

**ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА  
УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ**

ФАКУЛТЕТ ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ			
ПРЕДМЕТ	29.05.2015		
СРЕДСТВО	ПРОГ	ТЕМАТИКА	БРОЈ
01-1/1868			

**НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ  
ФАКУЛТЕТА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА У КРАГУЈЕВЦУ**

**ПРЕДМЕТ:** Извештај Комисије за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж.

Одлуком Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/1305-17 од 23.04.2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж. под насловом:

**„РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ИНТЕРФЕЈСНЕ ПРСЛИНЕ У  
ЕЛАСТО-ПЛАСТИЧНИМ И ОЈАЧАНИМ МАТЕРИЈАЛИМА“**

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја о подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду одлуком Факултета инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу, број 01-1/3401-10 од 20.12.2012. год., а на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области**

Докторска дисертација кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж. под називом „**Решавање проблема интерфејсне прслине у еласто-пластичним и ојачаним материјалима**“, представља резултат научно-истраживачког рада кандидата у актуелној научној области која се односи на теоријско разматрање и нумеричку симулацију појаве прслина на интерфејсу, као и на практичну примену добијених резултата у области развоја нових материјала. Са аспекта предмета истраживања и добијених резултата, ова докторска дисертација представља јединствен научни рад.

Кандидат је на основу разматрања великог броја радова из ове области, о чему сведочи број од 90 цитираних литературних извора, извршио критичку анализу и систематизацију постојећих знања и резултата компетентних светских научника. На основу овог разматрања и анализе уочених предности и недостатака појединих

приступа, теоретских резултата у овој области, као и метода и модела, кандидат је дефинисао предмет и циљ својих истраживања, који је у потпуности испунио.

Значај и допринос ове докторске дисертације везани су за разматрање различитих врста појаве и понашања прслине на интерфејсу између два материјала, као што су: раст и ширење прслине на интерфејсу између два еластична изотропна и анизотропна материјала, понашање прслине која се приближава интерфејсу, скретање интерфејсне прслине са интерфејса у један од два материјала, понашање прслине на интерфејсу између еластичног и пластичног материјала, као и раслојавање превлака и танких филмова.

Све ове појаве су разматране теоријски, а затим су проблеми решавани аналитички и уз примену симболичког програмирања програмским пакетом *Mathematica*<sup>®</sup>.

Посебан допринос представљају закључци везани за практичну примену добијених теоријских и нумеричких резултата, у области пројектовања и примене нових, пре свега композитних материјала.

## **2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области**

Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Мр Ивана Милетића, дипломираног машинског инжењера, под насловом „**Решавање проблема интерфејсне прслине у еласто-пластичним и ојачаним материјалима**“, представља резултат оригиналног научног рада. Обрађена тема је веома актуелна и значајна за развој науке у области теоријских и нумеричких испитивања развоја нових материјала, пошто се проблеми раслојавања превлака и бубрења заштитних филмова не могу раздвојити од примене теоријских и нумеричких разматрања понашања интерфејсне прслине, нити потпуно разумети без њихове примене.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове докторске дисертације се огледају у следећим елементима:

- Прегледом и анализом релевантних научних радова из ове области, кандидат је сагледао који проблеми нису довољно или нису уопште обрађивани и посветио је сву потребну пажњу њиховом решавању. То се нарочито односи на еластично-пластичне материјале, чије је разматрање од посебног значаја у практичној примени у пројектовању влакнима ојачаних материјала, почев од армираног бетона па до нано-материјала.
- Нумеричком анализом, односно симулацијом симболичким програмирањем, кандидат је проширио, потврдио или допунио истраживања ранијих аутора, који су се бавили различитим аспектима понашања прслине на интерфејсу између два разнородна материјала, а у многим случајевима је дошао до потпуно нових резултата.
- Проблеми раста прслине у еласто-пластичним материјалима су значајни и за решавање проблема раста прслине између основе и превлаке, код заштите основног материјала од корозије, агресивне средине, високих температура, и слично. Последње што се жели код ових материјала је да дође до оштећења превлаке или њеног одвајања од основе – раслојавања материјала, односно деламинације танког филма. Кандидат је анализом дошао до закључка да угловне ивице основног материјала дају суштинску унутрашњу заштиту против

раслојавања превлака интерфејса док унутрашње ивице немају ту карактеристику. На основу тога је закључио да еластичне карактеристике основе имају значајан утицај на раслојавање превлаке бубрењем у облику мехура. Разматрање раслојавања превлака и деламинације танких филмова је посебно значајно за њихову практичну примену. Том аспекту је овом дисертацијом дат посебан допринос, који се може искористити при пројектовању ових материјала.

