

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/469

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0120
Naslov programa	Tehnologije metastabilnih materialov s kovinsko osnovo
Vodja programa	10369 Ivan Anžel
Obseg raziskovalnih ur	20.400
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Nanostrukturni kovinski kompoziti

S kombinacijo hitrega strjevanja in notranjega ogljičenja smo izdelali diskontinuirni kompozit Cu-C s submikrometrsko velikostjo grafitnih delcev.

Z eksperimenti smo potrdili hipotezo, da na defekti, ki jih ustvarimo v mikrostrukturi s hitrim strjevanjem, med procesom notranjega ogljičenja segregirajo atomi ogljika. Z naraščanjem koncentracije ogljika na teh mestih se po določenem času notranjega ogljičenja ustvarijo termodinamski pogoji za tvorbo grafitnih klasterjev in ob preseženi njihovi kritični velikosti pogoji za izločanje nano-metrskih grafitnih delcev.

Volumski delež in velikost izločenih grafitnih delcev sta odvisna od izhodne hitro strjene mikrostrukture, temperature in časa notranjega ogljičenja.

Proces notranjega ogljičenja poteka brez pojava precipitacijske fronte, s sočasnim izločanjem grafitnih delcev po celotnem volumnu, potem ko se v trdni raztopini matice doseže, na defekti v kristalni mreži pa preseže nasičenost ogljika. Kinetika izločanja finih precipitativ sledi parabolični odvisnosti od časa, volumski delež in velikost C-precipitativ pa naraščata s časom notranjega ogljičenja. Največja gostota in najbolj enakomerna razporeditev C-delcev je bila dosežena pri gašenih vzorcih, kar kaže, da so praznine oz. klasterji praznin najbolj primeren element kristalne mreže za tvorbo grafitnih delcev. Čeprav je povečana koncentracija praznin nad ravnotežno pri visokih temperaturah nestabilna in bi morali ti defekti po teoriji pri povišani temperaturi anihilirati, pa prisotnost majhne količine kisika, ki je raztopljen v čistem bakru, stabilizira te defekte. Po delni notranji oksidaciji Cu-C trakov je dobljena mikrostruktura sestavljena iz dveh različnih con: iz (i) cone notranje oksidacije z enakomerno razporejenimi plinskimi porami v Cu matici in iz (ii) neoksidiranega dvofaznega področja z C-delci v Cu-matici. Razporeditev plinskih por v coni NO je podobna razporeditvi C-delcev v še neoksidiranem dvofaznem področju, pri čemer so plinske pore večinoma bolj okrogle in nekoliko večje kot C-delci, njihovo število pa je po volumnu nekoliko manjše. Posneti EELS spektri O K za kisik, ki se nahaja v plinski pori pod površjem, imajo maksimalno višino pika pri 540 eV; oblika in lega krivulje pa sta značilni za molekularni kisik. V primeru posnetega EELS spektra O K v področju matice ima le-ta značilnosti za kisik, ki je vezan

v Cu(II)O oksid.

V prvi stopnji NO poteka v Cu matici reakcija med grafitom in raztopljenimi kisikovimi atomi kot direktna notranja oksidacija, v drugi stopnji, pa preide reakcija na indirektno preko plinske faze CO₂, ki prenaša kisik do grafita. Po daljših časih NO začne potekati proces sferoidizacije plinskih por. Pri prelomu popolnoma notranje ogljičenih Cu-C trakov nastane prelomna površina z jamicami, ki so karakteristične za duktilne porozne materiale.

Pri študiju oksidacije grafita v Cu-matici je bil izveden izvirni eksperiment s t.i. makro-preizkušancem, ki je omogočal določitev kinetike oksidacije grafita in ugotavljanje tlakov, ki pri tej reakciji nastanejo.

Hitrost oksidacije grafitnega delca v notranjosti Cu-matice je parabolična funkcija časa. Takšna kinetika je posledica naraščanja tlaka plinskih produktov in prehoda oksidacije na indirektno zgorevanje (dotok kisika na površino grafita poteka preko CO₂). Pri reakciji raztopljenega kisika z grafitom nastajajo plini (CO, CO₂), ki ustvarjajo tlačne napetosti v Cu matici. Velikost teh napetosti smo ocenili na $3 \times 10^{(exp+6)}$ Pa.

Tehnologije aluminijevih zlitin, ki vsebujejo kvazikristale

Razvili smo več zlitin Al-Mn-Be, ki vsebujejo metastabilno kvazikristalno fazo. Zlitine so bile izdelane z vakuumskim indukcijskim taljenjem in litjem. V začetnem stanju (po vakuumskem taljenju in litju) so bile zlitine sestavljene iz trdne raztopine na osnovi aluminija in dveh metastabilnih intermetalnih faz: Be₄AlMn in Al₁₀Mn₃(Be). Vse preiskane zlitine so se talile v relativno širokem temperaturnem intervalu (med 230 °C in 310 °C). To dejstvo je predstavljalo temelji razlog, da so bili v hitrostrjenem traku neraztaljeni delci Be₄AlMn in Al₁₀Mn₃(Be). Z

optimiranjem parametrov hitrega strjevanja na vrtečem kolesu (melt spinning) smo v trakovih debeline med 30-200 um dosegli mikrostrukturo iz trdne raztopine na osnovi aluminija in majhnih, enakomerno porazdeljenih kvazikristalnih delcev. Disperzija kvazikristalnih delcev je bila najbolj drobna na notranji strani traku, kjer je trdota dosegla vrednosti 200-300 HV.

Podrobna raziskava kvazikristalne faze je pokazala, da ima primitivno ikozaedrično zgradbo. Vsebnost Mn v kvazikristalni fazi je bila med 14 at. % in 16 at. %, vsebnost Be med 30 at. % in 40 at. %, preostali delež je bil aluminij. Srednja sestava je bila 35 at. % Be, 15 at. % Mn in 50 at. % Al. Koncentracija valenčnih elektronov e/a za to sestavo je bila 1,65. Če upoštevamo, da je bila natančnost meritve ± 20 % leži koncentracija valenčnih elektronov med 1,40 in 1,90. To je značilno za spd-kvazikristale (Mackay tip, najbolj značilne vrednosti so med 1,7 in 1,9), med katere spadajo kvazikristali iz binarne zlitine Al-Mn. Be v kvazikristalu substitucijsko zamenja Al v znatni meri. S tem smo potrdili domnevo, da lahko povečano nagnjenje k nastanku kvazikristalov v zlitinah Al-Mn ob dodatku Be pripišemo vgraditvi Be v kvazikristalno fazo.

