

ПРИМЉЕНО:	20. 10. 2011		
ОРГ. ЈЕДИН.	КАТ.	ПРИЛОГ	ОБРАЗЛОЖ.
1509/1			

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Косовској Митровици, број 1303/3-6 од 27. септембра 2011. године, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

**ПРИЛОГ ИСТРАЖИВАЊУ УТИЦАЈА ВАНАДИЈУМА НА МЕХАНИЧКА
СВОЈСТВА И СТРУКТУРУ ВИСОКОЛЕГИРАНИХ ХРОМ-МОЛИБДЕНСКИХ
ЧЕЛИКА**

кандидата, мр Александра Тодића, дипл. инж. машинства, у следећем саставу:

1. др Душко Минић, ванредни професор, Факултет техничких наука у Косовској Митровици – председник;
2. др Дејан Чикара, доцент, Факултет техничких наука у Косовској Митровици – ментор;
3. др Вукић Лазих, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу – члан

На основу прегледа докторске дисертације, а сагласно Закону о Универзитету, Закону о високом школству и Статуту Факултета техничких наука у Косовској Митровици, Комисија доноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ
о урађеној докторској дисертацији

Биографски подаци о кандпдату

Александар Тодић, дипломирани машински инжењер, рођен је 7. 3. 1977. године у Косовској Митровици. Основну школу и гимназију природно-математичког смера завршио је 1996. године у Приштини. Исте године уписао се на Машински факултет Универзитета у Приштини. Дипломирао је 2001. год. на Факултету техничких наука – одсек машинства Универзитета у Приштини са седиштем у Косовској Митровици.

Магистарске студио уписао је 16. 11. 2005. на Технолошко – металуршком факултету, Универзитета у Београду, на катедри за Конструкционе материјале. Магистарску тезу под насловом “Механичка својства полимерних композитних материјала ојачаних базалтом” одбранио је 24. 12. 2008. на истом факултету и стекао звање магистра техничких наука.

Од 01. 04. 2002. године запослен је на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, на одсеку Машинства, катедра за Производно машинство, као асистент-приправник, за предмете: Машински материјали, Производни системи и Организација производње. На истој катедри изабран је 25. 11. 2009. године у звање асистента за ужу научну област Материјали у машинству, за предмете: Машински материјали, Погонски материјали и Нови материјали.

ПРИМЉЕНО:	20. 10. 2011		
ОРГ. ЈЕДИН.	КАТ.	ПРИЛОГ	ОБРАЗЛОЖ.
	1509/1		

**УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА**

Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Косовској Митровици, број 1303/3-6 од 27. септембра 2011. године, именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације:

**ПРИЛОГ ИСТРАЖИВАЊУ УТИЦАЈА ВАНАДИЈУМА НА МЕХАНИЧКА
СВОЈСТВА И СТРУКТУРУ ВИСОКОЛЕГИРАНИХ ХРОМ-МОЛИБДЕНСКИХ
ЧЕЛИКА**

кандидата, мр Александра Тодића, дипл. инж. машинства, у следећем саставу:

1. др Душко Минић, ванредни професор, Факултет техничких наука у Косовској Митровици – председник;
2. др Дејан Чикара, доцент, Факултет техничких наука у Косовској Митровици – ментор;
3. др Вукић Лазих, редовни професор, Машински факултет у Крагујевцу – члан

На основу прегледа докторске дисертације, а сагласно Закону о Универзитету, Закону о високом школству и Статуту Факултета техничких наука у Косовској Митровици, Комисија доноси следећи:

ИЗВЕШТАЈ
о урађеној докторској дисертацији

Биографски подаци о кандпдату

Александар Тодић, дипломирани машински инжењер, рођен је 7. 3. 1977. године у Косовској Митровици. Основну школу и гимназију природно-математичког смера завршио је 1996. године у Приштини. Исте године уписао се на Машински факултет Универзитета у Приштини. Дипломирао је 2001. год. на Факултету техничких наука – одсек машинства Универзитета у Приштини са седиштем у Косовској Митровици.

