

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/24



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0205
Naslov programa	Sinteza in karakterizacija materialov
Vodja programa	11624 Borut Kosec
Obseg raziskovalnih ur	12051
Cenovni razred	D
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	1555 Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
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 P2-0205 "Sinteza in karakterizacija materialov" obsega teorijo načrtovanja, selekcije in sinteze materialov, karakterizacije in preiskav materialov skupaj z metodiko eksperimentov v sintezi in karakterizaciji materialov. Program temelji na načrtovanju materialov na osnovi termodinamike materialov, kinetike procesov v materialih, faznih transformacijah, na znanju o razvoju mikrostrukture, njeni stabilnosti ter drugih pomembnih vsebinah t.i. "materials science". Raziskovalna področja oziroma vsebine na katerih so bili člani raziskovalnega programa že doslej, posebno pa v letih 2009 - 2013, uspešni so naslednja: Konstitucija kovinskih zlitin in kompozitov. Razvoj nanoplastnih reaktivnih Al-Au folij. Hitro strjevanje in zlitine s spominom oblike. Notranja oksidacija bakrovih in srebrovih zlitin z ogljikom. Razvoj metodike metalografskih raziskav. Analiza napak in poškodb strojnih delov in komponent. Raziskave superplastičnih lastnosti in vedenje aluminijevih zlitin. Raziskave na področju mikromehanike heterogenih zlitin in kompozitov. Razvoj novih kvalitet jekel; razvoj nove generacije oklepne pločevine PROTAC. Eksplozijsko spajanje kovin. Numerično modeliranje procesov. Načrtovanje okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij.

Raziskovalno, razvojno in pedagoško delo članov raziskovalnega programa "Sinteza in

karakterizacija materialov" ima pomemben vpliv na razvoj in izvajanje do in podiplomskega študija na področju materialov, metalurgije, proizvodnih tehnologij in varstva okolja. Z neposrednim sodelovanjem z industrijo prispevamo k tehnološkemu in gospodarskemu napredku ter uvajanju novih materialov in tehnologij.

ANG

Research program P2-0205 "Synthesis and characterization of materials " comprehend theory of planning, selection, characterization and material synthesis together with methodology of systematic experiments and research methods. Program is founded on the knowledge of material thermodynamics, process kinetics, phase transformations, material microstructure development and their stability, and other important contents in the field of material science. Members of the research program were already successful, especially in years 2009 - 2013, in different research fields, such as: Constitution of metal alloys and composites. Development of reactive Al-Au nano-multilayered foils. Rapid solidification and shape memory alloys. Internal oxidation of copper and silver alloys with carbon. Development of metallographic examination methodology. Failure analysis of mechanical parts and equipments. Investigations of superplastic properties and behaviour of aluminium alloys. Researchs in the field of micromechanics of heterogeneous alloys and composites. The development of new steel grades; development of new generation of armored steel PROTAC. Explosive welding of metals. Numerical modeling of processes. Designing of environmentally-friendly materials, products, processes and technologies. Research, development and pedagogically work of the members of the research program "Synthesis and characterization of materials" is important for development and performance of graduate and postgraduate study programs on the fields of materials science, metallurgy, production technologies and environmental protection. With the direct cooperation with the industry we contribute to the technological and economical progress, and to the introduction of new materials and technologies.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Raziskovalni program P2-0205 "Sinteza in karakterizacija materialov" obsega teorijo načrtovanja, selekcije in sinteze materialov, karakterizacije in preiskav materialov skupaj z metodiko eksperimentov. Program temelji na načrtovanju materialov na osnovi termodinamike materialov, kinetike procesov v materialih, faznih transformacijah, na znanju o razvoju mikrostrukture, njeni stabilnosti ter drugih pomembnih vsebinah t.i. "materials science". Raziskovalna področja oziroma vsebine na katerih so bili člani raziskovalnega programa že doslej, posebno pa v obdobju 2009 - 2013, uspešni so naslednja: Konstitucija kovinskih zlitin in kompozitov. Razvoj nanoplastnih reaktivnih Al-Au folij. Hitro strjevanje in zlitine s spominom oblike. Notranja oksidacija bakrovih in srebrovih zlitin z ogljikom. Razvoj metodike metalografskih raziskav. Analiza napak in poškodb strojnih delov in komponent. Raziskave superplastičnih lastnosti in vedenje aluminijevih zlitin. Raziskave na področju mikromehanike heterogenih zlitin in kompozitov. Numerično modeliranje procesov. Načrtovanje okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij. Pomemben segment našega dela je bila tudi analiza življenjskega cikla proizvoda (LCA). Raziskan je bil problem lezenja jekel P91 in P92 pri povišanih temperaturah, analizirana problematika vpliva niobija na konstrukcijsko jeklo. Na področju eksperimentalnega, matematičnega in numeričnega modeliranja procesov smo analizirali probleme ogrevanja in kaljenja jeklenih polizdelkov za avtomobilsko industrijo. Nadaljevali smo z modeliranjem toka taline v vmesni ponovci in intenzivnim delom na kompleksnem problemu rotirajočega se valja na napravi za hitro strjevanje kovinskih materialov. Člani skupine smo sodelovali pri osvajanju tehnike spajanja kovin z energijami velikih gostot; na ta način so bile uspešno izdelane plošče iz visokotrdnega obrabno obstojnega in konstrukcijskega jekla ter maloogljivega jekla in aluminija, ki predstavljajo nove proizvode v programu največjega slovenskega proizvajalca jekla. Sinteza in karakterizacija zlitin s spominom oblike je področje, na katerem delujejo člani raziskovalnega programa v sodelovanju z domačimi in tujimi institucijami znanja neprekinjeno že vrsto let. CuAlNi zlitine s spominom oblike so danes edine proti degradaciji spominskih lastnosti odporne visokotemperaturne zlitine s spominom oblike. Primarna naloga članov raziskovalnega programa je oziroma je bila izdelava hitro strjenih trakove iz zlitin CuAlNi ustreznih dimenzij, ustrezne kvalitete površine, mikrostrukture in mehanskih lastnosti, ki smo jo v sodelovanju z domačimi in tujimi institucijami znanja nadgradili z izdelavo po postopku kontinuirnega litja. Skupaj s sodelavci drugih domačih in tujih znanstvenih institucij ter industrijskih partnerjev smo sodelovali pri razvoju biokompatibilnih kovinskih materialov ter njihovi aplikaciji v zobni tehniki. Posebno uspešni smo bili na področju sinteze in karakterizacije superplastične aluminijeve zlitine AA5083 legirane s skandijem in cirkonijem. Raziskali smo proces varjenja s trenjem in mešanjem

aluminijeve zlitine AA5083.

V tem obdobju smo razvili napravo za detekcijo mikrostrukturnih sprememb. Inovativna ideja, zamisel in realizacija naprave je bila izvedena in vodena s strani članov programske skupine ob sodelovanju slovenkega gospodarstva. Ker je električna upornost ena najbolj strukturno občutljivih lastnosti materialov, smo jo uporabili za zaznavanje mikrostrukturnih sprememb, nastalih s fazno transformacijo ali kemijsko reakcijo. Do danes smo analizirali fazne prehode v hitrostrjenih zlitinah bakra in aluminija, niklja in nikljevih zlitin ter več vrstah jekel slovenskih proizvajalcev.

Raziskovalno, razvojno in pedagoško delo članov raziskovalnega programa "Sinteza in karakterizacija materialov" ima pomemben vpliv na razvoj in izvajanje do in podiplomskega študija na področju materialov, metalurgije, proizvodnih tehnologij in varstva okolja.

Z neposrednim sodelovanjem z industrijo prispevamo k tehnološkemu in gospodarskemu napredku ter uvajanju novih materialov in tehnologij.

Razvoj oklepne pločevine nove generacije PROTAC 500 je uspešen projekt, kjer smo člani programske skupine sodelovali pri razvoju novega proizvoda v podjetju Acroni d.o.o..

Raziskovalni program ima kot skupina ali preko posameznih ali večih sodelavcev raziskovalne in pedagoške stike z drugimi skupinami znotraj oziroma s fakultetami, oddelki, katedrami, raziskovalnimi skupinami in raziskovalci izven meja Slovenije.

Sodelujemo pri načrtovanju in realizaciji raziskav, največ pa sodelujemo pri razvoju metodike eksperimentov in njihovi realizaciji, posebej sintezi materialov tudi za druge skupine in laboratorije.

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

SLO

Raziskovalni program P2-0205 "Sinteza in karakterizacija materialov" skrbi za osvajanje in razvoj novega znanja na enem temeljnih področij inženirstva, ki je tesno povezano z naravoslovjem. Teoretično in eksperimentalno delo skupine je tesno povezano z inženirstvom materialov. Uspešno in za industrijo koristno sodelovanje je omogočilo programski skupini pridobiti del raziskovalne opreme in pomembno izkoriščenost raziskovalnih kapacitet ter za gospodarstvo aktualne raziskave.

