

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/13



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0132
Naslov programa	Fizika in kemija površin kovinskih materialov
Vodja programa	5675 Monika Jenko
Obseg raziskovalnih ur	59500
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	206 Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program **P2-0132 FIZIKA IN KEMIJA POVRŠIN KOVINSKIH MATERIALOV** obravnava raziskovalno delo na področju temeljnih in aplikativnih raziskav fizikalno kemijskih procesov in fizikalnih lastnosti površin ter mejnih površin kovinskih materialov in je relevanten za slovensko in mednarodno znanost in industrijo.

Obsega tri področja:

- (1) Inženirstvo mejnih površin in nanostrukturiranje;
- (2) Korelacija med procesi v trdnih zlitinah na faznih in mejnih površinah in njihovimi fizikalno kemijskimi lastnostmi
- 3) Tehnika površin in aplikacija v slovensko orodjarstvo.

Raziskovalna področja povezujejo raziskave prostih površin, mej zrn in faz ter spremembe funkcionalnosti površin materialov. Raziskave se v glavnem osredotočajo na

kovinske materiale na osnovi jekla in neželeznih zlitin kot so titan, aluminij, nikelj, baker in zlitine z intermetalnimi fazami. Cilj raziskav je boljše razumevanje kompleksnih fizikalnih kemijskih procesov materialov na mikro, nano in atomski skali in razvoj novih visoko zmogljivih materialov z izjemnimi fizikalnimi in mehanskimi lastnostmi za uporabo v visokotehnoloških strukturnih funkcionalnih komponentah.

Na ta način združujemo temeljno znanje z inovacijskim razvojem relevantnim za aplikacije v procesni tehnologiji. Inovativne napredne tehnologije načrtovanja površin neposredno in pozitivno vplivajo na gospodarsko rast, okolje in kakovost življenja, prek izboljšanih procesov in izdelkov.

Poleg osnovnih raziskav so člani programske skupine sodelovali v aplikativnih raziskavah za slovensko industrijo predvsem na področju metalurgije, energetike, mikroelektronike, elektrooptike, pa tudi pri izdelavi medicinskih pripomočkov. Programska skupina je vpeta v podiplomsko izobraževanje v okviru Mednarodnepodiplomske šole Jožef Stefan s programom Napredni kovinski materiali, v obdobju trajanja raziskovalnega programa je bilo zaključenih 8 doktorskih disertacij in 3 doktorske disertacije na Univerzi v Ljubljani.

Skupina ima številna mednarodna sodelovanja, med njimi: University of Sao Carlos, Brazilija, KUL- University of Leuven, Belgija, National South University NUS Bahia Blanca, Argentina, UC Berkeley, ZDA, Montan University Leoben, Avstrija; University of Genoa, Italy, Max MaxPlanck Institut fuer Eisenforschung, Duesseldorf, Nemčija in drugi.

ANG

The research program **P2- 0132 SURFACE PHYSICS AND CHEMISTRY OF METALLIC MATERIALS** deals with fundamental and applied research on physical chemical processes and physical properties of surfaces and interfaces of metallic materials, and is relevant for Slovenian as well as international science and industry. It contains three research fields:

- (1) Surface engineering and nanostructuring
- (2) Correlation between processes in solids and phases and interphases and their physico-chemical properties;
- (3) Surface engineering and its applications to Slovenian tool industry.

Research program has its main focus on chemical reactions and physical properties of surfaces and interfaces. Interest in physical structure and chemical composition of the surfaces and interfaces and their subsequent functionalization are basis to all three listed research fields. Research is mainly focused on metallic materials of iron based alloys, steels, nonferrous alloys such as, aluminium alloys, titanium and its alloys, nickel and nickel alloys, copper, and intermetallic phase alloys.

An essential target of the investigations is an improved understanding of the complex physical processes and chemical reactions of these materials. In addition, new high performance materials and surfaces with outstanding physical and mechanical properties are developed for use in high tech

structural and functional components. In this way, basic research is closely linked to innovative developments relevant to applications and process

The research program group is also involved in applied research projects for Slovenian industry (i.e. steelworks, energetic, microelectronics, electro optical industry, biomedical devices, etc.).

The research group is active in the frame of Jožef Stefan International Postgraduate School in Programme Nanoscience and Nanotechnology with the course "Advanced

Metallurgical Materials". The group has extended international collaboration (among them: The university of Sao Carlos (Brasil), KUL- University of Leuven Belgium, UC Berkeley USA, National South University in Bahia Blanca Argentina, Montane University Leoben, University of Genoa, Italy, Max-Planck Institute for Iron research , Duesseldorf, Germany etc.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

V okviru raziskovalnega programa FIZIKA IN KEMIJA POVRŠIN KOVINSKIH MATERIALOV v obdobju 2009-2013 so bile v celoti realizirane raziskave na vseh treh področjih, ki jih povezujejo fizikalni in kemijski procesi na površinah kovinskih materialov, nanostrukturirani kovinski materiali in kompoziti.

1 INŽENIRSTVO MEJNIH POVRŠIN IN NANOSTRUKTURE

(1.1) Modelne raziskave mehanizma in kinetike segregacije Se in rekonstrukcijo površine oziroma nanostrukturiranje smo študirali na osnovnih površinah monokristalov Fe v temperaturnem področju od 500°C do 850°C v ultra visokem vakuumu *in situ* v analizni posodi Augerjevega spektrometra. Poleg tega smo skupaj z argentinsko raziskovalno skupino prof. Alfreda Juana National Universidad del Sur, Bahia Blanca, Argentina razložili segregacijo Se na Fe(110)z modeliranjem z DFT (Density Functional Theory), ki obravnava fizikalno kemijske procese na atomski skali, kar smo objavili v članku: [COBISS.SI-ID [854186](#)]

Tematika nanostrukturiranja površin z ionskim snopom je bila obravnavana v doktorskem delu *Modifikacija površin z ionskim curkom na nanonivoju : doktorska disertacija*. Ljubljana: [B. Šetina Batič], 2010. IX, 113 str., ilustr., tabele.[COBISS.SI-ID [251783168](#)]

Mehanizem in kinetiko ravnotežne segregacije P in V po mejah zrn smo študirali v okviru sodelovanja

z raziskovalno skupino prof. Jaroslava Poklude Technical University Brno, Faculty of Mechanical Engineering in SAS Institute of Physics, Praga. Cilindrične vzorce, ki so bili pred tem starani na konstantnih temperaturah (600, 800, 900°C) od 10 do 100 dni smo prelomili v lomilni napravi spektrometra na Augerjeve elektrone Microlab 310 F in v analizni posodi z AES analizo določili segregirano plast P in V na interkristalnih facetah. Rezultate smo objavili v članku: [COBISS.SI-ID [899498](#)],

Študirali smo ravnotežno segregacijo P in nečistoč S, C, N, B na površini in na mejah zrn vzmetnega visoko trdnostnega jekla tipa 51CrMoV4 ter vpliv le-teh na žilavost.

Površinsko segregacijo smo študirali *in-situ* v analizni posodi Augerjevega spektrometra v temperaturnem področju od 200°do 850 °C. Pri visoko trdnostnih jeklih, ki so bila predmet raziskav se je kemijska sestava jekel razlikovala v vsebnosti S, Mo in Sn. Rezultati so pokazali, da B segregira na meje zrn in izrine P, na ta način posredno ojači meje zrn in preprečuje interkristalno krhkost, ki jo sicer povzroča P. Rezultate smo predstavili na mednarodni konferenci ECASIA 2013 Calgary 13-18.10. 2013 predavanje M.Jenko: The effect of surface active elements on the mechanical properties of high strength spring steel 51CrV4Mo by integrated electron spectroscopy techniques M. Jenko, B. Senčič, V. Leskovšek, N. Pukšič, T. Kokalj.

Raziskave so bile vključene v doktorsko delo [A. Bytyqi], 2013. X str., 149 str., ilustr. [COBISS.SI-ID [271546368](#)]

(1.2) Oblikovanje površine kovinskih materialov z ionskim snopom in študij simulacije rekonstrukcije s pomočjo nevronske mreže. Z metodami XPS in AES smo analizirali spremembe površinske elementne sestave, ki jih povzročajo ionski snop in dokazali površinsko segregacijo S. Kristalno orientacijo

posameznih zrn in korelacijo med orientacijo in nastalimi strukturami smo določili z metodo EBSD (Electron backscattered diffraction). V nadaljevanju smo študirali simulacijo rekonstrukcije površine s pomočjo nevronske mreže.

(1.3) Razvoj mehko magnetnih prahov z izboljšanimi lastnostmi. Razvili in raziskali smo mehko magnetne amorfne in nanokristalinične prahove, iz katerih se izdelujejo mehko magnetni kompozitni materiali namenjeni 3D izdelavi rotorjev in statorjev manjših motorjev in drugih elektronskih komponent. Prahovi so izdelani na osnovi zlitin Fe, FeBSi, FeBSiNi, FeBSiNiCo in FeSiCrP.

Prahove smo obdali s tanko plastjo SiO₂ v epoksidni smoli.

