе које ће бити примењене у истраживањима на тему ове дисертације су:

1. Теорије експеримента базиране на истраживањима на физичким моделима. То укључује многе научне дисциплине које, са теоријског аспекта, треба да омогуће сагледавање свих релевантних утицаја, исправан дизајн експеримента и омогуће да се преко физичких модела веза елемената остварених натријум силикатним стаклом, поуздано симулира носивост и попустљивост веза у реалним индустријским конструкцијама прибора.

2. Развој уређаја за експериментална испитивања веза елемената у статичким и динамичким условима оптерећења и реализација плана и програма експерименталних испитивања.

3. Математичко статистичка обрада резултата експерименталних истраживања која треба да омогући утврђивање статичке и динамичке чврстоће везе натријум силикатног стакла као фазно изменљивог материјала, предмета обраде и осталих елемената стезног прибора.

Оквирни садржај докторске дисертације

Планирано је да дисертација буде разматрана кроз више целина теоријског и експерименталног карактера:

1. Уводна разматрања
2. Стезни прибори и фазно изменљиви материјали
3. Натријум силикатно стакло – састав, особине, технологија и област примене
4. Трендови развоја савремених стезних прибора
5. Теоријске анализе везане за разматрање могућности примене натријум силикатног стакла као фазно изменљивог материјала у конструкцијама савремених стезних прибора
6. Развој уређаја за статичка и динамичка испитивања на моделима веза остварених са натријум силикатним стаклом
7. Програм експерименталних истраживања
8. Анализа резултата експерименталних истраживања
9. Дискусија
10. Закључци
11. Литература

3. Образложење теме за израду докторске дисертације које омогућава закључак да је у питању оригинална идеја или оригиналан начин анализирања проблема

У нацрту докторске дисертације наведено је да је планиран развој нове методе за обраду предмета танких зидова и велике дубине обраде (цепа). Развој методе подразумева: развој теоријске базе саме методе, развој прототипа уређаја и експерименталну верификацију методе. Добијени резултати треба да укажу на предности и области могуће примене предложене методе у односу на постојеће методе развијене у свету.

У нацрту докторске дисертације кандидат наводи да су прелиминарна теоријска и експериментална истраживања и добијени резултати везани за фазно изменљиви материјал који се предлаже показали да он има веома добре карактеристике. Кандидат

очекује да ће овај фазно изменљиви материјал са аспекта области могуће индустријске примене и техно-економског аспекта бити у истој класи, или превазићи постојеће фазно изменљиве материјале.

Предложена метода се може ефикасно применити у стезним приборима за израду предмета танких зидова који имају велики однос дубине обраде (цепи) у односу на дебљину зида.

Комисија закључује да је предложена тема, са образложеним предметом, циљевима и очекиваним резултатима, а која је произашла из прегледа доступних научних радова објављених у научним и стручним часописима, као и на међународним конференцијама, оригинална идеја кандидата Ивана Бијелића.

4. Усклађеност дефиниције предмета истраживања, основних појмова, предложене хипотезе, извора података, метода анализе са критеријумима науке уз поштовање научних принципа у изради коначне верзије докторске дисертације

Кандидат Иван Бијелић, дипл. маш. инж., је у пријави теме докторске дисертације обухватио све елементе савременог научноистраживачког рада. Образложењу предмета истраживања приступљено је систематично, на бази опсежног прегледа литературних извора и препознавања изражених трендова и потреба у области истраживања. Користећи одговарајућу терминологију и поштујући критеријуме науке, кандидат је дефиниције предмета и циљева истраживања ускладио са предложеним хипотезама, примењујући адекватне научне методе истраживања.

5. Преглед научно-истраживачког рада кандидата

а. Кратка биографија кандидата

Кандидат Иван Бијелић, дипломирани машински инжењер, рођен је 28.12.1975. године у Београду. Основно образовање стекао је у основној школи „НХ Синиша Николајевић“ у Београду, а средњошколско образовање у машинској школи „Политехничка академија Нови Београд“ у Београду на смеру Техничар нумеричких машина.