Uspešni smo bili pri sintezi in obdelavi aluminijevih in železovih zlitin (modifikacija in kontrola mikrostrukture), izdelavi ekološko neoporečnih zlitin. Skupina je razvila tudi več tehničnih rešitev in pomožnih sredstev za livarsko industrijo. Postavila temelje in inženirsko aplikacijo termomehanske obdelave aluminijevih zlitin, izvedla inženirsko aplikacijo kemotermične obdelave hladno preoblikovanih jeklenih izkovkov izpostavljenih visokim toplotnim in mehanskim obremenitvam. Bili smo uspešni tudi na področjih procesov hitrega strjevanja, zlitin s spominom oblike in raziskav notranje oksidacije srebrovih in bakrovih zlitin z ogljikom. Razvoj metodike metalografskih raziskav. Analiza napak in poškodb strojnih delov in komponent. Raziskave superplastičnih lastnosti in vedenje aluminijevih zlitin. Raziskave na področju mikromehanike heterogenih zlitin in kompozitov. Eksplozijsko spajanje kovin. Numerično modeliranje. Načrtovanje okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij. Sodelavci programa so pridobili patenta za postopek dinamičnega globokega jedkanja in ekstrahiranja delcev iz aluminijevih zlitin in za postopek izdelave aluminijevih folij iz kontinuirno ulitega traku debeline 6 mm. V tem obdobju smo razvili napravo za detekcijo mikrostrukturnih sprememb.

Razvoj oklepne pločevine nove generacije PROTAC 500 je uspešen projekt, kjer smo člani programske skupine sodelovali pri razvoju novega proizvoda v podjetju Acroni d.o.o. in je bil predstavljen na predstavitvi izjemnih znanstvenih dosežkov ARRS 2012.

Vodja raziskovalnega programa je leta 2011 prejel "Častno priznanje profesorja Fryderyka Stauba Zlata Sova": (Silesian University of Technology, Gliwice). Člani programa in sodelavci podjetja Acroni d.o.o. so za inovacije na področju razvoja novih kvalitativnih jekel prejeli srebrni priznanji za inovacijo Gospodarske zbornice Slovenije za leti 2009 in 2011. Član skupine je pridobil Fulbrightovo štipendijo za podoktorski študij na University of California, Berkeley, ZDA. Študenta dodiplomskega študija Inženirstvo materialov sta pod mentorstvom člana raziskovalnega programa v letu 2013 zmagala na svetovnem tekmovanju 7th Virtual Steelmaking Challenge. Z raziskavami in pedagoškim delom je skupina tesno in učinkovito povezala naslednje proizvodne tehnologije: procesna metalurgija, spajanje, livarstvo, preoblikovanje, metalurgija prahov, toplotne obdelave, inženirstvo površin, nanotehnologije, načrtovanje in razvoj okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij.

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

V letih 2009 - 2013 ni bilo bistvenih sprememb in odstopanj od predvidenega programa raziskovalnega programa "Sinteza in karakterizacija materialov".

V letu 2011 smo v programsko skupino vključili dva nova, mlada in perspektivna raziskovalca. Vključitev obeh raziskovalcev v skupino raziskovalnega programa je zaradi njunih specifičnih znanj doprinesla k dodatnemu dvigu kakovosti skupine, obenem pa sta v nadaljevanju na področju sinteze in karakterizacije materialov nasledila raziskovalca, ki sta zaključila svoji aktivni profesionalni raziskovalni karieri.

Dva mlada raziskovalca, ki sta bila v obdobju 2009 – 2013 člana skupine raziskovalnega programa in sta uspešno zaključila podiplomski (doktorski) študij, sta se po študiju zaposlila v gospodarstvu (v Acroni d.o.o. oziroma Talum d.d.).

Na podlagi sodelovanja s tujimi znanstvenimi institucijami in industrijskimi partnerji smo področje naših raziskav razširili tudi še na danes izredno aktualno področje načrtovanja in razvoja okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	14376214	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Notranja oksidacija Ag-VC kompozitov
		ANG	Internal oxidation of Ag-VC composites
	Opis	SLO	Notranja oksidacija (NO) Ag VC kompozitov, ki so vsebovali 5 vol.% karbidov je bila izvedena pri treh temperaturah oksidacije (350, 400, 600 °C). Dva mehanizma NO sta bila opažena zaradi tvorbe dvojnih oksidov z relativno nizkima temperaturama. Pri temperaturah pod spodnjo točko evtektika insitu oziroma brezdifuzijska NO je bila opažena preko nastanka in rasti oksidnih plasti okoli začetnega karbida. Pri temperaturah nad točko evtektika se NO rezultira kot formacija točk tekočega oksida, katerih rast velikosti in razvoj vodi v mrežo oksidov znotraj kovinske matrice. Kinetika je potrdila prisotnost dveh različnih mehanizmov.
		ANG	The internal oxidation (IO) of Ag - VC composites containing 5 vol.% of carbide was examined at three oxidation temperatures (350, 400, 600 °C). Two mechanisms were observed due to the formation of double oxides with relatively low melting points. At temperatures below the lowest eutectic point in-situ, or diffusion less IO, was observed with the formation and growth of oxide layers surrounding the initial carbide. At temperatures above the eutectic point IO resulted in the formation of liquid oxide pools, which grew in size and developed into a network of oxides within the metal matrix. The kinetics confirmed the presence of two distinct mechanisms.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Corrosion science; 2011; Vol. 53, iss. 1; str. 127-134; Impact Factor: 3.734; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A": 1; A': 1; WoS: PM, PZ; Avtorji / Authors: Škraba Polona, Kosec Ladislav, Bizjak Milan, Rudolf Rebeka, Romčević Nebojša, Kosec Gorazd, Kosec Borut, Lazarevič Zorica, Roth Jože, Anžel Ivan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	26708263	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izločanje kroma na površini hitro strjenih CuCr zlitin
		ANG	Surface precipitation of chromium in rapidly solidified CuCr alloys
			V okviru raziskovalnega dela so bili z metodo hitrega strjevanja na rotirajočem valju izdelani trakovi zlitin CuCr z 2,27 in 4,2 at.% Cr. Z namenom ugotovitve maksimalne dosežene popolne topnosti kroma v bakrovi matrici in v izogib vplivu kromovih delcev na študij kinetike in sekvence mikrostrukturnih sprememb so bili trakovi najprej analizirani z elektronsko mikroskopijo. Nadaljnji študij mikrostrukturnih transformacij je bil izveden le na vzorcih z 2,27 at.% Cr, pri katerih je bila dosežena popolna topnost kroma v bakrovi matrici. Doseženo prenasičenje