(1.4) Raziskave nanostrukturiranih zaščitnih plasti na površini nerjavnih jekel za preprečevanje biološkega nalaganja v morskem okolju so potekale v okviru EU FP6 projekta AMBIO in so predstavljene v 4 člankih

[COBISS.SI-ID [797866](#)], [COBISS.SI-ID [712106](#)], [COBISS.SI-ID [707754](#)], [COBISS.SI-ID [723626](#)]

Raziskave nanostrukturiranih zaščitnih plasti na površini nerjavnih jekel za doseganje boljše biokompatibilnosti implantatov. Raziskave so obsegale razvoj zaščitnih plasti, določitev mehanskih in korozijskih lastnosti, karakterizacijo na fazni meji plast/substrat ter biološko ovrednotenje preiskovanih plasti. Rezultati raziskav so bili objavljeni v

Kocijan, Aleksandra, Conradi, Marjetka, Schön, Peter. Austenitic and duplex stainless steels in simulated physiological solution characterized by electrochemical and X-ray photoelectron spectroscopy studies. *Journal of biomedical materials research. Part B, Applied biomaterials*, ISSN 1552-4973, 2012, vol. 100, iss. 3, str. 799-807, doi: [10.1002/jbm.b.32513](#). [COBISS.SI-ID [900522](#)]

Kocijan, Aleksandra, Kek-Merl, Darja, Jenko, Monika. The corrosion behaviour of austenitic and duplex stainless steels in artificial saliva with the addition of fluoride. *Corrosion science*, ISSN 0010-938X. [Print ed.], 2011, vol. 53, no. 2, str. 776-783. [COBISS.SI-ID [24275239](#)],

Conradi, Marjetka, Schon, Peter M., Kocijan, Aleksandra, Jenko, Monika, Vancso, G. Julius. Surface analysis of localized corrosion of austenitic 316L and duplex 2205 stainless steels in simulated body solutions. *Materials chemistry and physics*, ISSN 0254-0584. [Print ed.], 2011, vol. 130, issue 1-2, str. 708-713, ilustr., doi: [10.1016/j.matchemphys.2011.07.049](#). [COBISS.SI-ID [4723738](#)],

Godec, Matjaž, Kocijan, Aleksandra, Dolinar, Drago, Mandrino, Djordje, Jenko, Monika, Antolič, Vane. An investigation of the aseptic loosening of an AISI 316L stainless steel hip prosthesis. *Biomedical materials*, ISSN 1748-6041, 2010, vol. 5, no. 4, 8 str., doi: [10.1088/1748-6041/5/4/045012](#). [COBISS.SI-ID [817066](#)],

(1.5) Raziskave nastanka in odstranjevanja visokotemperaturnih oksidnih plasti na dupleks nerjavnem jeklu. Glavni gradnik oksidnih plasti pri nizkih temperaturah so železovi in kromovi oksidi. V temperaturnem območju do 400 °C prevladujejo železovi oksidi, pri višjih temperaturah pa se poveča delež kromovih v kombinaciji z manganovimi oksidi.

Donik, Črtomir, Kocijan, Aleksandra, Jenko, Monika, Drenik, Aleksander, Pihlar, Boris. XPS study of duplex stainless steel oxidized by oxygen atoms. *Corrosion science*, ISSN 0010-938X. [Print ed.], 2009, vol. 51, no. 4, doi: [10.1016/j.corsci.2009.01.021](#). [COBISS.SI-ID [707498](#)],

Donik, Črtomir, Kocijan, Aleksandra, Mandrino, Djordje, Paulin, Irena, Jenko, Monika, Pihlar, Boris. Initial oxidation of duplex stainless steel. *Applied Surface Science*, ISSN 0169-4332. [Print ed.], 2009, vol. 255, no. 15, str. 7056-7061, doi: [10.1016/j.apsusc.2009.03.041](#). [COBISS.SI-ID [720042](#)],

Iz te tematike je bila izdelana doktorska disertacija *Mehanizem in kinetika nastanka in odstranjevanje visokotemperaturnih oksidnih plasti na površini FeCrNiMoN zlitin : doktorska disertacija*. Ljubljana: [Črtomir Donik], 2009. 110 f., ilustr. [COBISS.SI-ID [30608133](#)]

(1.6) Raziskave evaporacijskega hlajenja gosto perforirane kovinske membrane. Pri tem smo sistematično obdelali najbolj pomembne parametre in njihov vpliv na hlajenje.

KOKALJ, Tadej, CHO, H., JENKO, Monika, LEE, P. Biologically inspired porous cooling membrane using arrayed-droplets evaporation. *Applied physics letters*, ISSN 0003-6951, 2010, vol. 96, str. 163703/1-163703/3.

<http://adsabs.harvard.edu/abs/2010ApPhL.96p3703K>, doi: [10.1063/1.3332398](https://doi.org/10.1063/1.3332398).

[COBISS.SI-ID [802986](#)]

2 KORELACIJA MED PROCESI V TRDNIH ZLITINAH IN POVRŠINAH IN NJIHOVIMI MEHANSKIMI IN FIZIKALNIMILASTNOSTMI

(2.1) Raziskava jekla X20CrMoV12.1 za termoenergetiko. V sklopu raziskav smo simulirali pogoje kot so v termoenergetskih objektih. Ugotovili smo, da se mikrostruktura drastično spremeni na račun rasti karbidne faze. Pri tem se mehanske lastnosti jekla kot npr. odpornost na lezenje bistveno poslabšajo. Z EBSD analizo smo določili tip karbida in njegovo orientacijsko odvisnost z osnovnim materialom. Razvili smo EBSD metodo za določanje deleža karbidne in martenzitne faze v jeklih. Preko kvalitete uklona lahko določimo fazo martenzita, ki ima najmanj kontrastne uklone, sledi bainit in nato ostali z relativno dobrimi ukloni, ki pa se ločijo na osnovi indeksiranja le-teh.

VODOPIVEC, Franc, ŽUŽEK, Borut, JENKO, Monika, SKOBIR BALANTIČ, Danijela Anica, GODEC, Matjaž. Calculation of stationary creep rate of tempered martensite.

Materials science and technology, ISSN 0267-0836, 2013, vol. 29, no. 4, str. 451-455, doi: <http://dx.doi.org/10.1179/1743284712Y.0000000151>. [COBISS.SI-ID

[953770](#)],

GODEC, Matjaž, ŠETINA, Barbara, MANDRINO, Djordje, NAGODE, Aleš, LESKOVŠEK, Vojteh, ŠKAPIN, Srečo D., JENKO, Monika. Characterization of the carbides and the martensite phase in powder-metallurgy high-speed steel. *Materials characterization*, ISSN 1044-5803. [Print ed.], April 2010, vol. 61, no. 4, str. 452-458, doi:

[10.1016/j.matchar.2010.02.003](https://doi.org/10.1016/j.matchar.2010.02.003). [COBISS.SI-ID [793770](#)],

Iz tematike Raziskav jekla X20 CrMo V12,1 in X12CrMoV je bila izdelana doktorska disertacija *Influence of the distribution of carbide particles on the activation energy for the creep deformation of steel : doctoral dissertation = Vpliv porazdelitve karbidnih izločkov na aktivacijsko energijo deformacije jekla z lezenjem : doktorska disertacija*. Ljubljana: [Borut Žužek], 2013. XII, 83 str., ilustr. [COBISS.SI-ID [271295232](#)]

(2.2) Raziskave spinodalnega razpada δ -ferita v zlitini FeNiCrMo. Raziskali smo mehanizme lokalnega prerazporeditve Cr in Fe atomov ter vzroke za povečanje krhkosti manjšinske komponente mikrostrukture ob konstantnih lastnostih večinske duktilne matrice, kar zmanjša energijo udarnega upogibnega preloma.

(2.3) Raziskali smo mikrostrukturo mehanske lastnosti mikrolegiranega jekla osnovne kemijske sestave 34CrNiMo6. Jeklo je bilo izdelano po klasičnem postopku litja v ingote in nato kovano v temperaturnem območju nad Ac3. Rezultati mehanskih preiskav so pokazali, da so razlike v mehanskih lastnostih med posameznimi jekli neznatne. Sklepamo lahko, da mikrolegirni elementi niso bistveno pripomogli k izboljšanju mehanskih lastnosti. Verjetni razlog za to je bilo nepravilno izločanje mikrolegirnih elementov, saj je znano, da k izboljšanju mehanskih lastnosti pripomorejo le fino dispergirani karbidni in nitridni precipitanti.

VEČKO PIRTOVŠEK, Tatjana, KUGLER, Goran, GODEC, Matjaž, TERČELJ, Milan. Three important points that relate to improving the hot workability of ledeburitic tool steels. *Metallurgical and materials transactions. A, Physical metallurgy and materials science*, ISSN 1073-5623, 2012, vol. 43, no. 10, str. 3797-3808.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11661-012-1195-4>, doi: [10.1007/s11661-012-1195-4](https://doi.org/10.1007/s11661-012-1195-4).
 [COBISS.SI-ID [1206879](#)],

3 TEHNIKA POVRŠIN IN APLIKACIJA V SLOVENSKO ORODJARSTVO

Raziskali smo vpliv vakuumske toplotne obdelave na lomno žilavost in trdoto hitroreznega jekla S690 in S390 in ugotovili da se lomna žilavost in duktilnost v območju izbranih temperatur avstenitizacije in popuščanja le malo spreminja v primerjavi s trdoto, kar je pomemben podatek za določene aplikacije. Modificiranje površine orodij za preoblikovanje v hladnem pred nanosom PVD ali PACVD prevleke je primerno le za tiste aplikacije, kjer duktilnost površinske plasti ni bistvenega pomena za povečanje vzdržljivosti orodij. Eksperimentalni rezultati so potrdili da kombinacija vakuumske toplotne obdelave, podhlajevanja v tekočem dušiku in nitriranja v pulzirajoči plazmi učinkovito izboljša lastnosti preiskovanih jekel. Preiskovano jeklo ima bistveno večjo odpornost proti obrabi ob majhnem povečanju lomne žilavosti. Rezultati raziskav so uspešno preneseni v slovensko industrijo. prav tako pa je bil v juniju 2013 podpisan sporazum o prenosu znanja v hrvaško orodjarsko industrijo v okviru ASIP projekta na meddržavni ravni ob podpori CMRS Slovenije.