- Разматрање понашања прслине која се приближава интерфејсу, односно која га „напада“, је врло битно код проучавања влакнима ојачаних материјала. Ту је битно питање да ли ће прслина која постоји у једном материјалу да пресече интерфејс и настави да се шири у другом материјалу, или ће да скрене у интерфејс и настави да расте дуж њега. Ова друга појава је посебно пожељна код влакнастих материјала, пошто је свакако боље да прслина скрене - дефлектује у интерфејс, него да га пређе и тиме оштети, односно поломи ојачавајуће влакно. У дисертацији је показано да се варирањем карактеристика материјала може директно утицати на понашање надлазеће прслине, чиме се при пројектовању влакнастих материјала спречава њихово оштећење и слабљење.
- Кандидат је своја разматрања проширио и на проблематику понашања интерфејсне прслине код анизотропних материјала, посебно монокристала. Ово је значајно зато што се такозваним „пројектовањем границе зрна“ код прслине на интерфејсу два кристала може директно утицати да се добију жељена својства интерфејса, чиме се добијају материјали погодни за примену у нанотехнологији.

### **3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одговарајућој научној области**

Мр Иван Милетић, дипл. маш. инж. рођен је 17. јула 1976. год. у Крагујевцу. Основну школу „Мома Станојловић“ у Крагујевцу завршио је са одличним успехом. Техничку школу за машинство и саобраћај у Крагујевцу (смер Машински техничар) завршио је такође са одличним успехом као ђак генерације. На студије машинства на Машинском факултету у Крагујевцу се уписао школске 1995/96. године, које је на Катедри за машинске конструкције и механизацију завршио јула 2000. год. са просечном оценом 9,03 као студент генерације. Дипломски рад под називом „Затворено коло снаге“ радио је у оквиру предмета Машински елементи и одбранио га са оценом 10 (десет).

После завршених основних студија се уписао на постдипломске студије, Катедри за машинске конструкције и механизацију, које је завршио са просечном оценом 9,78. Априла 2009. године је одбранио магистарску тезу под називом „Стабилност аксијално притиснутих призматичних љуски“.

У периоду од 13. новембра 2000. год. запослен је на Машинском факултету у Крагујевцу, прво као сарадник ангажован преко Завода за тржиште рада, а од маја 2002. и као асистент-приправник на истом факултету. Ангажован је на извођењу аудиторних и лабораторијских вежби из предмета Отпорност материјала, Теорија еластичности, Механика лома, Лаке конструкције, Заварене и ливене конструкције, а био је ангажован и на извођењу вежби из предмета Машински елементи и Конструисање помоћу рачунара.

У периоду од 2002. до 2006. године био је Члан Савета Машинског факултета у Крагујевцу. Дужи низ година је и члан Комисије за промоцију факултета.

Од заснивања радног односа кандидат је учествовао је у реализацији више домаћих и међународних пројеката. Тренутно је ангажован у реализацији једног научно-истраживачког пројекта Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије - "Истраживање и развој Српске нето-нулте енергетске куће" TR 33015, (2011-2015), руководилац пројекта проф. др Милорад Бојић, као и два међународног пројекта - Transport and Urban Development COST Action TU1205 - „Building Integration of Solar Thermal Systems TU1205 - BISTS“, (2013-2017), руководилац пројекта. проф. др Soteris Kalogirou (<http://www.tu1205-bists.eu>) и СЕЕРУС СИИ-RS-0304-07-1415.

Израда докторске дисертације под називом „Решавање проблема интерфејсне прслине у еласто-пластичним и ојачаним материјалима“ одобрена је 20.12.2012. године.

У досадашњем научно-истраживачком раду, Мр Иван Милетић је, као аутор или као коаутор, објавио 37 научних радова (4 рада у међународним часописима, 3 рада у домаћим часописима, 27 радова на међународним конференцијама и 3 рада на домаћим конференцијама) и има 4 техничка решења.

#### **Радови у врхунском међународном часопису M21:**

1. Milorad Bojić, Novak Nikolić, Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, **Ivan Miletic**, TOWARD A POSITIVE-NET-ENERGY RESIDENTIAL BUILDING IN SERBIAN CONDITIONS, Applied Energy, Vol.88, No.7, pp. 2407-2419, ISSN 0306-2619, Doi 10.1016/j.apenergy.2011.01.011, 2011
2. Milorad Bojić, Novak Nikolić, Danijela Nikolić, Jasmina Skerlić, **Ivan Miletic**, A SIMULATION APPRAISAL OF PERFORMANCE OF DIFFERENT HVAC SYSTEMS IN AN OFFICE BUILDING, Energy and Buildings, Vol.43, No.6, pp. 1207-1215, ISSN 0378-7788, Doi 10.1016/j.enbuild.2010.12.033, 2011
3. Milorad Bojić, Nenad Marjanović, **Ivan Miletic**, Ljubiša Bojić, COMPARISON OF OPTICAL PERFORMANCES OF SEA-SHELL TROUGH SOLAR CONCENTRATORS, Energy and Buildings Vol.-, No.-, pp. -, ISSN 0378-7788, DOI:10.1016/j.enbuild.2014.08.037, 2014

