

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/142



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-2410
Naslov projekta	FIZIKA IN KEMIJA POROZNEGA ALUMINIJA ZA Al PANELE ZA DOSEGANJE VISOKE SPOSOBNOSTI ABSORPCIJE ENERGIJE
Vodja projekta	5675 Monika Jenko
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8340
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	206 Inštitut za kovinske materiale in tehnologije
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 719 IMPOL, industrija metalnih polizdelkov d.o. o. 1520 Zasebni raziskovalec Varužan Kevorkijan 2758 AMIT TEHNOLOGIJA NAPREDNIH MATERIALOV d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.02 Kovinski materiali
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

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

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V okviru projekta L2-2410 "Fizika in kemija poroznega aluminijskega panela za Al panele za doseganje visoke sposobnosti absorpcije energije" so bile narejene raziskave, ki so bile opisane v opisu vsebine programa dela raziskovalnega projekta. Aluminijske pene so

porozen kovinski material, ki ima zelo dobre fizikalno–kemijske lastnosti in zelo majhno gostoto (Al 2,7 g/cm³, aluminijeve pene <1 g/cm³). Zaradi edinstvene kombinacije fizikalnih in mehanskih lastnosti, kot so velika trdnost pri majhni gostoti, dobra absorpcija energije, toplotna odpornost in odpornost proti plamenu, dobra absorpcija zvoka, se aluminijeve pene uporabljajo v letalski in vesoljski ter vojaški industriji, v avtomobilski in drugih transportnih industrijah, v gradbeništvu in tudi v biomedicini in pri športnih pripomočkih. Izdelava aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov je odvisna od priprave prekurzorjev, tako imenovanega pred-materiala, ki je v našem primeru stisnjen kovinski prah. Prekurzorje se nato pri določeni temperaturi sintra. Zaradi povišane temperature pride do razpada penilnega sredstva, pri čemer se razvije plin, ki povzroči, da se material peni. Po postopku metalurgije prahov se lahko naredi aluminijeve pene z zaprto poroznostjo, zato je to posebej primerna metoda za izdelavo kompleksnih oblik z odličnimi lastnostmi končnega izdelka, predvsem dobre absorpcije energije. Prahove, prekurzorje in pene, pripravljene iz različnih kovinskih prahov (Al s čistoto 99,7 % in zlitina AlSi12, recikliran Al) in z različnimi penilnimi sredstvi (TiH₂, CaCO₃, CaMg(CaCO₃)₂), smo analizirali in okarakterizirali. Za tako sintetizirane aluminijeve pene smo ugotavljali gostoto, velikost in porazdelitev por ter ugotavljali mehanske sposobnosti takega materiala. Posebno pozornost je bila namenjena pripravi prekurzorjev, kjer smo uporabili različne načine kompaktiranja in primerjali vpliv gostote surovcev (prekurzorjev) na penjenje materiala. Poleg gostote prekurzorjev smo opazovali tudi vpliv različnih penilnih sredstev v različnih deležih na velikost in porazdelitev por v penah. S talilnim mikroskopom smo opazovali spremembe velikosti prekurzorjev pri različnih temperaturah, z AES–analizami pa smo ugotavljali delež oksidne plasti na površini prahov in površini sten por ter vpliv te na obliko, velikost in stabilnost pen. Z analizami in karakterizacijo materialov v posameznih stopnjah procesa priprave aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov (prahovi, prekurzorji in pene) smo prišli do pomembnih spoznanj, kateri parametri so najpomembnejši za pripravo aluminijevih pen in kakšen vpliv imajo različna penilna sredstva na penjenje in stabilizacijo pen. Vse to smo uporabili pri izdelavi polnjenih profilov, ki so bili narejeni na polindustrijskem nivoju.

ANG

In the frame of the project L2-2410 'Physics and chemistry of porous aluminum for Al panels capable of highly efficient energy absorption' studies and research work was performed as described in the research program form. Aluminum foams are prospective class of cell materials that offer a variety of applications in fields such as lightweight structures or crash-energy management. Due to interesting combination of physical and mechanical properties, such as high stiffness at low density, high impact energy absorption, flame and heat resistance, sound absorption, aluminum foams are usually used in aircraft and aerospace industries, for armored vehicles, in car and shipbuilding industries, in civil engineering, as well as in biomedical industry.

Production of aluminum foams by the powder-metallurgy process depends on preparation of pre-cursors. In general, pre-cursors consist of compacted metallic powder that is sintered at pre-determined temperature. Due to high temperature of sintering, foaming agent decomposes into a solid component that is built into the matrix material, and a gas component that causes foaming of the matrix material. Powder metallurgy is method for making close-cell foams and it is the best selection, especially for production of net-shape parts, providing excellent quality of end products such as high energy absorption.