Opis	SLO	<p>bakrove matrice je namreč omogočalo znatno izločanje kromovih delcev. Za študij mikrostrukturnih sprememb med segrevanjem je bila uporabljena "in situ" metoda meritev električne upornosti. Po določitvi karakterističnih temperatur smo vzorce hitro ohladili in preiskali z vrstično (SEM)in transmisijsko (TEM) elektronsko mikroskopijo. Za študij sprememb kemijske sestave površine trakov med segrevanjem v visokem vakuumu in temperaturnem intervalu med 400 in 700°C smo uporabili zelo občutljivo rentgensko spektroskopijo (XPS). Rezultati kažejo hitro izločanje kroma na površino, ki se prične pri 400° C in je povezano s spremembo mikrostrukture ter električne upornosti. Izločanje je hitrejše pri visokih temperaturah se lahko opiše s paraboličnim zakonom. Rezultati meritev električne upornosti pri različnih hitrostih segrevanja so bili analizirani z metodo Ozawa. Izračunana aktivacijska energija za izločanje kroma znaša 196 ± 10 kJ/mol.</p>	
	ANG	<p>Rapidly solidified ribbons of Cu-Cr alloys with 2.27 and 4.20 at. % of chromium were produced using the meltspinning method. Alloys were analysed by electron microscopy for complete solubility of Cr in copper matrix. To avoid disturbing effects of Cr phase particles, the kinetics and the sequence of microstructural transformations during heating were analysed only the sample with 2.27 at.% of chromium with complete Cr solubility in the copper matrix. We then investigated the precipitation process for this alloy that was subsequently heated at a constant rate. The increased solid solubility obtained allowed the extensive precipitation of a Cr-rich phase. The kinetics and the sequence of microstructural changes that occurred during the heating were analysed using an in-situ measurement of the electrical resistance. The quenched microstructure was analysed at transition points using scanning and transmission electron microscopy. X-ray photoelectron spectroscopy, as a very surfacesensitive method, was applied to study the changes in the chemical composition of the surface for the Cu-Cr alloy ribbons in the temperature range 400-700 °C during an in-situ heat treatment in an ultrahigh vacuum. The results show a relatively rapid precipitation of chromium to the surface, which starts at 400 °C and is correlated with a change in the microstructure and the electrical resistance. The Cr precipitation is faster at higher temperatures and follows the parabolic law. The resistivity results for the supersaturated binary alloy were analyzed using the Ozawa method to give an activation energy for the precipitation of 196 ± 10 kJ/ mol.</p>	
	Objavljeno v	North-Holland; Applied Surface Science; 2013; Vol. 277; str. 83-87; Impact Factor: 2.112;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.172; A": 1;A': 1; WoS: EI, QG, UB, UK; Avtorji / Authors: Bizjak Milan, Karpe Blaž, Jakša Gregor, Kovač Janez	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	16956694	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Faze v Al-kotu faznega diagrama Al-Mn-Be	
	ANG	Phases in the Al-corner of the Al-Mn-Be system	
Opis	SLO	<p>V delu so preiskane faze v Al-kotu faznega diagrama Al-Mn-Be tako v litem kot toplotno obdelanem stanju. Metalografske raziskave, rentgenska difrakcija, vrstična elektronska mikroskopija in energijsko disperzijska spektroskopija, so bile uporabljene za opredelitev faz. Vsebnost berilija v fazah je bila natančno opredeljena s pomočjo Augerjeve elektronske spektroskopije. Rezultati so pokazali, da se v fazi Al₆Mn Be ne topi, medtem ko λ-Al₄Mn topi do 7 at. % Be. Povprečna sestava faze T, ki je običajno označena kot Al₁₅Mn₃Be₂, je bila 72 at. % Al, 19 at. % Mn , in 9 at. % Be. Faza z nominalno sestavo Be₄AlMn vsebuje več Al kot Mn. Atomsko razmerje Al:Mn je bilo med 1,3 : 1 in 2 : 1. Heksagonalna z Be-bogata faza ne topi ne Al ali Mn. Ikozaedrična kvazikristalna (IQC) faza</p>	

		vsebuje do 45 mas. % Be. Sestave faze T, λ -Al ₄ Mn, IQC in Be ₄ AlMn se lahko razlikujejo, vendar pa je razmerje (Al + Be) : Mn ostalo nespremenjeno, in je bilo blizu ali štiri oziroma šest, kar kaže na zamenjavo Al atomov z atomi Be v teh fazah.
	ANG	This work studied the phases in the Al corner of the Al-Mn-Be phase diagram in the as-cast state and heat-treated conditions. Metallographic investigations, X-ray diffraction, scanning electron microscopy, and energy-dispersive spectroscopy were used for identifying the phases. The Be contents in the identified phases were precisely determined using Auger electron spectroscopy. The results indicated that Al ₆ Mn does not dissolve Be, whilst delta-Al ₄ Mn dissolves up to 7 at.% Be. The average composition of the T phase, which is normally designated as Al ₁₅ Mn ₃ Be ₂ , was 72 at.% Al, 19 at.% Mn, and 9 at.% Be. The phase with the nominal composition Be ₄ AlMn contained more Al than Mn. The atomic ratio Al:Mn was between 1.3:1 and 2:1. The hexagonal Be-rich phase did not dissolve any Al and Mn. The icosahedral quasicrystalline (IQC) phase contained up to 45 at.% Be. The compositions of T phase, delta-Al ₄ Mn, IQC, and Be ₄ AlMn may vary, however, the ratio (Al + Be):Mn remained constant, and was close either to four or six indicating substitution of Al atoms with Be atoms in these phases.
	Objavljeno v	Springer-Verlag; Microscopy and microanalysis; 2013; Impact Factor: 2.495; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A": 1; A': 1; WoS: PM, RA; Avtorji / Authors: Zupanič Franc, Markoli Boštjan, Naglič Iztok, Weingärtner Tobias, Meden Anton, Bončina Tonica
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	26633511 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Transformacija avstenita pri izotermnem žarjenju pri temperaturah od 600 – 900 °C pri toplotno odpornem nerjavnem jeklu
		ANG Transformation of austenite during isothermal annealing at 600-900°C for heat resistant stainless steel
	Opis	SLO V tem delu je predstavljen rezultat kinetike transformacije avstenita v toplotno odpornem nerjavnem jeklu (SISI 310S) z 2,27 m. % Si. Prikazani so rezultati mikrostrukturalne in fraktografske analize, ter rezultati merjenja trdot po izotermnem žarjenju v temperaturnem območju od 600 do 900 °C pri različnih časih (od 1 h do 956 h). Ugotovljeno je bilo, da je mikrostruktura po izotermnem žarjenju sestavljena iz avstenita, karbidov (M ₂₃ C ₆) in faze s. Število izločkov faze s se s daljšanjem časa žarjenja povečuje. Pri jeklu, ki je bilo žarjeno dalj časa smo opazili pomembno ogrobljanje izločkov, velik delež izločkov faze s pa je v obliki verig in mrež sestavljenih iz ploščic. Izločki so opaženi tako na mejah kristalnih zrn kot tudi znotraj avstentnih zrn. Izločanje faze s poteka po dveh mehanizmih: transformacija $g \rightarrow Cr_{23}C_6 \rightarrow s$ in transformacija $g \rightarrow a' \rightarrow s$. Pri žarjenju pri 600 °C se trdota začne povečevati po 48 urah. Pri žarjenju v temperaturnem področju med 700 in 900 °C pa se trdota povečuje po žarjenju daljšem od 8 ur. Naklon krivulje trdote je posledica sprememb v mikrostrukturi. Prelomna površina ima obliko interkristalnega krhkega loma. Relativno velike jamice so posledica izločkov, ki nastanejo po daljšem času žarjenja.
		In this work, the results of the transformation kinetics of austenite heatresistant stainless steel (AISI 310S) with 2.27 wt.% silicon were presented. The results of microstructural and fractography analysis, as well as the results of hardness after the isothermal heat treatment of the steel in the temperature range from 600 to 900 oC at different annealing times (from 1 to 956 h) are shown. It was found that the microstructure of steel after isothermal annealing consisted of austenite, carbide (M ₂₃ C ₆) and rphase.

		ANG	The number of rphase precipitates increases with higher annealing times. In longer annealed steel samples the significant coarsening of precipitates was observed, as well as a large amount of rphase particles in the form of a chain and a network of plates. Precipitates were both observed at grain boundaries and within austenite grains. rphase precipitation involves two mechanisms: transformation $c?Cr23C6?r$ and transformation $c?a0 ?r$. The hardness began to increase after 48 h of annealing at a temperature of 600 oC, while in the temperature range of 700–900 oC the hardness increased with annealing times higher than 8 h. The slope of hardness curve is caused by microstructural changes. The fracture surface mode was intercrystalline brittle. Relatively large dimples can be related to large particles of precipitates which occurred after long annealing times.
	Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Journal of alloys and compounds; 2013; Vol. 567; str. 59-64; Impact Factor: 2.390;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.8; A': 1; WoS: EI, PM, PZ; Avtorji / Authors: Kosec Ladislav, Šavli Štefan, Kožuh Stjepan, Holjevac-Grgurić Tamara, Nagode Aleš, Kosec Gorazd, Dražić Goran, Gojić Mirko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1278303	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza pokljivosti zvarov v peskalnih komorah iz Hadfieldovega jekla
		ANG	Analysis of weld cracking in shotblasting chambers made of Hadfield steel
	Opis	SLO	V kotnih zvarih iz avstenitnega nerjavnega jekla 18Cr9Ni7Mn so bile ugotovljene vzdolžne razpoke, ki eksistirajo na liniji zraščanja kristalov dveh strjevalnih front na sredini zvara. Na kristalnih mejah so ugotovljeni oksidni in karbidni filmi. Vroče razpoke so posledica kombiniranega delovanja široke špranje med pločevinami in zaradi tega nastalih visokih nateznih napetosti med ohlajanjem, proste korenske površine zvara v široki špranji ter interkristalnih oksidnih filmov v zvaru. Ker se pred varjenjem atmosfersko korodirane in s kisikovo plazmo rezane površine osnovnega materiala ne brusijo, v zvarno kopel preidejo pretaljeni površinski oksidi. V interkristalnih oksidnih filmih ugotovljena povečana vsebnost Cr je posledica oksidacije Cr v dodatnem materialu.
		ANG	In fillet welds made of 18Cr–9Ni–7Mn austenitic stainless steel centerline cracks were established along the connection line of two solidification fronts in the weld. On the grain boundaries oxide and carbide films were identified. Hot cracks resulted from a combined activity of a large gap between plates and the resulting high tensile stresses occurring during cooling, free root surface of the weld in the large gap, and intergranular oxide and carbide films in the weld. Since the parent metal was cut with highly oxidating plasma and atmospherically corroded surfaces was not ground prior to welding, remelted surface oxides passed into the weld pool. The increased Cr content identified in intergranular oxide films results from Cr oxidation in the filler material.
	Objavljeno v		Pergamon; Engineering failure analysis; 2013; Vol. 33; str. 48-54; Impact Factor: 0.855;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.757; WoS: IU, QF; Avtorji / Authors: Zorc Borut, Nagode Aleš, Kosec Borut, Kosec Ladislav
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7.Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek

