

ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена

(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изоставити)

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовао комисију Комисија је именована 28.05.2015. године решењем Декана Факултета техничких наука број 012-199/2-2013 донетим на основу претходних одлука Наставно-научног већа Факултета техничких наука, Наставно-научног већа Департмана за производно машинство и Катедре за технологије обликовањем и инжењерство површина.</p> <p>2. Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Др Бранко Шкорић, редовни професор, Технологија ливења и термичке обраде, инжењерство површина и нано технологије, 13.06.2011., Факултет техничких наука, Нови Сад, председник; 2. Др Зоран Јањушевић, научни саветник, Металургија, 17.02.2014., Институт за технологију нуклеарних и других минералних сировина, Београд, члан; 3. Др Лепосава Шиђанин, професор емеритус, Наука о материјалима и инжењерски материјали, 24.01.2008., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан; 4. Др Драгиша Вилотић, редовни професор, Технологија пластичног деформисања, брза израда прототипова и модела, виртуална производња, 21.05.1998., Факултет техничких наука, Нови Сад, члан; 5. Др Дамир Какаш, редовни професор, Технологија ливења и термичке обраде, инжењерство површина и нано технологије, 14.03.1994., Факултет техничких наука, Нови Сад, ментор;
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<ol style="list-style-type: none"> 1. Име, име једног родитеља, презиме: Лазар Бранко Ковачевић 2. Датум рођења, општина, држава: 13.12.1981. године, Београд - Савски Венац, Р. Србија 3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Нови Сад, Производно машинство, дипломирани инжењер машинства – мастер. 4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2006/2007, Машинство 5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -
<ol style="list-style-type: none"> 6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Примена метода инверзног инжењерства у циљу проналажења граничних услова при ливењу у пешчаним калупима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација кандидата је написана на српском језику латиничним писмом. Основни текст дисертације садржи 10 поглавља на 214 страна, и то:

1. Увод (1. страна)
2. Теоријске основе и преглед досадашњих истраживања (3. страна)
3. Критички осврт на досадашња истраживања и дефинисање циља рада (53. страна)
4. План и опис експеримента (57. страна)
5. Резултати (84. страна)
6. Дискусија (96. страна)
7. Закључна разматрања и правци будућих истраживања (129. страна)
8. Коришћени симболи и скраћенице (132. страна)
9. Литература (136. страна)
10. Прилози (151. страна)

Испред основног текста налазе се још наслов рада, кључна документацијска информација, захвалност, посвета и садржај који су посебно нумерисани. Текст дисертације садржи 149 слика (овим бројем су обухваћени и дијаграми и шеме), 16 табела и 177 литературних референци.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Увод

У овом поглављу је дат кратак приказ области и указано на значај предмета истраживања. Комисија сматра да је уводом кандидат јасно упознао читаоца са проблематиком истраживања и његовим значајем како са научног, тако и са практичног становишта.

Теоријске основе и преглед досадашњих истраживања

Теоретски део дисертације је организован у три целине. У првој целини описани су инверзни проблеми провођења топлоте. Истакнуте су потешкоће њиховог решавања с обзиром на чињеницу да су ови проблеми по правилу лоше постављени. Затим су наведене нумеричке технике које се данас користе и које омогућавају превазилажење наведених потешкоћа. У кратким цртама описани су основни математички алгоритми који се користе у ову сврху и дат приказ основних параметара који утичу на стабилност добијеног решења. У другој целини су у веома кратким цртама приказане главне технике које се користе за дискретизацију простора и једначина. У трећој целини кандидат је дао обиман преглед актуелног стања области одређивања и дефинисања коефицијента преноса топлоте у систему одливак – калуп. Детаљно су наведени сви до данас дефинисани утицајни параметри и указано на поједина неслагања у литературним изворима.

Анализа поглавља показује да је кандидат подробно изучио и обрадио савремене литературне изворе из области која је предмет ове дисертације. Поглавље је написано веома систематично, јасно и са великим бројем информација које обухватају све неопходне аспекте за истраживања спроведена у дисертацији. Посебно треба истаћи и табеларну систематизацију свих литературних извора везаних за одређивање коефицијента преноса топлоте у систему одливак – калуп која ће значајно помоћи и стручњацима у области за лакше задавање граничних услова при извођењу симулација ливења.