Prav tako smo raziskali zlitine Al-Mn-Be, ki smo jih ulili v bakreno kokilo (ohlajevalna hitrost je bila mnogo manjša kot pri postopku melt-spinning, ocenjujemo da okoli 1000 °C/s). Lita mikrostruktura je bila sestavljena iz ikozaedrične kvazikristalne faze (i-faze), faze Be₄AlMn in mestoma tudi heksagonalne faze (H-faze) Al₁₀Mn₃(Be). Trdna raztopina na osnovi Al je predstavljala večinsko fazo. Kemijsko sestavo smo ugotavljali s spektroskopijo Augerjevih elektronov. Sestava i-faze je bila približno Al₅₂Mn₁₈Be₃₀, torej podobno kot v hitro strjenih trakovih. Globoko jedkanje in ekstrakcija delcev nam je dala poglobljen vpogled v tridimenzijsko obliko faz. Odkrili smo, da je H-faza pretežno v obliki heksagonalnih ploščic. Kvazikristalna i-faza se pojavlja v več oblikah: 1) zaobljeni delci, ki so pritrjeni na delce Be₄AlMn, 2) dendriti i-faze in 3) paličasta evtektična i-faza.

Morfologijo i-faze si lahko pojasnimo z njeno prednostno rastjo v smereh s trištevno simetrijo in dejstvom, da imajo petštevne fasete najmanjšo prosto energijo. Zaradi tega imajo delci i-faze težnjo po fasetiranju in pogosto imajo obliko pentagonalnih dodekaedrov. Preiskave s TEM so pokazale precejšnje fazonske deformacije (angl. »phason strain«) v i-fazi in prisotnost nanometrskih domen v Be₄AlMn.

Rezultati raziskav so pokazali, da lahko v izdelanih zlitinah dosežemo nastanek metastabilne kvazikristalne faze pri zmernih ohlajevalnih hitrostih, vendar pa ne moremo doseči načrtovane dvofazne mikrostrukture sestavljene iz trdne raztopine na osnovi Al in kvazikristalne faze. V izdelanih zlitinah je bil delež Be prevelik, zato je olajšal nastanek H-faze, ki je imela sestavo blizu Be₄AlMn.

Pri nadaljnji preliminarni raziskavi smo ugotovili, da lahko s primerno izbiro kemijskih elementov in njihovim deležem (Al₉₄Mn₂Be₂Cu₂) zmanjšamo težnjo po nastanku kristalnih intermetalnih spojin in povečamo nagnjenje k nastanku kvazikristalne faze. Ikozaedrična faza (i-faza) je bila navzoča v obliki dendritnih delcev in kot sestavni del evtektika (paličasta i-faza v $\square_{Al}$). Med žarjenjem pri 500 °C je iz paličastih evtektičnih delcev nastalo večje število kroglastih delcev, medtem ko so primarni dendriti i-faze dobili bolj kroglasto obliko. Delež Cu v i-fazi se je povečal. Znotraj i-faze in na meji med i-fazo in $\square_{Al}$ je nastala faza bogata s Cu in Be. Faza $\square_{Al}$ -Al₂Cu se je v celoti raztopila.

Raztopljeni Cu in $\square$ -Al predstavlja potencial za spreminjanje razmerja trdnost/raztezek z izločevalnim utrjevanjem. Tako zlitina $Al_{94}Mn_2Be_2Cu_2$ predstavlja obetajočo podlago za nadaljnji razvoj Al-livnih zlitin, ki vsebujejo kvazikristalne in s tem novih materialov z zanimivo kombinacijo lastnosti.