Школске 1994/1995. године уписује „Вишу металску школу“ која се тада налазила у склопу „Политехничке академије Нови Београд“. Касније школа мења назив у „Висока техничка школа“. Због служења војног рока 1994/1995. године паузира школовање, а по повратку из војске се запошљава и паузира студије све до 1999/2000. године. Од школске 2000/2001 постаје поново активан студент и 11.02.2003. године завршава школовање на смеру Технологија и програмирање нумеричких система са просечном оценом 6,38 (шест и 38/100) и оценом 9 (девет) на дипломском испиту.

Школске 2006/2007. године уписује основне академске студије на „Факултету за индустријски менаџмент“ из Крушевца, а дана 31.01.2009. године завршава основне студије у четворогодишњем трајању на поменутом факултету на смеру Инжењерско производном са просечном оценом 7,44 (седам и 44/100). Завршетком овог факултета стиче високо образовање и степен стручне спреме VII₁ на основу Закона о универзитету Републике Србије („Службени гласник РС“, број 21/02).

Школске 2009/2010. године уписује мастер академске студије на „Факултету за пословно индустријски менаџмент“ у Београду, а дана 04.02.2011. године завршава студије на смеру Информатички менаџмент са просечном оценом 7,21 (седам и 21/100) и оценом 10 (десет) на мастер раду.

Школске 2015/2016. године уписује основне академске студије на Техничком факултету „Михајло Пупин“ у Зрењанину, а дана 06.10.2017. године завршава студије на поменутом факултету на студијском програму Машинско инжењерство са просечном оценом 7,30 (седам и 30/100) и оценом 10 (десет) на завршном раду.

Школске 2016/2017. године уписује специјалистичке студије на „Високој техничкој школи струковних студија“ у Београду, а дана 28.09.2017. године завршава студије на поменутој високој школи на смеру Компјутерски машински системи са просечном оценом 9,22 (девет и 22/100) и оценом 10 (десет) на завршном раду.

Школске 2017/2018. године уписује докторске академске студије машинског инжењерства на Факултету инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу на студијском програму Машинско инжењерство смер Производно машинство. Све испите на докторским академским студијама кандидат полаже закључно са последњим испитом 13.10.2020. године са просечном оценом 9,67 (девет и 67/100).

У периоду 2000. – 2014. године радио је у машинској индустрији и индустрији обраде стакла и алуминијумских профила.

Бавио се пројектовањем и уградњом механичких заптивача у фирми „Алфа“. Радио у фабрици за обраду стакла „Звезда“ а.д. на изради техничке документације и на програмирању и одржавању CNC машина. Радио у фабрици алата и опреме „ДМБ“ у Раковици на одржавању и програмирању CNC машина у процесу израде алата за бризгање пластике. Радио на изради понуда, програмирању CNC машина и изради техничке документације везане за обраду стакла и обраду алуминијумских профила и две године био на функцији техничко-комерцијалног директора у фирми „Савабиен“ д.о.о. Радио у фирми „Алатница Баровић“ на пројектовању и изради техничке документације везане за израду линијских машина за пластичну деформацију лимова.

Од 2014. – 2019. године радио је на „Високој техничкој школи струковних студија“ – Нови Београд као наставник практичне наставе у области CNC технологија. Држао практичну наставу из предмета: Програмирање CNC система I, Програмирање CNC система II, Мерење и контрола, Нове производне технологије, Експлоатација CNC система, Одржавање CNC система, Роботи, Флексибилни производни системи, Алати и прибори, Стручна пракса. Вежбе и консултативну практичну наставу изводио на свим машинама и опреми коју школа поседује. Учествовао је у изради мале глодалице и израдио комплетну техничку документацију за њу. Осмислио и извео решење преправке малог струга на CNC струг. На поменутој глодалици и стругу изводио практичне вежбе са студентима. Учествовао на више различитих семинара и конференција и објавио до сада преко 20 научно стручних радова.

Од 2019. године до сада ради послове Freelancer – инжењеринга, дизајна и обуке и вођење комплетних послова везаних за одређени (уговорени или додељени) пројекат (израда понуда, уговарање, набавка материјала, мерење на терену, израда техничке документације, израда CNC програма и технологије израде делова, организовање транспорта и монтаже, израда мерних листа и рачуна). Сарађује са више производних фирми, а стално стално је ангажован у фирмама „Аледјо“ д.о.о. и „УМ Инжењеринг“.

