

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/147



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0087
Naslov programa	Inženirska in bio-keramika Engineering and bio-ceramics
Vodja programa	3477 Tomaž Kosmač
Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)	32640
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2009 - 12.2014
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	106 Institut "Jožef Stefan" 381 Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali
Družbeno-ekonomski cilj	13.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz drugih virov (ne iz SUF)
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Raziskovalni program "Inženirska in bio-keramika" predvideva nadaljevanje raziskav in razvoja sodobnih keramičnih konstrukcijskih materialov, ki se

zaradi svojevrstne kombinacije mehanskih, kemijskih in toplotnih lastnosti uporabljajo na različnih področjih tehnike, biotehnologije in medicine. Raziskave vključujejo študij relacij med sestavo, zgradbo in mikrostrukturo teh materialov in njihovimi mehanskimi lastnostmi ter mehanizmov, ki vodijo k njihovemu propadanju med obratovanjem. Aplikativni del raziskovalnega programa predvideva študij fizikalnih pojavov in kemijskih reakcij, ki so pomembne za obvladovanje tehnologij izdelave keramičnih izdelkov, razvojni del programa pa je usmerjen v iskanje novih možnosti uporabe inženirske keramike, predvsem v medicini, v razvoj novih in/ali cenejših materialov z željeno/zahtevano kombinacijo lastnosti ter v razvoj alternativnih, ekonomičnih in okolju prijaznejših keramičnih tehnologij.

Raziskovalne vsebine programa obravnavajo tri sklope, ki se med seboj vsebinsko prepletajo in smiselno dopolnjujejo, skupni cilj pa je nadaljni razvoj visoko zmogljivih in zanesljivih keramičnih materialov in izdelkov za konstrukcijske in bio-medicinske namene:

i) raziskave keramičnih konstrukcijskih materialov predvidevajo analizo mehanskih lastnosti, načrtovanje materialov z izboljšanimi ali posebnimi lastnostmi, sinteza materialov in preverjanje modelov ter študij mehanizmov propadanja;

ii) raziskave v podporo keramičnim tehnologijam s poudarki na dispergiranju nanodelcev v nevodnem mediju, študiju reoloških lastnosti termoplastičnih suspenzij, mokrem oblikovanju vzorcev in študiju ter izkoriščanju hidrolize prahu AlN, in

iii) razvoj materialov za nove aplikacije s poudarki na predkliničnih in kliničnih raziskavah dentalne keramike, pripravi bioaktivnih nanosov in raziskavah inženirske keramika za drugo nemedicinsko uporabo.

ANG

The research program on »Engineering and bio-ceramics« focuses on up-to-date areas in the general field of engineering ceramics that are being used in various fields of engineering, biotechnology and medicine, owing to their unique combination of mechanical, chemical and thermal properties. The basic research program thus comprises composition-microstructure-properties relationships, in particular the role of processing in the performance and reliability of sintered ceramic components, as well as the mechanisms and the kinetics of the reactions leading to a material's degradation under operating conditions. Also considered in the program are phase equilibria, chemical reactions and physical phenomena in systems relevant to engineering ceramics and ceramic processing science to support manufacturing technologies. Linked to basic research, we are also looking for new applications, particularly in dentistry and orthopedic surgery, developing new and/or substitute materials as well as developing novel ceramic technologies. The materials investigated are from both oxide and non-oxide classes, including alumina and zirconia toughened alumina-based ceramics, which are mainly used for structural applications at low and medium temperatures, tetragonal zirconia for dental restorations and orthopedic implants, silicon-nitride-based ceramics for heat- and wear-resistant structural parts and SiC coated C/C composites for automotive engineering. The potential of these materials is very well known but not completely exploited. Also included into the program are new multifunctional nano-

composites, hybrid structures and functional coatings and layers with properties and potentials that are not known yet.

The research program involves the following three areas that interlace with and complement each other, the common goal being further development of reliable, high performance ceramic materials and components for engineering and bio-medical applications:

- i) research of high-performance engineering ceramic materials.
- ii) research to support ceramic manufacturing technologies:
- iii) development of materials for new applications with the emphasis on bioceramics

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)²

SLO

V okviru raziskovalnega programa "Inženirska in bio-keramika" smo na področju temeljnih raziskav konstrukcijske keramike analizirali rezultate meritev trdnosti, ki je v primeru krhkih materialov odvisna tako od intrinzičnih lastnosti materiala, kot od defektov, vnesenih med postopkom izdelave in/ali naknadne obdelave. Medtem ko smo v primeru zelo velikega števila meritev porazdelitev trdnosti materiala zelo dobro opisali z dvoparametrično Weibullovo porazdelitveno funkcijo, pa je bilo treba pri majhnem številu podatkov (≤ 10) izračun Weibullovih parametrov nekoliko modificirati. Predlagali smo analitični model, ki povezuje metodo končnih elementov z Monte Carlo simulacijami. Model smo v praksi porabili pri načrtovanju nekaterih tehnično pomembnih materialov, kot so obrabno obstojna korundna keramika, delčni kompoziti z dispergiranimi prevodnimi delci (TiN, ZrN,) v matrici Si_3N_4 za izdelavo prižigalcev plinskih gorilnikov in žarilnih svečk v dizelskih motorjih in polnokeramična zobna protetika, sestavljena iz tetragonalnega ZrO_2 (Y-TZP) kot ogrodnega materiala in porcelanske prevleke. Pokazali smo, da lahko na osnovi analize rezultatov trdnosti dokaj zanesljivo napovemo življenjsko dobo nekaterih izdelkov v predvidenih obratovalnih/kliničnih pogojih. Poleg študija relacij med sestavo, zgradbo in mikrostrukturo ter mehanskimi lastnostmi smo pri večini teh materialov študirali tudi mehanizme, ki vodijo k njihovemu propadanju med obratovanjem. Pri obrabno obstojni korundni keramiki sta bila v ospredju obdelovalnost z diamantnimi orodji in abrazija, pri dentalni keramiki mehansko utrujanje in staranje kot posledica termodinamske nestabilnosti Y-TZP v hidrotermalnih pogojih, pri keramičnih grelcih pa termošok in korozija.