In presented work, powders, precursors and foams, made from different metallic powders (Al 99.7 % purity, AlSi12 alloy, recycled Al) with different foaming agents (TiH₂,

CaCO₃, CaMg(CaCO₃)₂, were examined with light and electron microscopy. Density of porous material, size and distribution of pores was determined. Further, SEM/EDS analyses of distribution of single elements in cellular walls were also made. Results of characterization of single pre-cursors and obtained foams were mutually compared.

Special attention was devoted to precursor preparation prepared by different compacting techniques and comparison of green densities of precursors on foaming effect was made. Foaming effect, size and distribution of pores, were checked with precursors made with various fractions of different blowing agents. Differences in volumes of precursors during heating were observed in heating microscope. Also AES analyses of oxides on the surface of powder particles and on the surface of pore walls were made for better understanding of foam stability.

Results of analyses and of materials characterization during all the three steps of the powder–metallurgy foaming process (powders, precursors and foams) have revealed the most important parameters in aluminum foams preparation and the influence of foaming agents on foaming process and stability of foams. All the facts revealed in the study were used to performed a foamed profiles in semi-industry field.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V sklopu projekta smo uspešno realizirali večino zastavljenih ciljev planiranih v raziskovalnem projektu. Uspešno smo izdelali različne aluminijske profile polnjene s porozno aluminijevo sredico, pri čemer smo porazdelitev poroznega materiala okarakterizirali z različnimi raziskovalnimi metodami, med katerimi se je za zelo uspešno izkazala tomografija, s pomočjo katere smo lahko glede na porazdelitev por v materialu in predhodno raziskavo vpliva velikosti in porazdelitve por na mehanske lastnosti skleпали na mehanske lastnosti polnjenih profilov.

Za sintezo aluminijevih pen smo uporabili prah sekundarnega aluminija oz recikliranega aluminija in penilno sredstvo na osnovi karbonatov (kalcit in dolomit), ki je za razliko od običajno uporabljenega penilnega sredstva TiH₂, mnogo cenejši, saj je naraven mineral, ki se ga melje v prah. V fazi penjenja deluje podobno kot TiH₂, le da je plinska faza, ki pri visoki temperaturi izhaja CO₂ in ne H₂, kot pri običajni sintezi. Pen oz stene por v materialu so zaradi izhajanja CO₂ in s tem vezave večje količine kisika na površino stene por, kot je omogočena pri plinu H₂, stabilnejše in s tem manj občutljive na hitro in enakomerno ohlajanje, pri čemer se porozni aluminij velikokrat sesede. Natančen vpliv zamenjave penilnega sredstva je raziskala mlada raziskovalka v svoji doktorski disertaciji, ki jo je uspešno zagovarjala v letu 2011.

Pri izdelavi aluminijskih pen smo se osredotočili na več med seboj vplivnih parametrov, ki smo jih morali optimizirati, da ni prišlo do izključujočih učinkov. Predvsem smo se osredotočili na izdelavo prekurzorjev, ki so temelj za dobro penjenje materiala, bodisi panelov s penasto sredico, polnjenih profilov ali 3D poroznih modelov. Prekurzorje smo dvostransko hladno stiskali, kar se je za čisti aluminij izkazalo za zelo dobro in ekonomično tehniko, medtem ko pri zlitina AlSi12 in recikliranemu aluminiju, kjer so dodatki elementov, ki aluminij utrjujejo, smo za zagotovitev zadostne gostote stiskanca morali uporabiti iztiskovanje, ki je potekalo pri povišani temperaturi.

Poleg polnjenih profilov smo uspešno izdelali prototip Al panela s penasto sredico po

postopku ARB z vročim valjanjem in po postopku penjenja prekurzorjev med dvema Al pločevinama.

V sklopu raziskovalnega projekta je potekalo tudi mednarodno sodelovanje s Slovaško akademijo znanosti v Bratislavi, kjer smo s pomočjo priznanih strokovnjakov s področja poroznega materiala v laboratoriju Inštituta za materiale in mehanske lastnosti razvijali tehniko kompaktiranja mešanice prahov za sintezo aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov. To kompaktiranje ne vsebuje vseh do sedaj uveljavljenih postopkov priprave prekurzorjev po metalurgiji prahov, ampak smo proces uspeli optimizirati in s tem narediti bolj ekonomično pripravo.

Prav tako smo sodelovali v Zagrebu s Fakulteto za strojništvo in ladjedelništvo, kjer smo skupaj z tamkajšnjimi raziskovalci preizkušali različne načine in parametre penjenja različnih prekurzorjev.

Rezultati dela na raziskovalnem projektu so objavljeni v člankih v znanstvenih revijah s faktorjem vpliva, predstavljeni so bili na več konferencah in simpozijih, del rezultatov pa je objavljen tudi v doktorski disertaciji mlade raziskovalke iz gospodarstva. Del rezultatov in ugotovitev iz realiziranega programa raziskovalnega projekta je bilo vpeljanega tudi v industrijo, kjer so bili rezultati raziskav vpeljani v polproizvodnji obrat.

