

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
БРОЈ: 234/2
ДАТУМ: 10.02.2017.

На основу захтева проф. др Петра Петровића бр. 234/1 од 30.01.2017. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 09.02.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Да се за рецензенте Техничког решења под насловом „**Нова технологија ливења гусеничног чланка**“ чији су аутори: проф. др Петар Петровић, Радомир Радиша, Никола Лукић, дипл.инж.маш. и Иван Данилов, дипл.инж.маш. именују:

- проф. др Ацо Антић, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду
- др Срећко Манасијевић, Лола Институт Београд

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



Д Е К А Н
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Проф. др Радивоје Митровић

Odlukom Naučno-nastavnog veća Mašinskog fakulteta u Beogradu br. 234/2 od 10.02.2017. godine imenovani su Prof. dr Aco Antić, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu i Dr Srećko Manasijević, naučni saradnik, Lola Institut, Beograd, za recenzente tehničkog rešenja **Nova tehnologija livenja guseničnog članka**, autora: Prof. dr Petar B. Petrović, Radomir Radiša, dipl. inž., Potpukovnik Mr Veljko Petrović, dipl. inž., Nikola Lukić, dipl. inž. maš., i Ivan Danilov, dipl. inž. maš. Na osnovu uvida u opis tehničkog rešenja koji nam je dostavljen podnosimo sledeći:

IZVEŠTAJ

Tehničko rešenje: **Nova tehnologija livenja guseničnog članka**, koje su realizovali autori: Prof. dr Petar B. Petrović, Radomir Radiša, dipl. inž., Potpukovnik Mr Veljko Petrović, dipl. inž., Nikola Lukić, dipl. inž. maš., i Ivan Danilov, dipl. inž. maš., opisano je na 25 stranica A4 formata pisanih sa 12pt singl proreda i sadrži 20 slika. Sastavljeno je od šest poglavlja:

1. Oblast na koju se tehničko rešenje odnosi
2. Tehnički problem
3. Stanje tehnike
4. Koncept tehničkog rešenja
5. Detaljan opis tehničkog rešenja
6. Zaključak

Tehničko rešenje **Nova tehnologija livenja guseničnog članka**, realizovano je kroz višegodišnje razvojne aktivnosti sprovedene na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, u saradnji sa Vojnotehničkim institutom iz Žarkova, fabrikom Termovent SC, Livnica čelika a.d., Bačka Topola, a pod koordinacijom Uprave za odbrambene tehnologije, Sektora za materijalne resurse Ministarstva odbrane Vlade Republike Srbije, sa dvostrukim ciljem: a) Postavka generičke metodološke osnove za razvoj tehnologije proizvodnje široke klase odlivaka složene prostorne geometrije, velike metalurške kompleksnosti i visoke geometrijske tačnosti mera i oblika, za potrebe fabrika Odbrambene industrije Srbije i b) Verifikacija razvijenog metodološkog osnova, odnosno tehnologije livenja definisane pod (a) na tipičnom reprezentu guseničnog članka borbenog vozila Vojske Srbije.

U prvom poglavlju se navode osnovne informacije o oblasti tehnologije livenja metala u kalupima u pesku i sa tim u vezi angažovanje projektnog tima TR35007.

U drugom poglavlju definiše problem vezan za širi kontekst stanja tehnologije livenja metala u industriji Srbije. Poseban osvrt dat je na značaj primene novih tehnologija u ovoj oblasti sa ciljem rešavanja vrlo složenih tehničko/tehnoloških problema, koji su multidisciplinarnog karaktera.

U trećem poglavlju se navodi detaljan opis stanja tehnike kod nas i u svetu, uočava ogromna razlika i definišu osnovne oblasti u kojima su neophodna tehnološka istraživanja i njihova primena u praksi. Odnosno, predlaže se izgradnja jedne nove metodologije projektovanja tehnologije livenja za navedenu klasu proizvoda.

U četvrtom poglavlju se detaljno obrazlaže razvijena metoda koja je bazirana na kombinovanom pristupu: a) reverznog inženjerstva; i b) novih razvojnih aktivnosti kroz primenu novih tehnologija (identifikacija prostorne geometrije primenom beskontaktnih metoda laserske triangulacije i strukturirane svetlosti primenom ekstenzivne softverske podrške za obradu oblaka tačaka. Konverzija oblaka tačaka u prostorni model primenom tehnologije više osne CNC obrade za izradu alata za kalupovanje) i inženjerskih alata za projektovanje proizvoda i procesa. (CAD alati za prostorno modeliranje i vizuelizaciju senzorskih podataka skeniranih površina, CAE alati za simulaciju procesa livenja).