Na področju raziskav v podporo keramičnim tehnologijam smo študirali reološke lastnosti parafinskih suspenzij z visokim volumskim deležem suhe snovi. Razvili smo teoretični model za izračun mejnih napetosti parafinskih suspenzij v območju volumskih deležev prahu 40-60 %, ki upošteva porazdelitev velikosti delcev keramičnega prahu, vrsto materiala in razdaljo med delci. Preučevali smo mehanizme in kinetiko odstranjevanja veziva iz izdelkov oblikovanih z nizkotlačnim brizganjem keramičnih past v poroznem zasipu. Predlagali smo teoretični model, ki smo ga uspešno vpeljali v industrijo (Hidria AET), kjer se je postopek odstranjevanja parafina iz surovcev skrajšal kar za 80 %. V okviru te raziskave smo razvili in patentno zaščitili enostopenjski postopek odstranjevanja veziva in sintranja vzorcev izdelanih po postopku nizkotlačnega injekcijskega brizganja. Razumevanje interakcij med delci prahu v disperznem mediju in njihovega vpliva na reološke lastnosti keramičnih suspenzij smo s pridom uporabili pri razvoju nepropustne korundne keramične pene z 20 % relativno gostoto in izjemno tlačno trdnostjo, razvoju zmerno porozne dentalne keramike z nizkim

elastičnim modulom in uporabno trdnostjo ter pri tehnoloških izboljšavah pri proizvodnji vlakno-cementnih izdelkov v firmah ESAL (Anhovo) in ETERNIT (Niederurnen, CH). V okviru raziskav hidrolize prahu aluminijevega nitrida (AlN) v razredčenih suspenzijah smo določili kinetične režime hidrolize v širokem temperaturnem območju (5-90 °C) in izračunali aktivacijsko energijo za reakcijo hidrolize ter postavili mehanistični model razpada AlN prahu v vodi. Hidrolizo prahu AlN smo nato izkoristili za sintezo nanostrukturnih prevlek iz aluminijevega hidroksida, ki se po naknadni termični obdelavi pretvorijo v eno od prehodnih oblik Al₂O₃. Prevleke je možno funkcionalizirati, zlasti pa so uporabne v zobni protetiki, saj za nekajkrat izboljšajo adhezijski spoj med ogrodno dentalno keramiko in cementi, hkrati pa izključijo potrebo po invazivnem peskanju površine namenjenemu povečanju stične površine. Poleg tega smo hidrolizo AlN izkoristili še za pripravo zmerno porozne korundne keramike s povišano trdnostjo ter lamelnega nanokompozitnega prahu γ -Al₂O₃/TiO₂, ki izkazuje 2.7-kratno višjo foto aktivnost v primerjavi s komercialnimi nanodelci TiO₂. Večino omenjenih postopkov smo tudi patentirali.

V sklopu raziskav dentalne keramike smo reševali več perečih problemov, ki spremljajo izdelavo polnokeramičnih zobnoprotetičnih konstrukcij Y-TZP, njihovo cementiranje in obnašanje v kliničnih pogojih. Tako z *in-vitro* kot tudi z *in-vivo* raziskavami fazne nestabilnosti te keramike smo prišli do boljšega razumevanja procesov staranja in utrujanja ter s tem do zanesljivejše ocene predvidene življenjske dobe v kliničnih pogojih. Za izboljšanje oprijema keramične površine z zobnimi cementi smo uporabili že omenjen ne-invaziven postopek sinteze adhezijskega nanosa, ki zelo izboljša adhezijo cementa, trdnost spoja pa tudi po dolgotrajnem termocikliranju v vodi ostane praktično nespremenjena. To smo ugotovili v okviru neformalnega sodelovanja z Univerzama v Kielu in Kogashimi. Za komercializacijo adhezijskega nanosa, ki je v fazi kliničnega testiranja, smo v okviru Tehnološkega parka Ljubljana ustanovili odcepljeno podjetje InCert. Da bi zmanjšali nevarnost odpovedi marginalne zapore in s tem verjetnost nastanka sekundarnega kariesa, smo razvijali zmerno porozno dentalno keramiko z nizkim elastičnim modulom in visoko trdnostjo. Del razvoja je potekal v Ljubljani, del pa v okviru podoktorskega usposabljanja na Univerzi v Stockholmu. Razvili smo nov postopek sinteze kalcijevih fosfatnih prevlek na keramiki Y-TZP, ki temelji na uporabi biomimetične metode in naknadni toplotni obdelavi. Z njim smo reševali problem fiksacije ter intergracije keramičnih vsadkov v kosti.

Med materiale za nove aplikacije poleg že omenjene dentalne keramike in električno-prevodnih kompozitov sodijo tudi supertrde spojine AlMgB₁₄, ki smo jih razvijali v okviru evropskega projekta (7. OP, AppliCMA), in obrabno obstojne plasti TiN na površini Ti-zlitin za kostne vsadke, ki smo jih razvijali v sodelovanju z Univerzo Chubu

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

SLO

Skladno z dolgoročnimi cilji temeljnega dela raziskovalnega programa smo ustvarili novo znanje, ki je potrebno za načrtovanje, razvoj in izdelavo inženirskih keramičnih materialov in izdelkov z večjo zmogljivostjo in zanesljivostjo ter razširjanje obstoječega znanja na področju karakterizacije

zgradbe, mikrostrukture in lastnosti teh materialov. Prišli smo tudi do boljšega razumevanja in obvladovanja fizikalnih pojavov in kemijskih reakcij, ki uravnavajo posamezne faze tehnologije izdelave keramičnih izdelkov ter mehanizmov, ki vodijo k njihovem propadanju med obratovanjem. Rezultati teh raziskav niso pomembni samo za inženirsko keramiko, ampak so širše uporabni, saj so nekatere zakonitosti, ki jih ugotavljamo pri inženirski keramiki, splošno veljavne in jih je mogoče aplicirati na vse keramične materiale. Interdisciplinarne raziskave s področja dentalne keramike so potekale v tesnem sodelovanju s stomatologi z MF, ki so spoznanja in ugotovitve sproti prenašali v in klinično prakso. V okviru aplikativno-razvojnega dela programa smo razvili nekaj novih in/ali cenejših materialov z ustreznimi lastnostmi ter nekaj alternativnih keramičnih tehnologij, kar je vodilo k ustanovitvi dveh spin-off podjetij. Del tega znanja, ki smo ga ustvarjali v sodelovanju s strokovnjaki iz industrije, je prenesen v prakso. Rezultati raziskovalno razvojnega dela so originalni, izume smo patentirali, znanstvene izsledke pa smo objavljali v znanstvenih revijah z visokim faktorjem vpliva, o njih pa smo tudi tekoče poročali na mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih srečanjih ter tujih univerzah. Sodelovali smo v bilateralnih in evropskih projektih, s pedagoško dejavnostjo ter mentorstvom pri podiplomskih in podoktorskih programih pa smo prispevali h kvalitetnejšemu izobraževanju študentov tehnike, naravoslovja in medicine na dodiplomski in podiplomski stopnji.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014⁴