Razvoj materialov z oblikovnih spominom za mikrokomponente

Za zelo primeren postopek hitrega strjevanja v eksperimentalni fazi se je izkazal postopek melt spinning, saj so parametri strjevanja lahko zelo podobni parametrom pri postopku planar flow casting, ki je primeren za industrijsko proizvodnjo tankih in širokih hitro strjenih trakov. Z optimiranjem parametrov smo dosegli za melt spinning izredno veliko širino, do 10 mm, in debelino trakov, 0,5 mm in več, v kombinaciji z zaželenimi karakteristikami mikrostrukture: a) martenzitno stanje, kar pomeni, da so imeli trakovi oblikovni spomin že v litem stanju; b) enoplastna mikrostruktura (debeline trakov je enaka višini kristalnega zrna), kakršna naj bi bila po literarnih virih najugodnejša za doseganje velikih reverzibilnih raztezov (spominskega efekta); c) trakasta tekstura, ki še dodatno poveča dosegljive reverzibilne deformacije; tekstura je dokazana posredno, z meritvami modula elastičnosti kristalnih zrn na različno orientiranih prerezi trakov po metodi univerzalne trdote. O kombinaciji naštetih karakteristik z doseženimi velikimi dimenzijami prečnega prereza trakov v literaturi še nismo zasledili poročil. Z dodajanjem majhnih količin bora smo izboljšali deformabilnost trakov, ne da bi bor preprečil nastanka stebraste enoplastne strukture trakov - to kaže na veliko verjetnost, da je mogoče (kljub nasprotnim literarnim podatkom) kombinirati ugodne vplive modifikatorjev (povečanje duktilnosti) in enoplastne usmerjene strukture trakov. Pri nateznih preizkusih smo trakovom z dodatkom bora izmerili do trikrat večje raztezne kot trakovom sicer enake kemijske sestave in dimenzij brez bora. Tudi natezne trdnosti so bile pri trakovih z borom bistveno večje. Z EDS analizami smo boridne delce identificirali kot aluminijev dodekaborid AlB_{12} . Toplotna obdelava je v vseh primerih izboljšala duktilnost, čeprav so imeli trakovi že v litem stanju martenzitno strukturo in oblikovni spomin. S tem smo potrdili nujnost toplotne obdelave tudi za hitro strjene zlitine Cu-Al-Ni, ki imajo oblikovni spomin že v litem stanju in posredno dokazali, da v litem stanju struktura ni nujno popolnoma martenzitna, čeprav s svetlobno in rastrsko elektronsko mikroskopijo ni mogoče dokazati prisotnosti drugih faz. Optimirali smo parametre toplotne obdelave (raztopno žarjenje in staranje) za hitro strjene trakove Cu-Al-Ni. Iz že znanih metod treninga in preizkušanja dvosmernega oblikovnega spomina (TWSME) smo izpeljali postopka, ki sta primerna za trening in preizkušanje tankih trakov iz materialov z majhnimi reverzibilnimi deformacijami (zlitine Cu-Al-Ni), hkrati pa sta tudi enostavna in tehnološko nezahtevna. Razvili in izdelali smo ustrezno napravo za trening in preizkušanje TWSME ter uspešno izvedli trening in testiranje TWSME. Na področju karakterizacije mikrostruktur smo kot prvi v Sloveniji uvedli SEM z ionsko puško (FIB) in metodo uspešno uporabili pri preiskavah vzorcev spominskih zlitin. Ker običajne metode (DTA, DSC) določanja temperatur matenzitne transformacije zahtevajo vzorce, premajhne za nadaljnje teste, smo kot alternativni postopek uvedli meritve električne upornosti z merilno celico, ki smo jo sami razvili, izdelali in patentirali, dovoljuje pa poljubno velike vzorce. Skladnost z rezultati DSC potrjuje, da je nova metoda uspešna. Na področju metalurgije prahov smo za preizkuse smo izbrali sintranje s hladnim kompaktiranjem, saj je bil pglavitni namen raziskav preizkus kar se da preproste in poceni alternativne metode izdelave elementov iz SMA. Ker uporaba martenzitnih prahov ni mogoča, saj bi se v tem primeru med sintranjem aktiviral oblikovni spomin in razrahljal obdelovanec. Zato je potrebno prah pred stiskanjem žariti. V nasprotju s podatki iz literature smo ugotovili, da po beta-žarjenju ne zadošča ohlajanje na zraku, niti upočasnjeno ohlajanje v peči. Da preprečimo martenzitno transformacijo je potrebno ohlajanje prekiniti pri evtektoidni temperaturi, s tem pa se pričakovane prednosti hladnega stiskanja precej zmanjšajo. Raziskave in poskusi na področju valjanja trakov Cu-Al-Ni so pokazale da je hladno valjanje da je primeren postopek za izboljšanje kakovosti površine in za deformacijsko utrjevanje trakov. Če stopnja deformacije pri valjanju ni prevelika, so trakovi v hladno valjanem stanju še vedno primerni za izkoriščanje enosmerne (SME) ali dvosmerne (TWSME) spominskega efekta, ob tem da so napetosti, potrebne za psevdoplastično deformacijo večje kot pri nevaljanih trakovih, dosegljiva velikost efekta pa je zaradi povečane gostote dislokacij manjša kot pri nevaljanih trakovih. Za doseganje maksimalne velikosti spominskega efekta je potrebno bodisi vroče valjanje ali ponovna toplotna obdelava. Raziskave zlitin Cu-Al-Ni smo razširili še na področje biokompatibilnosti. V sodelovanju z zunanjimi inštitucijami smo izvedli preliminarne teste citotoksičnosti hitro strjenih zlitin. Rezultati so obetavni – nakazujejo verjetnost, da utegnejo biti hitro strjene Cu-Al-Ni zlitine, kljub splošno sprejetemu mnenju o nasprotnem, primeren material za aplikacije, kjer je stik z živim tkivom relativno kratek. Na področju raziskav zlitin Ni-Ti, so najpomembnejši dosežki napredek pri optimiranju parametrov hitrega strjevanja in dognanje, da trening ugodno vpliva na velikost enosmerne SME.

Izdelava spojev z mikrostrukturno, ki zagotavlja trajnost njihovih lastnosti

Nosilnost ciklično obremenjenih varjenih kovinskih konstrukcij je odvisna od dimenzij konstrukcijskih komponent, kvalitete uporabljenega materiala, oblike spojev in inicialnih napak. Inicialne napake zmanjšajo trdnost zvarov. Vplivnost napak je odvisna od njihove velikosti, lastnosti materiala ter od velikosti in značaja napetosti:

1. Morebitni obstoj makro napak nadziramo z neporušitvenimi metodami, katerih zaznavnost in ekonomska uporabnost sta pri majhnih napakah omejeni.
2. Mikrostrukturno in lastnosti materiala zvarov je med varjenjem težko natančno načrtovati in nadzorovati.
3. Napake, ki so primerljive z največjimi mikrostrukturnimi enotami kovinskega materiala, so mikro napake.

Učinek mikro napak na trdnost materiala ni proporcionalen z njihovo velikostjo kot v primeru makro napak. Mikro napake na TVP so lahko posledica že obstoječih napak v osnovnem materialu, medtem ko se tiste v varu pojavijo med varjenjem ali kmalu po varjenju. Pogosto pa gre za površinske mikro napake, ki nastanejo zaradi varjenja in manipulacije z varjenimi izdelki. Raziskali smo vpliv dveh vrst umetnih mikro napak na ciklično trdnost enega grobozrnatega martenzitnega jekla. Takšno jeklo je značilno za tisto področje najbolj kakovostnih zvarov, kjer nastanejo pri cikličnih obremenitvah razpoke zaradi utrujenosti materiala. To je grobozrnati del TVP zvarov na prehodu na var. Eksperimentalno smo analizirali kakšen učinek imajo zaostale napetosti, ki so posledica izdelave umetne mikro napake na pojavljanje razpok iz teh napak. Razlog za zaostale napetosti pri nastanku mikro napak je prostorsko omejena ireverzibilna plastična deformacije elasto-plastičnega materiala. Obe umetni mikro napaki sta bili tako veliki, da sta teoretično imeli glede na svojo velikost enak vpliv na nastanek razpok zaradi utrujenosti materiala. Vendar pa so zaostale napetosti, ki so posledica izdelave teh dveh umetnih mikro napak, v enem primeru zavirale nastanek razpok, v drugem pa ga pospešile. Tako začetna faza nastajanja razpok zaradi utrujenosti materiala ni bila odvisna le od velikosti umetnih mikro napak in od ravni ciklične napetosti, ampak tudi od razporeditve zaostalnih napetosti. Zaostale napetosti vplivajo na življenjsko dobo komponent s takšnimi mikro napakami. Da smo sploh lahko kvantitativno ovrednotili vpliv zaostalnih napetosti, smo umetne mikro napake izdelali enkrat z zaostalimi napetostmi, drugič pa brez njih. Kombinirali smo termično obdelavo v metalurški peči s pripravo mikro napak. Tako smo izdelali vzorce grobozrnatega martenzitnega jekla s površinskimi napakami, ko zaostale napetosti obstojajo in ko ne obstojajo.