[COBISS.SI-ID [1001898](#)] [COBISS.SI-ID [995754](#)] [COBISS.SI-ID [890794](#)]

Iz tega področja sta v zaključni fazi dve doktorski deli kandidatov Predraga Borkoviča in Bojana Senčiča na Mednarodni podiplomski šoli Jožef Stefan

4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev³

SLO

Raziskovalni program združuje tri raziskovalna področja, ki jih povezujejo raziskave prostih in mejnih površin kovinskih materialov in kompozitov:

(i) Inženirstvo mejnih površin in nanostrukture so bili realizirani v celoti in oplemeniteni z rezultati mednarodnega sodelovanja z Univerzo v Bahia Blanca, Argentina. Skupina prof. Alfreda Juana nadaljuje z obdelavo naših rezultatov na preostalih glavnih površinah monokristala Fe (111) in (100). Rezultati v rokopisu "Density Functional study of Selenium Adsorption at Different Coverage on Fe(100), (111) and (110), avtorjev V. Cardoso Schwindt¹, J. S. Ardenghi¹, P. Bechthold¹, E. A. González¹, P. V. Jasen¹, A. Juan^{1,*}, B. Setina Batic², M. Jenko²" so poslani v objavo v J Physical Chemistry C, objavo pričakujemo v letu 2014.

Ti rezultati so pomembni tudi za bazo podatkov nanostrukturiranja površin z ionskim snopom z DFT metodo (Density Functional Theory).

S tega področja raziskav je v zaključni fazi doktorsko delo podiplomskega študenta, ki obravnava raziskave vpliva površine jekel na razvoj bakterij. Predviden program dela in zastavljeni cilji v okviru druge tematike

(ii) Korelacija med procesi v trdnih zlitinah na površinah in mejnih površinah in njihovimi mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi je bil prav tako realiziran v celoti.

Rezultati raziskav so potrdili našo hipotezo, da potekajo mikrostrukturni procesi, ki vplivajo na zvišano hitrost lezenja, v jeklu CrV 36krat hitreje, v jeklu CrVNb pa 57 krat hitreje pri 800 °C. Hitrost lezenja je bila eksperimentalno določena na osnovi pospešenih preizkusov lezenja pri 100 urni statični obremenitvi 170 MPa in temperaturi 580 °C in matematično izračunana. Na osnovi tega je bila analizirana odvisnost hitrosti lezenja od rasti izločkov in njihove medsebojne razdalje ter porazdelitve. Iz tematike je bilo decembra 2013 zaključeno doktorsko delo MR Boruta Žužka, doktorsko delo kandidata Fevzi Kafexhiu, ki obravnava lezenje v začetni fazi pa je v zaključni fazi.

(iii) **Tehnika površin in aplikacija v slovensko orodjarstvo** je bil obravnavan vpliv vakuumske toplotne obdelave na lomno žilavost in trdoto P/M hitroreznega jekla S 690 in je bil realiziran v celoti. MC kaže, da se lomna žilavost in duktilnost v območju izbranih temperatur avstenitizacije in popuščenja malo spreminja v primerjavi s trdoto. Eksperimentalni rezultati so potrdili hipotezo, da so vakuumska toplotna obdelava, podhlajevanje v tekočem dušiku in nitriranje v pulzirajoči plazmi učinkovite tehnike za izboljšanje lastnosti preiskovanih orodnih jekel. Iz tega področja sta v zaključni fazi dve doktorski disertaciji kandidatov Predraga Borkovića in Bojana Senčila.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁴

V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki

Raziskovalni program Fizika in kemija površin kovinskih materialov je potekal po predvidenem programu kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Nekateri MR, ki so zaključili podiplomsko izobraževanje z doktoratom znanosti so postali člani programske skupine kot npr.

09788 Jelena Vojvodič Tuma - upokojitev 01.2.2010
 24381 Nagode Aleš – odšel 31.05.2009
 30896 Merita Shkodra - odšla 31.12.2009
 25126 Črtomir Donik – vključen 2012
 32177 Borut Žužek - vključen 2010 kot MR (doktoriral 11.12.2013)
 30832 Milan Malešević – vključen kot tehnik 2011, odšel 29.02.2012
 31395 Fevzi Kafexhiu – vključen kot tehnik 2011
 31396 Besnik Poniku – vključen kot MR 2011
 32178 Predrag Borković - vključen kot MR 2011 – potek pogodbe 31.12.2013
 32545 Matej Hočevar - vključen kot tehnik 2011
 33291 Nuša Pukšič - vključena kot tehnik 2011, 2012 in 2013 MR
 26490 Ažbe Križaj – prenehanje pogodbe 2011 (doktoriral 01.07.2011), ni na programu
 v letu 35386 Klemen Zelič vključen kot MR 2012 (1.12.2012)
 36363 Aleš Stambolič – vključen kot MR 2013
 04253 Miroslav Pečar vključen 2013 kot tehnik
 28660 Irena Paulin,
 21339 Gorazd Jutriša

razporejena v drugo programsko skupino
 32177 Borut Žužek (P2-0050)
 25498 Barbara Šetina Batič(P2-0056)

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	854186	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Študij adsorpcije selena na Fe(110) s teorijo gostotnega potenciala (DFT)
		ANG	Density functional theory study of selenium adsorption on Fe(1 1 0)
			Adsorpcijo atomarnega Se na površino Fe(110) smo raziskali z modeliranjem z metodo DFTteorija gostotnega funkcionala. Selen se adsorbira na mestih z visoko simetrijo: kratki in dolgi most ter neposredno nad atomi železa s pokritostmi do 1/2, 1/4 in 1 atomske plasti. Dolgi most je najstabilnejši, sledita kratki most in mesta nad atomi Fe. Obravnavali smo tri površinske strukture, p(2 * 2), c(2 * 2) in p(1 * 1), ki ustrezajo 1/4 atomske plasti, 1/2 atomske plasti in 1 atomski plasti. Adsorpcijska energija pri pokritosti 1/4 atomske plasti je 5.23 eV. Adsorpcija Se povzroči

Opis	SLO	rekonstrukcijo površine, ki je bolj obsežna, če se adsorbira na mesto dolgega mostu in tvori 1/2 atomske plasti. Atomi železa, prvi in drugi sosedi Se, se vertikalno premaknejo med +8.63 in 6.69 % glede na njihove osnovne lege. Največji premiki v x ali y smeri so 0.011, 0.030 in 0.021 Å za mesta nad atomi železa in oba mostova. Primerjave čistih železovih površin s tistimi z adsorbiranim selenom kažejo na zmanjšanje magnetnih momentov površinskih atomov železa v bližini selenovih atomov. Na mestu dolgega mostu prisotnost Se povzroči zmanjšanje gostote stanj v d orbitali železa med 4 in 5 eV pod Fermijevo energijo. Gostota stanj kaže dodatek Se stanj, stabiliziranih po adsorpciji, med 3.1 eV in 12.9 eV. Prekrivanje FeFe se zmanjša in FeSe vezi se tvorijo na račun kovinske vezi.	
	ANG	The adsorption of atomic Se on a Fe(1 1 0) surface is examined using the density functional theory (DFT). Selenium is adsorbed in high-symmetry adsorption sites: the -short and long-bridge, and atop sites at 1/2, 1/4, and 1 monolayer (ML) coverages. The long bridge (LB) site is found to be the most stable, followed by the short bridge (SB) and top sites (T). The following overlayer structures were examined, p(2 * 2), c(2 * 2), and p(1 * 1), which correspond to 1/4 ML, 1/2 ML, and 1 ML respectively. Adsorption energy is -5.23 eV at 1/4 ML. Se adsorption results in surface reconstruction, being more extensive for adsorption in the long bridge site at 1/2 ML, with vertical displacements between +8.63 and -6.69% -with regard to the original Fe position-, affecting the 1st and 2nd neighbours. The largest displacement in x or y-directions was determined to be 0.011, 0.030, and 0.021 Å for atop and bridge sites. Comparisons between Se-adsorbed and pure Fe surfaces revealed reductions in the magnetic moments of surface-layer Fe atoms in the vicinity of the Se. At the long bridge site, the presence of Se causes a decrease in the surface Fe d-orbital density of states between 4 and 5 eV below Fermi level. The density of states present a contribution of Se states at -3.1 eV and -12.9 eV. stabilized after adsorption. The Fe-Fe overlap population decrease and a Fe-Se bond are formed at the expense of the metallic bond.	
	Objavljeno v	North-Holland; Applied Surface Science; 2011; Vol. 257, no. 15; str. 6878-6883; Impact Factor: 2.103; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.183; A": 1; A': 1; WoS: EI, QG, UB, UK; Avtorji / Authors: González E. A., Jasen P. V., Bechthold P., Juan A., Šetina Barbara, Jenko Monika	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	899498	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Ravnotežna segregacija 46.8°(111) na spiralni meji zrna s fosforjem dopiranega jekla Fe-2.3%V	
	ANG	Solute segregation at 46.8°(111) twist grain boundary of a phosphorus doped Fe-2.3%V alloy	
Opis	SLO	AES študij kemije na 46.8°(111) spiralni meji zrna s P dopiranega jekla Fe-2.3% V je pokazala povečano obogatitev s P v temperaturnem področju od 500°C do 800°C . Sočasno je bila izmerjena neznatna toda skoraj povsem neodvisna segregacija V. Določena je bila standardna entalpija in entropija segregacije P in V po mejah zrn s pomočjo Guttmannovega modela multi komponentne med mejne segregacije. Dobljeni rezultati jasno kažejo da ta vsota =19 naključnih mej posebna (npr. nizka energija vmesnih mej). Podatki tudi dobro sovpadajo z napovedovalnim modelom segregacij po mejah zrn in potrjujejo da P segregira intersticijsko na mejah zrn, medtem ko V substitucijsko z zamenjavo z atomi Fe v vmesni strukturi.	
		The Auger electron spectroscopy study on chemistry of the 46.8°(111) twist grain boundary of an Fe-2.3%V alloy showed an extended phosphorus enrichment at temperatures in range of 500°C and 800°C. Simultaneously, slight but nearly independent segregation of vanadium was also detected.	