SLO

Spremebe programa niso bile potrebne.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	25578279	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Upogibna trdnost korundne keramike: primerjava Weibullove statistike z drugimi statistikami za veliko število meritev
		ANG	Bend strength of alumina ceramics: a comparison of Weibull statistics with other statistics based on a very large experimental set
	Opis	SLO	V delu smo primerjali različne porazdelitvene funkcije zelo velikega števila (nad 5000) meritev upogibne trdnosti korundne keramike, pri čemer smo imeli na voljo po 12 vzorcev iz vsake od 400 proizvodnih šarž podjetja Hidria, AET (Tolmin). Raziskava je potrdila, da je Weibull-ova porazdelitev najboljša izbira izmed enostavnih 2-parameterskih porazdelitvenih funkcij, z uporabo t.i. optimalnega načina ocene verjetnosti pa lahko dodatno izboljšamo natančnost določitve porazdelitvenih parametrov Weibullove krivulje. Izsledke smo kasneje uporabili pri vrednotenju trdnosti vlaknocementnih valovitih strešnikov iz proizvodnje Esala, Anhovo.
		ANG	Various distribution functions were compared while analyzing bending strength data obtained with a very large (over 5000) number of alumina test bars (12 bars per production lot) fabricated over years by Hidria, AET (Tolmin, Slovenia). It has been demonstrated that at this large number of samples the Weibull's distribution represents the best choice among all commonly used 2-parameter distributions, such as normal, log-normal etc. Besides, the accuracy of the determination of Weibull's distribution parameters could be further be improved by modifying existing standard methods, such as linear regression, maximum likelihood, methods of

			moments, etc.. These findings were later successfully used in assessment of flexural strength of fiber-reinforced roofing panels produced by Esal (Anhovo, Slovenia).
	Objavljeno v		Elsevier; Journal of the European Ceramic Society; 2012; Vol. 32, no. 6; str. 1221-1227; Impact Factor: 2.360; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A": 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Gorjan Lovro, Ambrožič Milan
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	25586727	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Razvoj aluminijevih hidroksidov v razredčenih vodnih suspenzijah prahu aluminijevega nitrída.
		ANG	Evolution of aluminum hydroxides in diluted aqueous aluminum nitride powder suspensions
	Opis	SLO	V članku je opisan nastanek aluminijevih hidroksidov v razredčeni suspenziji prahu aluminijevega nitrída (AlN) v temperturnem območju od 22-90°C ter predstavljen splošni mehanistični model njihovega nastanka kot posledica hidrolize. Nastanek različnih aluminijevih hidroksidov poteka v naslednjem zaporedju: amorfni gel aluminijevega hidroksida, aluminijev monohidroksid in aluminijevi trihidroksidi. Pokazana je bila edinstvena odvisnost med temperaturo in pH suspenzije AlN, na katero vplivata tudi topnost nastajajočega amonijaka in eksotermna tvorba Al(OH) ₄ ⁻ specij, ki je gonilna sila kristalizacije različnih aluminijevih hidroksidov z mnogo morfologijami.
		ANG	The evolution of aluminum hydroxides in diluted aqueous aluminum nitride (AlN) powder suspensions in the temperature range 22–90 °C was studied in order to set up a general mechanistic model over a broad temperature range. It is shown that dispersing the AlN powder in the water results in the temperature-dependent formation of various aluminum hydroxides in the following sequence: amorphous aluminum hydroxide gel, aluminum monohydroxide (boehmite), and aluminum trihydroxides (bayerite, nordstrandite, and gibbsite). The unique interdependency between the temperature and the pH of the hydrolyzing AlN powder suspension, governed by the ammonia's solubility and the exothermic hydrolysis reactions producing Al(OH) ₄ ⁻ species, is the driving force for several evolution paths.
	Objavljeno v		American Chemical Society; Crystal growth & design; 2012; Vol. 12, issue 3; str. 1299-1307; Impact Factor: 4.689; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.402; A": 1; A': 1; WoS: DY, FI, PM; Avtorji / Authors: Kocjan Andraž, Dakskobler Aleš, Kosmač Tomaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	26997977	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv nanostrukturiranega aluminatnega nanosa na trdnost spoja med cirkonijevo oksidno keramiko in dentalnim cementom
		ANG	The effect of nano-structured alumina coating on resin-bond strength to zirconia ceramics
	Opis	SLO	V tem odmevnem in za prakso pomembnem delu je opisana uporaba nanostrukturnega aluminatnega nanosa za izboljšanje adhezije zobnih cementov na ogrodno cirkonijevo oksidno keramiko. Rezultati so pokazali nekajkratno povečanje trdnosti spoja, ki se je ohranila tudi po termičnem cikliranju.
		ANG	In this practically important and highly cited paper a non-invasive surface preparation method has been presented that significantly improves resin-bond strength to dental zirconia (Y-TZP) ceramics. After surface