Uz prethodno, navode se i detaljno obrazlažu i ilustruju dobijeni eksperimentalni rezultati praktično primenjene tehnologije u projektovanju i izradi alata za kalupovanje izabranog reprezentata. Posebno

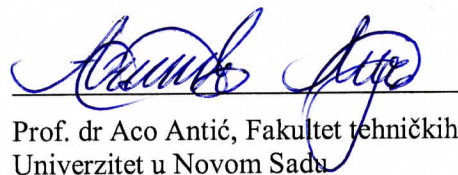
se navode informacije o praktičnoj primeni razvijene metodologije u fabrici Termovent SC, Livnica čelika a.d., Bačka Topola (fabrika iz grupacije Odbrambene industrije Srbije). Navodi se da će daljim razvojnim aktivnostima ova tehnologija biti uvedena u redovnu proizvodnju, čime će Vojska Srbije dugoročno rešiti problem snabdevanja guseničnim člancima za sopstvene potrebe (gusenični članak je potrošni deo!). Takodje, kroz aktivnosti na međunarodnom tržištu potencijalno stvoriti prostor za izvozne aktivnosti za konkretan proizvod. Šire posmatrano, kroz primenu ovog tehničkog rešenja na druge proizvode moguće je očekivati pozitivne uticaje na osvajanje novih proizvoda i povećanje obima proizvodnje fabrika iz grupacija Odbrambene industrije Srbije. Ostvariće se povećanje konkurentnosti proizvoda na međunarodnom tržištu, smanjivanje uvozne zavisnosti. Stvaraju se uslovi za rast izvoza, posebno visoko tehnoloških proizvoda sa velikim stepenom ugrađenog znanja.

U zaključku se sumiraju činjenice navedene u poglavlju 5 i naglašava praktična primenljivost razvijene tehnologije za rešavanje zadatka industrijske proizvodnje izabranog reprezentanta kao i dalje diseminacije ovog metodološkog okvira u fabrike Odbrambene industrije Srbije.

MIŠLJENJE

Autori tehničkog rešenja **Nova tehnologija livenja guseničnog članka**, koje je razvijeno u okviru projekta TR 35007, precizno i kompletno su prikazali kompletnu strukturu, sadržaj i upotrebnu vrednost tehničkog rešenja. Praktične mogućnosti i upotrebna vrednost razvijene tehnologije livenja prikazana su kroz dva aspekta: a) Postavka generičke metodološke osnove za razvoj tehnologije proizvodnje široke klase odlivaka složene prostorne geometrije. Delovi velike metalurške kompleksnosti i visoke geometrijske tačnosti mera i oblika, za potrebe fabrika Odbrambene industrije Srbije i b) Verifikacija razvijenog metodološkog osnova, odnosno tehnologije livenja definisane pod (a) na tipičnom reprezentu guseničnog članka borbenog vozila Vojske Srbije.

Sa zadovoljstvom predlažemo Naučno-nastavnom veću Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu da tehničko rešenje: **Nova tehnologija livenja guseničnog članka**, koje su realizovali autori: Prof. dr Petar B. Petrović, Radomir Radiša, dipl. inž., Potpukovnik Mr Veljko Petrović, dipl. inž., Nikola Lukić, dipl. inž. maš., i Ivan Danilov, dipl. inž. maš., prihvati kao novo tehničko rešenje, relevantno za skup tehnoloških znanja, industrijske prakse Srbije i novih proizvodnih tehnologija.



Prof. dr Aco Antić, Fakultet tehničkih nauka,
Univerzitet u Novom Sadu

Датум: 13.02.2017.