		ANG	The standard enthalpy and entropy of grain boundary segregation of phosphorus and vanadium were determined according to the Guttman model of multicomponent interfacial segregation. Obtained data clearly show that this $\Sigma = 19$ coincidence boundary is special (i.e. low energy interface). The data also fit well with the predictive model of grain boundary segregation and confirm that phosphorus segregates interstitially at the grain boundary while vanadium substitutes iron atoms in the interface structure.
	Objavljeno v		North-Holland;Elsevier; Surface science; 2012; Vol. 606, no. 3/4; str. 258-262; Impact Factor: 1.838;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.827; WoS: EI, UK; Avtorji / Authors: Lejček Pavel, Pokluda Jaroslav, Šandera Pavel, Horníková J., Jenko Monika
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	797866	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimizacija lastnosti siloksanskih plasti za preprečevanje biološkega nalaganja
		ANG	Optimisation of the properties of siloxane coatings as antibiofouling coatings
	Opis	SLO	S PACVD postopkom so bile izdelane siloksanske prevleke iz mešanice heksametilsiloksana (HMDSO) in O ₂ , na podlage iz stekla in jekla. Učinek dodajanja silicija z naparevanjem je bil raziskan za premaze z različnimi HMDSO/O ₂ razmerji. Mikrostruktura in sestava premazov se je spreminjala glede na uporabljene parametre. Vsebnost silicija je bila približno enaka za vse premaze, vsebnost ogljika zmanjšana, medtem ko se je vsebnost kisika in površinske energije povečala s nižanjem razmerja HMDSO/O ₂ . Trdota in elastični modul ta bila višja za hibridne obloge in povečala z zmanjšanjem HMDSO/O ₂ razmerja. Hibridni premazi so pokazali veliko boljšo odpornost proti obrabi in praskam, kot PACVD premazi. Vsi premazi so pokazala dobro zaščito proti nalaganju bakterije Pseudomonas fluorescens.
		ANG	Plasma-assisted chemical vapour deposition (PACVD) siloxane coatings from a mixture of hexamethyldisiloxane (HMDSO) and O ₂ , and hybrid coatings deposited by simultaneous sputtering of silicon and plasma polymerisation of HMDSO + O ₂ were prepared on glass and steel substrates. The effect of addition of sputtered silicon was investigated for coatings with different HMDSO/O ₂ ratios. The microstructure and composition of coatings were affected by the coating parameters used. Silicon content was roughly the same for all coatings; carbon content decreased while oxygen content and surface energy increased with decreasing HMDSO/O ₂ ratio in hybrid coatings. Hardness and modulus were higher for hybrid coatings and increased with decreasing the HMDSO/O ₂ ratio. Hybrid coatings showed much better scratch and wear resistance than PACVD coatings. All coatings showed good fouling-release performance with the freshwater bacterium Pseudomonas fluorescens.
	Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2010; Vol. 204, iss. 20; str. 3188-3195; Impact Factor: 2.135;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.159; A": 1;A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Navabpour Parnia, Teer Dennis, Su Xueju, Liu Chen, Wang Su, Zhao Qi, Donik Črtomir, Kocijan Aleksandra, Jenko Monika
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	723626	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Fluorinirane siloksanske kopolimerne mešanice za preprečevanje biološkega nalaganja
		ANG	Fluorinated/siloxane copolymer blends for fouling release
			Premazi za preprečevanje biološkega nalaganja so bili pripravljene iz

Opis	SLO	mešanice fluoriranega/siloksan kopolimera s polidimetil siloksan (PDMS) matriko, da z namenom združitve nizkega elastičnega modula PDMS z nizko površinsko napetostjo značilno za fluorirane polimere. Vsebnost površinsko aktivnega kopolimera smo spreminjali v mešanici (0,15-10 ut% glede na PDMS). Z XPS smo dokazali, da je zunanja plast obogatena s fluorom. Študirali smo vpliv dodajanja fluoriranih/siloksan kopolimera v PDMS matriko glede na zmanjšanje nalaganja morskih organizmov (Barnacle, Balanus Amphitrite, cyprids). Rezultati so pokazali, da se na površino nalaga manj organizmov v primeru fluoriraneg /siloksana kopolimera v primerjavi s kontrolnim siloksanom.	
	ANG	Fouling-release coatings were prepared from blends of a fluorinated/siloxane copolymer with a poly(dimethyl siloxane) (PDMS) matrix in order to couple the low modulus character of PDMS with the low surface tension typical for fluorinated polymers. The content of the surface-active copolymer was varied in the blend over a broad range (0.15-10 wt % with respect to PDMS). X-ray photoelectron spectroscopy depth profiling analyses were performed on the coatings to establish the distribution of specific chemical constituents throughout the coatings, and proved enrichment in fluorine of the outermost layers of the coating surface. Addition of the fluorinated/siloxane copolymer to the PDMS matrix resulted in a concentration-dependent decrease in settlement of barnacle, Balanus amphitrite, cyprids. The release of young plants of Ulva, a soft fouling species, and young barnacles showed that adhesion strength on the fluorinated/siloxane copolymer was significantly lower than the siloxane control. However, differences in adhesion strength were not directly correlated with the concentration of copolymer in the blends.	
	Objavljeno v	Harwood Academic Publishers; Biofouling; 2009; Vol. 25, iss. 6; str. 481-493; Impact Factor: 4.415; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.504; A": 1; A': 1; WoS: DB, PI; Avtorji / Authors: Marabotti Iliara, Morelli Andrea, Orsini Lorenzo M., Martinelli Elisa, Galli Giancarlo, Chiellini Emo, Lien Einar M., Pettitt Michala E., Callow Maureen E., Callow James A., Conlan Sheelagh L., Mutton Robert J., Clare Anthony Simon, Kocijan Aleksandra, Donik Črtomir, Jenko Monika	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	855722	Vir: COBISS.SI
Opis	Naslov	SLO	Vpliv velikosti vzorca na natezno trdnost WC-Co karbidnih trdin
		ANG	Effect of specimen size on the tensile strength of WC-Co hard metal
		SLO	Raziskali smo karakteristike preloma izredno drobnozrnatih WC-Co karbidnih trdin z nateznim in upogibnim preskusom, pri čemer smo uporabili več različnih velikosti vzorcev in preskusnih postavitev, z namenom, da se preuči učinek velikosti na natezno trdnost, s spreminjanjem volumna preskušanja v razponu do približno 10 velikostnih razredov. Mehanske lastnosti na centimetrskih vzorcih so bile določene z nateznim preskusom na vzorcu oblike urinega stekelca. Milimetrski vzorci so bili preskušeni s štiri točkovnim in tri točkovnim upogibnim preskusom. Mikrometrski vzorci v obliki kvadrov, narejeni s pomočjo fokusiranega ionskega curka (FIB), so bili obremenjeni in situ v vrstičnem elektronskem mikroskopu z uporabo piezoelektrično nadzorovanega mikro indenterja oblike oglišča kocke. Ustvarjene prelomne površine smo bile pregledali z namenom, da bi določili mesto izvora razpok. Glavni rezultat tega dela je ugotovitev, da se trdnost poveča iz približno 2500 na približno 6000 MPa, ko se velikost preskušane volumna zmanjša iz približno 100 na približno 108mm ³ . Tovrstno obnašanje je značilno za krhke materiale, v katerih je trdnost kontrolirana z napakami in ga je mogoče razložiti z učinkom velikosti v skladu z Weibullovo teorijo. Na vzorcih mikrometrške velikosti na prelomnih površinah ni bilo ugotovljenih pomanjkljivosti. Ocena o kritični velikosti