#### **Радови у међународном часопису M23:**

1. Jelena M. Djokovic, Ruzica R. Nikolic, **Ivan M. Miletic**, Milan V. Micunovic, ANALYSIS OF THE LEFM CONCEPT FOR INTERFACIAL CRACKS APPLICATION TO COATING BUCKLING DELAMINATION IN TERMS OF SUBSTRATE ELASTIC CHARACTERISTICS, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Vol.52, No.1, pp. 61-69, ISSN 1429-2955, 2014

#### **Саопштење са међународног скупа штампано у целини M33:**

1. M. Bojić, D. Ćatić, M. Matijević, **I. Miletic**, GEOMETRY OF A SOLAR CONCENTRATOR FOR HEAT AND ELECTRICITY PRODUCTION, PROJECT 273003, Сокобања, 2007
2. M. Bojić, D. Ćatić, M. Matijević, **I. Miletic**, V. Stefanović, DESIGN OF A STATIONARY ASYMMETRIC SOLAR CONCENTRATOR FOR HEAT AND

ELECTRICITY PRODUCTION, Proceedings of the Fourth IASTED International Conference POWER AND ENERGY SYSTEMS (AsiaPES 2008), Langkawi, Malaysia, 2008, 2 – 4 April, pp. 341-346, ISBN 978-0-88986-732-1

3. M. Bojić, N. Marjanović, **I. Miletić**, HEAT PRODUCTION BY STATIONARY PARABOLIC, CYLINDRICAL SOLAR CONCENTRATOR, 22nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Foz do Iguacu, Paraná, Brazil, 2009, August 31 – September 3, pp. 1147-1152

4. M. Bojić, N. Marjanović, **I. Miletić**, SOME CHARACTERISTICS OF ELECTRICITY PRODUCTION BY STATIONARY PARABOLIC, CYLINDRICAL SOLAR CONCENTRATOR, 8th International Symposium on Advanced Electromechanical Motion Systems, Lille, France, 2009, 1 – 3 July, pp. 1-4, ISBN 9781424451500

5. M. Bojić, N. Marjanović, **I. Miletić**, A. Mitić, V. Stefanović, SOME CHARACTERISTICS OF HEAT PRODUCTION BY STATIONARY PARABOLIC, CYLINDRICAL SOLAR CONCENTRATOR, IASTED International Conference on Solar Energy (SOE 2009), Phuket, Thailand, 2009, 16 - 18 March, pp. 88-91, ISBN 978-0-88986-791-8

6. Milorad Bojić, Nenad Marjanović, **Ivan Miletić**, EFFICIENCY OF SOLAR RAY USE BY PARABOLIC, CYLINDRICAL SOLAR CONCENTRATOR FOR HEAT PRODUCTION, 5th DUBROVNIK CONFERENCE ON SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF ENERGY WATER AND ENVIRONMENT SYSTEMS, Dubrovnik, Croatia, 2009, September 30 - October 3, pp. 1-11, ISBN 978-953-6313-97-6

7. M. Bojić, N. Nikolić, D. Nikolić, J. Skerlić, **I. Miletić**, SIMULATION OF SOLAR ENERGY USE FOR BUILDING HEATING BY A VAPOR COMPRESSION HEAT PUMP, 3rd IASTED African International Conference on Modelling and Simulation (AfricaMS 2010), Gaborone, Botswana, 2010, September 6 - 8, pp. 179 - 186, ISBN 978-0-88986-848-9

8. Blaža Stojanović, Lozica Ivanović, Andreja Ilić, **Ivan Miletić**, EXPERIMENTAL ANALYSIS OF TOOTH HEIGHT CHANGING AT TIMING BELTS, SERBIATRIB '13, Kragujevac, 2013, 15 – 17 May 2013, pp. 226-229, ISBN 978-86-86663-98-6

9. Marko Miletić, **Ivan Miletić**, Dragan Cvetković, Nenad Kostić, Milorad Bojić, COMPARISON OF BUILDING ENVELOPE TYPES DEPENDING ON THE THERMAL INSULATION LAYER POSITION, DEMI 2013, Banja Luka, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 605-612, ISBN 978-99938-39-46-0

10. Marko Miletić, Milorad Bojić, **Ivan Miletić**, Nenad Miloradović, Jasmina Skerlić, WINDOWS SELECTION INFLUENCE ON ENERGY HEAT GAIN AND LOSS IN HOUSE, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, 23.05.2013., pp. 547-552, ISBN 978-86-86663-94-8

11. Marko Miletić, Saša Jovanović, Zorica Djordjević, **Ivan Miletić**, Milorad Bojić, OPTIMISATION OF ZERO-NET ENERGY HOUSE ORIENTATION FROM SOLAR ENERGY ABSORPTION ASPECT, DEMI 2013, Banja Luka, BiH, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 743-748, ISBN 978-99938-39-46-0

12. Milorad Bojić, Dragan Adamović, Jasna Radulović, **Ivan Miletić**, LJubiša Bojić, LIGHTING USE IN SERBIAN LOW-RISE HOUSES, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, 23.05.2013., pp. 541-546, ISBN 978-86-86663-94-8