Предмет: Мишљење о испуњености критеријума за признавање техничког решења

На основу достављеног материјала, у складу са одредбама Правилника о поступку и начину вредновања и квантитативном исказивању научноистраживачких резултата истраживача, на основу члана 70. ст. 7. и 8. и члана 86. став 2. Закона о научноистраживачкој делатности („Службени гласник РС”, бр. 110/05, 50/06-исправка, 18/10 и 112/15), рецезент др Срећко Манасијевић оценио је да су испуњени услови за признање својства техничког решења следећем резултату научноистраживачког рада:

Назив техничког решења: **Нова технологија ливења гусеничног чланка**

Аутори: **Проф. др Петар Б. Петровић, Радомир Радиша, дипл. маш. инж., Потпуковник Мр Вељко Петровић, Никола Лукић, дипл. маш. инж., Иван Данилов, дипл. маш. инж.**

Врста техничког решења: **Ново техничко решење примењено на националном нивоу (M82)**

Образложење

Предложено решење урађено је за:

Техничко решење је развијено у оквиру пројекта TP35007, *Интелигентни роботски системи за екстремно диверзификовану производњу* као резултат развојних активности које се спроводе у оквиру Лабораторије за кибернетику и мехатронске системе—*Cyber Manufacturing Systems Laboratory (CMSysLab)*, Катедре за производно машинство Машинског факултета Универзитета у Београду, под координацијом Управе за одбрамбене технологије, Сектора за материјалне ресурсе Министарства одбране Владе Републике Србије.

Субјекат који користи техничко решење:

Војнотехнички институт (ВТИ), Жарково, Београд.

Предложено техничко решење је урађено:

2016.

Примена предложеног решења:

Термовент СЦ, Ливница челика а.д., Бачка Топола

Проблем којим се техничким решењем решава:

Проблем који се решава овим техничким решењем јесте ревитализација технологије ливења метала у песку, која је транзиционим процесима који су захватили индустрију Србије нестала из технолошке базе производног система Србије. Техничко решење даје нови методолошки оквир за генерисање нова технологије производње гусеничног чланка за потребе Министарства одбране Владе Републике Србије. У том смислу техничко решење има и генерички карактер јер решава проблем технолошке недовољности производне базе индустрије Србије у овој конкретной области.

Стање решености проблема у свету:

Индустрија Србије кроз транзиционе процесе који се до данашњих дана протежу у континуитету скоро 30 година у великој мери остала је без материјалних и људских ресурса за технологију ливења метала. Некада моћне ливнице више не постоје, а са њима је нестао и огроман интелектуални капитал за технологију ливења метала, систематски развијан деценијама. Посебно је критичан губитак знања и вештина.

Размере проблема су још веће уколико се узме у обзир чињеница да је током протеклих десет до двадесет година у свету дошло до појаве нових производних технологија, које су кроз процес технолошке конвергенције оствариле велики утицај на технологију ливења и радикално измениле већину компонената технолошког ланца производње металних делова ливењем. Савремена технологија ливења метала је битно другачија од оне од пре тридесет година која је заступљена у нашим ливницама.

Суштина техничког решења

У техничком решењу примењен је нови методолошки оквир за пројектовање технологије ливења широке класе одливака сложене просторне геометрије, велике металуршке сложености и захтеване високе геометријске тачности мера и облика. На репрезенту одливка гусеничног чланка борбеног возила Војске Србије, који се израђује од високолегираног манганског челика ČL3164. Кинематски захтеви имплицирају сложену геометрију и високе захтеве геометријске тачности, која се из техно-економских разлога мора остварити ливењем, уз минимум додатне обраде одливка резањем.

У циљу сагледавања критично оптерећених зона чланка спроведене су детаљне провере напона и деформација применом методе коначних елемената за карактеристичне случајеве оптерећења. Резултати прорачуна омогућили су идентификацију зона са највећим оптерећењем, а истовремено су идентификоване и зоне у којима нису дозвољене ливачке грешке. Овим се добија увид у функцију појединих делова одливка а одатле потиче и захтев за развој нове технологије ливења, који без анализе ове врсте практично није могуће поставити.

Извршено је поређење резултата идентификоване геометрије мерном инсталацијом на примеру одливака чланка одливених у ливници Јелшинград и ливници у Бачкој Тополи. У циљу постизања веће продуктивности мерења геометрије у односу на скенирање геометрије применом ласерске тачкасте триангулације урађена је идентификација геометрије чланка применом технологије структуриране светлости, која је развијена у CMSysLab.