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Raziskovalno delo v okviru programske skupine je v obdobju 2004-2008 potekalo v skladu s terminskim planom raziskovalnega programa. Pri tem so bili doseženi vsi osnovni zastavljeni cilji. V sklopu razvoja tehnologije izdelave nanostrukturnih kompozitov smo z raziskavami potrdili uporabnost defektov v kristalni mreži kovinske matice za ustvarjanje nanostrukturnih delcev tistih faz, ki so v kovinski matici netopne. Na osnovi eksperimentalnega dela smo postavili modele mehanizmov procesov in pojavov, ki potekajo pri tvorbi nanostrukturnih delcev. Prav tako smo v laboratorijskih pogojih uspeli izdelati kompozite z disperzijo nano delcev grafita in plinskih por v kovinski matici.

Pri razvoju kvazikristalnih zlitin so bili doseženi vsi zastavljeni raziskovalni cilji. Na osnovi rezultatov eksperimentalnega dela smo dosegli višjo stopnjo obvladovanja tehnologije izdelave visokotrdnih zlitin utrjenih s kvazikristalnimi fazami. Obenem smo dokazali, da lahko z ustrezno izbiro sestave Al zlitin dosežemo željeno mikrostrukturno (kvazikristalne faze v trdni raztopini) že pri klasičnih postopkih litja, kar bo v bodočnosti vplivalo na večjo dostopnost in uporabnost zlitin s kvazikristalnimi fazami.

Na področju razvoja spominskih zlitin smo poglobili razumevanje vpliva hitrega strjevanja in pri tem nastalih metastabilnih mikrostruktur na mehanske in spomske lastnosti zlitin z oblikovnim spominom. Uspešno smo tudi dopolnili tehnologijo izdelave mikrokomponent iz sistema Cu-Al-Ni. V okviru raziskav vpliva metastabilnih mikrostruktur, ki nastanejo pri zvarnih spojih, na mehanske lastnosti varjenih konstrukcij pa smo uspeli pojasniti večino fenomenov, ki se odražajo na nosilnosti spojev pri cikličnih, dinamičnih in kvazistatičnih obremenitvah.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Raziskovalno delo v okviru programske skupine je v obdobju 2004-2008 potekalo v skladu s planom raziskovalnega programa brez sprememb.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv mikrostrukture visoko žlahtne Au-Pt dentalne zlitine na njene korozijske lastnosti in biokompatibilnost In Vitro
		<i>ANG</i> The Influence of the Microstructure of High Noble Gold-Platinum Dental Alloys on their Corrosion and Biocompatibility in Vitro.
	Opis	<i>SLO</i> V članku so predstavljene primerjave mikrostruktur, korozijske obstojnosti ter in vitro biokompatibilnost dveh Au-Pt zlitin s podobno kemijsko sestavo.
		<i>ANG</i> The aim of this work was to compare the microstructures of two high noble experimental Au-Pt alloys with similar composition with their corrosion and biocompatibility in vitro.
	Objavljeno v Gold bull. (1996), 2009, vol. 42, no. 1, str. 34-47. JCR IF (2007): 1.45, SE (21/43), chemistry, inorganic & nuclear, x: 1.847, SE (62/189), materials science, multidisciplinary, x: 1.682, SE (7/66), metallurgy & metallurgical engineering, x: 0.661	
	Tipologija 1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID 13045782	
2.	Naslov	<i>SLO</i> Kvazikristalne faze v hitro strjenih trakovih zlitine Al-Mn-Be
		<i>ANG</i> Quasicrystalline phase in melt-spun Al-Mn-Be ribbons
	Opis	<i>SLO</i> Ugotovili smo, da lahko v zlitinah Al-Mn-Be s hitrim strjevanjem dosežemo mikrostrukturo sestavljeno iz drobnih kvazikristalnih delcev (do 500 nm) v aluminijevi osnovi in da je lahko trdota takšne mikrostrukture tudi do 300 HV.
		<i>ANG</i> It was found out that in alloys Al-Mn-Be microstructures of melt-spun ribbons consisted of finely dispersed quasicrystalline particles (500 nm diameter) in Al-rich matrix, and that the hardness of such microstructure attained as high value as 300 HV.
	Objavljeno v J. alloys compd.. [Print ed.], Mar. 2008, vol. 452, iss. 2, str. 343-347. http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2006.11.041 .	
	Tipologija 1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID 687199	
3.	Naslov	<i>SLO</i> Mikrostruktura hitro strjenih trakov spominske zlitine Cu-Al-Ni
		<i>ANG</i> Microstructure of rapidly solidified Cu-Al-Ni shape memory alloy ribbons
	Opis	<i>SLO</i> Članek obravnava hitro strjene trakove iz spominskih zlitin Cu-Al-Ni različnih kemičnih sestav, izdelane po postopku melt spinning. Predstavljeni so izsledki raziskav o vplivih parametrov litja, kemične sestave in naknadnih toplotnih obdelav na mikrostrukture trakov in s tem na njihove funkcionalne lastnosti.
		<i>ANG</i> The subject of the work are rapidly solidified ribbons, melt spun of different Cu-Al-Ni-alloys. The influences of casting parameters, chemical composition and heat treatments on microstructures and functional properties of the ribbons were investigated.
	Objavljeno v J. mater. process. technol.. [Print ed.], May 2005, vol. 162/163, str. 220-229. http://dx.doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.02.196 .	
	Tipologija 1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID 9607190	
4.	Naslov	<i>SLO</i> Modeliranje udarne žilavosti hladno preoblikovanega materiala z genetskim programiranjem
		<i>ANG</i> Modeling of impact toughness of cold formed material by genetic programming
	Opis	<i>SLO</i> V delu je prikazan inovativen pristop za določevanje lastnosti materialov, ki so bili podvrženi postopku hladnega preoblikovanja. Uporabljen pristop, genetsko programiranje, temelji na posnemanju evolucije bioloških sistemov.
		<i>ANG</i> In the article the unique approach for determination of material properties and their modeling in cold forming processes is described. This approach is called genetic programming and is based on imitation of evolution in biological systems.