1.	COBISS ID	1218655	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj nove generacije oklepne pločevine PROTAC
		ANG	Development of new generation armour plate PROTAC
	Opis	SLO	<p>Sodelavci raziskovalnega programa smo v sodelovanju z investitorjem raziskav Acroni d.o.o. ter tujimi institucijami znanja načrtovali in sintetizirali jeklo iz skupine visokotrčnih malolegiranih jekel (HSLA), namenjeno za oklepno zaščito v obliki pločevine – nov visokokakovosten proizvod jeklo nove generacije PROTAC 500.</p> <p>Jeklo je maloogljično (0,27 m.% C) in je na meji pogojne varivosti. Jeklo je kompleksno legirano s Si (1,01 m.%), Cr (0,69 m.%), Mo (0,33 m.%) ter mikrolegirano s Ti (0,027 m.%) za kontrolo velikosti kristalnega zrna in B (0,002 m.%) za prekaljivost.</p> <p>Jeklo PROTAC 500 ima relativno visoko temperaturo Ms in s tem sposobnost samopopuščanja. Mehanske lastnosti jekla PROTAC 500 so: trdota 480 – 535 HB, Rp0,2 1150 1250 N/mm², Rm 1500 1700 N/mm², razmerje Rp0,2 / Rm 0,65 0,75, A5 min. 9% ter udarna žilavost Charpyju (pri 40° C – V zarez) min. 20 J.</p> <p>Uradno balistično preizkušanje ter izdaja certifikatov balističnih preizkušanj je bila izvedena v NATO certificiranem inštitutu Beschussamt Ulm. Pri končnih balističnih preizkušanjih jekla PROTAC 500 je Acroni d.o.o. pridobil 5 certifikatov, in sicer od nivoja 6 do vključno nivoja 11, po evropskem standardu VPAM APR 2006 ter 5 certifikatov, in sicer 3 certifikate za nivo 1, en certifikat za nivo 2, ter en certifikat za nivo 3, po standardu NATO AEP55 STANAG 4569.</p>
		ANG	<p>Coworkers of researching program together with the investor of the research Acroni d.o.o. and foreign institutions of knowledge have been designing and developing a high quality of new generation of HSLA steel PROTAC 500 in the form of plate for the armour prevention. PROTAC 500 is a lowcarbon (0,27 m. %) steel with conditional weldability.</p> <p>The steel is alloyed with Si (1.01 m. %), Cr (0,69 m. %), Mo (0,33 m. %) and microalloyed with Ti (0.027 m. %) for the crystal grain size control as well as with B (0,002 m. %) for better hardenability. Ms temperature of PROTAC 500 steel is relatively high which allows self tempering. The PROTAC 500 steel exhibit the following mechanical properties: hardness from 480 to 535 HB, Proof strength Rp0.2 from 1150 to 1250 N mm², tensile strength Rm from 1500 to 1700 N mm², Rp0.2/Rm ratio from 0,56 to 0,75, elongation A5 min. 9 %, Charpy impact toughness (T = 40 °C, V notch) min. 20 J.</p> <p>Official ballistic testing and the Certificates giving ceremony of the ballistic testing has been carried out in NATO accredited Beschussamt Institute in Ulm. After ballistic testing of PROTAC 500 steel the Acroni d.o.o. company has been awarded with 5 certificates from the level 5 to level 11 according to European standard VPAM APR 2006 as well as with 5 certificates i.e. three for the level 1, one for level 2 and one for level 3 according to NATO AEP55 STANAG 4569 standard.</p>
	Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v	Profidtp; Vir znanja in izkušenj za stroko; 2012; Str. 63-67; Avtorji / Authors: Bernetič Jure, Kosec Gorazd, Tomažič Iztok, Marčetič Matjaž, Kanalec Slavko, Kosec Borut	
Tipologija	1.09	Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
COBISS ID	1175135	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Naprava za detekcijo mikrostrukturnih sprememb	
	ANG	Naprava za detekcijo mikrostrukturnih sprememb	
		Inovativna ideja, zamisel in realizacija naprave je bila izvedena in vodena s strani članov programske skupine ob sodelovanju slovenkega	

	Opis	SLO	<p>gospodarstva.</p> <p>Ker je električna upornost ena najbolj strukturno občutljivih lastnosti materialov, smo jo uporabili za zaznavanje mikrostrukturnih sprememb, nastalih s fazno transformacijo ali kemijsko reakcijo.</p> <p>Do danes smo analizirali fazne prehode v hitrostrjenih zlitinah bakra in aluminija, niklja in nikljevih zlitin ter več vrstah jekel slovenskih proizvajalcev jekla.</p>	
		ANG	<p>Innovative idea, concept and construction was carried out and controlled by members of the program group in cooperation with Slovenian companies.</p> <p>Since the electrical resistance is one of the most structurally sensitive properties of the materials, we used its measurement to detect microstructural changes caused by phase transformations or chemical reactions.</p> <p>Until now, we analyzed the phase transitions in rapidly solidified alloys of copper and aluminum, nickel and nickel alloys, and several types of steel made by Slovenian steel producers.</p>	
	Šifra	F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Objavljeno v	Profidtp; IRT 3000; 2011; Let. 6, Št. 36; str. 32-33; Avtorji / Authors: Bizjak Milan, Kosec Borut		
	Tipologija	1.04	Strokovni članek	
3.	COBISS ID	1004639	Vir: COBISS.SI	
Opis	Naslov	SLO	Superplastično vedenje trakov iz zlitine Al4.5Mg0.46Mn0.44Sc izdelane po konvencionalnem postopku valjanja	
		ANG	Superplastic behavior of Al-4.5Mg-0.46Mn-0.44Sc alloy sheet produced by a conventional rolling process	
	SLO	<p>Članek opisuje superplastično vedenje zlitine Al4.5Mg0.46Mn0.44Sc. Preiskovana zlitina je bila izdelana z ulivanjem in konvencionalno predelana v pločevino z debelino 1.9 mm in povprečno velikostjo kristalnih zrn 11 mikrometra. Superplastične lastnosti zlitine so bile preiskane z osnim nateznim preizkusom pri konstantnih hitrostih raztezanja in konstantnih preoblikovalnih hitrostih v območju od $1 \times 10^4 s^{-1}$ do $5 \times 10^2 s^{-1}$ in temperaturah od 390°C do 550°C. Raziskave so obsegale določitev krivulj tečenja, največje prelomne raztezke, indekse o bčutljivosti na preoblikovalne hitrosti m in mikrostrukture zlitin.</p> <p>mvrednosti, ki so bile določene s postopkom spreminjanja preoblikovalne hitrosti so bile od 0.35 do 0.70 v temperaturnem intervalu 390-550°C in preoblikovalnih hitrostih do $2 \times 10^2 s^{-1}$.</p> <p>Te vrednosti so se manjšale z naraščajočo deformacijo med raztezanjem pri konstantnih pogojih. Prelomni raztezki so bili skladni z mvrednostmi. Raztezki so naraščali s temperaturo in so bili preko 1000% do $1 \times 10^3 s^{-1}$ pri 480°C in do $1 \times 10^2 s^{-1}$ pri 550°C. Največji raztezek 1969 % je bil dosežen pri začetni preoblikovalni hitrosti $5 \times 10^3 s^{-1}$ in 550°C. Preizkusi so pokazali, da dodatek približno 0.4% skandija v standardni zlitini AlMgMn, ki je izdelana po običajni tehnologiji z vročim in hladnim valjanjem ter rekristalizacijskem žarjenjem, povzroči dobro superplastičnost.</p>		
	<p>This paper describes the superplastic behaviour of the Al4.5Mg0.46Mn0.44Sc alloy. The investigated alloy was produced by casting and conventionally processed to form a sheet with a thickness of 1.9 mm and an average grain size of 11 micrometer, The superplastic properties of the alloy were investigated using a uniaxial tensile test with a constant crosshead speed and a constant strain rate in the range $1 \times 10^4 s^{-1}$ to $5 \times 10^2 s^{-1}$ at temperatures from 390°C to 550°C. The investigations included determinations of the true stress, true strain</p>			