			functionalization the bond survives thermocycling without reduction in strength.
	Objavljeno v		Munksgaard; Dental materials; 2010; Vol. 26, no. 7; str. 688-696; Impact Factor: 2.920; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.5; A': 1; WoS: FY, QE; Avtorji / Authors: Jevnikar Peter, Krnel Kristoffer, Kocjan Andraž, Funduk Nenad, Kosmač Tomaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	25607207	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hitra biomimetična metoda obraranja kalcijevih fosfatnih prevlek na cirkonijevi oksidni keramiki (Y-TZP) za zobne vsadke
		ANG	Rapid biomimetic deposition of octacalcium phosphate coatings on zirconia ceramics (Y-TZP) for dental implant applications
	Opis	SLO	V članku je opisana nova biomimetična metoda za nanos prevlek iz oktakalcijevega fosfata na površino keramike iz cirkonijevega oksida (Y-TZP). Takšne prevleke so bioaktivne in omogočajo priraščanje kostnega tkiva na površino kostnih implantov. Opisana metoda je hitra, enostavna in daje ponovljive rezultate, prevleke pa imajo po termični obdelavi tudi zelo dobre mehanske lastnosti in tvorijo trden ter trajen spoj s podlago.
		ANG	In this article new biomimetic method for the deposition of octacalcium phosphate coatings on zirconia ceramics (Y-TZP) is described. Such coatings are bioactive and enable the growth of bone tissue on the surface of bone implants. The method described is fast, simple and very reproducible. After the thermal treatment the coatings exhibit good mechanical properties and excellent long-lasting adhesion to the substrate.
	Objavljeno v		North-Holland; Applied Surface Science; 2012; Vol. 258, issue 10; str. 4649-4656; Impact Factor: 2.112; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.172; A'': 1; A': 1; WoS: EI, QG, UB, UK; Avtorji / Authors: Štefanič Martin, Krnel Kristoffer, Pribošič Irena, Kosmač Tomaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	25760807	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Staranje cirkonijeve oksidne keramike za zobno protetiko
		ANG	Ageing of dental zirconia ceramics
	Opis	SLO	V tej in-vitro študiji smo spremljali t-m transformacijo keramike 3Y-TZP za uporabo v dentalni medicini, izdelano iz dveh vrst prahu iste kemijske sestave, ki pa sta se razlikovala v specifični površini. Potrdili smo odvisnost staranja od temperature sintranja, medtem ko je bil vpliv izbire izhodnega prahu izrazit le pri nižjih temperaturah sintranja, pri višjih pa je bil skoraj zanemarljiv.
		ANG	An in-vitro study was designed to monitor the t-m transformation of biomedical grade 3Y-TZP ceramics produced from two ready-to-press granulated powders of the same nominal chemical composition, but differing in their specific surface area. The sintering-temperature-dependent transformability during ageing was confirmed, whereby the role of the starting powder characteristics was more pronounced at lower sintering temperatures and was almost negligible at higher sintering temperatures.
	Objavljeno v		Elsevier; ECerS XII; Journal of the European Ceramic Society; 2012; Vol. 32, no. 11; str. 2613-2622; Impact Factor: 2.360; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.768; A'': 1; A': 1; WoS: PK; Avtorji / Authors: Kosmač Tomaž, Kocjan Andraž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	21150759	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Postopek nanosa adhezijske prevleke na podlago
		ANG	Process for applying adhesion coatings to a substrate
Opis	SLO	Patent štiti enostaven in neinvaziven postopek izdelave nanostrukturnega aluminatnega nanosa na podlago, ki izkorišča hidrolizo prahu AlN in je v prvi vrsti namenjen izboljšanju adhezije zobnih cementov z zobno protetičnimi konstrukcijami iz keramike. Postopek je bil razvit v okviru doktorskega dela A. Kocjana, uporabnost v praksi pa obravnavata doktorsko delo P. Jevnikarja in magistrsko delo M. Golobiča. Slednji je leta 2011 za predstavitev dela prejel ugledno Pfaffenbergerjevo nagrado, ki jo podeljuje ADM za izjemne dosežke študentov in priznanje za najboljšo sekcijsko predstavitev mladega raziskovalca na konferenci ECERS leta 2012. Razvoj postopka je botroval tudi ustanovitvi odcepljenega podjetja InnCerT d.o.o., ki je z inštitutom IJS sklenilo licenčno pogodbo za trženje.	
		ANG	The patent relates to a simple noninvasive process for enhancing the adhesion of dental cements to ceramic dentures that exploits the hydrolysis of AlN powder in a water suspension. The process was developed within the PhD thesis of A. Kocjan, while the implementation was part of a PhD thesis of P. Jevnikar and master thesis of M. Golobic, whose presentations were recognized by the Pfaffenberg award given by ADM to outstanding students achievements in 2010 and ECERS in 2012 for the best student's poster. A spinout company InnCerT was founded for development and marketing of a kit for the application of the adhesion coating in dental laboratories.
	Šifra	F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije
	Objavljeno v	European Patent Office; 2011; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Kosmač Tomaž, Krnel Kristoffer, Kocjan Andraž, Jevnikar Peter	
	Tipologija	2.24 Patent	
2.	COBISS ID	1251423	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Odstranjevanje veziva iz nizkotlačno brizganih oblikovancev
		ANG	Debinding of lowpressure injectionmolded parts
Opis	SLO	To izjemno doktorsko delo mladega raziskovalca iz industrije obravnava odstranjevanje veziva iz nizkotlačno brizganih surovcev. Kandidat je postavil teoretičen model, ki upošteva iztiskanje in kapilarni vlek veziva do 180°C in oksidacijo ter razpad veziva nad to temperaturo, ki ga spremlja porast trdnosti surovcev. Trije članki v najvišje rangiranih revijah govorijo o znanstveni odličnosti dela, ki je v industrijski praksi skrajšal zamudni postopek izganjanja veziva za skoraj 80 %. Poleg tega je bil v okviru doktorata razvit in patentiran stroškovno še ugodnejši postopek odstranjevanja veziva v čistem grafitu med sintranjem, ki pa še čaka na implementacijo.	
			This outstanding thesis of a young researcher from industry deals with the removal of binder from a lowpressure injection-molded part in a powder bed. A theoretical model was developed that considers thermal expansion and capillary suction of binder below 180°C and oxidation and binder degradation above 180°C, accompanied by an increase in strength. Three major papers in top ranked journals speak for the

			scientific quality of the work, while the industrial verification of the model resulted in substantial savings due to up to 80% shorter wickdebinding time. Furthermore, with the use of high purity carbon black as fugitive suction medium, additional savings of the production costs are envisaged, because it enables the debinding process to be accomplished during the sintering step. A patent application was filled for the process that still needs to be implemented.
	Šifra	F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
	Objavljeno v	[L. Gorjan]; 2012; 166 str.; Avtorji / Authors: Gorjan Lovro	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
3.	COBISS ID	27440423	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Procesiranje napredne dentalne keramike iz cirkonijevega oksida
		ANG	Processing of advanced dental zirconia ceramics
	Opis	SLO	dr. Andraž Kocjan je na podoktorskem usposabljanju na Univerzi v Stockholmu raziskoval procesiranje in sintranje mezoporoznega keramičnega prahu iz cirkonijevega oksida (ZrO ₂). V okviru teh raziskav je prijavil projekt z naslovom »Improved Reliability of Translucent Dental Zirconia and Alumina Ceramics«, ki je bil izbran in financiran na natečaju Frontiers of Research 2012 (sklad JECS Trust). Projekt je uspešno zaključil, rezultate pa je predstavil s posebnim predavanjem na konferenci ECERS XII (Limoges, Francija), del rezultatov projekta je objavil v reviji Journal of the European Ceramic Society.
		ANG	During his postdoctoral stay at Stockholm University, dr. Andraž Kocjan studied the processing and sintering of mesoporous irconia (ZrO ₂) powder. Within the scope of this research he applied for a project entitled »Improved Reliability of Translucent Dental Zirconia and Alumina Ceramics«, which was funded by Frontiers of Research 2012 call from JECS Trust. The project was successfully terminated and the results were orally presented on ECERS XII conference (Limoges, France). Part of the results were published in the Journal of the European Ceramic Society.
	Šifra	D.01	Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	ECERS; Book of abstracts; 2013; Str. 283; Avtorji / Authors: Kocjan Andraž, Shen Zhijian	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
4.	COBISS ID	22864167	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv meddelčnih interakcij na reološke lastnosti parafinskih suspenzij
		ANG	The effect of interparticle interactions on the rheological properties of paraffin-wax suspensions
	Opis	SLO	V vabljenem predavanju so bile predstavljene dolgoletne raziskave parafinskih suspenzij, ki se uporabljajo za oblikovanje keramičnih izdelkov zahtevnih oblik po postopku nizkotlačnega injekcijskega brizganja (LPIM) in so bili objavljeni v seriji publikacij v uglednih znanstvenih revijah s področja, obravnavata pa jih tudi dva patenta. Za izkoriščanje tega znanja v praksi je bilo nedavno ustanovljeno podjetje Vallcer d.o.o., katerega začetni proizvodni program je družina zobnih keramičnih vstavkov, ki so bili razviti v okviru programa »Inženirska in biokeramika« in ki jih klinično testirajo stomatogi z MF.
			This invited lecture reviewed the results of our extensive research on the paraffinwax suspensions that are commonly used in shaping of complex ceramic bodies via lowpressure injection molding. The results were published in a series of papers in the renowned scientific journals