	Objavljeno v	Comput. mater. sci.. [Print ed.], october 2006, vol. 37, iss.4
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10119190
5.	Naslov	<i>SLO</i> In-situ spremljanje notranje oksidacije nizko legiranih zlitin
		<i>ANG</i> In-situ monitoring of internal oxidation of dilute alloys
	Opis	<i>SLO</i> V delu je obravnavana problematika sprotnega zasledovanja notranje oksidacije kovinskih materialov, kot ene od pomembnih toplotnih obdelav za izdelavo disperzijsko utrjenih materialov. Podani so rezultati sprotnih meritev električne upornosti med notranjo oksidacijo zlitine Ag-Sn (2 at.% Sn) pri različnih temperaturah v zračni atmosferi.
		<i>ANG</i> This paper discuss the problematic of in-situ monitoring of internal oxidation of metallic materials which is one of the leading heat treatments for preparation of dispersion strengthened materials. The results of in-situ measurements of electrical resistance changes during internal oxidation of Ag-Sn (2 at.% Sn) alloy at different temperatures and in the air atmosphere are shown.
	Objavljeno v	Corros. sci.. [Print ed.], Mar. 2007, vol. 49, iss. 3, str.1228-1244. http://dx.doi.org/10.1016/j.corsci.2006.06.031
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	10702870

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat	
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vodenje projekta Znanje za mir M2-0108-Razvoj kovinskih zlitin z oblikovnim spominom.
		<i>ANG</i> Principal researcher of the project "Knowledge for peace - M2-0108-Development of metallic shape memory alloys"
	Opis	<i>SLO</i> Projekt predstavlja širitev oz. nadgradnjo raziskav programske skupine: V okviru projekta potekajo raziskave tehnologij hitrega strjevanja, vplivov hitrega strjevanja, toplotnih obdelav, spominskih lastnosti in superelastičnosti zlitin iz sistema Ni-Ti.
		<i>ANG</i> The project is based on the research program and extends the work to the fields, which are not covered in the research program: rapidly solidified Ni-Ti alloys and powder metallurgy of Cu-Al-Ni alloys.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	Novi materiali in tehnologije obdelave, Kovine in tehnologije kovinskih kompozitnih materialov). Maribor: Fakulteta za strojništvo, Inštitut za inženirske materiale in oblikovanje, 2008. 24 f.
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
	COBISS.SI-ID	12604950
2.	Naslov	<i>SLO</i> Ustanovitev raziskovalnega centra
		<i>ANG</i> Foundation of a research centre
	Opis	<i>SLO</i> Pomemben dosežek programske skupine je bila ustanovitev prvega infrastrukturnega centra na Univerzi v Mariboru: Univerzitetni center za elektronsko mikroskopijo (UCEM).
		<i>ANG</i> An important achievement of the programme group was the foundation of the first infrastructural centre at University of Maribor: University centre for electron microscopy (UCEM).
	Šifra	D.02 Ustanovitev raziskovalnega centra, laboratorija, študija, društva
	Objavljeno v	Fokusiran ionski snop je najnatančnejši skalpel. Večer (Marib.). [Tiskana izd.], 10. maj 2007, leto 63, str. 43.
	Tipologija	1.05 Poljudni članek
	COBISS.SI-ID	11586838
3.	Naslov	<i>SLO</i> Pedagoško delo
		Pedagogical work

		ANG	
	Opis	SLO	Eden izmed glavnih problemov na UM FS pri pedagoškem delu je bila majhna prehodnost študentov iz prvega v drugi letnik in nezadostno število diplomantov. Ker predavamo predmete GRADIVA, MATERIALI I in MATERIALI II v prvem letniku, kjer je osip študentov največji, smo skupaj s sodelavci sprejeli akcijski načrt, da bi povečali tako prehodnost študentov v višji letnik, kot tudi zagotovili višji nivo razumevanja obravnavane snovi.
		ANG	One of the main problems in the field of the pedagogical work at Faculty of Mechanical Engineering was (is) the low transition of students from the first to the second year, and too low number of graduate students. The courses Materials, Materials I and Materials II are conducted in the first year. Therefore, at our Chair for Materials and Forming an action plan was devised in order to increase the transition as well as to achieve higher level of understanding of curriculum.
	Šifra		D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v		F. Zupanič, I. Anžel: Gradiva (visokošolski učbenik), (2007), I. ANŽEL, L. GUSEL: Preoblikovanje gradiv : praktikum. 1. izd. Maribor: Fakulteta za strojništvo, 2005. ISBN 86-435-0698-2.
	Tipologija		2.03 Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo
	COBISS.SI-ID		54636289
4.	Naslov	SLO	Kontinuirno litje Ni superzlitin
		ANG	Continuous casting of Ni Superalloys
	Opis	SLO	Kontinuirno litje Ni-superzlitin za Ross and Catherall, Sheffield, Velika Britanija je omogočil uvedbo kontinuirnega litja v redno proizvodnjo.
		ANG	Continuous casting of Ni-based superalloys for Ross and Catherall, Sheffield, UK I resulted in implementation of continuous casting of some Ni-based superalloy into production.
	Šifra		F.06 Razvoj novega izdelka
	Objavljeno v		Scrap runners of GMR 235 from ASI (Alied Signal Incorporation) : determination of reasons for causing severe boiling and proposals for elimination or at least supression of boiling : report for Ross & Catherall Ltd, Killamarsh, Sheffield, UK. Killamarsh: [s.n.], 2000. [11] f., ilustr.
	Tipologija		2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
	COBISS.SI-ID		6817814
5.	Naslov	SLO	Merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov
		ANG	Measurement Probe for monitoring of heat treatments of metallic materials
	Opis	SLO	Predmet patenta je merilna sonda za spremljanje toplotne obdelave kovinskih materialov.
		ANG	The subject of patent is the measurement probe for monitoring of heat treatments of metallic materials.
	Šifra		F.33 Patent v Sloveniji
	Objavljeno v		Odločba o podelitvi patenta št. SI 22176 A, datum objave 30.06.2007 : št. prijave P-200500302, datum prijave 07.11.2005. Ljubljana: Urad Republike Slovenije za intelektualno lastnino, 2007
	Tipologija		2.24 Patent
	COBISS.SI-ID		10489366