13. Milorad Bojić, Dragan Adamović, Marko Miletić, **Ivan Miletić**, Jasna Radulović, AWARENESS ON ENERGY SAVING IN LOW-RISE HOUSING, International Conference Building Services And Ambiental Comfort, 22-th Edition, Timisoara, Romania,, 2013, 11.04.2013.-12.04.2013., pp. 293-302, ISBN 1842-9491
14. Nenad Miloradović, **Ivan Miletić**, Marko Miletić, Dragan Cvetković, Milorad Bojić, INFLUENCE OF PROPER WINDOW SELECTION ON ENERGY CONSUMPTION DURING A YEAR, DEMI 2013, Banja Luka, BiH, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 679-686, ISBN 978-99938-39-46-0
15. Sasa Jovanović, Marko Miletić, Zorica Djordjević, **Ivan Miletić**, Milorad Bojić, OPTIMISATION OF ZERO-NET ENERGY HOUSE ORIENTATION IN CITIES OF DIFFERENT LATITUDE, 7th International Quality Conference, Kragujevac, 2013, 23.05.2013., pp. 363-368, ISBN 978-86-86663-94-8
16. Marko Miletić, Milorad Bojić, **Ivan Miletić**, Nenad Kostić, Dragan Cvetković, INFLUENCE OF SOLAR DISTRIBUTION MODELS TO ENERGYPLUS PREDICTION, 6th International Quality Conference, Kragujevac, Srbija, 2012, 08.06.2012., pp. 837-844, ISBN 978-86-86663-82-5
17. Marko Miletić, Mirko Blagojević, Snežana Vulović, **Ivan Miletić**, CONTACT SURFACE ANALYSIS ON CYCLOID DRIVES WITH SINGLE, DOUBLE, AND TRIPLE MESHING, COMETA 2012, 1st International Scientific Conference, Jahorina, BiH, 2012, 28.11.2012. - 30.11.2012., pp. 315-322, ISBN 978-99938-655-5-1
18. Milorad Bojić, D. Adamovic, J. Radulović, M. Miletić, **I. Miletić**, V. Marjanović, PUBLIC OPINION SURVEY: AWARENESS ON ENERGY SAVING NEEDS IN SERBIA, The Second International Conference on Building Energy and Environment (COBEE2012), Boulder, Colorado, USA, 2012, 01.08.2012. - 04.08.2012., pp. 1257-1264, ISBN 978-0-9816881-9-0
19. Milorad Bojić, Dragan Adamović, Jasna Radulović, Marko Miletić, **Ivan Miletić**, Vesna Marjanović, AWARENESS ON ENERGY SAVING NEEDS IN SERBIA IN LOW-RISE HOUSES, 6th International Quality Conference, Kragujevac, Srbija, 2012, 08.06.2012., pp. 291-298, ISBN 978-86-86663-82-5
20. Mirko Blagojević, M. Bojić, N. Kostić, M. Miletić, **I. Miletić**, INFLUENCE OF SURFACE CONVECTION ALGORITHM TO THE RESULTS OF SIMULATIONS OF NET ZERO ENERGY BUILDING BEHAVIOUR BY THE ENERGYPLUS, 43rd International Congress & Exhibition On Heating, Refrigeration And Air Conditioning, Beograd, Srbija, 2012, 06.12.2012., pp. 219-226, ISBN 978-86-81505-64-9
21. Vesna Marjanović, Milorad Bojić, Nenad Miloradović, Marko Miletić, **Ivan Miletić**, INFLUENCE OF NUMBER OF WARMUP DAYS TO ENERGYPLUS PREDICTION OF NET ZERO ENERGY BUILDING BEHAVIOUR, 6th International Quality Conference, Kragujevac, Srbija, 2012, 08.06.2012., pp. 861-866, ISBN 978-86-86663-82-5
22. Marko Miletić, **Ivan Miletić**, Dragan Cvetković, Nenad Kostić, Milorad Bojić, COMPARISON OF BUILDING ENVELOPE TYPES DEPENDING ON THE THERMAL INSULATION LAYER POSITION, DEMI 2013, Banja Luka, BiH, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 605-612, ISBN 978-99938-39-46-0
23. Marko Miletić, Milorad Bojić, **Ivan Miletić**, Nenad Miloradović, Jasmina Skerlić, WINDOWS SELECTION INFLUENCE ON ENERGY HEAT GAIN AND LOSS IN HOUSE, 7th International Quality Conference, Kragujevac, Serbia, 2013, 23.05.2013., pp. 547-552, ISBN 978-86-86663-94-8

24. Marko Miletić, Saša Jovanović, Zorica Djordjević, **Ivan Miletić**, Milorad Bojić, OPTIMISATION OF ZERO-NET ENERGY HOUSE ORIENTATION FROM SOLAR ENERGY ABSORPTION ASPECT, DEMI 2013, Banja Luka, BiH, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 743-748, ISBN 978-99938-39-46-0