			from the field, while prior to that some of the inventions arising from this research were also patented. In 2012 the presenting author established a hightech company (Vallcer d.o.o.) aimed at exploiting the aforementioned knowhow. The initial company's production program consists of a family of dental ceramic root posts, whereby the knowledge gained within a recently accomplished PhD Thesis will be used in optimization of wickdebinding of molded parts that represents the utmost crucial production step in LPIM. The root posts were designed and developed in the frame of the preceding research program on "Engineering and bioceramics" and are currently clinically tested at the University's dental school.
	Šifra	F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")
	Objavljeno v	The American Ceramic Society; Proceedings of the 33rd International Conference and Exposition on Advanced Ceramics and Composites, January 18-23, 2009, Daytona Beach, Florida, USA; 2009; 8 str.; Avtorji / Authors: Dakskobler Aleš, Kosmač Tomaž	
	Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeni predavanja)	
5.	COBISS ID	27062567	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Napredna keramika za zobozdravstvo
		ANG	Advanced dental-restoration materials
	Opis	SLO	Ideja za knjigo se je porodila ob uspešni organizaciji tematskega simpozija o dentalni keramiki v sklopu 11. konference Evropskega keramičnega združenja leta 2012 v Stockholmu. Knjiga, ki združuje dva med seboj tesno prepletena sklopa poglavij s področja tehnične keramike in keramičnih tehnologij ter zahtev in pričakovani estetik zobne protetike, je namenjena širšemu krogu bralcev, od zobozdravnikov in zobotehnikov do študentov dentalne medicine in inženirstva materialov.
		ANG	By closing the link between the development of ceramic materials and their rapidly increasing uses in restorative dentistry this book is meant to a broader audience, covering dentists, dental technicians, dental students as well as ceramicists and students in the fields of dental medicine, materials science and engineering. The idea for the book was born during the successful organization of a thematical symposium as part of the 11th European Ceramic Society conference held in Stockholm in 2012.
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	Elsevier; Advanced ceramics for dentistry; 2013; Str. 343-358; Avtorji / Authors: Shen Zhijian, Kosmač Tomaž	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine⁷

--

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V okviru raziskovalnega programa smo razvijali in poglobljali temeljno in aplikativno usmerjeno znanje s področja vede o materialih, ki je eno od prednostnih področij v vseh

industrijsko razvitih državah. Raziskovalne vsebine so aktualne in se vključujejo v tendence razvoja sodobne inženirske in biokeramike v svetu. Rezultati prispevajo k boljšemu razumevanju lastnosti tovrstnih materialov in mehanizmov njihovega propadanja. S študijem relacij med sestavo, zgradbo in mikrostrukturo obravnavanih keramičnih materialov ter njihovimi intrinzičnimi lastnostmi smo ustvarili novo znanje, ki je potrebno za načrtovanje novih materialov z večjo zmogljivostjo in zanesljivostjo delovanja. Raziskave v podporo keramičnim tehnologijam so prispevale k boljšemu razumevanju in obvladovanju kritičnih faz postopkov izdelave, rezultati teh raziskav pa niso pomembni samo za inženirsko keramiko, ampak so širše uporabni: zakonitosti, ki jih ugotavljamo pri dispergiranju prahov v tekočinah, so splošno veljavne in jih je mogoče aplicirati na vse keramične suspenzije, vključno s suspenzijami nanodelcev; od karakterističnih dominantnih populacij defektov, ki izvirajo iz procesiranja keramike, pa niso odvisne samo mehanske, ampak tudi druge funkcionalne (električne, magnetne, optične) lastnosti. Rezultati raziskovalnega dela so originalni in so pomembno prispevali k ustvarjanju novega osnovnega znanja. Objavljali smo jih v znanstvenih revijah z nadpovprečnim faktorjem vpliva, o njih pa smo tudi tekoče poročali na mednarodnih in domačih znanstvenih in strokovnih srečanjih ter tujih univerzah.

ANG

In the frame of the research program basic and applicative knowledge from the field of material science that is one of the preferential areas in every industrially developed country, were developed and expanded. The research topics are uptodate and are included into the tendencies of the development of uptodate engineering and bioceramics all over the world. The results contribute to better understanding of the properties of these materials and their degradation. The study of the relations between composition, structure and microstructure of such ceramic materials and their intrinsical properties created new knowledge needed for the design of new materials with improved efficiency and reliability. The research in the support of ceramic technologies contributed to better understanding and mastering of the critical phases of the production processes. The results, however, are not useful only for the engineering ceramics but have wider area of application. The principles established during the study of the dispersing of the ceramic particles in liquids are general and can be applied to all ceramic suspensions including the suspensions of nanoparticles. The characteristic dominant populations of defects that originate from the processing of ceramics determine not only mechanical but also other functional properties (electrical, magnetic, optical etc.) The results were published in scientific journals with high impact factor, besides they were presented at numerous international and national scientific conferences and foreign universities.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Aplikativnorazvojni del programa je bil usmerjen v iskanje novih možnosti uporabe inženirske keramike, predvsem v medicini, v razvoj novih in/ali cenejših materialov z ustreznimi lastnostmi ter v razvoj alternativnih, ekonomičnih in okolju prijaznejših keramičnih tehnologij. Ta del programa je bil pripravljen v sodelovanju s strokovnjaki iz industrije, ki so pri izvajanju programa tudi aktivno sodelovali. Del ustvarjenega znanja smo tudi uspešno prenesli v industrijsko prakso, nekatere dosežke pa smo tudi patentirali. Programska skupina je prispevala tudi k tehnološkemu razvoju Slovenije s posredovanjem znanja industrijskim parterjem v obliki svetovanja, literaturnih študij, pomoči pri reševanju težav v proizvodnji, sodelovanja pri manjših in velikih razvojnih projektih in pomoči pri uvajanju novih proizvodov in tehnologij, s specializacijo raziskovalcev iz industrije in predavanji za tehnične sodelavce, s pedagoško dejavnostjo na dodiplomskem in podiplomskem študiju ter mentorstvom pri podiplomskih in podoktorskih programih. S tem smo prispevali tudi h kvalitetnejšemu izobraževanju študentov tehnike in naravoslovja na dodiplomski in podiplomski stopnji.