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Raziskave na področjih izdelave, karakterizacije in lastnosti metastabilnih materialov so pomembne tako za področje tehničnih kot tudi naravoslovnih znanosti (materiali, fizika, kemija). Programska skupina je z rezultati raziskovalnega dela v okviru tega programa že dala odgovore na nekatera odprta znanstvena vprašanja in pojasnila mehanizme določenih procesov in pojavov ter nakazala pot k razvoju novih tehnologij in materialov. Med še vedno odprta vprašanja pa spada mehanizem plastične deformacije v nanostrukturnih materiali. Poznano je

namreč, da dislokacijska teorija, ki velja za kristalne kovine in zlitine, v primeru metastabilnih nanostrukturnih materialov ni uporabna. Zato bodo raziskave mehanizmov plastične deformacije v nanostrukturnih in drugih metastabilnih materialih tudi v prihodnosti zelo aktualne in pomembne za razvoj znanosti na tem področju. Za znanost so pomembne tudi raziskave in nova spoznanja o vplivu defektov v kristalni strukturi metastabilnih materialov na potek kemijskih reakcij in faznih transformacij v trdnem. Dosedanje raziskave so pokazale, da potečejo v metastabilni mikrostrukturah čistih kovin s povečano koncentracijo mrežnih defektov kemijske reakcije, ki jih v termodinamsko ravnotežnih mikrostrukturah ni pričakovati. Pri žarjenju hitro strjenega bakra v atmosferi, ki ni bila oksidativna za baker smo zasledili tvorbo finih oksidnih delcev nanometrske velikosti po volumnu. Ta pojav predstavlja svojevrsten paradoks, saj se čista kovina zaradi močno povečane koncentracije defektov v kristalni mreži oksidira po volumnu kristalnih zrn, čeprav termodinamski pogoji za to kemijsko reakcijo niso izpolnjeni.

Pri metastabilnih fazah je zelo pomembno vprašanje stabilnost oziroma kinetika razpada. O stabilnosti kvazikristalov obstaja sicer več modelov (npr. Pettiforjev model), ki pa vselej ne pojasnijo oziroma napovejo možnosti nastanka kvazikristalov v večkomponentnih sistemih. Predvsem je to očitno pri pojavu metastabilnih kvazikristalov. Pri teh je pogosto poleg termodinamske stabilnosti pomemben tudi odmik od termodinamskega ravnotežja ter tudi kinetika procesov na fazni meji trdno - tekoče. Zato potekajo številne intenzivne raziskave v zvezi z zgradbo taline nad in pod temperaturo tališča ter mehanizmi homogene in heterogene nukleacije ter rasti iz tekoče faze. Procesu še niso v celoti pojasnjeni niti v binarnih sistemih, dodaten izziv pa predstavlja vpliv tretjega in četrtega zlitinskega elementa. Naše dosedanje raziskave so pokazale, da Be močno olajša nastanek kvazikristalne faze v sistemu Al-Mn. Do sedaj pa še ni bilo zadovoljivo pojasnjeno, ali vgraditev Be v kvazikristal zmanjša prosto energijo (in s tem poveča stabilnost) zaradi zmanjšanja entalpije mešanja ali pa zaradi povečanja entropije mešanja. V okviru dosedanjih raziskovav smo že ugotavljali vpliv dodatka četrtega elementa, o katerih v svetovni literaturi še ni nobenih podatkov. Z raziskovanjem na tem področju bomo nadaljevali tudi v okviru novega programa. Pri tem bomo poskusili z eksperimenti ter analizo rezultatov ugotoviti, ali obstaja ravnotežna topnost elementov v kvazikristalu, katera mesta v kvazikristalu zasedejo dodani atomi, ali se pri njihovi vgraditvi v kvazikristal spremeni koncentracija valenčnih elektronov (e/a – število valenčnih elektronov na atom – Hume-Rotheryjevo pravilo) ali pa se sestava prilagodi tako, da se koncentracija valenčnih elektronov ne spremeni. Prav tako bomo poskušali odgovoriti na vprašanje ali se z vgrajevanjem spremeni velikost osnovne kvazicelice.

ANG

Research in the fields of manufacturing, characterization and properties of metastable materials is important for engineering, as well as for the natural sciences (e.g. materials science, physics, chemistry...). Therefore, the results of this research program already gave answers to some open scientific questions, explained the mechanisms of certain processes and phenomena, and initiated the research path into new technologies and materials. Among the open questions there is still the mechanism for plastic deformation of nano-structured materials. It is well-known that the dislocation theory (valid for crystal-structured metals and alloys) does not apply to metastable nano-structured materials. Consequently, the research of these mechanisms is considered as a top-ranking topic of crucial importance for further development in this field. For the science is also important the research and new cognitions about the influence of lattice-defects on the structures of metastable materials regarding the characteristics of chemical reactions and phase transformations in the solid state. Namely, to date research have shown that chemical reactions, which can not be expected in thermodynamically stable microstructures, are definitely possible in metastable microstructures of pure metals, exhibiting increased concentrations of lattice-defects. After the annealing of rapidly solidified copper in a non-oxidative atmosphere, fine dispersed nano-sized oxide-particles were detected. This phenomenon can be considered as a peculiar paradox, because oxidation occurred inside the crystal grains of the pure metal (as a consequence of strongly increased defect-concentration), even though the thermodynamical conditions for this chemical reaction were unfulfilled. For the occurrence and existence of metastable phases a very important issue is the kinetics of their decomposition. There are several theories about the stability of quasi-crystals (e.g. the Pettifor-model) but they do not always explain and predict the formation of quasi-crystals in the multi-component systems. This particularly applies to metastable quasi-crystals. In this case, not only thermodynamical stability but also the kinetics of the processes, taking place at the solid-liquid interface, are very important. Consequently, besides the structure of the melts above and below the liquidus-temperature the mechanisms of homogeneous and heterogeneous nucleation and growth from the liquid phase have been intensively researched. These processes have not as yet been entirely explained, not even for binary systems. So, the presence of a third or fourth element presents an additional challenge. From the literature, as well as from our previous research, it is known that certain elements, e.g. Be, effectively