Магистарске студио уписао је 16. 11. 2005. на Технолошко – металуршком факултету, Универзитета у Београду, на катедри за Конструкционе материјале. Магистарску тезу под насловом “Механичка својства полимерних композитних материјала ојачаних базалтом” одбранио је 24. 12. 2008. на истом факултету и стекао звање магистра техничких наука.

Од 01. 04. 2002. године запослен је на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, на одсеку Машинства, катедра за Производно машинство, као асистент-приправник, за предмете: Машински материјали, Производни системи и Организација производње. На истој катедри изабран је 25. 11. 2009. године у звање асистента за ужу научну област Материјали у машинству, за предмете: Машински материјали, Погонски материјали и Нови материјали.

Аутор је и коаутор у више радова презентираних у часописима и на научним скуповима, у земљи и иностранству. Био је сарадник на више пројеката које је финансирао Министарство за науку и технолошки развој Владе Републике Србије.

Предмет и оквир истраживања

Проблем хабања је присутан у техници од најстаријих времена, а технологије добијања квалитетних материјала отпорних на хабање имају дугу историју и везане су за сам почетак примене легура гвожђа. Нагли развој нових материјала отпорних на хабање започео је крајем шездесетих и почетком седамдесетих година прошлог века, као резултат упознавања процеса трења и хабања, механизма деструкције метала и уопште развојем физике чврстог стања и инжењерства материјала.

Тада су у техничку праксу уведени нови квалитети мартензитних алатних челика, високолегираних хромом и молибденом, као и високолегирана хром-молибденска бела ливена гвожђа. Ове легуре су, у одређеним експлоатационим условима, показале неколико пута већу отпорност на хабање и знатно већу сигурност рада различитих уређаја од до тада коришћених легура: *Hadfield*-ових челика, нисколегираних Cr-Ni (*Ni-hard*) ливених гвожђа и кованих, нисколегираних, манганских или Cr-Ni челика.

Делови и склопови, израђени од високолегираних хром-молибденских челика, имају изузетно добра експлоатациона, односно технолошка својства када су изложени абразионом, корозионо-абразивно, сувом адхезионом или комбинованом хабању. Међутим, у условима ударно-заморног хабања, због недовољне жилавости ових легура, постоји опасност од замора материјала и кртог лома делова. У том смислу, да би се проширио домен њихове примене, стално се ради на побољшању жилавости, како ударне жилавости тако и жилавости лома.

У овом раду испитан је утицај ванадијума на механичка својства и структуру високолегираних хром-молибденских челика, са идејом да се оптимизацијом хемијског састава и режима термичке обраде одливака оствари висока жилавост у односу на до сада коришћене високолегиране Cr-Mo челике и коресподентна ливена гвожђа. Показало се да присуство ванадијума, већ при малим садржајима има позитивно дејство на високолегиране Cr-Mo челике. Он утиче на ток очвршћавања ових легура тако што сужава температурни интервал кристализације. Осим тога, у току издавајања примарног аустенита из растопа формирају се карбиди ванадијума који блокирају даљи раст аустенитних дендрита и на тај начин помажу добијање ситнозрне структуре. Као што је познато ситнозрна структура је услов да се жилавост челика повећа.

Пракса је показала да најбоље особине, као антифрикциони, хабајући материјали генерално показују високолегирани Cr-Mo челици. Њихова слаба страна је релативно ниска жилавост па је у овом раду детаљно истражен утицај ванадијума на структуру, а самим тим и на механичка својства ове групе легура. У том смислу посебна пажња је била посвећена на тврдоћу и жилавост, односно на добијање оптималног односа ових својстава у челику. Добра жилавост уз релативно високу тврдоћу (55-62 HRC) обезбедила је значајно побољшање отпорности на хабање. У раду је испитан утицај додатка ванадијума челицима који су садржали од 1,6 до 2,0% угљеника, при чему је садржај ванадијума варирао од нуле до 3,0%.

Разјашњење феномена отпорности на хабање у великој мери је везано за познавање микроструктуре челика, односно зависности брзине хабања од врсте, величине и распореда микроконституената. Хемијски састав и микроструктура челика одређује две најважније особине материјала, када је у питању хабање: тврдоћу и жилавост. Истраживања изведена у овом раду показала су да се регулисањем садржаја и распореда присутних фаза и микроконституената у структури челика, могу добити максималне вредности тврдоће и, за ову групу челика, веома високе вредности

жилавости, односно оптимална комбинација ових особина. При разјашњењу утицаја ванадијума на микроструктуру челика, у раду су детаљно размотрени сви основни конституенти: карбиди, односно бејнитна и мартензитна метална основа.