Критички осврт на досадашња истраживања и дефинисање циља рада

У оквиру овог поглавља сумирана су досадашња истраживања изнета у претходном поглављу. Извршена је критика актуелног стања у области и уочене потребе за даљим истраживањима која ће расветлити тренутне нејасноће. Кандидат претпоставља да је значајан број истраживања које приказују супротне резултате последица неадекватности експерименталне поставке те као основни циљ рада поставља развој нове експерименталне поставке повећане тачности. Као секундарни циљ представљен је развој емпиријске корелационе функције која ће омогућити универзалност примене експерименталних података у рачунарским симулацијама процеса ливења. На крају поглавља је изнета основна хипотеза истраживања.

Комисија сматра да је у овом поглављу направљена адекватна анализа изложене литературе и јасно образложена потреба за даљим истраживањима. Циљеви рада су јасно формулисани, оствариви и омогућују успешну реализацију дисертације. На основу дефинисаних циљева изнета је јасно и концизно формулисана хипотеза истраживања.

План и опис експеримента

Поглавље које описује начин извођења експеримента је подељено у пет целина. Прва целина детаљно описује развијени математички модел на основу којег је направљен рачунарски програм за процену нестационарног коефицијента преноса топлоте за једнодимензионалан односно квази-једнодимензионалан случај провођења топлоте. Прецизно је изнет начин дискретизације просторног домена модела, а затим је применом методе коначних запремина изведен систем једначина чијим се решавањем може израчунати нестационарно температурно поље калуца. На крају је приказан развијени итеративни алгоритам који омогућава добијање временског вектора коефицијената преноса топлоте. У другој целини је описан ливачки експеримент. Дефинисани су начин мерења температурног поља калуца, материјал одливка, процедуре топљења и уливања, материјал калуца и начин калуцовања. Посебна пажња је посвећена развоју геометрије одливка која може да обезбеди једнодимензионалност провођења топлоте у зони мерења. Трећа целина описује начин провере тачности и прецизности развијеног нумеричког алгоритма односно рачунарског програма. Ово је постигнуто поређењем излазних резултата програма са аналитичким решењем развијеним за познати случај полу-бесконачног тела константне температуре које је нагло изложено константном топлотном флукусу. Спроведена је студија осетљивости којом је откривен утицај временске и просторне дискретизације на величину грешке модела. Стабилност решења је проверена намерним додавањем белог шума различитог нивоа. У четвртој целини је у кратким цртама приказана техничка анализе криви хлађења одливка и разлози њене употребе у дисертацији. У петој целини је изложена процена грешке мерења за изложену експерименталну поставку.

Комисија сматра да су развијена експериментална поставка и инверзни алгоритам у складу са постављеним циљевима истраживања. Обе ставке су детаљно теоријски разрађене и извршена је провера њихове тачности и прецизности. Јасан и детаљан опис свих експерименталних процедура омогућава добијање поновљивости резултата мерења на задовољавајућем нивоу.

Резултати

Резултати су изложени у оквиру три потпоглавља. У првом су приказане и анализирани добијене температурне криве које су једини директан производ извршених мерења. У другом потпоглављу приказани су резултати термичке анализе криви хлађења одливка. На сваком дијаграму су дефинисане критичне тачке које су касније збирно табеларно приказане. У трећем потпоглављу су изложени дијаграми временске зависности процењених коефицијената преноса топлоте за сваку групу мерења и сваку варијацију коришћених вредности топлотне дифузивности материјала калуца.

Резултати су представљени у виду дијаграма и табела. Представљање је изведено на модеран начин са високим степеном техничког квалитета. Поглавље је организовано веома систематично уз труд да се велика количина података прикаже на што концизнији начин који омогућава лакшу анализу. Комисија сматра да су степен организације, квалитет приказа и описа резултата на високом нивоу и да начин излагања резултата представља добру основу за квалитетну дискусију.

Дискусија

Дискусија резултата је подељена у четири целине. У првој је извршено поређење различитих варијација развијене експерименталне поставке. Испитан је утицај геометрије одливка, коришћених вредности топлотне дифузивности материјала калуца и геометрије врха термопарова. У другој целини је анализиран утицај хемијског састава легуре на вредности коефицијента преноса топлоте, док је у трећој анализирана зависност коефицијента преноса топлоте у зависности од температуре површине калуца. На крају поглавља приказан је развој емпиријске корелационе функције чија је применљивост додатно проверена над резултатима истраживања других аутора. Кандидат је добијене резултате упоредио са резултатима других истраживања која се баве истом или сличном проблематиком. Од посебног је значаја критички осврт на своје и резултате других истраживања. Сва представљена образложења су у складу са савременим научним сазнањима. Комисија сматра да је дискусија написана у складу са постављеним циљевима истраживања, да је јасна, свеобухватна, систематична, аргументована и на високом научном нивоу.