25. Milorad Bojić, Dragan Adamović, Marko Miletić, **Ivan Miletić**, Jasna Radulović, AWARENESS ON ENERGY SAVING IN LOW-RISE HOUSING, INTERNATIONAL CONFERENCE BUILDING SERVICES AND AMBIENTAL COMFORT, 22-th Edition, Timisoara, Romania, 2013, 11.04.2013.-12.04.2013., pp. 293-302, ISBN 1842-9491

26. Nenad Miloradović, **Ivan Miletić**, Marko Miletić, Dragan Cvetković, Milorad Bojić, INFLUENCE OF PROPER WINDOW SELECTION ON ENERGY CONSUMPTION DURING A YEAR, DEMI 2013, Banja Luka, BiH, 2013, 30.05.2013. - 01.06.2013., pp. 679-686, ISBN 978-99938-39-46-0

27. Sasa Jovanović, Marko Miletić, Zorica Djordjević, **Ivan Miletić**, Milorad Bojić, OPTIMISATION OF ZERO-NET ENERGY HOUSE ORIENTATION IN CITIES OF DIFFERENT LATITUDE, 7th International Quality Conference, Kragujevac, Serbia, 2013, 23.05.2013., pp. 363-368, ISBN 978-86-86663-94-8

#### **Радови у водећем часопису националног значаја M51:**

1. Milorad Bojić, Dragan Adamović, Jasna Radulović, Marko Miletić, **Ivan Miletić**, SVEST O UŠTEDI ENERGIJE U NISKIM KUĆAMA U SRBIJI, KGH klimatizacija, grejanje i hlađenje, Vol.42, No.2, pp. 41-44, ISSN 0350-1426, 2013

#### **Рад у часопису националног значаја M52:**

1. N. Marjanović, B. Tadić, **I. Miletić**, M. Blagojevic, MODERN TRENDS OF INFORMATIONAL TECHNOLOGY APPLIANCE IN OVERALL PRODUCT'S LIFETIME, Journal of Mechanical Engineering Design, Vol.10, No.1, pp. 42-49, ISSN 1450-5401, 2007

#### **Рад у домаћем часопису M53:**

1. Ivanovic L., Stojanovic B., Ilic A., **Miletic I.**, MODELIRANJE FUNKCIONALNIH KARAKTERISTIKA PLANETARNIH GEROTOR PUMPI, IMK -14 Istrazivanje i razvoj, Vol.41, No.4, pp. 77-83, ISSN 0354-6829, 2011

#### **Саопштења са скупа националног значаја штампано у целини M63:**

1. **И. Милетић**, М. Благојевић, В. Николић-Станојевић, РАЗВОЈ АЛГОРИТМА ЗА ПРОЈЕКТОВАЊЕ РАЗДЕЛНИКА СНАГЕ ЗА ТЕРЕНСКО ВОЗИЛО, 6. Међународни научно-стручни скуп, ИЗВОР И ПРЕНОС СНАГЕ – ИПС 2001, Подгорица-Бечићи, Црна Гора, 2001, pp. 389 – 395.

2. М. Ћировић, **И Милетић**, АНАЛИЗА ИЗВИЈАЊА ПРАВОУГАОНЕ ПЛОЧЕ ЕЛАСТИЧНО УКЛЕШТЕНЕ ДУЖ ПОДУЖНИХ ИВИЦА, Научно-стручни скуп, ISTRAŽIVANJE I RAZVOJ MAŠINSKIH ELEMENATA I SISTEMA–IRMES 2002, Бањалука, Босна и Херцеговина, 2002,

3. Н. Срећковић, М. Благојевић, **И. Милетић**, АЛТЕРНАТИВНИ МАТЕРИЈАЛИ У ИНДУСТРИЈИ ЗУПЧАНИКА, Научно-стручни скуп, ИСТРАЖИВАЊЕ И РАЗВОЈ МАШИНСКИХ ЕЛЕМЕНАТА И СИСТЕМА – ИРМЕС 2004, Крагујевац, Србија, 2004, pp. 351 – 356

#### 4. **Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему**

Докторска дисертација кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж. под називом „**Решавање проблема интерфејсне прслине у еласто-пластичним и ојачаним материјалима**“, одговара по обиму и садржају прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука и Стручног већа Универзитета у Крагујевцу. По квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за израду докторских дисертација.