За израду пробних узорака примењен је поступк ливења у пешчане калупе, који представља уобичајену технологију када су у питању високолегирани хром-молибденски челици. Неки технолошки поступци као што је ливење у водом хлађене кокиле омогућавају да се мартензитна структура основе добије већ у току хлађења одливака у калупу, односно без термичке обраде каљењем. Будући да се ради о легурама са веома малом критичном брзином хлађења, а да се у кокилама одливак брзо хлади, трансформација аустенита одвија се углавном у мартензитној области. Тако би се могло закључити да је кокилна технологија оптимални поступак израде одливака од високолегираних Cr-Mo челика. Процес је брз, прилагођен високосеријској производњи, јефтинији од ливења у песку и не захтева накнадну термичку обраду. Када је у питању квалитет, а посебно отпорност на хабање, ствари стоје другачије. Груба дендритна структура која се формира при очвршћавању одливака имаће малу чврстоћу и жиравост, у мартензиту металне основе појавиће се доста заосталог аустенита, а одливак ће бити нехомоген и са израженом дендритном сегрегацијом. Самим тим и отпорност на хабање биће и до 50% нижа. Штавише, челични одливци ливени у песку се често подвргавају нормализацији пре термичке обраде побољшањем, што има за циљ да се структура хомогенизује у погледу сегрегације, уклоне дендрити и добије најповољнија метална основа за каљење. Стога сматрамо да је изабрани технолошки поступак ливења пробних узорака био одговарајући и да је омогућио добијање оптималних резултата.

Да би се добили висока тврдоћа и жиравост, пробни узорци су били подвргнути термичкој обради побољшањем. Поступак се састојао у загревању одливака до температуре аустенизације, прогревању до потпуне аустенитизације металне основе, каљењу на ваздуху, а потом отпуштању на 250° и 400°C. Циљ термичке обраде је оптимизација структуре, односно добијање металне основе која се састоји од кубног мартензита или бејнита са малом количиним заосталог аустенита и одговарајућим садржајем и распоредом карбида. Метална основа мора да буде у чврстој вези са карбидном фазом како би се спречило да се зрна тврдих абразива одвоје и одстрани карбиде са контактне површине. Потврђено је да је метална основа била отврднута дисперговањем секундарних карбида. На тај начин је постигнуто да бејнит или кубни мартензит чине чврсту и круту потпору карбидне фазе, и допринесу побољшању ударне жиравости челика.

Циљ, значај и допринос докторске дисертације

Циљ ове докторске дисертације био је истраживање утицаја ванадијума на механичка својства и структуру високолегираних хром-молибденских челика. При томе разматран је првенствено утицај различитих садржаја ванадијума, али и утицај других технолошких параметара, садржаја угљеника и режима термичке обраде.

Истраживање утицаја ванадијума требало је да покаже да ли је, и под којим условима, могуће добити истовремено веома тврду и довољно жираву структуру челика која може да обезбеди добра механичка својства и високу отпорност на хабање.

Као што је већ напоменуто, истраживања су показала да ванадијум утиче на процес очвршћавања ових легура тако што сужава температурни интервал кристализације, а насатили ванадијум-карбиди блокирају раст аустенитних дендрита и на тај начин доприносе добијању ситнозрне структуре. Оваква структура омогућује боља својства материјала па и већу ударну жиравост.

Други постављени циљ овог рада био је остваривање веће ударне жилавости повећањем садржаја ванадијума у легури и одговарајућом термичком обрадом, већ чему се тврдоћа не би значајно променила.