Даље пројектовање технологије ливења је базирано на примерни симулационих алата којима се прати читав процес ливења, од уливања па до очвршћавања, са идентификацијом ливачких грешака (прозност, заостали напони и слично). Упоредном анализом симулационих резултата и готових одливака показана је велико поклапање грешака у виртуелном и физичком моделу. Даље, утврђене су слабости примењене технологије ливења, посебно неадекватност локација и димензија хранитеља, што је била основна смерница за развој нове технологије ливења изабраног репрезента у циљу демонстрације развијене методологије ливења дате овим техничким решењем. Применом развијене методологије пројектована је нова технологија ливења одливка гусеничног чланка која је базирана на концепту језгарних блокова. Комплетан калуп од песка израђује се високопрецизном техником калуповања језгра, који се састоји из три модула и помоћног прибора. Развијени алат је намењен за потребе практичне верификације процеса калуповања и верификације процеса ливења пробне серије применом новоразвијене технологије. Термовент СЦ, Ливница челика а.д., Бачка Топола ће у наредним фазама реализације овог пројекта применити ову технологију у серијској производњи гусеничних чланака.

Карактеристике предложеног техничког решења

Техничко решење реализовано кроз описане развојне активности у основи представља генеричку методолошку подлогу за развој технологије ливења широке класе одливака сложене просторне геометрије, велике металуршке сложености и високе геометријске тачности мера и облика, практично је верификовано на изабраном репрезенту одливка гусеничног чланка борбеног возила Војске Србије.

Развијена метода је базирана на комбинованом приступу реверзног инжењерства и примени нових технологија од идентификација просторне геометрије применом бесконтактних метода ласерске триангулације и структуриране светлости са екстензивном софтверском подршком за обраду облака тачака, конверзију облака тачака у просторни модел. Добијени експериментални резултати показали су потпуну практичну употребљивост развијене технологије и релевантност са аспекта: а) одбрамбених потреба, б) технолошких потреба, ц) консолидације укупног технолошког ланца и д) економских ефеката.

Могућност примене техничког решења:

Развијено техничко решење је практично демонстрирано у фабрици Термовент СЦ, Ливница челика а.д., Бачка Топола. Даљим развојним активностима очекује се да ова технологија буде уведена у редовну производњу, чиме ће Војска Србије дугорочно решити проблем снабдевања гусеничним чланцима за сопствене потребе (гусенични чланак је потрошни део!).

Шире посматрано, кроз примену овог техничког решења на друге производе могуће је очекивати позитивне утицаје на освајање нових производа и повећање обима производње фабрика из групација Одбрамбене индустрије Србије, као и повећања конкурентности производа на међународном тржишту, смањивања увозне зависности и кроз такав контекст раст извоза, посебно високотехнолошких производа са великим степеном уграђеног знања (висок степен акумулативности).

Закључак

Техничко решење „Нова технологија ливења гусеничног чланка“, које је примењено код корисника, аутори су јасно приказали, теоријски обрадили и илустровали, тако да поред стручног, пружа и адекватан иновативан научно-истраживачки допринос.

Предложеним техничким решењем поред партикуларних, спроведене активности имају и генеричку природу, са циљем да се кроз решавање конкретног техничког задатка, на примеру реосвајања производње чланка за конкретно борбено гусенично возило, формира специфични методолошки оквир који би се даље користио за друге производе и на друге производне јединце, односно фабрике одбрамбене индустрије Србије.

Са задовољством предлажем Наставно научно већу Машинског факултета Универзитета у Београду да наведено техничко решење прихвати и према правилнику о поступку и начину вредновања, и квантитативном исказивању научно-истраживачких резултата, сврста у групу **M82**.

РЕЦЕЗЕНТ



Др Срећко Манасијевић, дипл. инг. мет.
Научни сарадник

Лола институт д.о.о., Београд

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
- МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ -
БРОЈ: 234/3
ДАТУМ: 03.03.2017.

На основу захтева проф. др Петра Петровића бр. 234/1 од 30.01.2017. године и чл. 63. Статута Машинског факултета, Наставно-научно веће Машинског факултета на седници од 02.03.2017. године, донело је следећу

ОДЛУКУ

Прихвата се Техничко решење (М82) под насловом: „**Нова технологија ливења гусеничног чланка**“ чији су аутори: проф. др Петар Петровић, Радомир Радиша, Никола Лукић, дипл.инж.маш. и Иван Данилов, дипл.инж.маш.

Одлуку доставити: Министарству просвете, науке и технолошког развоја РС, рецензентима и архиви Факултета ради евиденције.



Д Е К А Н
МАШИНСКОГ ФАКУЛТЕТА


Проф. др Радивоје Митровић