Резултати истраживања су у писаном делу докторске дисертације изложени на укупно 127 страна. У раду је приказано 69 графичких илустрација и цитирано је 90 библиографских података. Излагање је сврстано у 7 поглавља:

1. Увод
2. Проблеми простирања интерфејсне прслине у изотропним и анизотропним материјалима
3. Еластично-пластична анализа прслине на интерфејсу
4. Раслојавање превлака
5. Деламинација танког филма код еластично-пластичних материјала
6. Закључак

#### Литература

У поглављу 1 (*Увод*) су приказана уводна разматрања о различитим проблемима раста интерфејсне прслине уз анализу досадашњег развоја научних разматрања из ове области. Наведени су сви аспекти који су до сада разматрани и развијени: интерфејсна прслина која лежи између два идеално спојена полупростора, утицај и облик дислокација на напонско поље у области прслине, проблем скретања прслине са интерфејса и пробијање интерфејса код еластичних материјала, проблеми еластичног и еласто-пластичног ширења прслина у биматеријалном интерфејсу, структура еласто-динамичког поља за равномерни раст прслине на интерфејсу, тродимензионални математички модел услова ширења прслине у интерфејсу и други. Такође су дати и основни циљ и кратак преглед истраживања која су урађена у оквиру докторске дисертације.

У поглављу 2 (*Проблеми простирања интерфејсне прслине у изотропним и анизотропним материјалима*) је приказана основна концепција еластичне механике лома за прслину на интерфејсу, а разматрани су и проблеми прслине која се приближава интерфејсу, а може да се понаша на три различита начина: може да се заустави, може да настави и да пређе преко интерфејса или да скрене у интерфејс. У овом делу су разматрани услови под којима ће се дешавати свака од ових појава. Оба материјала, који чине интерфејс, су еластично - изотропни. Брзина ослобођања енергије потребне за скретање прслине у интерфејс се пореди са брзином ослобођања енергије потребне за пробијање интерфејса. Ови резултати се даље користе за одређивање релативне жилавости интерфејса и основног материјала, која



обезбеђује да прслина скрене у интерфејс. У овом делу је такође анализирано и скретање прслине са интерфејса између два различита изотропна еластична материјала. На основу ове анализе добијени су фактори интензитета напона и брзина ослобођања енергије за скренуту прслину у зависности од одговарајућих величина за интерфејсну прслину пре скретања. Практична примена ове анализе је за пројектовање интерфејса код лепљених спојева, заштитних превлака и танких филмова.

Поглавље 3 (*Еластично-пластична анализа прслине на интерфејсу*) приказује решење поља напона и померања за прслину која лежи дуж интерфејса између еластичног и еластично-пластичног материјала, као и између два еластично-пластична материјала. Резултати су добијени коришћењем  $J_2$  деформационе теорије за материјал са ојачањем. Овде су дати и резултати за поље напона и померања у условима течења у малом обиму око врха прслине и показано је да поље у околини врха прслине нема раздвојене модове, као што је то случај код поља HRR (Hutchinson-Rice-Rosengreen) типа за хомогени материјал, већ да поседује неке специфичне карактеристике поља HRR типа у условима мешовитог мода оптерећења. У овом поглављу је одређена и величина пластичне зоне у условима раванског стања деформације као и поља напона и померања у врху прслине за целу област новог фазног угла оптерећења.

У поглављу 4 (*Раслојавање превлака*) кандидат је посматрао деламинацију танког филма и превлака у условима еластичног лома. Превлаке спојене за основни материјал често трпе велике заостале раванске напоне који се са превлаке преносе преко напона смицања на интерфејс близу ивица. Ова ивична област игра значајну улогу у тумачењу раслојавања превлака. Разматран је и проблем ивичне прслине која настаје на ивици превлаке. Анализирана су два могућа случаја: када ивица превлаке лежи на унутрашњој страни основног материјала и када се ивица превлаке поклапа са ивицом основног материјала. Кандидат је дошао до закључка какав је утицај ивице на брзину ослобађања енергије, односно на који начин она утиче на раслојавање. У овој глави је анализиран и утицај еластичних карактеристика основе на раслојавање превлаке бубрењем.

Поглавље 5 (*Деламинација танког филма код еластично-пластичних материјала*) садржи анализу раслојавања танког филма у условима нелинеарне механике лома. Кандидат је разматрао две могућности: раслојавање еластичног танког филма са еласто-пластичне подлоге и раслојавање еласто-пластичног филма са еластичне подлоге. У оквиру овог дела дисертације су анализирани услови који су потребни да би наступило течење материјала у великом или малом обиму, односно при којој дебљини филма једна врста течења прелази у друго, као и колике су брзине ослобађања енергије у овој граничној области. Ово је посматрано кроз два модела EPZ (Embedded fracture Process Zone) и SSV (Suo-Shih-Varias) чије су карактеристике, сличности и разлике представљене у дисертацији. Представљен је и утицај ојачања на промену анализираних величина. Због компликованог математичког апарата у аналитичком облику, у овом (као и у претходним деловима дисертације), коришћен је програмски пакет *Mathematica*<sup>®</sup> који омогућава лакшу математичку анализу, како у аналитичком делу, тако и у мешовитој аналитичко-нумеричкој примени.

У поглављу 6 (*Закључак*) дати су закључци који су изведени на основу целокупног разматрања свих наведених проблема, а који се могу користити у даљем теоретском разматрању тих проблема, као и у могућој практичној примени добијених резултата. Оно што је значајно је да кандидат критички разматра своје резултате и даје смернице за будући теоретски рад у овој области уз наглашавање

њене важности за практичну примену у пројектовању нових материјала.

