

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2013/40



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0050
Naslov programa	Kovinski materiali in tehnologije
Vodja programa	15269 Bojan Podgornik
Obseg raziskovalnih ur	21420
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2012
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	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.05
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

3. Povzetek raziskovalnega programa²

SLO

V svetu so in bodo kovinski materiali pretežno uporabljani materiali, ki pri nas direktno ali indirektno predstavljajo pomemben delež realizacije in izvoza. Zaradi ekonomskih, energijskih in ekoloških razlogov lahko samo z novimi osnovnimi znanji in spoznavanji povezanih fizikalno-kemičnih dogajanj: kemična sestava, talina, strjevanje, termomehanska predelava, toplotna obdelava, toplotna tehnika, modeliranje in procesiranje, razvijamo boljše ter cenejše materiale in tehnologije. Program je usmerjen v temeljne in aplikativne raziskave na področju kovinskih materialov, ki zajemajo:

- Študij nerjavnih jekel s povišanim dušikom. Le-ta temelji na razvoju lastnega računalniško podprtega termodinamičnega modela GPRO, ki je uporaben tudi za študij kompleksnih reakcij v plinskem stanju ter večkomponentnih sistemih žlinder.

- Uvajanje novih pristopov iz teorije sistemov za modeliranje in simulacijo ogrevnih procesov s

ciljem zagotoviti boljši nadzor nad procesi ogrevanja, zmanjšanje porabe energije in emisije toplogrednih plinov ter izboljšanje kvalitete ogrevanja materiala.

- Kompleksni nitridi intermetalnih zlitin na osnovi aluminija, niklja, titana in železa so obetajoči materiali za utrjevanje površin, kar kaže na možnost nove uporabe v agresivnih okoljih.
- Raziskave ternarnega sistema Cu-Pd-Zn in razširitev na študij kvaternernega sistema Ag-Cu-Pd-Zn. Namen je s termodinamiko in kinetiko preveriti in izdelati izotermna preseka pri 700°C in 350°C pri konstantni koncentraciji cinka, ter določili vpliv cinka na stabilnost in sestavo intermetalne faze CuPd pri temperaturah nad 600°C.
- S študijem vpliva dejavnikov na litine železa s posebnimi lastnostmi bo določen vpliv koncentracije elementov (C, Si, Mn, Cr, Ni, W) na temperature premen v trdnem stanju in fizikalno-kemijske lastnosti novih zlitin. Raziskava bo zajemala tudi študij termodinamike in kinetike izločevalnega in disperzijskega utrjevanja zlitin in kompozitov.
- Študij dogajanj med vakuumskim sintranjem kompozitnih orodnih, nejavnih in hitroreznih jekel z dodatkom trdih in mehkih faz in nadgradnja računalniško podprtega sistema za kvazistatično in dinamično kompaktiranje kovinskih prahov bo omogočil nove vrste kvalitetnejših atomiziranih prahov in natančen vpogled v osnove dogajanj med zgoščevanjem.
- Študij izdelave masivnega kovinska stekla zlitin tipa Fe-P-B-Si in Fe-(Al,Ga)-P-B-(C)-Si, ki imajo mehkomagnetne lastnosti.
- Študij vpliva struktur in sekundarnih faz na uporabnost standardnih postopkov za oceno lomno-mehanskih lastnosti materialov, intermetalnih spojin ter drugih krhkih ali duktilnih materialov.
- Študij dejavnikov in razvoj postopkov za oceno strukturne integritete ter določanja preostale življenjske dobe modernih kovinskih materialov. Cilj je predlog novih temperaturno obstojnejših materialov za termoenergetiko.
- Razvoj tehnologije za recikliranje odpadkov in njihova pretvorba v sekundarno surovino. Cilj je ekotehnološka optimizacija in recikliranje.

ANG

In the world metallic materials remain among the most important materials for structures and other equipment, which directly or indirectly represent an important share of total production and export. Due to economic, energetic and ecological reasons, cheaper and better materials and technologies can only be developed by the application of new basic knowledge connected with the study of physical-chemical effects: i.e. chemical composition, melt, solidification, thermo-mechanical working, heat treatment, heat engineering, modelling and processing. Program is oriented into basic and applied research in the field of metallic materials, including:

- Study of stainless steel with an increased content of nitrogen based on the development of our own computer-assisted thermodynamic model, which is also applicable for the study of complex reactions in the gas state and study of multicomponent systems of slags.
- Introduction of new approaches based on the theory of systems for modeling and simulation of heating processes. The aim is better control and optimization of the reheating process, the reduction of energy consumption and emissions of greenhouse gases as well as improved quality of the reheated material.
- Complex nitrides of intermetallic alloys based on aluminum, nickel, titanium and iron are promising materials for the hardening of surfaces and for new applications in aggressive environments.
- Research of the ternary system Cu-Pd-Zn extended into the quaternary system Ag-Cu-Pd-Zn. Using thermodynamics and kinetics the isothermal sections at 700°C and 350°C are investigated for a constant concentration of zinc, and the influence of zinc on the stability and composition of the intermetallic phase CuPd above 600°C determined.
- Design and thermodynamics of Fe-X-Y systems. With the study of the influencing factors in iron alloys with special properties will enable understanding the influence of elements concentration (C, Si, Mn, Cr, Ni, and W) on the solid state transition temperature and the physical-chemical properties of new alloys.
- Study of processes during the vacuum sintering of composite tool steels, stainless steel and high-speed steels with the addition of hard and soft phases as well as the upgrade of a computer-assisted system for quasi-static and dynamic compacting of metallic powders.
- Research on soft-magnetic materials with low power losses, and manufacturing study of the massive metallic glasses of Fe-P-B-Si and Fe-(Al,Ga)-P-B-(C)-Si type, with soft magnetic properties.
- Study of structure and secondary phases influence on the usability of standard procedures for the evaluation of the fracture-mechanical properties of materials, intermetallics and other brittle and ductile materials.
- Study of the influencing factors and development of methods for the evaluation of structure integrity and remaining lifetime of modern metallic materials.
- Development of technologies for waste recycling and transformation into scrap, aimed at eco-technological optimization and recycling.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu³

SLO

Za znanost so pomembne ugotovitve s področja dogajanj v kovinskih materialih na makro, mikro in nano nivoju. Razvoj mikrostrukture materiala je odvisen od načina sinteze in od procesnih parametrov, to je od taljenja, strjevanja, načina ogrevanja pred vročim preoblikovanjem, toplotne obdelave in površinske obdelave. S spreminjanjem procesnih parametrov je mogoče načrtno vplivati na izoblikovanje mikrostrukture na makro, mikro in nanonivoju, s tem pa tudi vplivati na lastnosti kovinskih materialov.

Raziskovalne vsebine programa predstavljajo usmerjene temeljne raziskave dogajanj v kovinskem matriksu, odvisnih od termodinamike in kinetike procesov pri sintezi in preoblikovanju ter njihov vpliv na osnovne in inženirske lastnosti kovinskih materialov.