Врши обуку студената и инжењера из: SolidWorks-a, SolidCAM-a, AutoCAD-a, избора алата и прибора и програмирања CNC машица.

6. Научно-истраживачки рад

Кандидат је објавио 22 рада у научно-стручним часописима као и на међународним и домаћим научно-стручним скуповима.

• Списак објављених радова

M23 - Рад у међународном часопису

1. Miljojković Jasmina, **Bijelić Ivan**, Vranić Nenad, Radovanović Nikola, Živković Milutin, Determining elastic modulus of the material by measuring the deflection of the beam loaded in bending, Tehnički vjesnik, ISSN 1330-3651, vol. 24, br. 4, str. 1227-1234, 2017, doi: [10.17559/TV-20170609133537](https://doi.org/10.17559/TV-20170609133537)

M24 - Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком

1. **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, Živković Milutin, Tubin Vesna, Stožinić Tijana, The Influence of the Contact Pressure on the Value of the Coefficient of Friction, Tribology in Industry, ISSN 0354-8996 (e-ISSN: 2217-7965), Vol. 39, No. 2, str. 255-259, 2017, doi: [10.24874/ti.2017.39.02.13](https://doi.org/10.24874/ti.2017.39.02.13)

M33 - Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Kočović Vladimir, **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, Kostić Sonja, Mihajlović Vesna, New clamping concept development and analysis, CNN TECH International Conference of Experimental and Numerical Investigations and New Technologies Zlatibor, 2020, 29. jun – 02. jul, ISBN: 978-86-6060-042-6

2. **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, Stožinić Tijana, Milošević Slobodan, Tubin Vesna, STATIC COEFFICIENT OF FRICTION AT LOW VALUES OF CONTACT PRESSURE IN CONDITIONS OF LUBRICATION, SERBIATRIB '17, 15th International Conference on Tribology, Kragujevac, Serbia, 2017, 17 - 19 maj, pp. 576-581, ISBN: 978-86-6335-041-0

3. Petrović Zvonko, Živković Milutin, **Bijelić Ivan**, Miljojković Jasmina, DEVELOPMENT ALGORITHM AND SOFTWARE SYSTEM FOR PREPARATION TOOL SET IN MODERN TECHNOLOGICAL SYSTEMS, IMT Oradea, Vol. XVI (XXVI), 2017, 25-27. maj, pp. 109-114, ISSN 2457-8347, ISSN-L 2285-3278

4. Živković Milutin, Miljojković Jasmina, Stožinić Tijana, **Bijelić Ivan**, Milošević Slobodan, Mor Nemanja, THE EFFECT OF AXIAL CLEARANCE IN GEAR PUMPS ON VOLUMETRIC EFFICIENCY, IMT Oradea, Vol. XVI (XXVI), 2017, 25-27. maj, pp. 49-54, ISSN 2457-8347, ISSN-L 2285-3278

5. Živković Dragan., Šotra Vesna., Živojinović Danijela., **Bijelić Ivan**, OPERATIONAL READINESS AND PREVENTIVE MAINTENANCE OF THE HANGING CONVEYOR IN THE FACTORY "IPM", 17th International Conference Research and Development in Mechanical Industry (RaDMI-2017); Zlatibor, Serbia, 2017, 14-17. Septembar, Vrnjacka Banja: SaTCIP Publisher Ltd., 2017. pp. 303-312, ISBN 978-86-6075-062-6.

6. Džunić Dragan., Kočović Vladimir, **Bijelić Ivan**, Pantić Marko, Miljojković Jasmina, Mitrović Slobodan, Tadić Branko, ANALYSIS OF BALL BURNISHING INFLUENCE ON TRIBOMECHANICAL PROPERTIES OF ALUMINUM, 37th International Conference on