		<p>characteristics, the maximum elongations to failure, the strainrate sensitivity indexes m and the microstructure of the alloy. The m values determined with the strain rate jump test varied from 0.35 to 0.70 in the temperature interval 390 - 550° C and strain rates up to $2 \times 10^2 s^{-1}$. The m values decreased with increased strain during pulling under constant test conditions. The elongations to failure were in accordance with the m values.</p> <p>They increased with the temperature and were over 1000%, up to $1 \times 10^3 s^{-1}$ at 480°C and up to $1 \times 10^2 s^{-1}$ at 550°C. A maximum elongation of 1969% was achieved at an initial strain rate of $5 \times 10^3 s^{-1}$ and 550°C. The results show that the addition of about 0.4wt.% of scandium to the standard AlMgMn alloy, fabricated by a conventional manufacturing route, including hot and cold rolling with subsequent recrystallization annealing, results in good superplastic ductility.</p>
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v	ASM International; Journal of materials engineering and performance; 2010; Vol. 19, No. 2; str. 221-230; Impact Factor: 0.633; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.13; WoS: PM; Avtorji / Authors: Smolej Anton, Skaza Branko, Dragojevič Vukašin	
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	1144415 Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Uspešnost in kakovost induktivnega ogrevanja in kaljenja planetnih gredi
	ANG	Efficiency and quality of inductive heating and quenching of planetary shafts
Opis	SLO	<p>Predstavljeno delo obravnava kompleksen proces induktivnega ogrevanja in kaljenja planetnih gredi zaganjalnikov dieselskih motorjev izdelanih iz ogljikovega jekla CK 45.</p> <p>Planetne gredi vgrajene v zaganjalnike so med svojo eksploatacijo podvržene visokim temperaturnim in mehanskim obremenitvam. Meritve temperature na površini gredi med procesom induktivnega ogrevanja so bile izvedene neposredno v industrijskem okolju. Velikost in homogenost temperaturnih polj na površini planetnih gredi sta bili izmerjeni z uporabo termografske kamere.</p> <p>Na osnovi izvedenih meritev in teoretičnih spoznanj smo izdelali matematični model za določitev temperaturnih stanj v gredi za celoten proces induktivnega ogrevanja in kaljenja. Na podlagi izdelanega matematičnega modela smo razvili računalniški program, ki smo ga uporabili za analizo in optimizacijo procesa induktivnega utrjevanja planetnih gredi.</p>
	ANG	<p>Presented work discusses a complex process of inductive heating and quenching of carbon steel CK 45 planetary shafts for diesel engine starters.</p> <p>Planetary shafts assembled in starters are subjected to high thermal and mechanical loads during their exploitation.</p> <p>Surface temperature measurements during the inductive heating process were realized in the industrial environment. The intensity and homogeneity of temperature fields on the surface of the planetary shafts were measured by thermographic camera.</p> <p>On the measurements base and theoretical knowledge, a mathematical model for temperature conditions determination in the shaft during the entire process of heating and quenching was carried out. On the basis of developed mathematical model a computer program was developed, and used for analyses and induction hardening process optimization of planetary shaft.</p>

	Šifra	F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov
	Objavljeno v	Metalurški fakultet; Hrvatsko metalurško društvo; Metalurgija; 2012; Vol. 51, br. 1; str. 71-74; Impact Factor: 0.690; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.8; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Kosec Borut, Karpe Blaž, Budak Igor, Ličen Metod, Đorđević Miroslav, Nagode Aleš, Kosec Gorazd	
	Tipologija	1.02	Pregledni znanstveni članek
5.	COBISS ID	1084255	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza prenosa toplote pri kontinuirnem litju na napravi za hitro strjevanje kovinski trakov
		ANG	Heat transfer analyses of continuous casting by free jet meltspinning device
	Opis	SLO	Strjevanje taline na enem samem rotirajočem valju je najbolj osnoven postopek izdelave hitro strjenih tankih kovinskih trakov. Razvoj mikrostrukture preko debeline traku je v največji meri odvisen od same debeline novo nastalega traku, kontaktne toplotne prestopnosti med talino in hladilnim valjem, hitrostjo prevoda toplote v talini in valju, ter nukleacijskih in rastnih mehanizmov litega materiala. Izračuni kažejo, da ima kontaktna toplotna upornost med talino in valjem zelo velik vpliv na ohlajanje taline ter ogrevanje površine valja in se jo v izračunih prenosa toplote ne sme zanemariti, čeprav je relativno gledano njena vrednost zelo majhna. Predstavljena je nova metoda izračunavanja kontaktne toplotne upornosti preko variabilnega koeficienta toplotne prestopnosti, ki upošteva fizikalne lastnosti litega materiala, procesne parametre ter kontaktni čas med talino oz. novo nastalim trakom ter obodno površino valja. Iz rezultatov lahko zaključimo, da imajo procesni parametri, ki vplivajo na debelino talinske plasti, daleč največji vpliv na hitrost ohlajanja in strjevanja taline. Izračunana je tudi toplotna bilanca hladilnega valja ter vpliv hlajenja obodne površine na strjevanje taline v primeru industrijskega kontinuirnega litja večjih količin taline.
		ANG	Single roll melt spinning is the most commonly used process for the production of rapidly solidified thin metal ribbons. Microstructure development over the ribbon thickness mostly depend on the ribbon thickness itself, contact resistance between the melt and chilling wheel, heat transfer in the melt and the wheel, and nucleation and crystal growth characteristics of the particular casting material. The calculations show that contact resistance between metal melt and chilling wheel has a great influence on melt cooling and wheel heating rate, and must not be neglected in heat transfer calculations, even if its value is very low. New method for determining contact resistance through variable heat transfer coefficient is introduced which takes into account physical properties of the casting material, process parameters and contact time/length between metal melt and chilling wheel. It can be concluded from the results that process parameters which determine the thickness of the melt puddle in the downstream have major influence on cooling and solidifying rate of the ribbon. For the propose of industrial continuous casting of larger material quantities, heat balance of the wheel is calculated and influence of the chill wheel cooling mode on cooling rate of metallic ribbon is analyzed.
	Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	Metalurški fakultet; Hrvatsko metalurško društvo; Metalurgija; 2010; Vol. 50, br. 1; str. 13-16; Impact Factor: 0.348; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.709; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Karpe Blaž, Kosec Borut, Kolenko Tomaž, Bizjak Milan	
	Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Člani raziskovalnega programa "Sinteza in karakterizacija materialov" so bili imenovani v komisije pri doktorskih disertacijah oziroma znanstvenih magisterijih na Sveučilištu u Zagrebu, Technical University Krakow in Silesian University Gliwice, Univerzitetu u Banja Luci, Univerzitetu u Zenici in Univerzitetu u Novom Sadu.

Člani raziskovalnega programa sodelujejo pri magistrskih in doktorskih študijih na prej navedenih univerzah.

Vodja raziskovalnega programa je v bil v letu 2009 imenovan v naziv gostujočega profesorja za področje procesne tehnike materialov in okoljskega inženirstva na Univerzitetu u Novom Sadu. Vodja programa je prejel "Častno priznanje profesorja Fryderyka Stauba Zlata Sova za leto 2011": (Silesian University of Technology, Gliwice).

Člani programa in sodelavci podjetja Acroni d.o.o. so za inovacije na področju razvoja novih kvalitet jekel prejeli srebrni priznanji za inovacijo Gospodarske zbornice Slovenije za leti 2009 in 2011.

Član skupine je pridobil Fulbrightovo štipendijo za podoktorski študij na University of California, Barkley, ZDA.

Študenta dodiplomskega študija Inženirstvo materialov sta pod mentorstvom člana raziskovalnega programa v letu 2013 zmagala na svetovnem tekmovanju 7th Virtual Steelmaking Challenge.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V širšem smislu so pomembni prispevki pri konstituciji binarnih in še bolj večkomponentnih kovinskih sistemov, fazni analizi in notranji oksidaciji. Rezultati teh raziskav so odmevni. Na tej osnovi je prišlo do mednarodnega sodelovanja na področju sinteze materialov s pomočjo notranje oksidacije, materialov s spominom oblike in načrtovanju okolju prijaznih materialov in proizvodov.

Raziskovalne vsebine oziroma področja na katerih so bili člani skupine že doslej, posebno pa v letih 2009 - 2013, uspešni so naslednja: Konstitucija kovinskih zlitin in kompozitov. Razvoj nanoplastnih reaktivnih Al-Au-folij. Hitro strjevanje in zlitine s spominom oblike. Notranja oksidacija bakrovih in srebrovih zlitin z ogljikom. Razvoj metodike metalografskih raziskav. Analiza napak in poškodb strojnih delov in komponent. Raziskave superplastičnih lastnosti in vedenje Al zlitin. Raziskave na področju mikromehanike heterogenih zlitin in kompozitov. Razvoj novih kvalitet jekel; razvoj nove generacije oklepne pločevine PROTAC. Eksplozijsko spajanje kovin. Numerično modeliranje procesov. Načrtovanje okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij.