Raziskovalni rezultati usmerjenih temeljnih raziskav pomenijo nova znanstvena spoznanja, pomembna za razvoj znanosti, hkrati pa omogočajo, s sodelovanjem raziskovalcev iz podjetij, vgraditev novih spoznanj v tehnologijo procesov in s tem omogočiti tudi njihovo praktično uporabo. Na ta način dosegamo sinergijo med usmerjenimi temeljnimi raziskavami in potrebami podjetij, ter tako omogočamo nadaljnjo rast znanja in razvoj podjetij. Izboljšane lastnosti proizvodov, ki so plod sodelovanja med znanostjo in industrijo, omogočajo podjetjem boljši položaj na trgu, povečanje konkurenčnosti podjetij in doseganje boljše dodane vrednosti proizvodov ali storitev.

V okviru interdisciplinarne raziskave vpliva nano vlaken volframovega oksida na epitelne celice prebavnega sistema je bila za kontrolo prvič uporabljena metoda SEM, ki je odkrila značilnosti interakcije nano vlaken s steno epitelnih celic. Ugotovljeno je bilo, da gre večina vlaken skozi prebavni sistem, nekatera vlakna se zapičijo med kontrakcijo v steno epitelne celice in se odlomijo med naslednjo kontrakcijo.

Razvoj matematičnega modela ogrevanja je osnova za vodenje procesa žarjenja na različnih ogrevnih pečeh. Določene so bile najboljše aglomeracijske funkcije za zasledovanje končne temperature slaba in za zasledovanje celotne krivulje ogrevanja tudi v primeru zastojev med ogrevanjem. Z metodo končnih diferenc je bila izračunana temperatura v notranjosti kolobarja, konvekcija pa je bila upoštevana kot prevladujoč mehanizem prenosa toplote. Na podlagi teoretičnih ugotovitev se izvajajo preskusi v realnih razmerah, kar omogoča postavitev strategije vodenja procesa s pomočjo programa, ki deluje na industrijskem PC ju.

Obnovljen 500 kN stroj Instron za statične preskuse in novi 250 kN stroj Instron za dinamične preskuse, omogočata raziskave lastnosti kovinskih materialov, tudi pri povišanih temperaturah. Nova oprema je pomembna tudi na nacionalnem nivoju.

Pri elektro pločevinah smo ugotovili, da drobni izločki, reda velikosti nekaj nanometrov, vplivajo na rekristalizacijske procese, poleg tega pa v območju nizkih in srednjih jakosti zunanega magnetnega polja prisotnost nanoprecipitatom ovira gibanje magnetnih domen, kar negativno vpliva na vrednosti magnetne polarizacije elektro pločevine z mehkomagnetnimi lastnostmi. Rezultate koristi Acroni d.o.o. Jesenice.

Inštrumentacija eksperimentalnega valjavskega ogrodja Schmitz omogoča merjenje preoblikovalnih sil in poglobljen študij ponašanja superavstenitnih nerjavnih jekel med vročim preoblikovanjem. Meritve sil in metalografija omogočata optimizacijo preoblikovalnega intervala ter opredelitev temperaturnega intervala pojavljanja intermetalnih faz, ki zmanjšujejo preoblikovalnost te vrste jekel. Tako znanje in podatki so pomembni za proizvajalce jekel.

Odvisnost med lomno žilavostjo in trajno dinamično trdnostjo jekla predstavlja raziskovalni izziv in je še dokaj neraziskana tudi v svetovnem merilu. Uspelo nam je razviti ustrezno metodo na cilindričnih preiskušancih z V zarezo, ki omogoča povezavo med statičnimi in dinamičnimi lastnostmi vzmetnega jekla. Prvič smo uspeli pokazati kako mikrostruktura (usmerjenost in morfologija izcej, vrsta toplotne obdelave) vpliva na trajno dinamično trdnost vzmetnega jekla. Pokazali smo tudi, kako izbrani robni pogoji (način vpetja, vrsta obremenitve) FEM simulacije vplivajo na realno obnašanje in dobo trajanja vzmeti. Rezultate koristi Štore Steel, ki je postalo eden največjih proizvajalcev jekel za vzmeti v Evropi.

Pri raziskavah brizganja kovinskih prašnatih materialov (MIM) na osnovi FeNiMo atomiziranih prahov je bila uporabljena metoda genetskih algoritmov za določitev koeficientov matematičnega modela, ki se uporablja v programski opremi za numerične simulacije polnjenja orodne votline. S spreminjanjem sestave prašnih mešanic je mogoče enostavno spreminjati magnetne lastnosti, glede na namen uporabe (senzorji, aktuatorji, motorji).

Dodatna prednost je tudi v tem, da ni potrebno naknadno visokotemperaturno vakuumsko žarjenje za odpravo napetosti zaradi hladne deformacije (kot na primer pri štancanju) komercialnih materialov. MIM tehnologija je primerna za velikoserijsko izdelavo majhnih, kompleksnih izdelkov visoke natančnosti. Rezultate koristita ETI Izlake in Iskra Mehanizmi.

Študij staranja dvofaznih (avstenitnoferitnih) nerjavnih jeklenih litin na osnovi CrNiMo, ki se uporabljajo za konstrukcijske elemente v nuklearnih elektrarnah, je potrdili predpostavko, da je sprememba mehanskih lastnosti (predvsem žilavosti) posledica spinodalne premene v

materialu. Osvojena je tehnika priprave vzorcev za HR TEM, ki omogoča analize faz na nano nivoju in detekcijo linijskih in ploskovnih defektov v nanocelični strukturi. Razložili smo potek faznih sprememb med staranjem te vrste litin na submikronskem nivoju. Rezultati so pokazali kinetiko spinodalne premene s časom in temperaturo staranja materiala. Nova EBSD kamera pa omogoča napredno analizo faz in teksture starih materialov. Rezultati so koristni za proizvajalce litih komponent za nuklearne elektrarne.

V obdobju trajanja programa so bile iz tematike programa uspešno zagovarjane tri doktorske disertacije.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

SLO

Program je bil uspešno realiziran v predvidenem obsegu.

Usmerjene temeljne raziskovalne vsebine programa so posegale na področja sinteze kovinskih materialov, dogajanj v materialih, razvoj njihove nano in mikro strukture, mehanska karakterizacija ter modeliranje procesa prenosa toplote in procesa ogrevanja za vročo predelavo.

Pridobljena nova temeljna znanja s področja termodinamike in kinetike metalurških procesov v staljenem in trdnem stanju, na makro, mikro in nano nivoju, so tudi mednarodno primerljiva in omogočajo intenziviranje znanstvenih objav.

Na podlagi ocene mikrostrukturnih značilnosti ter korozijskih preskusov tankih plasti in situ nastalega aluminida so bile opredeljene možnosti za aplikacijo v realnih pogojih.