		<p>napak v teh vzorcih, ki temelji na linearno elastični mehaniki loma daje vrednosti v velikostnem redu submikronskih delcev volframovega karbida. Pričakovano je, da so visoke trdnostne lastnosti ugotovljene v teh vzorcih blizu inherentne trdnosti materiala.</p>
	ANG	<p>The fracture behaviour of an ultrafine grained WC-Co hard metal was investigated in tensile and bending tests using different specimen sizes and test arrangements in order to study the size effect on the tensile strength, by varying the effectively tested volume over a range of roughly 10 orders of magnitude. Mechanical testing of centimetre sized specimens was performed by means of tensile tests using an hour glass shaped specimen. Millimetre sized specimens were tested in four point and three point bending test set-ups. Micrometre sized specimens, rectangular beams produced via focused ion beam milling, were loaded in situ in a scanning electron microscope utilizing a piezo-electrically controlled cube corner micro-indenter. The resulting fracture surfaces were examined in order to identify crack origins. The main result of the present work is that strength values are found to increase from about 2500 to about 6000 MPa when the size of the effectively loaded volume is varied from about 100 to about 10 [sub]{-8} mm[sub]3. This kind of behaviour is typical for brittle materials in which strength is defect controlled and can be explained by a size effect according to Weibull theory. In the case of the micrometre sized specimens no defects were found on the fracture surfaces. Estimations of critical defect sizes in these specimens based on linear elastic fracture mechanics give values in the order of magnitude of the submicron sized tungsten carbide particles. It is therefore expected that the high strength values found in these specimens are close to the inherent material strength.</p>
Objavljeno v		<p>Elsevier Science; Acta materialia; 2011; Vol. 59, no. 10; str. 4244-4252; Impact Factor: 3.755; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Klünsner T., Wurster Stefan, Supancic Peter, Ebner Reinhold, Jenko Monika, Glätzle J., Püschel A., Pippan R.</p>
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	24275239
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Korozijsko obnašanje avstenitnih in dupleks nerjavnih jekel v umetni slini
		ANG The corrosion behaviour of austenitic and duplex stainless steels in artificial saliva with the addition of fluoride
	Opis	SLO Tvorbo oksidne plasti na površini 2205 dupleks in AISI 316L avstenitnega nerjavnega jekla v umetni slini in fluoridu smo preiskovali s pomočjo elektrokemijske impedančne spektroskopije, potenciodinamskih meritev, ciklične voltametrije in XPS po oksidaciji pri potencialu odprtega kroga. Pasivna plast je bila pretežno sestavljena iz kromovih oksidov, delež železovih specij pa je bil bistveno manjši kot v osnovnem materialu.
		ANG The evolution of the passive films on 2205 duplex stainless steel (2205 DSS) and AISI 316L stainless steel in artificial saliva, and with the addition of fluoride, was studied using electrochemical impedance spectroscopy (EIS) and potentiodynamic measurements. The extent of the passive range increased for the 2205 DSS compared to the AISI 316L in both solutions. The formation of the passive film was studied by EIS at the open-circuit potential (OCP). The passive layers were studied at the OCP by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). The passive films on both materials predominantly contained Cr oxides, whereas the Fe species were markedly

		depleted.
Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Objavljeno v	Pergamon Press; Corrosion science; 2011; Vol. 53, no. 2; str. 776-783; Impact Factor: 3.734; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A'': 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Kocijan Aleksandra, Kek-Merl Darja, Jenko Monika	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2. COBISS ID	904106	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Izboljšanje triboloških lastnosti orodnih jekel s kombinacijo podhlajevanja v tekočem dušiku in nitriranjem v plazmi
	ANG	Improving tribological properties of tool steels through combination of deep-cryogenic treatment and plasma nitriding
Opis	SLO	V kovinsko predelovalni industriji so površine orodij izpostavljene zelo kompleksnim pogojem, ki so rezultat različnih vplivov, ki so posledica mehanskih, toplotnih, kemičnih ali triboloških obremenitev, in zahtevajo dobro opredeljene mehanske in posebej tribološke lastnosti. Cilj tega dela je bil raziskati vpliv parametrov podhlajevanja v tekočem dušiku (čas in temperatura obdelave) v kombinaciji z nitriranjem v plazmi na tribološke lastnosti hitroreznega jekla izdelanega po metalurgiji prahov (P/M). Poseben poudarek je bil na odpornosti proti abrazivni obrabi in odpornosti proti lepljenju v pogojih suhega drsnega kontakta. Rezultati preskušanja kažejo, da podhlajevanje v tekočem dušiku prispeva k boljši odpornosti proti abrazivni obrabi in kaže boljše lastnosti P/M hitroreznega jekla proti lepljenju. Pravilna izbira temperature avstenitizacije je prav tako pomemben dejavnik. Ugotovili smo, da pri višji temperaturi avstenitizacije povzroči večje trenje in obrabo. Nitriranje v plazmi daje odlične tribološke lastnosti P/M hitroreznega jekla in zmanjšuje učinek temperature avstenitizacije. Kakorkoli že, nitriranje v kombinaciji s podhlajevanjem v tekočem dušiku pa izniči njegov ugoden učinek.
	ANG	In metal forming industry tools can be exposed to very complex and surface demanding conditions, which are the result of different effects (mechanical, thermal, chemical or tribological loading) and require well defined mechanical and especially tribological properties. The aim of the present work was to investigate the effect of deep-cryogenic treatment parameters (treatment time and temperature) in combination with plasma nitriding on the tribological performance of powder-metallurgy (P/M) high-speed steel. Special emphasis was put on abrasive wear resistance and resistance to galling under dry sliding conditions. Test results show that deep-cryogenic treatment contributes to improved abrasive wear resistance and better galling properties of P/M high-speed steel. Selection of the proper austenizing temperature is also an important factor, with higher austenizing temperature resulting in higher friction and wear. Plasma nitriding gives excellent tribological properties of P/M high-speed steel and reduces the effect of austenizing temperature. However, if combined with deep-cryogenic treatment it eliminates beneficial effect of deep-cryogenic treatment.
Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
Objavljeno v	Elsevier; Wear; 2012; Vol. 288; str. 88-93; Impact Factor: 1.262; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.171; WoS: IU, PM; Avtorji / Authors: Podgornik Bojan, Majdič Franc, Leskovšek Vojteh, Vižintin Jože	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3. COBISS ID	900522	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Elektrokemijska karakterizacija in XPS analiza avstenitnega in dupleks jekla

		izpostavljenega v simulirani fiziološki raztopini
	ANG	Austenitic and duplex stainless steels in simulated physiological solution characterized by electrochemical and X-ray photoelectron spectroscopy studies
Opis	SLO	Raziskali smo rast oksidnih plasti na površini dupleks DSS 2205 in avstenitnega AISI 316L jekla izpostavljenega v simulirani fiziološki raztopini. Rezultati potenciodinamskih meritev kažejo močno povečano območje pasivacije na duplex DSS 2205 jeklu v primerjavi z avstenitnim AISI 316L jeklom. S pomočjo ciklične voltametrije smo razložili naravo elektrokemijskih procesov na površini obeh materialov. Lastnosti ter njihovo kemijsko sestavo oksidnih plasti, ki so nastale kot posledica elektrokemijske oksidacije pri različnih potencialih smo analizirali z metodo XPS. Rezultati so pokazali, da na površini obeh materialov prevladujejo Cr in Fe oksidi. AFM topografska analiza je pokazala višjo stopnjo korozijske odpornosti dupleks DSS 2205 jekla v primerjavi z avstenitnim AISI 316L jeklom pri izbranih eksperimentalnih pogojih.
	ANG	A study of oxide layers grown on 2205 duplex stainless steel (DSS) and AISI 316L austenitic stainless steel in simulated physiological solution is presented. The results of the potentiodynamic measurements showed that the extent of the passive range significantly increased for DSS 2205 comparing to AISI 316L stainless steel. Cyclic voltammetry was used to explain the electrochemical processes taking place on the surface of the investigated materials. The oxide layers formed by electrochemical oxidation at different oxidation potentials were studied by X-ray photoelectron spectroscopy, their compositions were analysed as a function of depth. The main constituents on both the investigated materials were Cr- and Fe-oxides. The AFM topography analyses illustrated the higher corrosion resistance of the DSS 2205 compared to the AISI 316L under the chosen experimental conditions.
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Objavljeno v	John Wiley & Sons; Journal of biomedical materials research; 2012; Vol. 100, iss. 3; str. 799-807; Impact Factor: 2.308; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.961; WoS: IG, QE; Avtorji / Authors: Kocijan Aleksandra, Conradi Marjetka, Schön Peter	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	953514 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Raziskave degradacije kovinskih tankoplastnih kondenzatorjev
	ANG	Investigation of performance degradation in metallized film capacitors
Opis	SLO	Raziskali smo metalizirane ZnAl plasti kondenzatorjev v dveh različnih stopnjah proizvodnje da bi pojasnili padanje kapacitivnosti v odvisnosti od časa. Raziskali smo zaprte in odprte kondenzatorje z različno vsebnostjo Al v metalzacijski plasti. Vzualizacija metalizirane plasti je bila narejena z vrstičnim elektronskim mikroskopom, z EDS energijsko disperzijsko spektroskopijo pa smo analizirali kemijsko sestavo, AES pa smo uporabili za analizo površine in za določitev stopnje oksidacije. Ugotovili smo da vlažni zrak povzroča degradacijo metalizirane plasti odprtih kondenzatorjev, posebno tistih z nižjo vsebnostjo Al. Zaprti kondenzatorji so bili izpostavljeni visokemu električnemu polju, kar je tipično za standardno uporabo. Proti pričakovanju smo ugotovili da se je kapacitivnost znižala pri večji vsebnosti Al, zato je bila predlagana kristalografska razlaga.
		Zn-Al metallized film capacitors in two different production stages were investigated to explain the decrease of capacitors performance with time. Unsealed and sealed capacitors with different aluminium content in metallization layer were investigated. Scanning electron microscopy (SEM)