facilitate the formation of quasicrystals in the phase diagram Al-Mn. To date it has been unsatisfactorily explained as to how the presence of Be lowers the free energy (and herewith increases the stability): through decrease of enthalpy of mixing or through increase of the entropy of mixing. We already started to examine the influence of a fourth element which can initiate very interesting interactions between the alloying elements. The research is going to continue in the framework of new programme. With the experiments and analysis of the results we will try to determine: 1) whether an equilibrium solubility of elements in the quasicrystal exists or not; 2) which positions occupy the atoms of individual element in the quasicrystal; 3) if the valence electrons concentration is changed due to the incorporation of additional elements (Hume-Rothery-rule) or, if instead of this, the quasicrystal's composition is modified so that the concentration of the valence electrons can be preserved as unchanged; 4) whether the presence of an additional element influences the size of the quasicell or not.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

V svetu poteka veliko število raziskav, ki se ukvarjajo z razvojem tehnologij in materialov, ki so v metastabilnem stanju. Ne samo to, vedno več je aplikativnih projektov ter primerov ustanavljanja tako spin-off kakor tudi drugih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo takšnih materialov. Ker gre za visokotehnološke proizvode, je dodana vrednost zelo velika. Trenutno je v Sloveniji veliko relativno uspešnih podjetij, ki se ukvarjajo s proizvodnjo in predelavo aluminija, bakra in žlahtnih kovin ter s področji livarstva in preoblikovanja. Ta podjetja obvladujejo tehnologijo uveljavljenih zlitin, vendar mnoga dosegajo sorazmerno majhno dodano vrednost. Če bodo hotela ostati konkurenčna tudi v bodočnosti, se bodo morala usposobiti tudi za izdelavo tehnološko zahtevnejših materialov in izdelkov. Pogosto se morajo podjetja zaradi maloštevilnega inženirskega kadra ter omejenih sredstev ukvarjati s tekočimi in kratkoročnimi problemi, ki se morajo rešiti v nekaj dneh, zaradi česar so dolgoročnejske raziskave, ki bi bile nujne za nadaljnji razvoj podjetja, pogosto zapostavljene. S tega stališča predstavlja poglobljanje teoretičnega znanja o materialih in tehnologijah ter razvoj in obvladovanje sodobnih tehnologij materialov, znanstveno bazo slovenski kovinski industriji, ki se bo - verjetno že v naslednjem srednjeročnem obdobju - prisiljena soočati z uvajanjem novih tehnologij in materialov.

ANG

In this world numerous research projects are running dealing with the development of technology and materials that are in a metastable state. Moreover, there are a lot of applied projects and the founding of spin-offs and other companies that are concerned with the production of suchlike materials. The added-value of this high tech production is very high. Momentarily, there are in Slovenia, a lot of very successful companies concerned with production, processing, founding of aluminum, copper and noble metals. These companies master the technology of valued alloys, however, they attain poor added-value on the market. To stay competitive in the future they must also be qualified for the production of technologically-advanced materials and products. In these companies those long-term research activities that are important for growth are often disregarded, due to limited financial funds and a few engineers who are occupied with current and short-term problems. From this point of view, we believe that with deeper theoretical knowledge of materials and technologies and also the development and mastering of modern materials technology, we would offer to Slovenian industry solid support in the case of if it being forced to confront the initiation of recent technology and materials.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	1	
- doktorati	1	1
- specializacije		
Skupaj:	2	1

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	1		
- gospodarstvo		1	
- javna uprava			
- drugo			
Skupaj:	1	1	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpusih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpusa, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	RMZ - Materiali in geookolje / Materials and Geoenvironment	3/1/
2.	Livarski vestnik	1/1
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	1
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	4
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	2
Skupaj:	7

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

Graz University of Technology, Austrian Centre for Electron Microscopy and Nanoanalysis: Analytical TEM investigation of quasicrystalline samples Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva, Zavod za primijenjenu fiziku, Unska 3, 10 000 Zagreb, Hrvatska: Interakcija laserske UV-svetlobe s površino kovinskih materialov in preiskava s fokusiranim ionskim curkom (FIB) ASULAB, A division of the swatch group research and development Ltd, Rue de Sors 3, CH-2074 Marin, Switzerland, Contract No: P-95/2005 - ITM, Continuous casting of alloys; Experiments on the production of nickel-base and cobalt-base alloys

Metalwerks PMD, Inc., 401 Steel Street, Aliquippa, PA 15001 - 5415, United States of America, Contract No.: P-128/2006 - ITM, Continuous casting of alloys

Elettra, Sincrotrone Trieste, Italy: Phase analysis of Al-Mn-Be-(B,Cu) alloys containing quasicrystals, Proposal number: 2007442

Eureka E!2982 COM-BUB: The strengthening effect of nano-sized bubbles in a metal matrix for production of strengthened composites (2002/2005)

Eureka E!3555 DEN-MAT: The development of new Au dental alloy (2004/2007) Eureka E!3863 MET-STRI: The new approach of strengthening technology for metallic strips used for electro industry (2006/2009)

Eureka E!3704: Adoption Of Melt-Spinning For Production Of Rapidly Solidified Shape Memory Alloy-Ribbons, Development Of Suitable Training Methods To Induce The 2-Way Shape Memory Effect And Investigation Of Its Long Term Stability (2006/2009)

Eureka E! 3971 BIO-SMA: Biomedical Shape Memory Alloys (2007/2009)

Eureka E! 3863 MET-STRI: The new approach of the strengthening technology for metallic strips used for electro industry (2005/2008)

Eureka E! 4213 NANO-FOIL: The development of nano-foils for dentistry and jewellery (2008/2011)