Preskušali smo preoblikovalnost nerjavnega avstenitnega jekla pri ekstremno nizkih temperaturah. Vzorci so bili s temperaturo tekočega dušika preoblikovani z valjanjem trakov ali vlečenjem palic. Namen preiskave je bil doseči, za senzorske namene, čim večji delež deformacijsko inducirane martenzite, ki predstavlja magnetno fazo v nemagnetni avstenitni osnovi. Prisotnost nanoprecipitov v mehkomagnetnih materialih, v območju nizkih in srednjih vrednosti jakosti zunanjega magnetnega polja, negativno vpliva na vrednosti magnetne polarizacije elektropločevin.

Pojav staranja dvofaznih (austenitnoferitnih) nerjavnih jeklenih litin na osnovi CrNiMo vpliva na mehanske lastnosti materialov. Prisotnost ferita v teh litinah povzroča njihovo krhkost, hkrati pa je prisotnost ferita zaželena, ker povečuje omočljivost (dobra livnost, polnjenje meddendritnih prostorov med strjevanjem, manj lunckerjev, regularno strjevanje v dvofaznem področju) ter izboljša mehanske lastnosti, izboljša odpornost proti koroziji in preprečuje pokanje v vročem med varjenjem. Ključno vprašanje pa je kolikšna je še dopustna vsebnost. Delta ferit nastane in je stabilen pri visoki temperaturi kot nestabilna faza. Zaradi neravnotežnega strjevanja se ohrani do sobne temperature. Ker je nestabilen razpada z difuzijo, če so za to dani ustrezni pogoji.

Pojav interkristalnega preloma kaže na močno poslabšano kohezivno trdnost oz. vez na meji med feritom in austenitom zaradi spinodalnega razpada ferita v dve podstrukturi na nano nivoju. Posledica je prehod iz jamičastega duktilnega v popolnoma krhki cepilni lom. Raziskave s TEM/EDS in tomografijo (3DAP) kažejo, da gre za nano celice faze alfa, ki je bogata na Fe in alfa', ki je bogata na Cr (nad 90 mas. %).

V okviru interdisciplinarnih aktivnosti podiplomskega študija smo izvršili raziskavo vpliva prisotnosti nano vlaken v hrani na epitelne celice prebavnega sistema poskusne živali Porcellio Scaber. Za raziskavo je bil namesto histološkega pregleda tankih rezin, prvič uporabljen vrstični elektronski mikroskop, zato smo za postopek pripravili patentno prijavo.

V letu 2010 sta bili uspešno zagovarjani dve doktorski disertaciji, v letih 2011 in 2012 pa po ena.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine⁵

V času trajanja programa ni prišlo do sprememb raziskovalnega programa, v zadnjem letu pa ne do sprememb sestave programske skupine.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	1200991	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Tlačno litje in novo rheolitje

		ANG	Die casting and new rheocasting
Opis		SLO	Najnovejši razvoj postopka rheolitja temelji na visokotlačnem litju v kovinsko kokilo (HPDC). Material v testastem (napol strjenem) stanju se z velikim tlakom potisne v votlino orodja. To omogoča hitrejše strjevanje in boljšo produktivnost. Zaradi ozkega temperaturnega okna, optimiranje novega postopka rheolitja zahteva natančno kontrolo parametrov procesa. Predstavljen je razvoj mikrostrukture surovca v testastem stanju in v končnem ulitku, pregled odkritih napak v ulitkih izdelanih z novim postopkom rheolitja, kot tudi simulacija tlačno ulitih (HPDC) ulitkov iz Al-Si9Cu3 zlitine, ulite v orodje iz H13 orodnega jekla. Predstavljena je primerjava med simulirano in eksperimentalno določeno poroznostjo.
		ANG	The latest development of rheocasting process is based on the principles of HPDC. The material in semi-solid state is pressed into the tool cavity. That enables faster solidification and better productivity. Due the narrow temperature window the optimization of the new rheocasting process demands precise control of process parameters. Presented is development of the microstructure of the semi-solid slurry and the rheocast Component, an overview of observed defects in components produced by new rheocasting process as well as results of simulation of the HPDC of Al-Si9Cu3 casting in the H13 steel die. A comparison between the simulated porosity and experimental determined porosity is presented.
Objavljeno v	InTech; Recent researches in metallurgical engineering; 2012; Str. 143-160; Avtorji / Authors: Torkar Matjaž, Mrvar Primož, Medved Jože, Petrič Mitja, Taljat Boštjan, Godec Matjaž		
Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji		
2.	COBISS ID	11388699	Vir: COBISS.SI
Naslov		SLO	Vpliv postopka izdelave na polje zaostalih napetosti v dvoplastnih valjih za vroče valjanje pločevine
		ANG	Effect of different production phases on residual stress field in double-layer cast rolls
Opis		SLO	Rezultati raziskave so pokazali, da ima vsaka faza izdelave dvoplastnih valjev pomemben vpliv na polje zaostalih napetosti. Površine izpostavljene previsoki hitrosti ohlajanja kažejo neenakomerne in višje vrednosti zaostalih napetosti. Zelo kritično fazo predstavlja grobo brušenje, ki lahko povzroči zelo visoke natezne napetosti in nastanek razpok. Toplotna obdelava na drugi strani uniformira polje zaostalih napetosti in jih spremeni v tlačne. Tudi parametri mehanske obdelave morajo biti zelo natančno izbrani, da ne povzročijo nastanka previsokih tlačnih zaostalih napetosti v površini valjev.
		ANG	Results show that each production phase has a considerable influence on residual stress field generated in double-layer cast rolls. Surfaces exposed to too high cooling rates in the casting pit general show higher residual stress values. Very critical phase in the rolls production is coarse grinding, which if not carried out properly generates very high tensile stresses and cracks. Heat treatment on the other hand results in uniform compressive residual stress field. Finally, machining parameters needs to be carefully selected not to introduce too much residual stresses in the rolls surface.
Objavljeno v	Elsevier; Journal of materials processing technology; 2010; Vol. 210, iss. 8; str. 1083-1088; Impact Factor: 1.567; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.019; A': 1; WoS: IJ, IK, PM; Avtorji / Authors: Podgornik Bojan, Milanović Slobodan, Vižintin Jože		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	1259615	Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Termodinamski izračun ravnotežja faz v nerjavnih jeklih
		ANG	Thermodynamic calculation of phase equilibria in stainless steels
	Opis	SLO	Ravnotežne procese strjevanja v kompleksnih zlitinskih sistemih Fe-Cr-Ni lahko opišemo tudi z izračunano toplotno kapaciteto, z uporabo celotne ali delne kemijske sestave zlitine. Uporaba Creq in Nieq je primerna le ob predhodni kritični presoji
		ANG	Equilibrium solidification thermal effects can also be represented with the calculated heat capacity using the complete or partial chemical compositions of complex alloy systems based on Fe-Cr-Ni. The use of Creq and Nieq in the solidification studies should be used after critical assessment
	Objavljeno v	Technical Faculty and Copper Institute; Journal of mining and metallurgy; 2012; Vol. 48 B, no. 3; str. 383-390; Impact Factor: 1.317; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A': 1; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Klančnik Grega, Steiner Petrovič Darja, Medved Jože	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	890794	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kombinacija vakumske toplotne obdelave, podhlajevanja in nitriranja v plazmi P/M S390MC jekla
		ANG	Vacuum heat treatment, deep cryogenic treatment and simultaneous pulse plasma nitriding and tempering of P/M S390MC steel
	Opis	SLO	Vakumska toplotna obdelava, podhlajevanje in nitriranje v plazmi so tehnologije, ki se uporabljajo za izboljšanje lastnosti orodnih jekel. Navadno se izboljšanje lastnosti s podhlajevanjem pripisuje skoraj popolni transformaciji zaostalega avstenita v martenzit in s tem povečani trdoti. Vedno pa povečanje obrabne odpornosti ni podprto s povečanjem trdote. V predstavljenem delu je bila raziskava usmerjena v vpliv podhlajevanja po kaljenju, z ali brez dodatnega nitriranja v plazmi. Poseben poudarek je bil na odpornosti površine na prenos preoblikovanega materiala in na odpornost na abrazijsko obrabo pri suhem drsnem kontaktu. Dobljeni rezultati kažejo, da uporaba podhlajevanja bistveno izboljša obrabno odpornost hitroreznega jekla, pri čemer pa praktično ne vpliva na njegovo lomno žilavost.
		ANG	Vacuum heat treatment, deep cryogenic treatment and pulse plasma nitriding are efficient techniques to improve the properties of tool and high speed steels. Sometimes the influence of subzero treatment could be directly ascribed to the transformation of retained austenite into martensite, causing a general increase in hardness. In other cases the increase in wear resistance is not supported by higher hardness and several theories with poor experimental evidence were proposed. In this work specific attention was paid to the influence of subzero treatment just after quenching and solubilization in the vacuum heat treatment or simultaneous pulse plasma nitriding and tempering of high speed steel. Special emphasis was put on resistance to galling and abrasive wear resistance under dry sliding conditions. From obtained results it can be concluded, that the application of deep-cryogenic treatment results in a significantly higher wear resistance of high speed steels, but no significant improvements in fracture toughness have been noticed
	Objavljeno v	Elsevier; Materials Science & Engineering; 2012; Vol. 531; str. 119-129; Impact Factor: 2.003; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: NS, PM; Avtorji / Authors: Leskovšek Vojteh, Podgornik Bojan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	946346	Vir: COBISS.SI