Испитивање микроструктуре такође је дало веома корисне резултате. При оптималном режиму термичке обраде и садржају ванадијума од 2%, микроструктура металне основе састоји се од бејнита са врло мало заосталог аустенита и нетрансформисаног мартензита. Еутектички карбиди чине мрежу око зрна металне основе, а мали део карбидних фаза излучен је у облику фино диспергованих појединачних зрна унутар бејнитне фазе. Присуство ванадијума утиче на финоћу карбида, а такође, утиче на повећавање количине карбида који су фино дисперговани у бејниту. Повећањем садржаја ванадијума на 3%, структура металне основе је бејнитна са израженом карбидном мрежом која окружује бејнитна зрна. Еутектички карбиди који чине мрежу око зрна, су веома ситни, што је последица повећаног садржаја ванадијума.

Истраживања су показала да је утицај ванадијума веома значајан и да се оптимизацијом садржаја ванадијума и одговарајуће термичке обраде могу добити челици са високом тврдоћом и добром ударном жилавошћу. Комбинација високе тврдоће и добре жилавости омогућава да челик има високу отпорност на хабање, односно резултати ове дисертације ће омогућити да се у техничку праксу уведу нови квалитети челика, са својствима која су оптимална у свим условима корозионо-абразионог и ударно-заморног хабања. У том смислу, ова докторска дисертација представља нови научни допринос и стручну основу за даљу практичну реализацију ових идеја, односно дефинише пут за освајање нових материјала намењених изради хабајућих делова.

Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата мр. Александра Тодића, дип. маш. инг. представља научни допринос у области науке о материјалима, односно инжењерства материјала и чини оригинални прилог у домену нових високолегираних Cr-Ni челика отпорних на хабање. О томе сведоче његови радови објављени у водећим домаћим и међународним часописима и радови саопштени на међународним конференцијама. Резултати досадашњег научноистраживачког рада кандидата јасно показују да кандидат поседује све услове за даљи самосталан научноистраживачки рад.

Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација написана је на 147 страница, а подељена је у 6 поглавља која представљају заокружене целине. У оквиру ових поглавља текстуални део је допуњен и илустрован са 114 слика и 25 табела. Урађена докторска дисертација по обиму и квалитету испуњава постављене захтеве у односу на предложену тему.

При оцени научне заснованости пријављене теме докторске дисертације постављени су следећи основни захтеви:

- Да се детаљно истражи утицај ванадијума на механичка својства и структуру високолегираних хром-молибденских челика, са идејом да се оптимизацијом хемијског састава и поступака термичке обраде одливака остваре висока тврдоћа и висока жилавост добијених узорака. У циљу утврђивања утицаја ванадијума било је предвиђено је да се изврши низ пробних ливења при чему је деловање ванадијума требало испитивати на високолегираним хром-молибденским челицима, са садржајем од 1,6 – 2,2% угљеника. Испитивање

утицаја ванадијума подразумевало је варирање садржаја овог легирајућег елемента у интервалу од 0 до закључно 3,0%.

- Да се на основу резултата истраживања дефинише технолошки параметри, хемијски састав, а посебно оптималан садржај ванадијума, затим начин ливења и поступак термичке обраде, тако да се добију висока својства одливака у погледу структуре, механичких својстава и отпорности на хабање. Ово са циљем да се створи солидна основа за освајање нових квалитета челика отпорних на хабање, који ће имати боље технолошке, антифрикционе особине, од до сада коришћених материјала.

Наведени циљеви реализовани су кроз израду докторске дисертације. Поред тога, микроструктурном анализом испитиваних легура, прецизно је дефинисано понашање ванадијума који, једним делом гради карбиде, другим делом се распоређује између присутних фаза у структури челика. Такође, је утврђено да се са повећањем садржаја ванадијума повећава удео трансформисаног аустенита, услед повећања количине излучених карбида.

Основни проблем при изради и примени високолегираних Cr-Mo челика је како, поред високе тврдоће својствене овим легурама, обезбедити истовремено и високу жилавост. Дуго година је решење тражено у постизању жељене структуре металне основе. Сматрало се да основа мора бити потпуно мартензитна, што се код ових легура постиже високотемпературном термичком обрадом. Међутим, изузетно ниска жилавост мартензитне структуре усмерила је истраживања у другом правцу и данас су најактуелнија истраживањима која се односе на могући утицај ванадијума и неких других елемената на стереолошке карактеристике присутних фаза у структури, првенствено карбида. Морфологија и величина карбида имају значајан утицај на особине ових челика, а првенствено на жилавост. Због тога су последњих година истраживања кренула у правцу изучавања могућности промене стереолошких параметара карбида легирањем са изразито карбидотворним елементима као што су ванадијум, волфрам, ниобијум и титан. У том смислу овај рад представља допринос науци, како на примењеном тако и на фундаменталном нивоу јер анализира утицај ванадијума и на структуру металне основе и на стереолошке карактеристике образованих карбида. У докторској дисертацији су посебно обрађене врсте и механизми промена које у структури Cr-Mo челика настају легирањем са ванадијумом и успостављене корелације између садржаја ванадијума и особина челика.