M52 - Рад у часопису националног значаја

1. Milošević Slobodan, **Bijelić Ivan**, Šotra Vesna, Stožinić Tijana, Ispitivanje noseće konstrukcije rotornih bagera posredstvom dijagnostičkih metoda, Tehnička dijagnostika, ISSN 1451-1975, vol. 14., br. 1, str. 49-61, 2015.
2. Milošević Slobodan, Čapo Kristijan, Mor Nemanja, **Bijelić Ivan**, Tehnička dijagnostika sistema za kočenje na automobilu, Tehnička dijagnostika, ISSN 1451-1975, vol. 14., br. 4., str. 37-47, 2015.
3. **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, Stožinić Tijana, Tubin Vesna, Milošević Slobodan, Postupci navarivanja kolenastog vratila, Tehnička dijagnostika, ISSN 1451-1975, vol. 15., br. 2., str. 54-63, 2016.
4. Živković Milutin, Milojković Jasmina, **Bijelić Ivan**, Specifičnosti procesa namotavanja trakastog materijala u obliku asure od sečenih staklenih vlakana (MAT-a), Časopis 14 Oktobar, IMK-14 – Istraživanje i razvoj, ISSN 0354-6829, vol. 23, br. 3, str. 89-96, 2017.

M63 - Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

1. Raković Aleksandar, Šotra Vesna, **Bijelić Ivan**, RACIONALNO ISKORIŠĆENJE GORIVA – ENERGIJE U PEKARSTVU, XI konferencija Tehnička dijagnostika termoelektrana, solarnih elektrana, toplana i hidroelektrana, Serbian Technical diagnostic society, Vrnjačka Banja, 2014, 07. novembar, ISBN 978-86-83701-33-9
2. Milošević Slobodan, **Bijelić Ivan**, Šotra Vesna, Stožinić Tijana, ISPITIVANJE NOSEĆE KONSTRUKCIJE ROTORNIH BAGERA POSREDSTVOM DIJAGNOSTIČKIH METODA, Treći naučno-stručni skup „Energetska efikasnost“, VTŠ N. Beograd, 2015, 25. oktobar, pp. 179-189, ISSN 2334-914X
3. Milošević Slobodan, Adamović Živoslav, Stožinić Tijana, **Bijelić Ivan**, AUTOMATIZACIJA I ORGANIZACIJA IZVOĐENJA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE, Treći naučno-stručni skup „Energetska efikasnost“, VTŠ N. Beograd, 2015, 25. oktobar, pp. 203-216, ISSN 2334-914X
4. Čapo Kristijan, **Bijelić Ivan**, Milošević Slobodan, Adamović Živoslav, AUTOMATSKI SISTEMI KONTROLE RADNE SPOSOBNOSTI TEHNIČKOG SISTEMA, Treći naučno-stručni skup „Energetska efikasnost“, VTŠ N. Beograd, 2015, 25. oktobar, pp. 227-241, ISSN 2334-914X
5. Šotra Dušan, Adamović Živoslav, Milošević Slobodan, **Bijelić Ivan**, POSTUPAK KONTROLE PRODUKATA HABANJA I SAGOREVANJA, Treći naučno-stručni skup „Energetska efikasnost“, VTŠ N. Beograd, 2015, 25. oktobar, pp. 290-305, ISSN 2334-914X
6. Šotra Dušan, Adamović Živoslav, **Bijelić Ivan**, Milošević Slobodan, „INŽENJERSKI PRISTUP TOTALNOM ODRŽAVANJU INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA NA PRIMERU CRPNE STANICE“, Treći naučno-stručni skup „Energetska efikasnost“, VTŠ N. Beograd, 2015, 25. oktobar, pp. 321-332, ISSN 2334-914X
7. Milošević Slobodan, Mor Nemanja, **Bijelić Ivan**, PROCES ZAŠTITE I ISPITIVANJA ELEMENATA LEPTIRASTOG ZATVARAČA, XV konferencija Tehnička dijagnostika

mašina i postrojenja, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Vrnjačka Banja, 2015, 30. oktobar, ISBN - 978-86-83701-38-4

8. Raković Aleksandar, Šotra Vesna, Lalić Zoran, **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, ROBOTI BUDUĆNOST INDUSTRIJE I ZAMENA ZA CNC MAŠINE, Tehnička dijagnostika mašina i postrojenja, XXXIX Majski skup održavalaca Srbije, Vrnjačka Banja, 2016, maj, ISBN - 978-86-83701-43-8

9. **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, Šotra Dušan, Raković Aleksandar, Milošević Slobodan, MODIFIKACIJA KONVENCIONALNOG STRUGA U CNC, XXXIX Majski skup održavalaca Srbije – Konferencija Tehnička dijagnostika mašina i postrojenja, Vrnjačka Banja, 2016, 20-21.maj, (rad br.93.) ISBN - 978-86-83701-43-8