Naslov	SLO	Metoda ugotavljanja interakcije nano-vlaken z epitelnimi celicami prebavnega sistema enakonožca <i>Porcellio scaber</i>
	ANG	Method for determining interactions of nano fibers on epithelial cells of the <i>Porcellio scaber</i> digestive system
Opis	SLO	Nano-vlakna so z razvojem tehnologije vedno bolj pogosto prisotna v življenjskem okolju. Zato se postavlja vprašanje vpliva nano-vlaken na žive organizme in kako ta vpliv ugotavljati. Po običajni metodi, ki se uporabljajo v biologiji, se jemlje tanke rezine vzorcev tkiva, ki se jih pregleda pod presevnim mikroskopom. Ta postopek je zamuden in drag. Prednost predlagane metoda pa je, da omogoča pregled površine prebavnega sistema z uporabo vrstičnega elektronskega mikroskopa (SEM). Uporaba te metode omogoča hitro primerjavo med površino nekontaminirane prebavne cevi in površino prebavne cevi kontaminirane z nano-vlakni. Metoda s SEM je pokazala, da gre večina nano-vlaken skozi prebavni sistem brez posledic, posamezna nano-vlakna, z dolžino ki se ujema z razdaljo med epitelnimi celicami, pa se med kontrakcijo zapirajo v stene celic in nekatere med naslednjimi kontrakcijami tudi odlomijo
	ANG	Technological development causes the more often presence of nano fibers in our environment. For that reason there is a question of the influence of nano fibers on living organisms and how to control this influence. Usual method, applied in biology is thin slicing of tissue and the control with light microscope. Such process is time consuming and expensive. The proposed method enables to control the surface of digestive system with scanning electron microscope (SEM). The comparison of non contaminated surface with nano fibers contaminated surface is easy Method with SEM revealed that most of nano fibers pass the digestive system. Some shorter nano fibers, with the length similar to distance between epithelial cells, can pierce the epithelial cell wall during contraction period of digestive tube and broke during next contractions.
Objavljeno v	Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino; 2012; 4 f, [2] f.; Avtorji / Authors: Torkar Matjaž, Millaku Agron, Drobne Damjana	
Tipologija	2.24 Patent	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine²

Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	11451675 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Izboljšanje lastnosti orodnih jekel s kombinacijo podhlajevanja in nitriranja v plazmi
	ANG	Improving tribological properties of tool steels through combination of deep-cryogenic treatment and plasma nitriding
Opis	SLO	Na podlagi raziskovalnega dela na področju orodnih jekel je bil dr. Podgornik povabljen, da na konferenci NORDTRIB 2010, eni od najpomembnejših konferenc na področju tribologije, predstavi vpliv podhlajevanja in nitriranja v plazmi na mehanske in tribološke lastnosti orodnih jekel. V predavanju je predstavil vpliv podhlajevanja in nitriranja v plazmi ter parametrov kemotermične obdelave hitroreznih jekel na izboljšanje trdote, lomne žilavosti, obrabne odpornosti in odpornosti na prenos preoblikovanega materiala. V predavanju je predstavil tudi negativni vpliv združevanja obeh tehnologij in njihove razloge.
		Based on research work on galling properties of tool steels dr. Podgornik was asked to give invited lecture at the NORDTRIB 2010 conference, one of the main tribology conferences worldwide. He presented contribution of the deep-cryogenic treatment and plasma nitriding on improvement of