SLO/SČG projekt BI-CS/06-07-031: Razvoj tehnologije izdelave nove Au dentalne zlitine (1.1.2006 - 31.12.2007)

SLO/SČG bilateralni projekt BI-RS/08-09-003: Biomedical Shape Memory Alloys (2008) Sodelovanje s SHT d.o.o. Beograd, Zlatarna Celje d.o.o. Beograd

SLO/CZ projekt BI-CZ/08-09-014: Effect of laser cutting on the fatigue strength of steel (1.1.2008 - 31.12.2009)

SLO/NO projekt BI-NO/07-09-005: Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivost konstrukcij (1.1.2007 - 31.12.2009)

SLO/P projekt BI-P/08-09-005: Fatigue properties of welded joints in structural steels under exploitation conditions (1.1.2008-31.12.2009)

SLO/RS projekt BI-RS/08-09-034: Influence of cold deformation on the reliability of structures in service (1.1.2008 - 31.12.2009)

SLO/CS projekt BI-CS/04-05-019: Vpliv postopka izdelave mikro legiranih jekel na njihove strukturne, mehanske in eksploatacijske lastnosti (1.1.2004 - 31.12.2005)

SLO/UA projekt BI-UA/05-06-002: Trdnost grobozrnatega jekla z mikrostrukturno majhnimi napakami pri utrujanju (1.1.2005 - 31.12.2006)

SLO/MK projekt BI-MK/06-07-012: Sprejemljivost razpok v zvarih pri zagotavljanju celovitosti poškodovanih tlačnih posod (1.1.2006 - 31.12.2007)

SLO/UA projekt BI-UA/07-08-010: Rast razpok v zvaru na jeklih odpornih na povišano temperaturo zaradi termocikličnega obremenjevanja (1.1.2007 - 31.12.2008)

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

RR projekt platforme I-techmed 2006/2007): Razvoj tehnologije termomehanske obdelave dentalnih zlitin za porcelansko tehniko - 650 ur

Razvojni projekt št. 4301-98/2005-AJ: Razvoj tehnologije izdelave srebrnih in bakrenih trakov za elektro industrijo (2005) za podjetje Zlatarna Celje d.d.- 450 ur

RR industrijski projekt: Razvoj novih postopkov za površinsko zaščito nakita pred korozijo - 300 ur (2006/2007)

RR industrijski projekt: Optimizacija tehnologije precizijskega litja - 300 ur (2007/2008)

RR industrijski projekt: Mikrostrukturne raziskave in analiza nastalih defektov na različnih izdelkih iz Au in Ag zlitin - 150 ur (2008)

Talum d. d., Kidričevo: Obrabna obstojnost kladiv za drobljenje koksa

LP Mycron d.o.o., Ptuj, Razvoj trdokromanih valjev za tiskalnike Materiali I + Materiali II

Magneti Ljubljana d. d.: Priprava prahov NdFeB

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Sodelovanje na platformi I-techmed;
Sodelovanja s podjetji - uporabniki:
Zlatarna Celje d.d. Celje,
Bosio d.o.o. Štore,
Magneti Ljubljana,
ETI d.d. Izlake,
Maksim d.o.o. Celje
Swaty d.d. Maribor
SHT d.o.o. Beograd Srbija,
Zlatarna Celje d.o.o. Beograd,
WBC d.o.o. Beograd Srbija,
Vieri spa Casola Vicenza Italija
Aktivna sodelovanje: Pomurska akademsko znanstvena unija - glavni sekretar Rebeka Rudolf,

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	KRIŽMAN, Alojz. Univerza ni slišala klica regije
Opis	V prispevku je podano mnenje visokošolskega učitelja o povezavi med univerzo in regijo oziroma vpetosti univerze v okolico v kateri živi.
Objavljeno v	Gospod. vestn.. [Tiskana izd.], 12. julij 2004, letn. 51, str. 50-51.
COBISS.SI-ID	9505046

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	ZUPANIČ, Franc, BONČINA, Tonica, ANŽEL, Ivan Kot biljard v nanoprostoru.
Opis	Pripisevek opisujezmogljivosti fokusiranega ionskega snopa pri raziskovanju materialov v mikro in nano prostoru.
Objavljeno v	Delo (Ljubl.), 30. avg. 2007, letn. 49, št. 199, str. 19.
COBISS.SI-ID	11586838

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	Materiali I + Materiali II
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni

	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
2.	Naslov predmeta	Preoblikovanje
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
3.	Naslov predmeta	Tehnologija materialov
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
4.	Naslov predmeta	Nekovinska gradiva
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
5.	Naslov predmeta	Varjenje
	Vrsta študijskega programa	Univerzitetni
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
6.	Naslov predmeta	Matematično modeliranje procesov v tehnologiji in tehniki gradiv
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
7.	Naslov predmeta	Gradiva s posebnimi lastnostmi
	Vrsta študijskega programa	Podiplomski
	Naziv univerze/fakultete	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01.	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☐	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	☐	☐	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☐	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☐	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☐	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☐	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	☐	☐	☐	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	☐	☐	☐	☐	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	☐	☐	☐	☐	
G.07.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
	Varovanje zdravja in razvoj					

G.08.	zdravstvenega varstva	☐	☐	☐	☐	
G.09.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

Komentar¹⁵

Raziskovalno delo naše programske skupine ima velik vpliv na razvoj in izvajanje pedagoškega dela na Fakulteti za strojništvo, Univerze v Mariboru. Člani naše programske skupine so mentorji pri številnih diplomskih nalogah, katerih eksperimentalni del poteka v naših laboratorijih.

Naše raziskovalno delo na področju razvoja novih materialov, izboljšanja in optimiranja tehnologij izdelave in preiskav inženirskih materialov je močno vpeto v slovenski gospodarski prostor. Sodelovanje z uglednimi institucijami iz tujine pa potrjuje visoko znanje in kompetentnost članov naše programske skupine.

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, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblaščenice osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Ivan Anžel	in/ali	Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

Kraj in datum:

Maribor

17.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/469

¹ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

² Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

³ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMZL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. Exp. Cell Res., 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁶ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani:

<http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

⁷ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁹ Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

¹⁰ Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006, 106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁵ Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a