Промене у микроструктури проузроковане присуством ванадијума допринеле су побољшању особина испитиваних челика. Резултати истраживања су омогућили пројектовање нових челика задатих особина на основу успостављања корелације између садржаја ванадијума и особина Cr-Mo челика са једне стране и структурних карактеристика условљених технологијом израде и термичке обраде челика са друге стране.

У току извођења експеримената, при изради докторске дисертације и реализацији постављених захтева, примењене су савремене методе израде пробних узорака, као и испитивања механичких својстава и микроструктуре.

Допринос и применљивост резултата рада у теорији и пракси

Докторска дисертација представља допринос у области инжењерства материјала како у научној теорији тако у погледу могућности да се добијени резултати примене за развој нових типова легура из фамилије високолегираних Cr-Mo челика. Главни теоријски допринос представљају разјашњења неких феномена везаних за деловање ванадијума као легирајућег елемента у овој групи челика. При томе треба нагласити да су разматрани они феномени који могу да се прате светлосном микроскопијом, СЕМ

електронском микрографијом и испитивањем механичких особина челика. Није се улазило у домен физике чврстог стања, јер то није ни био задатак, али су, са друге стране, изведени закључци омогућили да се у даљем раду приступи пројектовању нових легура из групе високоугљеничних и високолегираних Cr-Mo челика.

Истраживања су неспорно показала да ванадијум утиче на ток кристализације ових челика. Са повећањем садржаја ванадијума састав легуре се приближава еутектичком саставу у четворокомпонентном Fe-Cr-C-V систему, што утиче на смањење температурног интервала очвршћавања, а тиме и на промену састава фаза које се образују, њиховог запреминског удела, величине, морфологије и расподеле.

Уколико је температурни интервал кристализације ужи, у преосталом. растопу око примарних кристала аустенита, лакше ће се створити температурни и концентрацијски услови за образовање нуклеуса еутектичких колонија и њиховог раста, чиме ће даљи раст аустенита бити заустављен. Осим тога, формирање карбида ванадијума у току кристализације примарних дендрита аустенита спречава и блокира њихов даљи раст. То доказује да присуство ванадијума доводи до смањења величине кристала аустенита и уситњавања структуре. Ефекат се појачава са порастом запреминског удела и величине образованих кристала карбида ванадијума. Природно је да се брзина нуклеације и раста еутектичких колонија повећава са сужењем температурног интервала очвршћавања, што мења стереологију карбида, односно утиче на формирање финих $(Fe,Cr)_7C_3$ карбида. Сви ови ефекти доприносе повећању жилавости ових легура, а самим тим шире подручје њихове примене.

Допринос теорији представља и анализа промена у морфологији присутних фаза у структури високолегираних Cr-Mo челика у функцији садржаја ванадијума. Еутектичка фаза у испитиваним легурама састоји се од снопа већег броја ламела и лоптица $(Fe,Cr)_7C_3$ карбида, између којих се налази еутектичка γ -фаза (аустенит).

Међутим, један део карбидних фаза излучен је у облику фино диспергованих појединачних лоптастих зрна унутар металне основе. Различита морфологија карбида указује на појаву сегрегације легирајућих елемената у легури. Присуство сегрегација потврђено је СЕМ/ЕДС анализом микроструктуре, односно микроанализом хемијског састава карбида.