		ANG	mechanical properties, abrasive wear resistance and galling properties of P/M high-speed steel. Furthermore, effect of austenizing temperature and treatment time were presented. At the end negative effect of combining both technologies was presented and elaborated.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	University of Technology]; Nordtrib 2010; 2010; Str. 1-8; Avtorji / Authors: Podgornik Bojan, Leskovšek Vojteh, Vižintin Jože	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)	
2.	COBISS ID	11236891	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Optimizacija tehnologije izdelave valjev za vroče valjanje iz valjčne litine SHSS
		ANG	Optimization of double layer rolls production technology
	Opis	SLO	Na podlagi raziskav programske skupine s področja vpliva mikrostrukture na polje zaostalih napetosti je bila pod vodstvom dr. Podgornika izvedena optimizacija tehnologije izdelave valjev za vroče valjanje pločevine. Raziskan je bil vpliv posameznih faz izdelave in določene mejne vrednosti zaostalih napetosti za uspešno delovanje valjev in s tem močno zmanjšana verjetnost poškodbe oz. odpovedi valja. S pomočjo numerične analize pa so bile določene optimalne vrednosti zaostalih napetosti, s čimer je podjetje izboljšalo svojo konkurenčnost na svetovnem trgu in se uveljavilo kot eno redkih, ki posreduje vrednosti zaostalih napetosti v valjih.
		ANG	Based on the research in the field of microstructure effect on residual stress distribution optimization of the rolls production process was performed. First, residual stress values, required for proper operation of rolls for hot rolling were established, which greatly reduced the risk of rolls failure. Next, effect of different production phases and parameters on the residual stress field was determined and in combination with numerical simulation (FEM) optimal values defined. Using these findings company increased its competitiveness and is now known to provide residual stress data for their products.
	Šifra	F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Center za tribologijo in tehnično diagnostiko; 2009; 27 str.; Avtorji / Authors: Podgornik Bojan, Vižintin Jože, Milanović Slobodan	
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav	
3.	COBISS ID	106193664	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	Materiali in tehnologije
		ANG	Materials and technology
	Opis	SLO	dr. M. Torkar je od 1.1.2012 glavni in odgovorni urednik mednarodne revije Materiali in tehnologije s faktorjem vpliva 0.312, ki ga izdaja Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana; ISSN 1580-2949. http://www.imt.si/materiali-tehnologije/ .
		ANG	dr. M. Torkar is editor in Chief for international journal Materials and technology with impact factor of 0.312. It is published by Institute of metals and technology, Ljubljana; ISSN 1580-2949. http://www.imt.si/materiali-tehnologije/
	Šifra	C.04	Uredništvo mednarodne revije
	Objavljeno v	Institute of Metals and Technology; Materials and technology; 2012; Vol. 46, no. 6; str. 167; Impact Factor: 0.804	
	Tipologija	4.00 Sekundarno avtorstvo	

4.	COBISS ID		952490	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pregled, lastnosti in izbira trdih zaščitnih prevlek	
		ANG	A coatings exposé	
	Opis	SLO	Na povabilo Prof. S. Jacobsona in Prof. U. Wiklunda z Univerze v Uppsali je dr. Podgornik pripravil dve predavanji za študente podiplomskega študija "Swedish Research School in Tribology". V prvem predavanju "A coatings expose" je predstavil pregled in lastnosti trdih zaščitnih prevlek za področje orodij in strojnih komponent. Pregled je vključeval metode nanosa, tribološke in mehanske lastnosti ter stopnjo industrializacije. Drugo predavanje "Concerns in coatings selection" pa je zajemalo omejitve, probleme in pristope k pravilni izbiri trdih zaščitnih prevlek za dano aplikacijo in dane kontaktne pogoje.	
		ANG	Invited by Prof. S. Jacobson and Prof. U. Wiklund from the Uppsala University, Dr. Podgornik prepared two lectures for postgraduate students of "Swedish Research School in Tribology". In his first lecture "A coatings expose" he gave an overview and properties of hard coatings used for tools and machine parts. The review involved methods, tribological and mechanical properties, and degree of industrialization. The second lecture "Concerns in coatings selection" has covered the limitations, problems and approaches to the proper selection of hard coatings for given application/contact conditions.	
	Šifra	B.05 Gostujoči profesor na inštitutu/univerzi		
	Objavljeno v	2012; Avtorji / Authors: Podgornik Bojan		
	Tipologija	3.14 Predavanje na tuji univerzi		
5.	COBISS ID		903082	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zmanjšanje razogljivenja površine gredic med ogrevanjem v Allino peči	
		ANG	Reduction of surface decarburization during heating of billets in the Allino furnace	
	Opis	SLO	Na podlagi večletnih raziskav procesa škakanja v koračni peči, je bila določena tehnologija uporabe varovalnega premaza za zmanjšanje škakanja in razogljivenja gredic med postopkom ogrevanja za vročo predelavo. Izvršen je bil prenos tehnologije v železarno Štore Steel. Izdelana je bila industrijska naprava, ki omogoča nanos premaza na gredice pred vstopom v ogrevno peč. To izboljša kvaliteto površine gredic in valjanih gredic.	
		ANG	Based on past research work on scaling in walking beam furnace, the technology of application of protective coating for diminution of scaling and decarburization of steel billets was determined. The transfer of technology into steel work Štore Steel was done. Manufactured was industrial equipment for application of protective coating on steel billets before their entrance into reheating furnace. Application of protective coating enables better quality of steel surface of hot rolled products.	
	Šifra	F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso		
	Objavljeno v	IMT; 2012; 56 str.; Avtorji / Authors: Torkar Matjaž, Vode Franci, Tehovnik Franc, Arh Boštjan, Steiner Petrovič Darja, Skobir Balantič Danijela Anica		
Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav			

9. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁸

1. Vabljen predavanje: D. Steiner Petrovič: In-situ studies of the surface segregation in non-oriented electrical steel sheets : Pohang University of Science and Technology, Pohang, South Korea, 22.3. 2012. Pohang, 2012. [COBISS.SI-ID 921002]

2. M. Torkar, D. Steiner Petrovič: Promocija študija in raziskav materialov : program in povzetki predavanj, TORKAR, Matjaž (ur.). Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za materiale in metalurgijo, Ljubljana, 6.12.2012. Ljubljana: Slovensko društvo za materiale, 2012. 19 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 1024606]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Za znanost so pomembne ugotovitve s področja dogajanj v kovinskih materialih na makro, mikro in nano nivoju. Od načina sinteze in od procesnih parametrov, to je od taljenja, strjevanja, načina ogrevanja pred vročim preoblikovanjem, toplotne obdelave in površinske obdelave, je odvisen razvoj mikrostrukture materiala. Mikrostruktura materiala pa je ključnega pomena za lastnosti materiala. To pomeni, da je mogoče s spreminjanjem procesnih parametrov načrtno vplivati na izoblikovanje mikrostrukture na makro-, mikro- in nanonivoju, s tem pa tudi vplivati na lastnosti kovinskih materialov.

Glavni pomen rezultatov raziskovalnega programa za razvoj znanosti je v pridobljenem novem temeljnem znanju s področij metalurškega procesiranja, strjevanja in lastnosti novih kovinskih materialov, s poudarkom na večji čistoči materialov in tehnologij. Raziskave so omogočile pojasnitev razvoja mikrostrukture in nanostrukture v kompleksnih metalurških in termomehanskih postopkih ter postopkih toplotne obdelave. Poglobljeno poznavanje in razumevanje termodinamike in kinetike procesov v staljenem in trdnem stanju, difuzijskih procesov, faznih premen pri toplotni obdelavi, mehanizmov statične in dinamične rekristalizacije ter vpliva vključkov, predstavlja osnovo za razvoj novih, bolj čistih kovinskih materialov in metalurških ter jeklarskih tehnologij. Po drugi strani pa to omogoča tudi večje izkoristke manj kakovostnih in sekundarnih surovin. S pojasnitvijo vplivnih mehanizmov nanoprecipitativ na močnostne izgube je bilo dokazano, da prisotnost nanoprecipitativ ovira gibanje magnetnih domen, kar negativno vpliva na vrednosti magnetne polarizacije elektro pločevine z mehkomagnetnimi lastnostmi. Razvoj matematičnega modela ogrevanja pa je omogočil natančen nadzor ogrevalnih peči in postavitev strategije vodenja procesa žarjenja na različnih ogrevalnih pečeh. V okviru interdisciplinarne raziskave vpliva nano vlaken volframovega oksida na epitelne celice prebavnega sistema pa je bila za kontrolo prvič uporabljena metoda SEM in znanstveno predstavljena njena uporaba. Pri tem je bilo ugotovljeno, da gre večina vlaken skozi prebavni sistem, nekatera vlakna se zapičijo med kontrakcijo v steno epitelne celice in se odlomijo med naslednjo kontrakcijo.