Raziskovalni program ima kot skupina ali preko posameznih ali večih sodelavcev raziskovalne in pedagoške stike z drugimi skupinami znotraj oziroma s fakultetami, oddelki, katedrami, raziskovalnimi skupinami in raziskovalci izven meja Slovenije.

Sodelujemo pri načrtovanju in realizaciji raziskav, največ pa sodelujemo pri razvoju metodike eksperimentov in njihovi realizaciji, posebej sintezi materialov tudi za druge skupine in laboratorije.

ANG

In a wider sense the contribution to a binary and ternary phase diagrams development, phase analysis and internal oxidation are important and respected also abroad. These achievements lead to an international cooperation in a field of internal oxidized materials, shape memory materials synthesis, and designing environmentally-friendly materials and products.

Members of the research program were already successful, especially in years 2009 - 2013, in different research fields, such as: Constitution of metal alloys and composites. Development of reactive Al-Au nano-multilayered foils. Rapid solidification and shape memory alloys. Internal oxidation of copper and silver alloys with carbon. Development of metallographic examination methodology. Failure analysis of mechanical parts and equipments. Investigations of superplastic properties and behaviour of Al alloys. Researchs in the field of micromechanics of heterogeneous alloys and composites. The development of new steel grades; development of

new generation of armored steel PROTAC. Explosive welding of metals. Numerical modeling of processes. Designing of environmentally-friendly materials, products, processes and technologies.

The members of the research program have constant contact with faculties, departments, research groups and other institutions within our country and abroad.

We cooperate in planning and realization of researches, mostly in synthesis of materials also with other groups and laboratories.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Raziskovalni program "Sinteza in karakterizacija materialov" skrbi za osvajanje in razvoj novega znanja na enem temeljnih področij inženirstva, ki je tesno povezano z naravoslovjem. V širšem pogledu je področje na katerem dela skupina zanimivo tudi za nekaj drugih programskih skupin. Skupina z njimi sodeluje, vendar so glavna področja dela skupine specifična.

Rezultati njenih raziskav vplivajo na trajnostni družbeno-ekonomski razvoj preko pedagoškega procesa na vseh študijskih nivojih, stalne prisotnosti v industriji in sodelovanja z drugimi institucijami.

Teoretično in eksperimentalno delo skupine je tesno povezano z inženirstvom materialov.

Uspešno in za industrijo koristno sodelovanje je omogočilo programski skupini pridobiti del raziskovalne opreme in pomembno izkoriščenost raziskovalnih kapacitet ter za gospodarstvo aktualne raziskave.

Uspešni smo bili pri sintezi in obdelavi aluminijevih in železovih zlitin (modifikacija in kontrola mikrostrukture), izdelavi originalnih nizkotaljivih ekološko neoporečnih zlitin. Skupina je razvila več vrst pomožnih sredstev za livarstvo. Postavila temelje in inženirsko aplikacijo termomehanske obdelave aluminijevih zlitin, izvedla inženirsko aplikacijo kemotermične obdelave hladno preoblikovanih jeklenih izkrokov izpostavljenih visokim toplotnim in mehanskim obremenitvam. Bili smo uspešni tudi na področjih procesov hitrega strjevanja, zlitin s spominom oblike in raziskav notranje oksidacije srebrovih in bakrovih zlitin z ogljikom. Z neposrednim sodelovanjem z industrijo prispevamo k tehnološkemu in gospodarskemu napredku ter uvajanju novih materialov, tehnologij in procesov.

Razvoj oklepne pločevine nove generacije PROTAC 500 je uspešen projekt, kjer smo člani raziskovalnega programa sodelovali pri razvoju novega proizvoda.

Z raziskavami in pedagoškim delom je skupina tesno in učinkovito povezala naslednje proizvodne tehnologije: procesna metalurgija, livarstvo, preoblikovanje, spajanje, metalurgija prahov, toplotne obdelave, inženirstvo površin, nanotehnologije, načrtovanje in razvoj okolju prijaznih materialov, proizvodov, procesov in tehnologij.

ANG

The research program "Synthesis and characterization of materials" is taking care of achieving new knowledge in one of the basic fields of engineering that is tightly connected with the natural science.

The field of our group activity is also interested for some other programme groups that we collaborate with in specific areas. Results have influence in continual social and economical development within the pedagogical process on all levels of study, continuous presence in industry and cooperation with other institutions.

Theoretical and experimental work of the group is tightly connected with engineering of materials. Successful and industrial applicable cooperation enabled the group to achieve a part of research equipment and its further exploitations for economy.

We were successful in synthesis and treatment of aluminum and iron alloys (modification and microstructural development control), production of low-fusible and ecologically accepted alloys. We developed several auxiliary sources for casting industry, set the fundamentals and application for thermo mechanical treatment of aluminum alloys, made applicable the chemical and thermal treatment of cold formed steel products exposed to high thermal and mechanical loadings. We were successful in the fields of rapid solidification processes, shape memory alloys, and internal oxidation of silver and copper alloys with carbon.

With the direct cooperation with the industry we contribute to the technological and economical progress, and to the introduction of new materials, technologies and processes.

The development of a new generation armored steel PROTAC 500 is a successful project where members of the research program participated in the development of a new product.

With research and pedagogical work the group managed to connect following production technologies: process metallurgy, casting, forming, welding, powder metallurgy, heat treatment, surface engineering, nanotechnologies, design and development of environmentally-friendly materials, products, processes and technologies.

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	12
bolonjski program - II. stopnja	0
univerzitetni (stari) program	49

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
24489	Blaž Karpe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
19958	Stanko Grbić	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Barbara Lamut	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29103	Anton Košir	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Lesnik Andrej	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Ivan Kotnik	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
10725	Vlado Krebs	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Franc Zupan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
25601	Rok Barbič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14334	Tonica Bončina	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28346	Stanislav Kores	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Blaž Karpe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
24460	Miloš Jovanović	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29279	Damir Česnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28644	Jure Bernetič	<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	
25601	Rok Barbič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28346	Stanislav Kores	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
24460					

	Miloš Jovanović	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
29279	Damir Česnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
28644	Jure Bernetič	<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

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov 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	Ibrahim Plančič	C - študent - doktorand	01
0	Hasan Avdušinović	D - podoktorand iz tujine	01
0	Stjepan Kožuh	D - podoktorand iz tujine	01
0	Mirko Gojić	B - uveljavljeni	01
24588	Metod Ličen	A -	01
0	Igor Budak	D - podoktorand iz tujine	01

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

Vključevanje v raziskovalne programe EU in druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 2009 2013:

EUREKA E!3863 METSTRI (Borut Kosec)

The new Approach of Strengthening Technology for Metallic Strips used for Electro Industry (1.9.2006 – 31.12.2009)

TEMPUS IB_JEP-41156-2006 (RS) TIMEA (Borut Kosec)

Training of Institutions in Modern Environmental Approaches and Technologies (1.9.2007 – 31.01.2010)

BI SLO – PL (SLO-PL08/09-023)(Jakob Lamut)

Physical and Chemical modelling of Metallurgical Processes (1.1.2008 – 31.12.2009)

BI SLO – BiH (BI-BA 08/09-002) (Borut Kosec)

Heat Treatment Optimisation of Steel SemiProducts for Automotive Industry (1.1.2008 – 31.12.2009)

EUREKA E!4213 NANOFOIL (Ladislav Kosec)

Development of NanoFoil for Dentistry and Jewellery (1.5.2008 – 1.1.2011)

BI SLO - CRO (SLO-HRV 09/10-023) (Ivan Anžel / Borut Kosec)

Development of new metallic materials with shape memory effect (1.1.2009 – 31.12.2010)

BI SLO - PL (SLO-PL 09/10-002) (Damjan Klobčar / Borut Kosec)

FSW of hard to weld cast aluminium alloys and magnesium alloys (1.1.2009 – 1.12.2010)

BI SLO – BiH (BI-BA 10/11-011) (Milan Bizjak)

New Materials for Automotive Industry (1.1.2010 – 31.12.2011)

BI SLO – CG 2010/2011-5 (Mirko Soković / Borut Kosec)

Improvement of environmental management system using multisoftware (1.1.2010 – 31.12.2012)

TEMPUS 510985-TEMPUS-1-2010-1-RS-TEMPUS-JPHES (2 010- 3366 / 001- 001)

ISIS (Mirko Soković / Borut Kosec)

TransEuropean Cooperation Scheme for Higher Education (15.10.2010 – 14.10.2013)

BI SLO – CG (SLO-CG 12/13-014) (Boštjan Markoli)

Development of highstrength aluminium alloys reinforced with quasicrystals (1.1.2012 – 31.12.2013)

EUREKA E!6735 ESPAL (Primož Mrvar / Milan Bizjak)