		was used to image the surface of the metallization layers, Energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) was used to determine the chemical composition and Auger electron spectroscopy (AES) was used to determine the chemical composition of the top of the metallization layers as well as to estimate the degree of oxidation. It was found that air humidity degraded the metallization layer of unsealed capacitors, especially at lower Al contents. A crystallographic explanation was proposed.
	Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin
	Objavljeno v	North-Holland; Applied Surface Science; 2013; Vol. 273; str. 465-471; Impact Factor: 2.112; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.172; A'': 1; A': 1; WoS: EI, QG, UB, UK; Avtorji / Authors: Godec Matjaž, Mandrino Djordje, Gaberšček Miran
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1206879 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i> Trije pomembni vidiki za izboljšanje vroče predelovalnosti ledeburitnih jekel
		<i>ANG</i> Three important points that relate to improving the hot workability of ledeburitic tool steels
	Opis	<i>SLO</i> Prikazana je pomembnost izbire pravih procesnih parametrov izdelave ledeburitnega jekla kot npr. Temperature litja, hitrost ohlajanja in temperature globinske peči, ki je potrebna za bistveno izboljšanje vroče predelovalnosti. Rezultati so dobljeni iz industrijske prakse in laboratorijskih raziskav. Ugotovljeno je da nepravilna izbira teh procesnih parametrov povzroči nastanek karbidov, ki običajno niso prisotni v tovrstnih jeklih, predvsem kar se tiče tipa jekla, oblike, frakcije in njih porazdelitev ki povzroča slabšo vročo predelovalnost. Posebno previsoka temperatura litja in prenizka hitrost ohlajanja vodi do dodatnega izločanja karbidov, ki niso običajni v teh jeklih, in do pokanja posebno vzdolž karbidnih nizov in posledično do zmanjšanja vroče predelovalnosti in lastnosti končnih proizvodov. Rezultati kažejo, da z izbiro pravih pogojev obdelave v globinski peči je možno znižati negativne vpliv prejšnjih procesnih parametrov na vročo predelovalnost.
		<i>ANG</i> The importance of selecting the right process parameters for ledeburitic tool steels, i.e., casting temperature, cooling rate, and soaking temperature, which is needed to improve their intrinsic hot workability, is presented. The results were obtained from investigations in industrial practice and in the laboratory. It was found that inappropriate selection of these process parameters results in the occurrence of carbides that are not usually present in these types of steels, in terms of type, shape, fractions, and their distribution that decreases the steels' hot workability. In particular, a casting temperature that is too high and cooling rates that are too low result in the additional precipitation of carbides, which are not common in these steels, leading to cracking, predominately along these carbide stringers and consequently to a deterioration of the hot workability and the properties of the final products. It was also found that by selecting the proper soaking conditions, it is possible to decrease the negative influence of previous processing parameters on the hot workability.
	Šifra	F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Minerals, Metals & Materials Society; ASM International; Metallurgical and materials transactions; 2012; Vol. 43, no. 10; str. 3797-3808; Impact Factor: 1.627; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.8; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Večko Pirtovšek Tatjana, Kugler Goran, Godec Matjaž, Terčelj Milan
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Med najbolj pomembne rezultate programske skupine sodi podiplomsko izobraževanje mladih raziskovalcev na interdisciplinarnem področju Mednarodne podiplomske šole Jožef Stefan, kamor se je vključila programska skupina na iniciativo prof. M. Jenko in sicer v smer Nanoznanosti in nanotehnologije s programom Napredni kovinski materiali. V obdobju trajanja raziskovalnega programa je 7 kandidatov zaključilo podiplomsko izobraževanje in si pridobilo doktorat znanosti, trije pa bodo zagovarjali doktorsko delo do sredine 2014, trije pa so še v prvem oziroma drugem letniku podiplomskega študija.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Temeljne raziskave površin in mejnih površin ter funkcionalizacija površin kovinskih materialov so razjasnile nekatere fizikalno kemijske pojave, ki so ključni za nadaljnje procese kot so rekristalizacija, oksidacija, korozija, oblikovanje nano in mikrostrukture in mikrostrukture, ki odločilno vplivajo na mehanske in fizikalne lastnosti kovinskih materialov. Inovativne modifikacije površin kovinskih materialov, zlitin z oblikovnim spominom in super elastičnostjo bodo omogočile vrsto naprednih aplikacij na področju biomedicinskih pripomočkov, uporabo modificiranih površin za preprečevanje biološkega nalaganja v sladki in morski vodi kot tudi za toplotne izmenjevalce.

Raziskave nastanka koherentnih semikoherentnih in nekoherentnih izločkov v jeklih za nuklearno in termoenergetiko razvoj bodo omogočile razvoj modela za določitev odpornosti materialov na lezenje in deformacijo in preostala uporabna doba posameznih komponent v termo in nuklearnih elektrarnah.

Prav tako je izrednega pomena trodimenzionalno modeliranje mikrostrukture za kar pa je potrebna obsežna baza eksperimentalnih podatkov predvsem teksture, ki jo določimo z EBSD raziskavami površine materialov. Razvili bomo način zasledovanja transformacijskih procesov na površini kovinskih materialov z različnimi analitskimi tehnikami in izdelali 3-D modele mikrostrukture predvsem na podlagi analiz 3D EBSD metode. Raziskave nanostrukturiranih bainitnih jekel bodo omogočile razvoj visokotrdnostnih jekel namenjenih za avtomobilsko industrijo.

Na področju inženiringa površin s toplotno obdelavo in depozicijo večplastnih prevlek na HSLA jekla z difuzijsko vmesno plastjo po postopku PACVD smo pridobili nekatera nova spoznanja v povezavi z dodatnimi kompozitnimi materiali in boljše razumevanje povezave med difuzijo zlitinskih elementov kompozitnega materiala, difuzijo dušika in nastanek nitridov.

ANG

The fundamental research of surfaces and grain boundaries and the modification of the surfaces of metallic materials enabled the better understanding of some physical and chemical aspects which are crucial for the processes on the surfaces, such as recrystallization, oxidation, corrosion, formation of nano and microstructures. They all have the crucial influence on mechanical and physical properties of metallic materials.

Advanced modifications of the metallic material surfaces, alloys with shape memory effect and the super elasticity enable to develop the advanced applications to the field of biomedical appliances. The modified surfaces preventing biofouling in sea and fresh water as well as for heat exchangers. The research of coherent, semicoherent and noncoherent steel precipitates for steels used at the nuclear and steam power plants enabled to form the model for the determination of creep resistance of materials predicting lifetime of the used components.

The extreme importance is given to the three dimensional modelling of microstructure of metallic materials for which the large database of experimental data is needed. The observation of transformation processes on the material surfaces using different techniques was studied.

The research of nanostructured bainitic steels enabled the optimization of high strength steels used for the automotive industry. On the field of the surface engineering using the heat treatment and the deposition of HSLA coatings on the steels with the diffusion interlayer formed by the PACVD technique the new findings regarding the composite materials was enabled as well as the better understanding of the correlation between the diffusion of alloy elements of the composite material, the diffusion of nitrogen and the emergence of nitrides.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni program Fizika in kemija površin kovinskih materialov je za Slovenijo izrednega pomena, inženiring procesov površinah in na mejah zrn in modifikacija površin omogočajo izdelavo naprednih kovinskih materialov s ciljnimi, načrtovanimi lastnostmi.

Rezultati raziskav drugih dveh področij in aplikacija v slovensko industrijo jeklarstvo, proizvodnja in predelava aluminija in aluminijevih zlitin, orodjarstvo ter v energetiko bodo doprinesli k povečanju dodane vrednosti, povečanju števila delovnih mest. Slovensko orodjarstvo si lahko obeta kakovostno vakuumsko toplotno obdelana orodja ter orodja katerih površine bodo zaščitene s trdimi večplastnimi prevlekami, izdelanimi s plazemskimi tehnologijami PACVD, kar bo zagotovilo daljšo dobo trajanja in obrabno odporne prevleke površin ter omogočilo nanos teh plasti na večja orodja.

ANG

The research program Surface physics and chemistry of metallic materials has a very significant impact on the technical development of Republic Slovenia. The engineering of processes on the surface and grain boundaries of metallic material as well as the modification of the surfaces enabled us the development of the advanced metallic materials having the tailored and programmed physical and chemical properties.

The results of other research fields and their application to the Slovenian steel and aluminium industry as well as into the tool making and energy production facilities will raise the added values and open the new demands to employ the highly skilled and educated people.

The Slovenian tool making industry will significantly benefit through the improved technologies of vacuum heat treatment providing the tool products with better multilayer hard coatings. The plasma PACVD technology will also enable the longer life times for tools with the surface treated materials. One of the aims is also to develop the large scale hard coatings to use at large tools, which poses a significant technological challenge.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2013¹¹**10.1. Diplome¹²**

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
25126	Črtomir Donik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25498	Barbara Šetina Batič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28660	Irena Paulin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32177	Borut Žužek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32862	Arsim Bytyqi	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26490	Ažbe Križaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21339	Gorazd Jutriša	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
21339	Gorazd Jutriša	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
32862	Arsim Bytyqi	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	F - Drugo	
26490	Ažbe Križaj	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28660	Irena Paulin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

- A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi
- B** - gospodarstvo
- C** - javna uprava
- D** - družbene dejavnosti
- E** - tujina
- F** - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, doktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Lore Thijs	D - doktorand iz tujine	1	
0	Sanja Šolič	D - doktorand iz tujine	8	
0	Walter Tuckart	B - uveljavljeni	2	
0	Alfredo Juan	B - uveljavljeni	1	
0	Christian Teichert	B - uveljavljeni	1	
0	Wolfgang Werner	B - uveljavljeni	1	
0	John T. Grant	B - uveljavljeni	3	
0	David Nolan	B - uveljavljeni	2	
0	German Prieto	C - študent - doktorand	3	
0	Manfred Leisch	B - uveljavljeni	1	
0	Stue Hogmark	B - uveljavljeni	1	
0	Per Hansson	A -	1	
0	Lisa Ell Maier	C - študent - doktorand	2	
0	Sandra Alvarez	C - študent - doktorand	2	
0	Juana Gervassoni	B - uveljavljeni	1	
0	Leo Janka	C - študent - doktorand	2	
0	Maria Lionenko	C - študent - doktorand	2	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent – doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

FP – AMBIO – Monika Jenko: Napredno nanostrukturirane površine za kontroliranje biološkega nalaganja, 1.3.2005 do 1.3.2010

-BI-IT/0508032: Monika Jenko: Izdelava funkcionalnih nanomaterialov s pomočjo ionskega snopa;

-EUREKA E! 4092, akronim MICROST, D.A. Skobir: Mikrolegirna jekla z optimiziranimi mehanskimi lastnostmi.