Последње поглавље (*Литература*) даје списак (90) библиографских јединица које су коришћене као полазна основа за истраживање у оквиру ове докторске дисертације.

## 5. Научни резултати докторске дисертације

Кандидат Мр Иван Милетић, дипл. маш. инж. је у оквиру докторске дисертације извршио систематизацију постојећих знања и искустава у области настанка, раста и понашања прслине на интерфејсу два различита материјала, као и прслине која се прилижава интерфејсу, односоа напада га.

У оквиру рада на дисертацији кандидат је дошао до резултата и закључака који имају своје место и значај како у научно-теоријском, тако и у практичном смислу. Најважнији научни резултати докторске дисертације су:

- Дати су одговори на питања да ли ће прслина која се приближава интерфејсу да га прође или ће да скрене у њега и да настави да се шири дуж интерфејса. Оваква питања су од великог значаја за дизајнирање интерфејса зато што се увек тежи да прслина која се шири у основи, а приближава интерфејсу, скрене у интерфејс остављајући други материјал неоштећеним.
- На основу приказаних резултата могуће је дати одговор на питање да ли ће најлазећа прслина да скрене, то јест да дефлектује у интерфејс, или ће да га пробије, пенетрира, и настави раст у другом материјалу. Детаљном анализом показано је да за мале углове нападања прслине у такмичењу између дефлектовања и пенетрације, победу ће углавном односити дефлектовање прслине у интерфејс.
- У дисертацији је приказано и решење за проблем прслине на интерфејсу између два еластично-пластична материјала унутар оквира дефинисаног нелинеарном механиком лома у хомогеним материјалима. Решења су изведена за материјале описане  $J_2$  - деформационом теоријом. Показано је да је понашање у врху овакве интерфејсне прслине сложеније од понашања прслине у хомогеној средини.
- У дисертацији је разматрано и решење комплетног граничног проблема прслине на интерфејсу два нелинеарна материјала за услове течења у малом обиму. Закључено је да је облик поља близу врха прслине одређен карактеристикама ојачања материјала са нижим степеном ојачања. Нивои напона у материјалу са већим коефицијентом ојачања су ограничени нивоима напона у материјалу нижег коефицијента ојачања.
- У оквиру дисертације дата је и анализа понашања танких филмова и превлака примењујући еластичну механику лома. Дата је анализа ивичног раслојавања превлаке и ивицаја положаја ивице превлаке у односу на ивицу основе.
- Ако се ивица превлаке не поклапа са ивицом материјала основе се долази до закључка да на самој ивици брзина ослобађања енергије има вредност у оквиру неколико процената од брзине ослобађања енергије потребне за деламинацију на ивици превлаке и врло брзо достиже граничну вредност и то на растојању од само половине висине превлаке.
- Ако се ивица превлаке поклапа са ивицом материјала основе, долази се до закључка да како дужина прслине расте, брзина ослобађања енергије се споро

приближава брзини ослобађања енергије за раслојавање превлаке. Ово значи да угловне ивице дају суштинску унутрашњу заштиту против раслојавања превлака интерфејса, а унутрашње ивице немају ту карактеристику.

- На основу анализе приказане у дисертацији може да се изведе закључак да еластичне карактеристике основе имају значајан утицај на раслојавање превлаке бубрењем у облику дугачког равностраног мехура. Овај утицај је нарочито изражен код металних и керамичких превлака на основама од полимера код којих је однос модула еластичности већи од 100 или код керамичких превлака на металној основи код којих је однос модула 10 и више.
- Анализа деламинације танког филма са основе у условима када се у једном од материјала, који чине интерфејс, јављају нелинеарне, еласто-пластичне деформације, показује да је у случају веома танких филмова утицај течења материјала занемарљив, па се интерфејс понаша као да се налази у еластичном подручју. У случају појаве еласто-пластичних деформација дебљина филма игра значајну улогу само у једном малом опсегу.

## **6. Примењивост и корисност резултата у теорији и пракси**

Резултати докторске дисертације кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж., под насловом „**Решавање проблема интерфејсне прслине у еласто-пластичним и ојачаним материјалима**“, применљиви су како у теорији, тако и у пракси.

Сви проблеми анализирани у овој дисертацији су од изузетног значаја у разматрању понашања и пројектовања нових материјала, посебно композита, као и заштитних превлака и танких филмова. Ово је значајно како са аспекта разумевања теоријских поставки ових проблема, тако и са аспекта практичне применљивости добијених резултата.

Разумевање понашања прслине која се налази на интерфејсу између превлаке и основног материјала је важно ради правилног пројектовања превлаке. Врло је битно да се зна која је дебљина превлаке критична при којој може доћи до деламинације, односно њеног одвајања од основе, као и колики може да буде распон разлике еластичних карактеристика материјала основе и превлаке да би одређен материјал могао да се примени као превлака на другом материјалу.