Закључна разматрања и правци будућих истраживања

У оквиру овог поглавља јасно су приказани главни закључци изведени на основу резултата истраживања и њихове дискусије. На основу наведених закључака комисија сматра да су остварени циљеви докторске дисертације. На крају поглавља дати су предлози за будућа истраживања у посматраној научној области који могу да представљају добру основу за дефинисање тема за неколико нових докторских дисертација.

Литература

У овом поглављу је дат списак цитиране литературе који садржи 177 литературних навода. Литература је цитирана на одговарајући начин, а избор референци је примерен проучаваној проблематици. Референце су актуелне и око 50% референци објављено је у последњих 10 година. Висок проценат приказаних и коришћених најновијих литературних навода потврђује да је тема дисертације научно актуелна.

Прилози

Докторска дисертација обилује прилозима који су дати на преко 60 страна. На почетку је сликовито описан процес калуповања одливака и дата је табела са измереним удаљеностима термопарова постављених у калупу од површине одливка. Након тога су дати дијаграми спроведених анализа криви хлађења одливка и процењених коефицијената преноса топлоте за сваку коришћену варијацију топлотне дифузивности. При томе је уз сваки дијаграм зависности коефицијента преноса топлоте од времена приказан и дијаграм резидуала чиме се стиче увид у тачност постигнуте процене. На крају поглавља дати су комплетни изворни кодови свих рачунарских програма написаних у програмском језику *GNU Octave* (са 100% компатибилношћу са *Matlab* програмским језиком). Комисија сматра да је захваљујући оваквој структури обезбеђена поновљивост и провера резултата изложених у дисертацији без непотребног оптерећивања основних поглавља дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

1. **L. Kovačević**, P. Terek, D. Kakaš, A. Miletić, A correlation to describe interfacial heat transfer coefficient during solidification of Al–Si alloy casting, *Journal of Materials Processing Technology*, 2012, Vol. 212, No. 9, str. 1856- 1861. **M21**
2. **L. Kovačević**, P. Terek, A. Miletić, D. Kakaš, Dependence of interfacial heat transfer coefficient on casting surface temperature during solidification of Al–Si alloy castings cast in CO₂ sand mold, *Heat Mass Transfer*, 2014, Vol. 50, No. 8, str. 1115-1124. **M23**
3. **L. Kovačević**, P. Terek, D. Kakaš, A. Miletić, D. Kukuruzović, Determination of metal-mold heat transfer coefficient during CO₂ sand casting, *Proceedings of the 1st Metallurgical & Materials Engineering Congress of South-East Europe, Beograd 23-25 Maj, 2013*, str. 312-318. **M33**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

На основу спроведених експеримената и добијених резултата изведени су следећи закључци:

- Развијена је нова експериментална поставка за мерење граничних услова при ливењу у пешчаним калупима. Геометрија одливка са задебљањима повећава једнодимензионалност система чиме се постижу тачнији резултати процене коефицијента преноса топлоте. Такође, извршено је унапређење Бековог метода секвенцијалне спецификације функције уз употребу будућих времена за њену процену. Тачније, развијена је нова функција циља која уместо само једног, приликом оптимизације решења у обзир узима два термопара у калупу. На овај начин је постигнута додатна стабилизација алгорита и повећавање тачности процењеног решења. Међутим, још већа предност унапређеног алгорита јесте искористивост резидуала за итеративно повећавање тачности процене кроз оптимизацију привидне дифузивности материјала калупа. О квалитету развијене експерименталне поставке говори чињеница да су добијене разлике између измерених и симулираних температура на местима термопарова за ред величина мањи од оних који се могу наћи у до сада објављеној литератури.
- Истраживањима је закључено да постоји потреба да се уведе појам привидне дифузивности материјала калупа. Њеном применом је при процени могуће узети у обзир грешку позиционирања термопарова у калупу која може настати због грешке иницијалне монтаже термопарова у калуп или услед релативног померања термопарова изазваног термичким ширењем калупа и одливка током процеса очвршћавања одливка.
- Демонстриран је начин на који се анализом резидуала итеративним путем може оптимизовати вредност привидне дифузивности и тиме повећати тачност процене коефицијента преноса топлоте.
- Дефинисана је нова геометрија врха термопарова за одређивање температурног поља код пешчаних калупа која смањује грешку насталу услед провођења топлоте кроз термопар. Показано је да коришћење класичне геометрије врха термопара доводи до значајног потцењивања вредности коефицијента преноса топлоте. За посматране експерименталне услове пад процењених вредности је износио између 24 % и 70 %.
- Предложени су параметри који могу послужити као функција циља при оптимизацији експерименталне поставке за процену вредности коефицијента преноса топлоте. То су: а) коефицијент варијације медијана процењених вредности коефицијента преноса топлоте, и б) медијана збира апсолутних вредности резидуала процене коефицијента преноса топлоте. Експериментална поставка која има минималне вредности ова два параметра би требала да резултује са тачнијим и прецизнијим проценама вредности коефицијента преноса топлоте.
- Показано је да вредности коефицијента преноса топлоте не зависе од ливкости, како се то до сада веровало, већ искључиво од квашљивости растопа у систему одливак – калуп. Ливкост је знатно комплекснија технолошка особина на коју утичу и други параметри који својим утицајем могу променити посматране зависности. При томе, услед реактивности алуминијума и силицијума чак ни вредности површинског напона алуминијума се не могу узети као репрезентативне.
- Показано је да процес издвајања интерметалних једињења може утицати на промену вредности коефицијента преноса топлоте. Претпоставља се да је ова појава повезана са растом притиска на међуповршини услед разлике у запреминама почетних и крајњих фаза.
- Мерења су показала да су вредности коефицијента преноса топлоте када је површина

<p>одливка у течном стању ниже у односу на вредности коефицијента преноса топлоте остварене на почетку еутектичке реакције. Претпоставља се да је ова појава повезана са процесом издвајања водоника услед његове смањене растворљивости у чврстом стању.</p> <ul style="list-style-type: none"> Развијена је емпиријска корелациона функција за одређивање коефицијента преноса топлоте у зависности од температуре површине одливка. Како би се провериле њене могућности упоређена је са претходно развијеним корелацијама. За поређење су коришћена мерења спроведена током израде дисертације, али и мерења из претходно објављених истраживања других истраживача. У сваком посматраном случају нова корелација се показала као боље решење које нуди боље праћење трендова експерименталних резултата.
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>На основу прегледа и анализе докторске дисертације Комисија сматра да је целокупан приказ дисертације добро и јасно структуриран, прегледан, систематичан и у складу са темом дисертације. Тумачење резултата је на високом научном нивоу, аргументовано, свеобухватно и у складу са савременим научним сазнањима. Резултати су упоређени са резултатима других истраживања који се баве истом или сличном тематиком. Добијени закључци произилазе из остварених резултата. У складу са наведеним, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ: Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>
<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме Да. Дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе Да. Дисертација садржи све битне елементе научног рада.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци Оригинални научни допринос дисертације је вишестран. Развијена је и дефинисана потпуно нова експериментална методологија одређивања граничних услова при ливењу у пешчаним калупима. При томе, откривено је да се увођењем појма привидне топлотне дифузивности материјала калупа може поништити грешка позиционирања термопарова и тиме смањити грешка процене граничних услова. Ова техника је и демонстрирана на резултатима мерења извршених у току израде дисертације. Додатно, испитивањима у оквиру дисертације је показано је да процес издвајања интерметалних једињења током очвршћавања калупа може утицати на вредности граничних услова. Развијена је и нова емпиријска корелациона функција којом се може описати промена вредности коефицијента преноса топлоте између калупа и одливка.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања Комисија није уочила недостатке који могу да утичу на резултате истраживања.</p>

X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- <u>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</u>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Др Бранко Шкорић, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад
Председник комисије

Др Зоран Јањушевић, научни саветник
Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина, Београд
Члан комисије

Др Лепосава Шиђанин, професор емеритус
Факултет техничких наука, Нови Сад
Члан комисије

Др Драгиша Вилотић, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад
Члан комисије

Др Дамир Какаш, редовни професор
Факултет техничких наука, Нови Сад
Ментор