-BI-SK/0809011, 1.10.2008 do 31.12.2009: M. Jenko: Ternerni sistem FeBC modeliranje in toplotna krhkost prispevek k raziskavi CrMo jekel;

-BI- HR/0910042: V. Leskovšek: Vpliv substrata in prevlek na vzdržljivost orodij, 1.1.2009 do 31.12.2010

-BI- AR/0911003, SLO Argentina, 2009 – 2011: M. Jenko: Izdelava nanostruktur in facetiranja z ionskim snopom; 1.1.2009 do 31.12.2011

BI- AR/0911003, SLO Argentina, 2012 – 2014: M. Jenko: Izdelava nanostruktur in facetiranja z ionskim snopom; 1.1.2012 do 31.12.2014

-CEA: B. Šuštaršič: Termična degradacija kovinskih materialov za nuklearne elektrarne in povečanje njihove dobe trajanja., 1.10.2008 do 30.9.2010

-BI AT/0910010: B. Šuštaršič: Uporaba koncepta lokalnega napetostnega gradienta za napoved dobe trajanja vzmetnega jekla; 1.1.2009 do 31.12.2010

-BI BA/1011024, J. V. Tuma: Razvoj tehnoloških postopkov varjenja jeklenih pločevin različnih debelin z robotom, 2010 – 2011

BI BIH/ M.Godec:?????

-CEA: Monika Jenko: Modeliranje mikrostrukturnih sprememb in mehanskih lastnosti CrNi nerjavnih jekel med izotermnim žarjenjem; 1.10.2010 – 30.09.2012

-EUREKA: M. Jenko: Interakcija med titanovo zlitino in celicami na kontaktni površini implantata s kostjo; 1.5.2010 do 30.4.2013

-V letu 2011 je potekalo mednarodno sodelovanje z UC Berkeley, kjer se je dr. Tadej Kokalj usposabljal 8 mesecev v okviru Fulbrightove štipendije.

-Mednarodno sodelovanje je potekalo tudi z Univerzo del SUR Bahia Blanca iz Argentine, in Katoliško Univerzo v Leuven, kjer sta se usposabljala dr. Marjetka Conradi in dr. Tadej Kokalj.

-V letu 2012 je potekalo mednarodno sodelovanje s KU Leuven, v okviru bilateralnega projekta (vodja Monika Jenko) so se usposabljali M. Conradi, D. Jenko in M. Jenko. Na IMT pa se je 1 mesec usposabljala mlada raziskovalka Lore Thijs.

-2011, 2012: Mednarodno sodelovanje je potekalo tudi z Univerzo

Nacional del SUR Bahia Blanca iz Argentine v okviru bilateralnega projekta. Vodja Monika Jenko.
-Podpisan je bil sporazum o sodelovanju in usposabljanju podiplomskih študentov in podoktorjev med UNS Bahia Blanca MPS Ljubljana in IMT Ljubljana.
-V letu 2012 je bil Vojteh Leskovšek v okviru sporazuma med University of Sao Paulo (USP) Brazilija – IMT– MPŠ, s strani USP povabljen kot gostujoči profesor v času od 05.08.2012 do 05.09.2012. - Prof. -Lauralice Canale je v okviru tega sporazuma obiskala IMT kjer je predstavila seminar s področja toplotne obdelave.
-Mednarodno sodelovanje intenzivno poteka z Univerzo Montan Leoben Avstrija z Inštitutom za fiziko, ki ga vodi prof. Christian Teichert. V letu 2013 je potekalo sodelovanje z Balseiro Institute, Bariloche Argentina Juana Gervasoni je bila 1 mesec na IMT Ljubljana v okviru BI Argentina Slovenija.
Monika Jenko je bila 3 mesece na MTM KUL Univerza v Leuvnu Belgija Mednarodno sodelovanje z Univerzo Lomonosov s skupino prof. Serguei Savilov in M.Godec

14.Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

V. Leskovšek in sodelavci: Vpliv izcejanja na lomno žilavost vzmetnega jekla 51CrMoV4.

Naročnik: **Štore Steel d.o.o., pog. št. RP 2009/2011** Štore Steel-IMT, čas trajanja projekta do **31.12.2011**

M.Jenko: projekt InoProAl, Naročnik: Impol, d.d., pog.št.:06 – RIP09, čas trajanja projekta 01.02.2010 do 06.05.2011

2011

I M.Godec: Uporaba ogljikovih nanomaterialov v vzmetnem jeklu. Pog.št.: **RP 1/2011Štore Steel**, 30.06.2011-01.07.2013, 36.000,00 brez DDV

V. Leskovšek in sodelavci: Izdelava diagramov popuščenja za jeklo RAVNEX (prvi del). Naročnik Metal Ravne d.o.o., pogodba št. **RP 01/2009** Metal Ravne – IMT, trajanje projekta do 31.05.2010, se podaljša do 30.04.2012, pogodba podpisana 27.05.2009 + **Aneks št.2 k pogodbi 1/2009**

M.Godec; **RC Simit; Pogodba o izvedbi RR storitev 31-05-1606/2011**, prvi del 01.07.2011-30.06.2012, drugi del 01.07.2012-30.06.2013, cena: 105.000,000 brez DDV

2012

V.Leskovšek; **Štore Steel d.o.o.; Pogodba št. PS/01/2012 Štore Steel – IMT**, Razvoj super-čiste martenzitno-bainitne dupleks zlitine z ultra-visoko trdnostjo odporno proti utrujanju, 05.01.2012-31.12.2012, cena: 98.001,00 brez DDV

2013

V M.Godec; **Magneti d.d.**; Pogodba št. 1/2013, Izboljšanje mehanskih lastnosti trdih magnetov na osnovi redkih zemelj 06.02.2013-31.03.2014, cena: 50.000,00 brez DDV

M.Godec: **Metal Ravne d.o.o;** Pogodba št. 1/2013 z izvedbo raziskave vpliv primarne in sekundarne obdelave na čistost nerjavnih jekel 01.02.2013-

31.01.2014, 60.000 brez DDV+ Aneks št.1

V.Leskovšek: **TPV d.o.o. (Vavčer)**; Pogodba št. PS 5/2013 za izvedbo raziskave »Tehnologičnost HSS jekel in zlitin aluminija« 14.05.2013-31.05.2015, cena: 75.000,00 brez DDV

M.Godec: **Metal Ravne d.o.o.**; Pogodba o poslovnem sodelovanju za izvedbo projekta »Razvoj in izdelava super čistih jekel z vrhunskimi lastnostmi za najzahtevnejše aplikacije« 13.06.2013-29.08.2014, min 176.121,90 EUR brez DDV

M.Godec: **Noži ravne d.o.o.**; Pogodba o poslovnem sodelovanju za izvedbo projekta »Razvoj visoko obstojnih nožev za rezanje debelo valjane pločevine« 13.06.2013-31.08.2014, 68.621,13 EUR brez DDV

M.Godec: **COBIK**; Pogodba COBIK-IMT št. 1/2013 do 30.09.2013, 35.821,20 EUR brez DDV

R.Celin: **Elektroinštitut Milan Vidmar**; Izdelava naloge z naslovom Strokovna ocena remontnih del, posegov in preskusov med zaustavitvijo NEK in menjavo goriva med remontom 2013, cena: 26.950,00 brez DDV + ANEKS št.2 znesek 2.600,00

M.Godec: **Metal Ravne**; pogodba PS7/2013 METAL RAVNE –IMT; Študij procesov med elektro pretaljevanjem pod žlindro v zaščitni atmosferi; 60.000 EUR; 25.11.2013

M.Godec: **Hidria Rotomatika (Vavčer)**; Pogodba št. 001/19022013 za izvedbo raziskave inženiring aktivnih elementov precizno štancanih orodij; 73.084 EUR brez DDV; od 6.3.2013-31.12.2014

M.Godec: **Impol**; Pogodba št. 1/2013; »Razvoj elektromagnetnega polkontinuirnega ulivanja«; 136.000 EUR; 15.02.2013-13.07.2014

M.Godec: **Impol**; Pogodba št. 9/2013; »Povezava matematičnega modela ogrevanja kolobarjev z industrijskim informacijskim sistemom«; 20.000 EUR; 13.12.2013-13.04.2014

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)⁴⁷

SLO

Rezultati usmerjenih temeljnih raziskav v okviru raziskovalnega programa omogočajo njihovo uporabo pri nadaljnjem znanstvenem delu, prav tako pa so zaradi svoje inovativnosti uporabni na specifičnih področjih za izboljšanje obstoječih tehnologij. Rezultati doseženi v sklopu tematike I Inženirstvo mejnih površin in nanostructure omogočajo boljše razumevanje procesov zaviranja mikrobiološke adhezije in mikrobiološko inducirane korozije. Razvili smo nove okolju prijazne tehnološke rešitve z namenom uravnovežiti družbene cilje glede varnosti, zdravja in ekologije z industrijsko konkurenčnostjo ob zmanjšanju uporabe toksičnih in dragih kemikalij. Prav tako so rezultati raziskav doprinesli k razumevanju mehanizmov kinetike odstranjevanja visokotemperaturnih oksidov na površini nerjavnih jekel, kar je bilo uspešno aplicirano v slovensko jeklarsko industrijo. Raziskave segregacije nečistot pri neorientiranih elektropločevinah so pokazale, da morajo proizvajalci kontrolirati nečistoče v vložku Poleg mikrostrukture na magnetne lastnosti elektro pločevine vpliva tudi nanostruktura (nanoprecipitati). Prisotnost nanoprecipitativ negativno vpliva na vrednosti magnetne polarizacije letih, predvsem v območju nizkih in srednjih vrednosti jakosti zunanega magnetnega polja.