Energy Savings by application of Electromagnetic Field in production of Alalloy

billets by DC casting method (1.4.2011 – 1.4.2013)MNT ERA NET (Boštjan Markoli)

Novel Smart filtering Materials (NSFM) (1.1.2011 – 31.12.2013)

BI SLO – ZDA (SLO-ZDA 12/13026) (Boštjan Markoli)

Nanotensile tests and HREM of deformation mechanisms in quasicrystalline alloys (1.1.2012 – 31.12.2013)

BI SLO – CRO (BI-HR 12/13 038) (Borut Kosec)

Manufacturing technologies and heat treatment processes of steel semiproducts for automotive industry (1.1.2012 – 31.12.2013)

CASE LCA NETWORK (Borut Kosec)

(1.11.2012 – 31.10.2013)

Znanstveno in pedagoško sodelovanje z:

Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, CRO

Technische Universitaet Leoben, Leoben, A

Technische Universitaet Wien, Wien, A

Technische Universitaet Clausthal, Clausthal, D

Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, E

Technical University of Brno, Faculty of Mechanical Engineering, Brno, CZ

Silesian University of Technology, Gliwice, PL

Technical University, Krakow, PL

University of California, Berkley, USA

University of Osaka, Osaka, J

Univerzitet u Beogradu, Beograd, SR

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, SR

Univerzitet u Banja Luci, Mašinski fakultet, Banja Luka, BiH

Sveučilište u Osijeku, Strojarski fakultet, Slavonski Brod, CRO

Univerzitet u Zenici, Zenica, BiH

Universita di Trieste, Trst, I

Veleučilište u Slavonskom Brodu, Slavonski Brod, CRO

Metalurški institut Kemal Kapetanović, Zenica, BiH

VTI – Vojnotehnički institut, Beograd, SR

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

SLO

Projekti za uporabnike izven financiranja ARRS za obdobje 2009 2013:

Postopek izdelave aluminijških folij iz kontinuirno ulitega traku debeline 6 mm (Impol d.d.) (Anton Smolej)

Razvoj visokotrdnega obrabno obstojnega jekla (ACRONI d.o.o.) (Ladislav Kosec)

Simulacija toka taline v vmesni ponovci
(ACRONI d.o.o.) (Jakob Lamut)

Modernizacija naprave za kontinuirno litje jekla
(ACRONI d.o.o.) (Borut Kosec)

Induktivno ogrevanje in kaljenje planetnih gredi
(Iskra Avtoelektrika d.d., TERMING d.o.o.) (Borut Kosec)

Toplotna obdelava Inconela 718
(Hidria Institut za materiale in tehnologije d.o.o.) (Milan Bizjak)

Razvoj novih dentalnih zlitin
(Zlatarna Celje d.d.) (Borut Kosec)

Deformacija jeklenih izdelkov med proizvodnim procesom
(Hidria Institut za materiale in tehnologije d.o.o.) (Milan Bizjak)

Vpliv nizko frekvenčnega elektromagnetnega litja na lastnosti aluminijeve zlitine AA7075
(Impol d.d.) (Anton Smolej)

Toplotna obdelava Sendzimir valjev
(Sorbit d.o.o.) (Ladislav Kosec)

Naprava za detekcijo mikrostrukturnih sprememb v kovinskih materialih
(Milan Bizjak)

Vpliv notranjih napetosti na obliko izdelkov iz jeklene pločevine
(Hidria Institut za materiale in tehnologije d.o.o.) (Milan Bizjak)

Črna sestava pokrivne žilindre med kontinuirnim vlivanjem jekla
(Štore Steel d.d.) (Jakob Lamut)

Rekonstrukcija in optimiranje delovanja linije za toplotno obdelavo debele jeklene pločevine
(ACRONI d.o.o.) (Borut Kosec)

Magneti za napredne aplikacije pri visokih temperaturah
(Magneti d.d.) (Boštjan Markoli)

Umerjanje peči za toplotno obdelavo Al ulitkov
(RC Simit d.o.o., CIMOS TAM Ai d.o.o.) (Borut Kosec)

Legiranje Ti v jeklo z redukcijo ilmenita
(Metal Ravne d.d.) (Jakob Lamut)

Razvoj in analize visokotrdne oklepne pločevine PROTAC 500
(RCJ d.o.o., ACRONI d.o.o.) (Borut Kosec)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Raziskovalni, razvojni in tehnološki cilji članov raziskovalnega programa P2-0205 "Sinteza in karakterizacija materialov" so v večini primerov že v zasnovi namenjeni aplikaciji v industrijsko okolje. S tem namenom so naše raziskave že v osnovi zasnovane v sodelovanju med raziskovalno skupino programa in industrijskimi partnerji ter domačimi in tujimi institucijami znanja.

V razvoj aplikacij in raziskovalno delo raziskovalnega programa vključujemo diplomante do in podiplomskega študija ter sodelavce iz industrije ter (tujih) institucij znanja.

V obdobju 2009 - 2013 sta nam uspeli implementaciji visokokakovostnih rezultatov z aplikacijo v industrijski praksi: superplastična aluminijeva zlitina AA5083 legirane s skandijem in cirkonijem ter v sodelovanju z investitorjem raziskav Acroni d.o.o. in tujimi institucijami razvoj jekla iz skupine visokotrdnih malolegiranih jekel, namenjenih za oklepno (protibalistično) zaščito v obliki pločevine – nov visokokakovosten proizvod jeklo nove generacije PROTAC 500.

Na področju merilnih tehnik in eksperimentalnih metod v znanosti materialov je bila izdelana naprava za detekcijo mikrostrukturnih sprememb med procesom segrevanja do visokih temperatur. Naprava je sposobna izredno natančnega merjenja električne upornosti v odvisnosti od temperature. Inovativna ideja, zamisel in realizacija naprave je bila izvedena in vodena s strani članov raziskovalnega programa ob sodelovanju slovenskega gospodarstva. Obenem smo uspešno nadgradili in optimirali tudi napravo za hitro strjevanje kovinskih materialov na vrtečem se valju.

Uspešno in za industrijo koristno sodelovanje je omogočilo skupini raziskovalnega programa pridobiti del nove raziskovalne opreme in zagotoviti izkoriščenost raziskovalnih kapacitet, s strani slovenskega gospodarstva pa aktualne raziskave.

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	110.000
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	Raziskovalni program P2-0205 "Sinteza in karakterizacija materialov" ima sam oziroma njegova matična institucija ter institucije znanja in industrijski partnerji s katerimi člani raziskovalnega programa intenzivno sodelujejo praktično vso potrebno raziskovalno opremo. Za optimalno delo manjka določena specialna oprema manjše cenovne vrednosti ter nekateri posamezni programski paketi za analizo napetostno-deformacijskih in temperaturnih polj, analizo procesov toplotnih obdelav ter analizo življenjskih ciklov proizvodov.

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Analiza pokljivosti zvarov v peskalnih komorah iz Hadfieldovega jekla

V kotnih zvarih iz avstenitnega nerjavnega jekla 18Cr9Ni7Mn so bile ugotovljene vzdolžne razpoke, ki eksistirajo na liniji zraščanja kristalov dveh strjevalnih front na sredini zvara.

Na kristalnih mejah so ugotovljeni oksidni in karbidni filmi. Vroče razpoke so posledica kombiniranega delovanja široke špranje med pločevinami in zaradi tega nastalih visokih natezih napetosti med ohlajanjem, proste korenske površine zvara v široki špranji ter interkristalnih oksidnih filmov v zvaru.

Ker se pred varjenjem atmosfersko korodirane in s kisikovo plazmo rezane površine osnovnega materiala ne brusijo, v zvarno kopel preidejo pretaljeni površinski oksidi.

V interkristalnih oksidnih filmih ugotovljena povečana vsebnost kroma je posledica oksidacije kroma v dodatnem materialu.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Analiza napak in poškodb orodij za tlačno litje aluminijevih zlitin kot ključ do kakovosti

Za ekonomično proizvodnjo ulitkov po postopku tlačnega litja je izrednega pomena zagotoviti visoko kakovost orodja in njegovo dolgo življensko dobo. Popravilo oziroma zamenjava orodja pomeni visoke stroške tako z vidika denarja, kot tudi časa.

Orodja za tlačno litje aluminijevih zlitin se poškodujejo zaradi velikega števila različnih in simultano delujočih faktorjev.

Konstrukcija orodja, izbira materiala, in temperaturno utrujanje kot posledica cikličnega delovnega procesa, kot tudi prenizko in nehomogeno začetno temperaturno polje ključno prispevajo k poškodbam in razpokam na/v orodju.

V okviru izvedenega dela je bila višina in homogenost temperaturnih polj na površini delovne površine testnih orodij ovrednotena z uporabo termografskih meritev, poškodbe in razpoke na delovni površini orodij pa analizirane z uporabo preiskovalnih metod brez porušitve materiala.