Проблем понашања прслине која већ постоји у једном од материјала и приближава се интерфејсу са другим материјалом је значајно при пројектовању композитних материјала, на пример влакнасто ојачаних композита. Правилним одабиром материјала, може се избећи појава да прслина која се из матрице приближава интерфејсу (влакну) пробије интерфејс, односно оштети влакно и тиме смањи јачину материјала.

Прслина на интерфејсу између два монокристала може да расте на крт или еластичан начин, зависно од распореда кристалних равни два материјала. Могућност „пројектовања границе зрна“ између та два материјала значи да се може обезбедити да прслина расте на еластичан начин, чиме се избегава могућност катастрофалног кртог лома у материјалу. Посматрање понашања интерфејсне прслине у анизотропним материјалима је од посебног значаја при пројектовању нано-материјала.

## **7. Начини презентирања резултата научној јавности**

Део научних резултата, који су резултат истраживања добијених израдом ове докторске дисертације је презентован објављивањем научних радова у међународним и националним научним часописима, као и на међународним научним скуповима.

Практични аспекти реализованог научно-истраживачког рада представљени су домаћој научној и стручној јавности и кроз реализацију пројекта Истраживање и развој српске нето-нулте куће (ТР33015), који финансира Министарство просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије.

Комисија сматра да истраживања и резултати докторске дисертације пружају обиман и користан материјал за даље публикување у високо ранжираним међународним и националним научним часописима и на скуповима, који се баве проблематиком везаном за понашање и раст интерфејсне прслине, односно за пројектовање и развој модерних материјала, пре свега композитних и нано-материјала.

На основу свега изложеног Комисија доноси следећи:

## **ЗАКЉУЧАК**

Докторска дисертација кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж. у потпуности, како по обиму тако и по квалитету, одговара одобреној теми дисертације, одлуком бр. 01-1/3401-10 од 20.12.2012. године од стране Наставно-научног већа Факултета инжењерских наука у Крагујевцу.

Кандидат је у приказу истраживања користио уобичајену и стандардизовану стручну терминологију, а структура докторске дисертације и методологија излагања су у складу са универзитетским нормама.

У току израде докторске дисертације, кандидат Мр Иван Милетић, дипл. маш. инж. је дошао до оригиналних научних резултата, који представљају значајан допринос у области истраживања и практичне примене понашања модерних материјала, композита, нано-материјала, ћелијских метала и сендвич плоча, односно свих материјала који се састоје од више материјала, па код којих самим тим постоји и интерфејс на коме се поже појавити прслина, а коју треба спечити да те материјале ослаби или разори.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и да поседује способност систематског приступа разматраној проблематици и коришћењу научне и стручне литературе. При томе је, користећи своје професионално образовање и лично искуство, показао способност да овој сложеној проблематици приступи свеобухватно и да, примењујући методе научне анализе и синтезе, дефинише интегративне закључке, ради добијања како теоретских тако и практично применљивих резултата.

На основу свега претходно наведеног, Комисија за оцену писаног дела и усмену јавну одбрану докторске дисертације кандидата Мр Ивана Милетића, дипл. маш. инж., једногласно је закључила да докторска дисертација под насловом

## „РЕШАВАЊЕ ПРОБЛЕМА ИНТЕРФЕЈСНЕ ПРСЛИНЕ У ЕЛАСТО- ПЛАСТИЧНИМ И ОЈАЧАНИМ МАТЕРИЈАЛИМА“

по квалитету, обиму и резултатима истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске критеријуме за израду докторске дисертације. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета инжењерских наука у Крагујевцу, да на основу овог Извештаја, докторску дисертацију прихвати као успешну и да кандидата позове на јавну, усмену одбрану.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

1. Др Ружица Николић, ментор, ред. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; Научна област: Машинске конструкције и механизација, Примењена механика



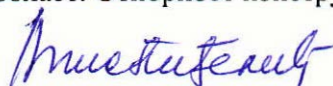
---

2. Др Јелена Ђоковић, ванр. проф., Технички факултет у Бору Универзитета у Београду; Научна област: Машинство, Механика лома



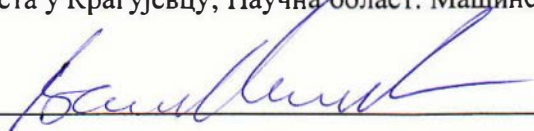
---

3. Др Нина Анђелић, ванр. проф., Машински факултет Универзитета у Београду; Научна област: Отпорност конструкција



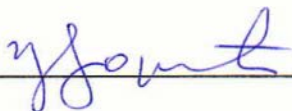
---

4. Др Весна Марјановић, ванр. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; Научна област: Машинске конструкције и механизација



---

5. Др Зорица Ђорђевић, ванр. проф., Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу; Научна област: Машинске конструкције и механизација,



---

У Крагујевцу, Београду и Бору

25. мај 2015. године