V sklopu II Korelacija med procesi v trdnih zlitinah in površinah in njihovimi mehanskimi in fizikalnimi lastnostmi, smo raziskovali mehanizme staranja materialov za termo

elektrarne in s tem doprinesli večji varnosti delovanja letih.

Doseženi rezultati tematike III Tehnika površin in aplikacija v slovensko orodjarstvo omogočajo boljše razumevanje problema, ki ga predstavlja kombinacija orodnega jekla, modificiranja in nanosa trde eno ali večplastne prevleke bodisi po postopku PVD ali PACVD. Dobljeni rezultati nam že v tej fazi raziskave omogočajo pravilno načrtovanje orodij in vodenja procesov na realnih orodjih za preoblikovanje AHSS in vročega kovanja mikrolegiranih jekel za avtomobilsko industrijo. Začeli smo z raziskavami nanosa večplastnih trdih prevlek TiB₂/TiN po postopku PACVD, na vakuumsko toplotno obdelana in nitrirana kovaška orodja za kovanje mikrolegiranih jekel, ki so izdelana iz EPŽ jekla z nizkim Si. Preliminarni rezultati v praksi so zelo obetavni, saj so v Uniorju Kovaški industriji Zreče s takimi orodji povečali število izkovkov od povprečno 20.000 na več kot 50.000. Izdelani so diagrami popuščanja (temperatura popuščanja trdota HRc lomna žilavost) za različne temperature avstenitizacije, ki nam za specifično orodno jeklo in specifično aplikacijo omogočajo izbrati postopek vakuumske toplotne obdelave tako, da dobimo najboljše razmerje med lomno žilavostjo in trdoto (K_{Ic}/HRc).

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	1.000.000,00 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Možnost obstaja na področju sinteze mehkomagnetnih prahov, ki bi jih izdelovali z vodno in plinsko atomizacijo in jim s postopki nanostrukturiranja površine spreminjali funkcionalnost površine in tako izdelali SMC materiale, katerih aplikacija je v avtomobilski in drugi transportni industriji. Podjetje bi imelo prostore v okviru sedanjih prostorov IMT, kjer je postavljena oprema za atomizacijo in je na razpolago že večina infrastrukture. Od opreme bi potrebovali dodatno še plinski atomizer in separator.

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

[COBISS.SI-ID 953514]
 Raziskava slabšanja lastnosti folijskih kondenzatorjev
 Študirali smo folijske kondenzatorje z metalizacijsko folijo iz zlitine Zn-Al v dveh različnih stopnjah proizvodnje, da bi razložili znižanje zmogljivosti kondenzatorja s časom. Za vizualizacijo površine plasti smo uporabili SEM in EDS za določanje kemijske sestave, AES pa za določanje kemijske sestave površine metalizacijske plasti. Ugotovili smo, da zračna vlaga degradira metalizacijsko plast nezaprtih kondenzatorjev posebno pri nizkih vsebnostih Al. Zaprte kondenzatorje smo izpostavili visokim jakostim električnega polja, tipičnim za redno rabo. Ugotovili, smo, da visoke vsebnosti Al poslabšajo delovanje kondenzatorja. Predlagali smo kristalografsko razlago.

GODEC, Matjaž, MANDRINO, Djordje, GABERŠČEK, Miran. Applied Surface Science, ISSN 0169-4332. [Print ed.], May 2013, vol. 273, str. 465-471.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Inštitut za kovinske materiale in
tehnologije

Monika Jenko

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	11.4.2014
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/13

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2014 v1.00a

E0-89-33-BA-FF-06-2D-A1-4C-DE-F1-EA-3E-EE-2B-1C-AB-14-79-7C

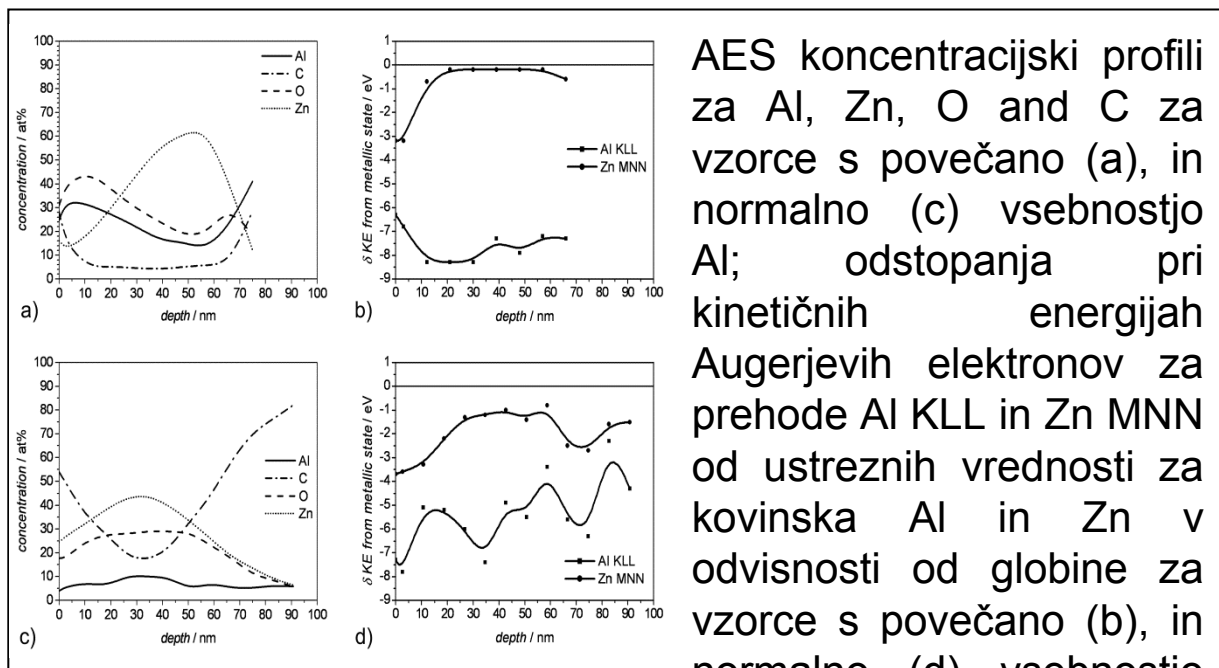
Priloga 1

VEDA tehniške vede

Področje: 2.4 tehniške vede / kovinski materiali

Dosežek: Investigation of performance degradation in metallized film capacitors

Vir: GODEC, Matjaž, MANDRINO, Djordje, GABERŠČEK, Miran. *Applied Surface Science*, ISSN 0169-4332. [Print ed.], May 2013, vol. 273, str. 465-471. [COBISS.SI-ID 953514]



AES koncentracijski profili za Al, Zn, O and C za vzorce s povečano (a), in normalno (c) vsebnostjo Al; odstopanja pri kinetičnih energijah Augerjevih elektronov za prehode Al KLL in Zn MNN od ustreznih vrednosti za kovinska Al in Zn v odvisnosti od globine za vzorce s povečano (b), in normalno (d) vsebnostjo Al.

Raziskavo smo začeli v sodelovanju s partnerjem iz industrije, proizvajalcem kondenzatorjev iz metalizirane kovinske folije. Študirali smo folijske kondenzatorje z metalizacijsko folijo iz zlitine Zn-Al v dveh različnih stopnjah proizvodnje, da bi razložili znižanje zmogljivosti kondenzatorja s časom. Primerjali smo nezaprte in zaprte kondenzatorje z različnimi vsebnostmi Al v metalizacijskih plasteh. Za upodabljanje površine teh plasti smo uporabili vrstično elektronsko mikroskopijo (SEM), energijsko razpršno spektroskopijo rentgenskih žarkov (EDS) smo uporabili za določanje kemijske sestave, spektroskopijo Augerjevih elektronov pa za določanje kemijske sestave vrha metalizacijske plasti kakor tudi za ocenjevanje njene oksidiranosti. Ugotovili smo, da zračna vlaga degradira metalizacijsko plast nezaprlih kondenzatorjev, še posebej pri nizkih vsebnostih Al. Zaprte kondenzatorje smo izpostavili visokim jakostim električnega polja, tipičnim za redno rabo. Ugotovili smo, nekoliko nepričakovano, da visoke vsebnosti Al poslabšajo delovanje kondenzatorja. Predlagali smo kristalografsko razlago.