S širitvijo obsega raziskav na področje biokeramike smo v slovenski prostor uvedli novo problematiko, ki je v svetu že nekaj časa zelo aktualna, pri nas pa to šele postaja. Tesnejše povezovanje strokovnjakov s področja vede o materialih s strokovnjaki s področja medicine pri raziskavah biokeramike je obogatilo študijske programe in vsebine predmetov tako na tehniki, kot na medicini.

Aktivno sodelovanje industrijskih partnerjev in uporabnikov pri raziskavah materialov za

visoke tehnologije in biomedicinske aplikacije nedvomno prispeva k dvigovanju splošne tehnične ravni in osveščenosti laične javnosti o pomenu raziskovalnega dela za okolje, v katerem živimo. Nenazadnje prispevata k utrjevanju nacionalne identitete tudi prepoznavnost raziskovalne skupine in njihovih industrijskih partnerjev v mednarodnem okolju.

ANG

The applicative and development part of the program was aimed at searching for new possible applications of the engineering ceramics, especially in medicine, into development of new and/or cheaper materials with desired properties and into development of alternative, economical and environmentally friendly ceramic technologies. Part of this program was prepared in cooperation with the experts from the industry that also actively participated in its execution, and part of the created knowledge was successfully transferred into practice and patented.

The program group also contributed to the technological development of Slovenia with the dissemination of knowledge in the form of counseling, literature surveys of potentially interesting areas, help in the solving technological problems in the production, cooperation in smaller or larger development projects and help with introduction of new products and technologies, specialization of the researchers from the industry and lectures for technical staff, pedagogical activity in undergraduate and graduate studies and mentoring diplomas and doctoral thesis. With all this it contributed to better education of students of natural and technical sciences.

With the expansion of the research to the field of bioceramics new uptodate topic was introduced in Slovenian research area. Closer cooperation of experts from the field of material science with the experts from the field of medicine on bioceramics enriched the educational programs and courses on technics as well as medicine. Active cooperation of industrial partners and endusers in the research of the materials for hightech and biomedicine applications contributed to the rise of technical level and awareness of public on the importance of the research for the environment and the society we live in. Nevertheless, the recognizability of the research group and its industrial partners contributed to consolidation of national identity.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹¹

10.1. Diplome¹²

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

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
10298	Zmago Stadler	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28482	Aljoša Maglica	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29023	Lovro Gorjan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29548	Sebastjan Perko	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32170	Martin Štefanič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26323	Matjaž Golobič	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
26457	Andraž Kocjan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Sašo Jovanovski	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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
26457	Andraž Kocjan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi
29023	Lovro Gorjan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
28482	Aljoša Maglica	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
32170	Martin Štefanič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
29548	Sebastjan Perko	<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 1.1.2009-31.12.2014

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev
29023	Lovro Gorjan	A - raziskovalec/strokovnjak	48
0	Michael V Swain	B - uveljavljeni raziskovalec	1
0	Vaclav Pouchly	D - podoktorand	4
0	Sašo Jovanovski	C - študent – doktorand	12
0	Hiroaki Takadama	B - uveljavljeni raziskovalec	1

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014¹⁵

SLO

1. Development of Wear Resistant Coatings based on Complex Metallic Alloys for Functional Applications, AppliCMA; EC FP 7, 20082011 (K. Krnel)
2. Novel Technology for HighPERformance piezoelectric Actuators, HIPERAct, CPIP 212394, FP7NMP, 20082012 (T. Kosmač)

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

Večplastni protiprebojni kompoziti na osnovi SiC, M200020106/06, 20042010 (naročnik MO, nosilec A. Dakskobler)

Center odličnosti Nanoznanosti in nanotehnologije, projekt Sinteza nanodelcev in nanokompozitov, 331104855010 (20042010), MVZŠ, nosilec T. Kosmač

CO Nanocenter (200813), MVZŠ, T. Kosmač

CO NAMASTE (200813), MVZŠ, T. Kosmač, A. Dakskobler

Vpliv polnil na mehanske lastnosti vlaknocementnih kompozitov, ESAL, d.o.o., Anhovo, PR00731(20072009), K. Krnel

Raziskovalno razvojna dela v okviru projekta CarCIM, Hidria, AET, Tolmin PR01449 (20072009), A. Dakskobler

Staranje dentalne cirkonijske oksidne (YTZP) keramike pri simuliranih kliničnih pogojih, sofinancer Interdent, d.o.o., Celje, PR01888 (20082011), T. Kosmač

Karakterizacija mikrostrukture in korozijske obstojnosti sintrane dentalne keramike, DENTAS do.o., Maribor, PR04001 (2011), T. Kosmač

Brezkonično brušenje tehnične keramike, Hidria AET, Tolmin PR05200 (2013), T. Kosmač

Alternativna veziva za gradbene materiale, Eternit AG, Niederurnen, CH, PR04422 (2012), T. Kosmač

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹²

SLO

Kar nekaj rezultatov raziskovalnega programa smo uspeli prenesti v prakso, še več je takih, ki so tehnološko zreli, nismo pa jih še uspeli implementirati. Tehnološka zrelost je namreč potreben, ne pa tudi zadosten pogoj za prenos raziskovalnih rezultatov v prakso.

Za izkoriščanje patenta "Postopek nanosa adhezijske prevleke na substrat" smo sami ustanovili spinout podjetje InnCerT d.o.o., ki je z IJS sklenilo licenčno pogodbo za razvoj in prodajo seta za pripravo adhezijske prevleke za dentalne laboratorije. Rezultate raziskovalno razvojnega dela na področju staranja in utrujanja dentalne ZrO₂

keramike s pridom uporabljata firma Dentas, ki proizvaja predsintrane bloke za rezkanje zobne protetike, firma Interdent, ki preverjanja kvaliteto keramike drugih proizvajalcev, ki jo trži doma in v tujini.