Од посебног значаја је и допринос који ова дисертација има за технолошку праксу. Наиме, високо легирани Cr-Mo челици представљају групу легура гвожђа које се уобичајено користе за израду делова изложених абразивном и корозионо-абразивном хабању. Због мале жилавости не примењују се у условима ударно-заморног хабања, што ограничава њихову употребу, па се они не користе за израду делова чељусних дробилица, ротационих млинова, млинова чекићара, зуба за багере и рото-багере, итд. Резултати ове дисертације су показали да се ударна жилавост, код Cr-Mo челика који садржи 3,0% ванадијума повећава неколико пута у односу на одговарајући челик који не садржи ванадијум или га садржи до 0,5%. Максимална добијена вредност ударне жилавости износи $9,05 \text{ J/cm}^2$, и то за серију узорака са 3,0% ванадијума и 1,6% угљеника, која је термички обрађена отпуштањем на 400°C . То значи да је ударна жилавост око 4,5 пута већа од вредности ударне жилавости за одговарајући Cr-Mo челик, са идентичном термичком обрадом, али без легирања ванадијумом. С тога треба очекивати да се истраживања наставе у правцу формирања нових челика који ће моћи да се користе и у условима када су изложени ударним оптерећењима.

Међутим, треба напоменути да је укупна оцена отпорности на хабање веома сложен проблем, док су тврдоћа и жилавост лако мерљиве карактеристике. Отпорност према

хабању веома зависи од система хабања, карактеристика абразивног средства и других услова, тако да је лабораторијским испитивањем могуће добити само прогнозу издржљивости хабајућих делова у експлоатацији. Испитивање хабања није био предмет овог рада, али оно свакако мора бити укључено у у сва даља истраживања и практичну примену добијених резултата.

Објављени и саопштени научни радови

Изради дисертације предходили су научни и стручни радови из области високолегираних челика и композита на бази челика, које је кандидат објавио у часописима или саопштио на конференцијама у земљи и иностранству. Укупно је презентовао пет радова и то:

1. **A. Todic**, D. Cikara, T. Todic, D. Minic, D. Cikara-Anic: *Influence of Chemical Composition on the Structure, Hardness and Toughness of high alloyed Cr-Mo-V steel* Materials and Manufacturing Processes, (M23)
2. **A. Todić**, D. Čikara, T. Todić, I. Čamagić: *Influence of Vanadium on Mechanical Characteristics of Air-Hardening Steels*, FME TRANSACTIONS, Vol. 39 No 2, 2011. (M51)
3. **A. Todić**, D. Čikara, T. Todić, B. Pejović, I. Čamagić: *Research of Effect of vanadium on the Structure and Tensile Strength of the Air-Hardening Steel*, 2nd International congress, Faculty of Technology, Zvormik, 2011. (M33)
4. D. Čikara, M. Rakin, **A. Todić**: *Cast Steel-SiC Composites as Wear Resistant Materials* FME Transactions, Volume 37, No 3, 2009, pp.151-155. (M51)
5. **A. Todić**, D. Čikara, T. Todić, B. Pejović, B. Ćirković, I. Čamagić, *The effect of Vanadium content on the Mechanical Properties and Structure of Self-tempered Steel X16CrMo12-1*, 34. International conference on production engineering, September, 28-30th, 2011. Niš, ISBN: 978-86-6055-019-6, University of Niš, Faculty of Mechanical Engineering, Serbia, pp. 99-102

Закључак и предлог

На основу детаљне анализе предметне дисертације, Комисија сматра да докторска дисертација кандидата Александра Тодића под насловом: *Прилог истраживању утицаја ванадијума на механичка својства и структуру високолегираних хром-молибденских челика* представља оригинални научни допринос у области науке о материјалима, односно инжењеринга материјала и чини оригинални прилог у домену нових високолегираних Cr-Ni челика. Рад представља допринос како у научној теорији тако у погледу могућности да се добијени резултати примене за развој нових типова легура из групе високолегираних Cr-Mo челика.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да урађену и достављену дисертацију мр Александра Тодића под наведеним насловом прихвати и одобри њену усмену јавну одбрану.

У Косовској Митровици 17. октобра 2011.

Чланови комисије:

1. др Душко Минић, ван. професор, ФТН у Косовској Митровици – председник

2. др Дејан Чикара, доцент, ФТН у Косовској Митровици – ментор

3. др Вукић Лазих, ред. професор, Машински факултет у Крагујевцу – члан