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:

Univerza v Ljubljani,
Naravoslovnotehniška fakulteta

Borut Kosec

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/24

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 prirponko/-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

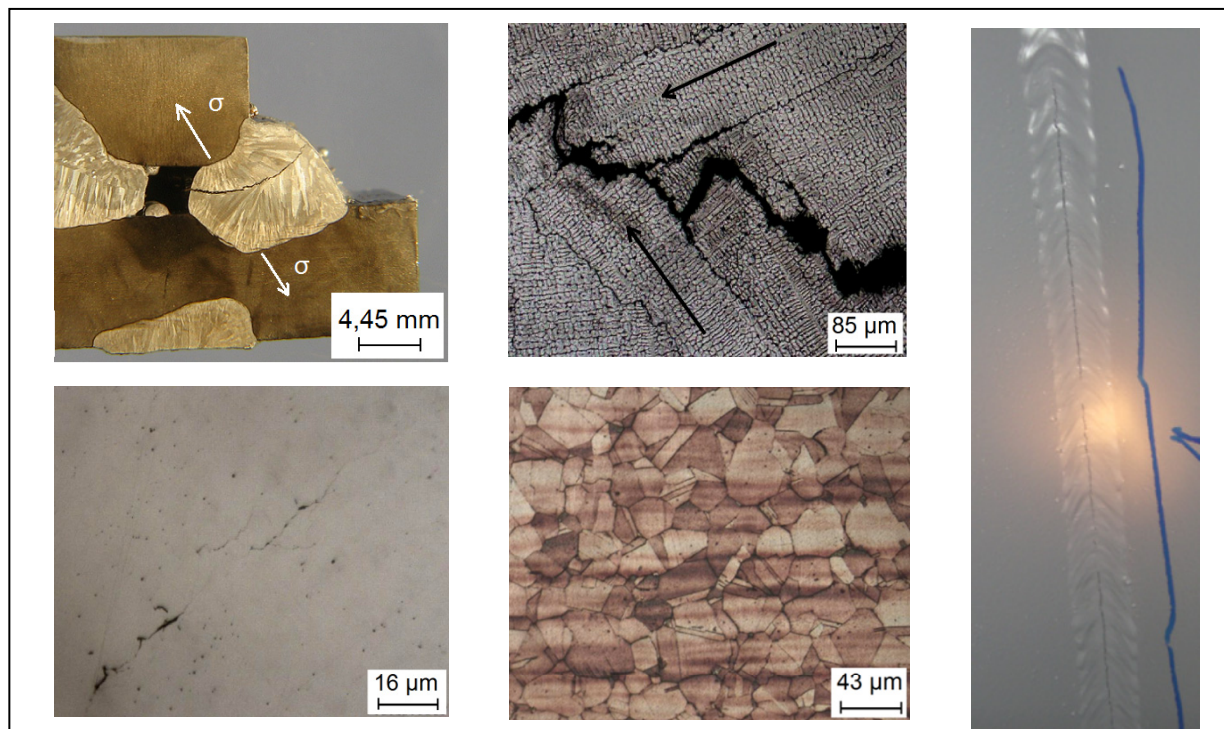
E5-38-1C-A7-6F-FC-C7-BF-F5-D8-70-DE-69-87-55-60-A5-1F-8B-48

Priloga 1

TEHNIKA

Področje: 2.04 – Materiali

Dosežek: Analiza pokljivosti zvarov v peskalnih komorah iz Hadfieldovega jekla



V kotnih zvarih iz avstenitnega nerjavnega jekla 18Cr9Ni7Mn so bile ugotovljene vzdolžne razpoke, ki eksistirajo na liniji zraščanja kristalov dveh strjevalnih front na sredini zvara.

Na kristalnih mejah so ugotovljeni oksidni in karbidni filmi. Vroče razpoke so posledica

kombiniranega delovanja široke špranje med pločevinami in zaradi tega nastalih visokih nateznih napetosti med ohlajanjem, proste korenke površine zvara v široki špranji ter interkristalnih oksidnih filmov v zvaru.

Ker se pred varjenjem atmosfersko korodirane in s kisikovo plazmo rezane površine osnovnega materiala ne brusijo, v zvarno kopel preidejo pretaljeni površinski oksidi.

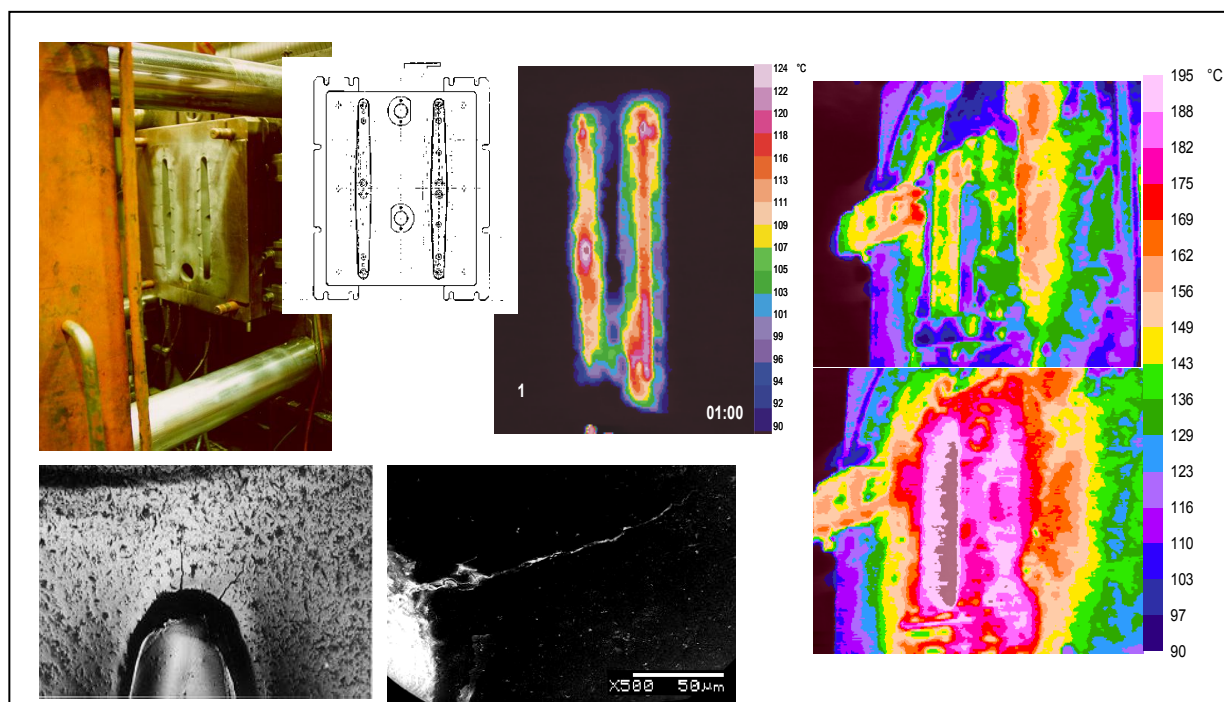
V interkristalnih oksidnih filmih ugotovljena povečana vsebnost kroma je posledica oksidacije kroma v dodajnem materialu.

Priloga 2

TEHNIKA

Področje: 2.04 – Materiali

Dosežek: Analiza napak in poškodb orodij za tlačno litje aluminijevih zlitin kot ključ do kakovosti



Za ekonomično proizvodnjo ulitkov po postopku tlačnega litja je izrednega pomena zagotoviti visoko kakovost orodja in njegovo dolgo življenjsko dobo. Popravilo oziroma zamenjava orodja pomeni visoke stroške tako z vidika denarja, kot tudi časa.

Orodja za tlačno litje aluminijevih zlitin se poškodujejo zaradi velikega števila različnih in simultano delujočih faktorjev. Konstrukcija orodja, izbira materiala in temperaturno utrujanje kot posledica cikličnega delovnega procesa, kot tudi prenizko in nehomogeno začetno temperaturno polje ključno prispevajo k poškodbam in razpokam na/v orodju.

V okviru dela je bila višina in homogenost temperaturnih polj na površini delovne površine testnih orodij ovrednotena z uporabo termografskih meritev, poškodbe in razpoke na delovni površini orodij pa analizirane z uporabo preiskovalnih metod brez porušitve materiala.

KOSEC, Borut, SOKOVIĆ, Mirko, KARPE, Blaž, GOJIĆ, Mirko, NAGODE, Aleš, KOSEC, Gorazd. Failure analysis of dies for aluminium alloys die-casting as the key to the quality. Etikum 2013, Novi Sad, 12-13 June 2013 : proceedings, str. 1-4, Novi Sad, 2013.