V firmi Eternit potekajo trajnostni in zmogljivostni testi z vlakni ojača n i h geopolimerov, ki smo jih razvijali v sodelovanju s to firmo. Če bodo rezultati pozitivni, bo šel material v proizvodnjo.

Na osnovi pridobljenega znanja s področja oblikovanje keramičnih izdelkov zahtevnih oblik po postopku nizkotlačnega injekcijskega brizganja (LPIM) je

podoktorski sodelavec programske skupine ustanovil visokotehnološko podjetje Vallcer d.o.o., katerega začetni proizvodni program je družina zobnih keramičnih vstavkov, ki so bili razviti v okviru programa »Inženirska in biokeramika« in ki jih klinično testirajo stomatogi z MF.

Pri odstranjevanju veziva, ki je ena od kritičnih faz tehnološkega postopka, bo v praksi uporabil rezultate doktorske disertacije mladega raziskovalca iz industrije, pri kateri je sodeloval kot somentor.

Možnost za implemetacijo v podjetju Vallcer ima tudi patentno zš čiten postopek odstranjevanja veziva v grafitu, ki ga je m ož n o u p o r a b i t i t u d i z a s u š e n j e debelostenskih izdelkov narejenih z vlivajem. Na IJS smo sprva za lastne potrebe začeli

izdelovati laboratorijsko keramiko narejeno iz recikliranih ostankov predsintranih blokov

dentalne cirkonijeve oksidne keramike, ki se jih samo v Evropi zavrže preko 10 ton. Kasneje nameravamo proizvodnjo razširiti za trg oz tehnologijo prenesti v odcepljeno podjetje.

Potencilno zanimivi so tudi rezultati raziskav bioaktivnih kalcijevih fosfatnih prevlek, postopek izdelave je r e l a t i v n o h i t e r , e n o s t a v e n i n z a n e s l j i v , v e n d a r s o p r e d i m p l e m e n t a c i j o p o t r e b n i d o l g o t r a j n i b i o l o š k i t e s t i . S t e g a v i d i k a j e m n o g o b l i ž j i

i m p l e m e n t a c i j i p o s t o p e k s i n t e z e k o l i d n e g a n o s i l n e g a p r a h u , z l a s t i k e r j e u s t a n o v i t e l j p o d j e t j a V a l l c e r d . o . o . s e d e n o d s o a v t o r j e v i z u m a .

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	300.000 EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	najem prostorov, osnovna orema za drobljenje, mletje, granuliranje, oblikovanje, sintranje in mehansko obdelavo keramike

17. Izjemni dosežek v letu 2014¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

V letu 2014 je sodelavec odseka dr. Andraž Kocjan sodeloval v mednarodni skupini znanstvenikov z uglednih institucij, med katerimi so Univerza v Stockholmu, Materials Science Institute of Madrid, Instituto Politécnico de Torino in Max Planck Institute (Potsdam). Rezultat njihovega raziskovanja je nov kompozitni material, sestavljen iz cenovno ugodnih obnovljivih nanomaterialov, t.j., iz celuloze, grafenovega oksida in gline nanometrskih dimenzij, ki bi lahko dramatično znižal ceno toplotne izolacije stavb z visoko energijsko učinkovitostjo. Raziskava je bila objavljena v ugledni znanstveni reviji Nature Nanotechnology z naslovom »Thermally insulating and fire-retardant lightweight anisotropic foams based on nanocellulose and graphene oxide«. Sodelavec odseka je pri omenjeni raziskavi opravil meritve toplotnih lastnosti kompozitnega materiala, na opremi pridobljeni s sredstvi Centra odličnosti NAMASTE, in pomagal pri interpretaciji dobljenih rezultatov.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Pri založniški hiši Elsevier je leta 2014 izšla knjiga z naslovom "Advanced Ceramics for Dentistry", katere so-urednik je vodja programske skupine prof. dr. Tomaž Kosmač. Ideja za knjigo se je porodila ob uspešni organizaciji tematskega simpozija o dentalni keramiki v sklopu

11. konference Evropskega keramičnega združenja leta 2012 v Stockholmu. Knjiga, ki združuje dva med seboj tesno prepletena sklopa poglavij s področja tehnične keramike in keramičnih tehnologij ter zahtev in pričakovanj estetike zobne protetike, je namenjena širšemu krogu bralcev, od zobozdravnikov in zobotehnikov do študentov dentalne medicine in inženirstva materialov.

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
matične RO (JRO in/ali RO s
koncesijo):*

in

vodja raziskovalnega programa:

Institut "Jožef Stefan"

Tomaž Kosmač

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	10.3.2015
-----------	-----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/147

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. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. 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, navedite: "Ni bilo sprememb.". 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 izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 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://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

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

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja 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 31.12.2014), izberite oz. 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. 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 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, 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](#)

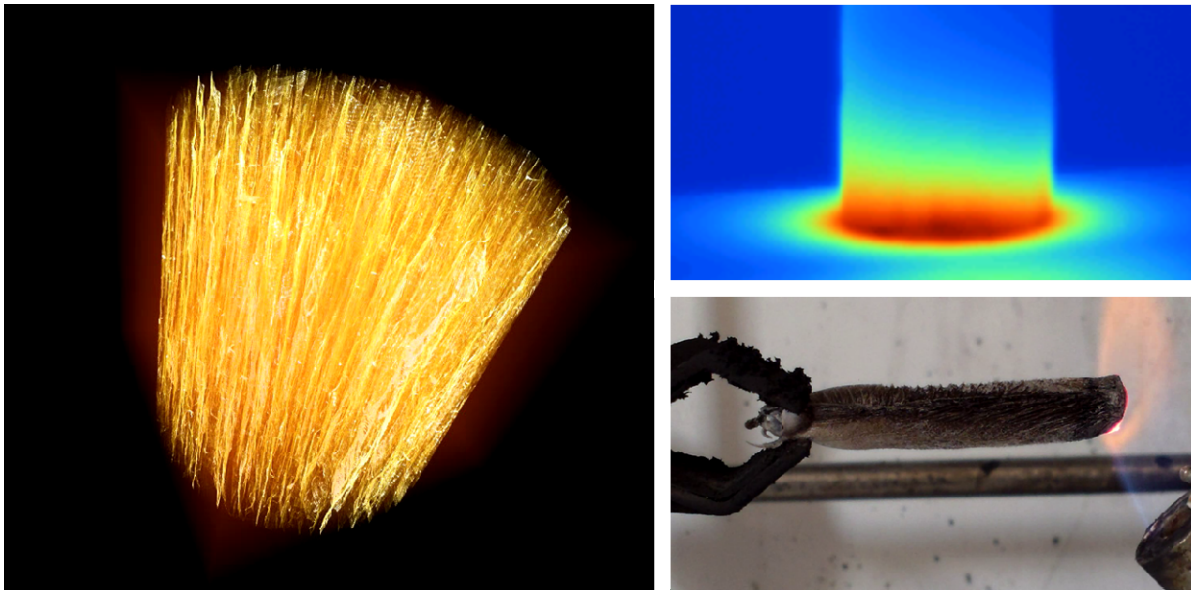
¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