Raziskovalni rezultati usmerjenih temeljnih raziskav pomenijo nova znanstvena spoznanja, pomembna za razvoj znanosti, hkrati pa so s sodelovanjem raziskovalcev iz podjetij omogočili vgraditev novih spoznanj v tehnologijo procesov in s tem njihovo praktično uporabo.

Rezultati znanstvenega dela so, v obliki patentov, znanstvenih prispevkov na mednarodnih konferencah in objav v mednarodno priznanih revijah, prispevali v mednarodno zakladnico znanja s področja procesiranja novih, okolju prijaznejših in energetsko učinkovitejših kovinskih materialov. Pridobljeno znanje prispeva tudi k uresničevanju Evropskih zahtev po zmanjšani porabi energije, nižji stopnji emisij in onesnaževanja ter večji učinkovitosti procesiranja in predelave materialov.

ANG

For science new knowledge and findings on processes in metallic materials on macro-, micro- and nano level are very important. Development of the microstructure depends on the synthesis and process parameters of melting, solidification, heating for hot working, heat treatment and surface engineering. And the microstructure of the material is crucial for the properties of the material. By changing process parameters is thus possible to influence the formation of microstructure on macro-, micro- and nano level and thus determine the material properties.

The main scientific contribution of this research program lies in newly acquired basic knowledge on metallurgical processing, solidification and properties of new advanced metallic materials, emphasizing cleaner materials and technologies. Scientific research allowed deeper understanding and explanation of microstructure and nanostructure evolution in complex metallurgical, thermo-mechanical and heat treatment processes. By detailed understanding of thermodynamics and kinetics of processes in liquid and solid state, diffusion processes, phase transformations during heat treatment, mechanisms of static and dynamic recrystallization and

effect of inclusions, research work represents basis for development of new, cleaner and environmentally-friendly metallic materials and metallurgical technologies. Additionally, more efficient use of low quality or secondary raw materials, e.g. slag or low quality scrap is also enabled. By explaining the influencing mechanisms of nanoprecipitates on power losses it was shown, that presence of nanoprecipitates hinders movement of magnetic domains, which has negative effect on magnetic polarization of electrical steel sheet with soft magnetic properties. Development of a mathematical model of heating gave the basis for precise control of annealing furnaces and setting of heating management strategy for different annealing furnaces. In the context of interdisciplinary research on the impact of nano tungsten oxide fibers on epithelial cells of the digestive system, SEM was first used as a control method, which showed the characteristics of the interaction of nano-fibers with the wall of epithelial cells. It was established that most of the fibers pass through the digestive system without damage but some fibers pierced the cells wall during contractions of digestive system and break off during the next contraction.

Research results of oriented basic research represent new scientific knowledge, important for the development of science, while in the cooperation with industry they allow implementation of new findings in technological processes and their practical application.

Results of the scientific research work, presented in the form of patents, contributions at international conferences and publications in recognized international journals and books have contributed into international knowledge pool on processing new, environmentally-friendly and energy efficient metallic materials. Gained knowledge also contributes to the realization of European requirements for reduced energy consumption, lower level of CO₂ emission and higher efficiency of materials processing and production.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Slovenska metalurgija in kovinsko-predelovalna industrija imata dolgoletno tradicijo v slovenskem prostoru. Predstavljata pomemben delež v BDP in pomemben izvozni segment. Letna proizvodnja surovega jekla v Sloveniji je tako v letu 2010 znašala 606 000 ton. Rezultati raziskovalne skupine na področju kovinskih materialov in tehnologij so tako izjemnega pomena za tri glavne slovenske jeklarne (Acroni d.o.o., Štore Steel d.o.o., Metal, d.o.o.), kakor tudi za druga podjetja, ki so aktivna v metalurških in kovinsko-predelovalnih panogah. Rezultati usmerjenih temeljnih raziskav programske skupine so prispevala k razvoju in ohranjanju panoge v Slovenskem prostoru, v povezavi z aplikativnimi projekti pa k hitremu prenosu novega znanja v industrijo ter izboljšanju obstoječih ter uvedbi novih tehnologij. Rezultati dela programske skupine predstavljajo tudi temelj za razvoj novih, energetsko bolj učinkovitih in okolju prijaznih kovinskih materialov in tehnologij. Slovenija je majhen država z zgolj 35% lastne proizvodnje energije in brez naravnih surovin, zaradi česar je zmanjševanje porabe energije in surovin izredno pomembno. Po drugi strani razvoj novih, čistejših kovinskih materialov z boljšimi mehanskimi lastnostmi predstavlja nujen pogoj za ohranjanje konkurenčnosti slovenskega gospodarstva. Z izboljšanjem lastnosti proizvodov, ki so plod rezultatov programske skupine, je podjetjem omogočen boljši položaj na trgu, povečanje konkurenčnosti in doseganje boljše dodane vrednosti proizvodov in storitev.

ANG

Slovenian metallurgy and metal working industry have long tradition in the region and represent important share in BDP and important export segment. Production of crude steel in Slovenia in 2010 has been over 600.000 metric tons. Research results on metallic materials and technologies are thus extremely important for three main Slovenian steel-plants (Acroni d.o.o., Metal Ravne d.o.o., and Štore Steel d.o.o.) as well as many other companies active in the field of metallurgy and metalworking. Research of the program group constantly contributes to the preservation and development of the metallurgy branch in Slovenia. On the other hand, through applied projects results of the fundamental research work are effectively transferred into the industry and used for improvement of existing processes as well as implementation of new ideas.

Research program also represents the basis for the development of new energy efficient and environmentally friendly metallic materials and technologies. Slovenia is very small country with only 35% of own energy production and almost no raw materials. Therefore, reduction in energy and raw material consumption is crucial for Slovenia economy. On the other hand, development and production of cleaner, better materials is necessary to maintain sustainable

competitive advantage of the Slovenian industry. Through the improvement of product properties, being based on the results of the research group, companies got better position on the market, higher competitiveness and higher added value of their products and services.

11. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹²

11.1. Diplome¹³

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	
bolonjski program - II. stopnja	
univerzitetni (stari) program	3

11.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
25497	Martin Lamut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31394	Agron Millaku	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26237	Marko Sedlaček	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Luis Miguel Cardoso Vilhe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

- Mag.** - Znanstveni magisterij
- Dr.** - Doktorat znanosti
- MR** - mladi raziskovalec

12. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁵

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
25497	Martin Lamut	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	

Legenda zaposlitev:

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

13. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2012

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Eva Anne Mørtzell	C - študent - doktorand	1	
0	Dr. Orlaw Massler	A -	1	
0	Dr. Ivan Petryshynets	A -	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

14. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2012¹⁶

SLO

1. EU-RFCS (Research Fund for Coal and Steel), Projekt: OPTHEAT Quality improvement by metallurgical optimised stock temperature evolution in the reheating furnace including microstructure feedback from the rolling mill, RFSR-CT-2006-00007, 01.07.2006 - 31.12.2009, vodja: M. Torkar
2. EU-RFCS (Research Fund for Coal and Steel), Projekt: SAFSS Structural Applications of Ferritic Stainless Steels, RFSR-CT-2010-00026, 1.7.2010 30.6.2013, vodja: M. Torkar
3. EUREKA, Projekt: MiniMASS Minimized weight, Magnesiumintensive Aircraft Seat Structures, 1.11.2011 - 31.12.2013, vodja: M. Torkar
4. EUREKA E!3932, Projekt: ROPTIM Production technology optimization for rollers from Semi High Speed Steel, 1.1.2007 - 31.12.2009, 3211-07-000149, koordinator: B. Podgornik
5. FP6 Marie Curie Training Network, Projekt: WEMESURF Characterisation of wear mechanisms and surface functionalities with regard to life time prediction and quality criteria from micro to the nano range, MRTN-CT-2006-03589, 1.10.2006 – 30.9.2010, vodja: B. Podgornik
6. Bilateralni projekt SI-AT: Uporaba koncepta lokalnega napetostnega gradienta za napoved dobe trajanja vzmetnega jekla, BI-AT/09-10-010, 2009/2010, vodja: B. Šuštaršič
7. Bilateralni projekt SI-RU: Pulzno iskrično legiranje površine kovin, 2008/2009, vodja: M. Torkar
8. Bilateralni projekt SI-FR (CEA): Termična degradacija kovinskih materialov za nuklearne elektrarne in povečanje njihove dobe trajanja, BI-FR/CEA/08-10-004, 2009/2010, vodja: B. Šuštaršič

15. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), potekali izven financiranja ARRS¹⁷

SLO

1. Modeliranje trajne nihajne dobe vzmetnih jekel in napoved uporabne dobe listnatih vzmeti. Naročnik raziskave: Štore Steel d.o.o., Štore. Vodja: dr. Borivoj Šuštaršič
2. Diagrami popuščenja in upogibna trdnost visokotrdnostnih vzmetnih jekel. Naročnik raziskave: Štore Steel d.o.o., Štore. Vodja: dr. Bojan Podgornik
3. Razvoj nove generacije diferenčnih sprožnikov zaščitnih stikal na osnovi naprednih nanostrukturiranih mehkomagnetnih materialov. Naročnik raziskave: ETI Izlake in Iskra Mehanizmi, Lipnica. Vodja: Dr. Borivoj Šuštaršič
4. Določitev tehnološkega postopka za doseganje mehanskih lastnosti meje plastičnosti, raztezka in ušesnja primerljivih s tujimi proizvajalci pri tankem traku debeline 0,20mm iz zlitine AA 8011. Naročnik raziskave: IMPOL d.d., Slovenska Bistrica. Vodja: dr. Matjaž Torkar
5. Zmanjšanje razogljčenja površine gredic med ogrevanjem v Allino peči in kalibracija matematičnega modela ogrevanja. Naročnik raziskave: Metal Ravne d.o.o., Ravne na Koroškem. Vodja: dr. Franci Vode
6. Optimizacija žarjenja v žarilnih pečeh s pristopom matematičnega modeliranja ogrevanja aluminijevih kolobarjev. Naročnik raziskave: IMPOL d.d., Slovenska Bistrica. Vodja: dr. Franci Vode
7. Pojasnitev mehanizmov za občasno poslabšanje elektromagnetnih lastnosti elektropločevine EV-21. Naročnik raziskave: Acroni d.o.o., Jesenice. Vodja dr. Darja Steiner-Petrovič
8. Študij tehnologije preoblikovanja avstenitnega nerjavnega jekla v področju kriogenih temperatur za doseganje čim večjega deleža deformacijskega martenzita. Naročnik raziskave: RLS Merilna tehnika d.o.o. Vodja: dr. Matjaž Torkar
9. Uvajanja recikliranega aluminija v proizvodnjo ulitkov za avtomobilsko industrijo. Naročnik raziskave: SIMIT-CIMOS. Vodja: dr. Matjaž Torkar
10. Setup and analysis of himan-machine. Naročnik raziskave: Hilti Liechtenstein, Liechtenstein. Vodja: dr. Bojan Podgornik

16. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁸

SLO

Usmerjene temeljne raziskave v programu omogočajo, da so rezultati uporabni pri nadaljnjem znanstvenem delu, lahko pa se tudi uporabijo na predvidenem področju za izboljšanje obstoječih tehnologij. Praktično je mogoče izkoristiti lastnosti aluminidov, saj visoko temperaturna modifikacija Al₂O₃, ki nastaja na izpostavljeni površini, nudi učinkovito zaščito komponent pred nadaljnjo oksidacijo. Taka površina je mnogo bolj odporna na pojav visokotemperaturne korozije.

Raziskave so pokazale, da morajo proizvajalci elektro pločevin bolj poskrbeti za čistost jekla. Poleg mikrostrukture na magnetne lastnosti neorientirane elekropločevine vpliva tudi nanostruktura (nanoprecipitati). Prisotnost nanoprecipitativ negativno vpliva na vrednosti magnetne polarizacije teh mehkomagnetnih materialov predvsem v območju nizkih in srednjih vrednosti jakosti zunanega magnetnega polja. Pokazalo se je, da je za proizvajalca tovrstnih jekel izredno pomembno skrbeti za čistost jekel.

Eksperimentalno merjenje sil pri vročem preoblikovanju in metalografske analize preoblikovanega jekla omogočajo postavitev tehnoloških parametrov, ki so pomembni za proizvajalca jekla. Na podlagi eksperimentalno določenih sil je mogoča ocena sposobnosti obstoječih valjavskih ogrodij za varno obratovanje. Po drugi strani, pa je mogoče slediti razvoju mikrostrukture in doseči njeno optimiranje, za dosego želenih lastnosti jekla oziroma predvideti potrebne sile za njegovo preoblikovanje v vročem.

Preskus delovanja razvitega kontrolnega sistema peči je pokazal trikrat bolj natančno zasledovanje končne temperature slaba in dvakrat bolj natančno sledenje referenčne krivulje ogrevanja v primerjavi z ročnim vodenjem peči. Na podlagi ugotovitev bo izvršena predelava aktivnosti in stanj med realnim ogrevanjem v peči.