10. Stožinić Tijana, Mihajlović Vesna, Milošević Slobodan, **Bijelić Ivan**, Mor Nemanja, ISPITIVANJE ZAVARENIH SPOJEVA DIJAGNOSTIČKIM METODAMA RAZARANJA, Savetovanje Savremene metode tehničke dijagnostike, Požarevac, 2017, 8. decembar, str. 56-66, ISBN - 978-86-913657-2-1, <https://www.sits.org.rs/include/data/docs2062.pdf>

6. Предлог за ментора са његовим референцама којима се доказује испуњеност услова за менторство

Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др **Бранко Тадић**, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

Референце којима се доказује испуњеност услова за менторство:

1. **B. Tadić**, P. M. Todorović, Đ. Vukelić, B. M. Jeremić, Failure analysis and effects of redesign of a polypropylene yarn twisting machine, Engineering Failure Analysis, ISSN 1350-6307, Vol.18, No.5, pp. 1308-1321, 2011. [M21]
2. **B. Tadić**, B. Jeremić, P. Todorović, Đ. Vukelić, U. Proso, V. Mandić, I. Budak, Efficient Workpiece Clamping by Indenting Cone-shaped Elements, International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, ISSN 2234-7593 Vol.13, No.10, pp. 1725-1735, 2012, Doi 10.1007/s12541-012-0227-8. [M21]
3. **B. Tadić**, P. Todorović, O. Lužanin, D. Miljanić, B. Jeremić, B. Bogdanović, Đ. Vukelić, Using specially designed high-stiffness burnishing tool to achieve high-quality surface finish, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, ISSN 0268-3768, Vol.67, No.1-4, pp. 601-611, 2013, Doi 10.1007/s00170-012-4508-2. [M21]
4. **B. Tadić**, P. Todorović, B. Novkinić, B. Buchmeiser, M. Radenković, I. Budak, Đ. Vukelić, Fixture layout design based on a single-surface clamping with local deformation, International Journal of Simulation Modelling, ISSN 1726-4529, Vol. 14 Issue 3, pp 379-391, 2015. [M21]
5. **B. Tadić**, S. Randelović, P. Todorović, J. Živković, V. Kočović, I. Budak, Đ. Vukelić, Using a high-stiffness burnishing tool for increased dimensional and geometrical accuracies of openings, Precision Engineering, ISSN 0141-6359, Vol. 43, pp. 335-344, 2016. [M21]

На основу свега наведеног у претходним тачкама овог извештаја Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Иван Бијелић, дипломирани машински инжењер, испунио је све предвиђене услове за одобрење израде докторске дисертације.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да наведену предложену тему за докторску дисертацију:

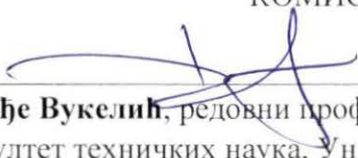
„Натријум силикатно стакло као нови фазно изменљиви материјал – испитивања и примена“

прихвати и одобри њену израду кандидату **Ивану Бијелићу**, дипломираном машинском инжењеру.

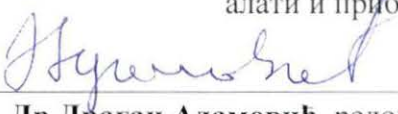
Комисија предлаже да ментор ове докторске дисертације буде др Бранко Тадић, редовни професор Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу.

У Крагујевцу,
06.07.2021. год.

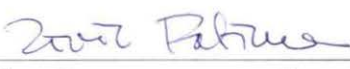
КОМИСИЈА



Др **Ђорђе Вукелић**, редовни професор, председник комисије
Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

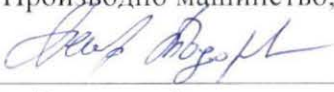
Уже научне области: Метрологија, квалитет, еколошко инжењерски аспекти,
алати и прибори


Др **Драган Адамовић**, редовни професор, члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу

Уже научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг


Др **Фатима Живић**, ванредни професор, члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу,
Ужа научна област: Производно машинство


Др **Бранко Тадић**, редовни професор, члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Уже научне области: Производно машинство, Индустијски инжењеринг


Др **Петар Тодоровић**, редовни професор, члан
Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу
Ужа научна област: Производно машинство