95-05-9E-A0-03-DC-19-F6-28-3D-41-1B-EF-44-0C-2F-B5-F2-2A-B2

Priloga 1

Nov supermaterial za izolacijo stavb

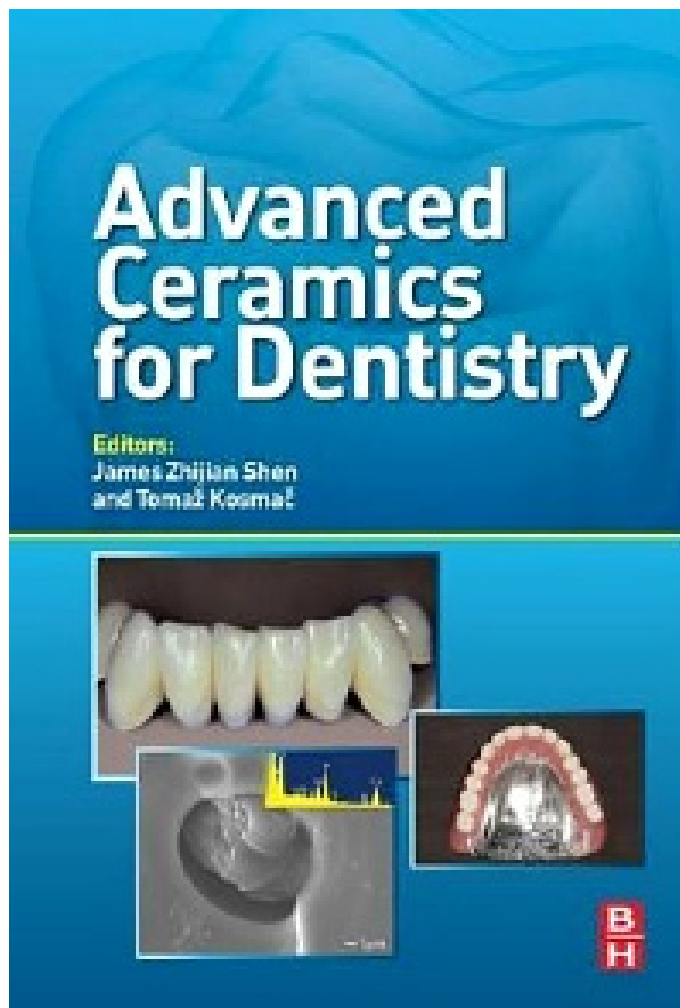


Mikrotomografski posnetek pene (levo), posnetek s termokamero (desno zgoraj) ter prikaz odpornosti pene proti vžigu (desno spodaj).

V letu 2014 je sodelavec odseka dr. Andraž Kocjan sodeloval v mednarodni skupini znanstvenikov z uglednih institucij, med katerimi so Univerza v Stockholmu, Materials Science Institute of Madrid, Instituto Politécnico de Torino in Max Planck Institute (Potsdam). Rezultat njihovega raziskovanja je nov kompozitni material, sestavljen iz cenovno ugodnih obnovljivih nanomaterialov, t.j., iz celuloze, grafenovega oksida in glin nanometrskih dimenzij, ki bi lahko dramatično znižal ceno toplotne izolacije stavb z visoko energijsko učinkovitostjo. Za razliko od standardnega toplotnoizolacijskega materiala, kot je ekspanzirani polistiren (EPS; stiropor), pri katerem je potreben dodatek toksičnih halogeniranih spojin za izboljšanje negorljivosti, in aerogelov silicijevega oksida, ki so zelo krhki, so novo razvite pene pripravljene z okolju prijaznimi dodatki, so negorljive in ultralahke, kljub nizki gostoti pa mehansko izredno trdne. Poleg vseh tehnoloških prednosti pripravljenih pen, ki so posledica sinergijske kombinacije strukture in uporabljenih komponent, bi lahko nizka cena uporabljenih naravnih (obnovljivih) materialov privedla do pomembnega koraka v trajnostnem razvoju in pozitivnem ekološko-energetskem učinku pri toplotni izolaciji stavb. Raziskava je bila objavljena v ugledni znanstveni reviji *Nature Nanotechnology* z naslovom »*Thermally insulating and fire-retardant lightweight anisotropic foams based on nanocellulose and graphene oxide*«. Sodelavec odseka je pri omenjeni raziskavi opravil meritve toplotnih lastnosti kompozitnega materiala, na opremi pridobljeni s sredstvi Centra odličnosti NAMASTE, in pomagal pri interpretaciji dobljenih rezultatov.

Priloga 2

So-uredništvo knjige:



1. Introduction
2. Teeth
3. Dental prostheses
4. Dental implants
5. Clinical failures of dental prostheses and implants
6. Advanced Ceramics
7. Advanced ceramic processes
8. Microstructure characterizations of advanced ceramics
9. Mechanical properties and reliability of advanced ceramics
10. Interfaces between tissues and ceramics
11. Alumina and zirconia based ceramics for load bearing
12. Calcium phosphates ceramics for dental fillers and scaffolds
13. Glass and glass-ceramics for aesthetics
14. Bioactive ceramics for dental implants
15. Bio-functionalization of inert ceramics
16. Industrial scale production of customized ceramic prostheses
17. Advanced dental-restoration materials concepts for the future
18. Advanced ceramics for the future of dentistry
19. Advanced direct forming processes for the future

Ideja za knjigo, ki je leta 2014 izšla pri založniški hiši Elsevier, se je porodila ob uspešni organizaciji tematskega simpozija o dentalni keramiki v sklopu 11. konference Evropskega keramičnega združenja leta 2012 v tockholmu. Knjiga, ki združuje dva med seboj tesno prepletena sklopa poglavij s področja tehnične keramike in keramičnih tehnologij ter zahtev in pričakovanj estetke zobne protetike, je namenjena širšemu krogu bralcev, od zobozdravnikov in oboteknikov do študentov dentalne medicine in inženirstva materialov.