Razvili smo metodo na cilindričnih preskušancih z V zarezo, ki omogoča povezavo med statičnimi in dinamičnimi lastnostmi izbranega vzmetnega jekla. Pokazali smo tudi kako usmerjenost in morfologija izcej ter vrsta toplotne obdelave vplivajo na trajno dinamično trdnost vzmetnega jekla.

17. 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	1.500.000,00 €
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁹	Možnost obstaja na področju sinteze novih jekel. Tako podjetje bi se lahko usmerilo v načrtno razvijanje novih visokotrdnostnih in orodnih jekel, v pridobivanje osnovnih lastnosti ponašanja materiala pri vroči predelavi, kot sestavni del katalogov lastnosti jekel. Podjetje bi lahko imelo prostore v okviru sedanjih prostorov IMT, kjer je postavljena oprema za pretaljevanje in ogrodja za valjanje in je na razpolago že vsa infrastruktura. Od opreme bi potrebovali dodatno merilno opremo za merjenje temperatur do 1800°C, optični emisijski spektrometer, novo elektroniko za vakuumsko talilno peč, obnovitev črpalk na vakuumski talilni peči, nove žarilne peči in žarilno peč z zaščitno atmosfero.

18. Izjemni dosežek v 2012²⁰

18.1. Izjemni znanstveni dosežek

18.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Določevanje lomne žilavosti krhkih kovinskih materialov – razvoj nove metode
Z uvedbo cilindričnega preskušanci z zarezo in utrujenostno razpoko v dnu zareze smo razvili metodo, ki omogoča določanje lomne žilavosti krhkih kovinskih materialov. Metoda temelji na izdelavi utrujenostne razpoke v dnu zareze pri upogibno rotacijskem režimu pred samo toplotno obdelavo. Tej sledi toplotna obdelava in izvedba nateznega preizkusa, z merjenjem premera

naglo zlomljenega dela in poznavanjem sile porušitve pa nato določimo lomno žilavost materiala. Osno simetrična geometrija vzorca omogoča študij vpliva mikrostrukture na lastnosti orodnih jekel. Nestandardna metoda merjenja lomne žilavosti omogoča izdelavo diagramov popuščanja s katerimi določamo optimalne parametre toplotne obdelave orodnega jekla za specifično aplikacijo. KIC-vzorec poleg določevanja lomne žilavosti in trdote omogoča tudi določanje ostalih mehanskih in tehnoloških lastnosti materiala in določanje njihove medsebojne soodvisnosti.

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

Bojan Podgornik

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2013/40

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani ARRS (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² 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](#)

³ 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](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁹ 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](#)

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

¹¹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2012), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹⁴ 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](#)

¹⁵ 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. 2012), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov 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 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](#)

¹⁸ 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](#)

¹⁹ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

²⁰ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2012 (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](#)

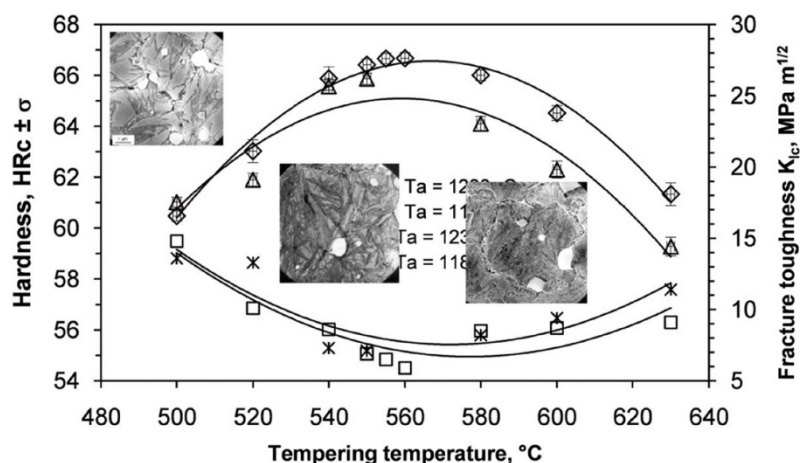
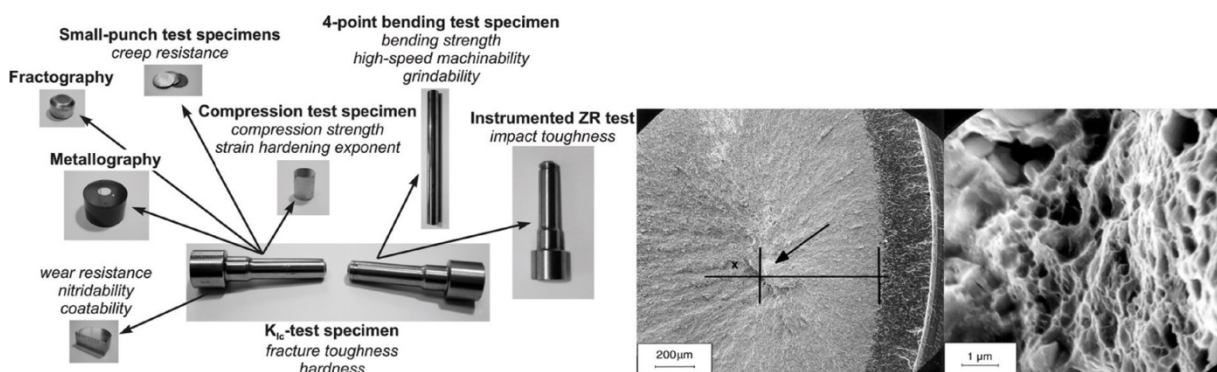
Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2013 v1.00

77-E8-1B-52-8F-0E-CF-F7-69-60-4A-EF-AA-DF-62-71-0F-A6-06-D6

TEHNIKA

Področje: 2.04.02 Kovinski materiali

Dosežek 1: Določevanje lomne žilavosti krhkih kovinskih materialov, Vir: COBISS.SI-ID 941994 & 940970



Z uvedbo cilindričnega preskušanci z zarezo in utrujenostno razpoko v dnu zareze smo razvili metodo, ki omogoča določanje lomne žilavosti krhkih kovinskih materialov. Metoda temelji na izdelavi utrujenostne razpoke v dnu zareze pri upogibno rotacijskem režimu pred samo toplotno obdelavo. Tej sledi toplotna obdelava in izvedba nateznega preizkusa, z merjenjem premera naglo zlomljenega dela in poznavanjem sile porušitve pa nato določimo lomno žilavost materiala. Osno simetrična geometrija vzorca omogoča študij vpliva mikrostrukture na lastnosti orodnih jekel. Nestandardna metoda merjenja lomne žilavosti omogoča izdelavo diagramov popuščanja s katerimi določamo optimalne parametre toplotne obdelave orodnega jekla za specifično aplikacijo. K_{Ic} -vzorec pa poleg določevanja lomne žilavosti in trdote omogoča tudi določanje ostalih mehanskih in tehnoloških lastnosti materiala in določanje njihove medsebojne soodvisnosti in odvisnosti od mikrostrukture.