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

Ob koncu projekta, ki se je zaključil aprila 2012, lahko svojo realizacijo predloženega programa ocenimo kot zelo uspešno, saj smo uspeli doseči dobre rezultate pri večini zastavljenih ciljih, ki smo jih opisali v projektni dokumentaciji. Ti cilji so bili priprava in karakterizacija aluminijevih pen s cenejšimi recikliranimi vhodnimi materiali, izdelava profilov polnjenih s poroznim aluminijem za izboljšanje mehanskih lastnosti izdelkov, izdelava Al panelov s porozno sredico in karakterizacija ter raziskava mehanskih lastnosti izdelanih pen in prototipnih izdelkov.

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

V letu 2009 je projektna skupina zmanjšala za MR, ker se je le ta odločila da ne bo nadaljevala s podiplomskim študijem.

Prav tako ni bilo nobenega sodelovanja z AMIT d.o.o. že od začetka sprejetja projekta v financiranje.

Od zadnjega poročila za leto 2011 ni prišlo do nobenih sprememb v programu projekta oz v povečanju ali zmanjšanju sestave projektne skupine.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	915626	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv penilnega sredstva in njegove morfologije na penjenje in porazdelitev por ter mikrostruktura uniformnost zaprtih celic aluminijevih pen

	ANG	Effect of a foaming agent and its morphology on the foaming behaviour, cell-size distribution and microstructural uniformity of closed-cell aluminium foams
Opis	SLO	<p>Kvantitativna karakterizacija in primerjava mikrostruktur različnih vzorcev aluminijevih pen sta zelo zahtevni ter zapleteni nalogi. Naša raziskovalna skupina se je odločila za način, kjer kvantitativna karakterizacija mikrostrukture aluminijevih pen temelji na določanju porazdelitve por po velikosti (PPV). Vzorce pen smo izdelovali s postopkom metalurgije prahov. Kot sredstvo za penjenje smo uporabili pet vrst titanhidridnih in dolomitnih prahov z različno porazdelitvijo delcev po velikosti. Povprečno velikost por in porazdelitev por po velikosti v vzorcih aluminijevih pen smo ugotavljali s slikovno analizo posnetkov njihove mikrostrukture, narejenih s svetlobno in vrstično elektronsko mikroskopijo. Enakomernost porazdelitve velikosti por v vzorcih pen smo preučevali v odvisnosti od porazdelitve velikosti sredstva za penjenje, povprečne velikosti uporabljenih prahov AlSi12, koncentracije sredstva za penjenje in temperature ter časa penjenja. Na splošno so imeli vzorci, ki smo jih penili z dolomitom, veliko bolj enakomerno oz. ožjo porazdelitev velikosti por ter manjšo povprečno velikost. Najožjo porazdelitev por po velikosti smo opazili v vzorcih pen, izdelanih iz najfinejših dolomitnih prahov, z ozko porazdelitvijo delcev po velikosti ter najnižjo masno koncentracijo (0,5 %) sredstva za penjenje. V nasprotju s tem je bila v vzorcih aluminijevih pen, izdelanih iz bolj grobih vrst dolomitnih prahov, s širšo porazdelitvijo delcev po velikosti, tudi porazdelitev por po velikosti širša z naraščajočim deležem velikih por. Poleg tega se je izkazalo, da je stopnja uniformnosti mikrostrukture pen odvisna v veliki meri od temperature in časa penjenja, pri čemer je s podaljšanjem časa in višanjem temperature penjenja porazdelitev velikosti por postajala vse širša. Eksperimentalne rezultate in teoretične ugotovitve o razvoju mikrostrukture aluminijevih pen z zaprto poroznostjo smo strnili v model, ki predpisuje pogoje nastanka homogene in uniformne strukture pen.</p>
	ANG	<p>A quantitative evaluation of the microstructure of aluminium foams and, particularly, any quantitative comparison is a very demanding and complex issue. In this work, the cell-size distribution (CSD) was proposed as the most efficient approach for their assessment. The foams were made by the powder metallurgy (P/M) route, by applying titanium hydride and dolomite powders of five different average particle sizes as the foaming agents. The average size of the pores and the pore-size distribution were estimated by assessing optical and scanning electron micrographs of as-polished foam bars by applying the point-counting method and image-analysis software. The uniformity of the CSD in the foamed samples with closed cells was studied as a function of the particle size distribution of the foaming agents, the average particle size of the applied AlSi12 powders, the concentration of the foaming agents, the foaming temperature and the foaming time. Generally, the samples foamed with the dolomite foaming agent had a more uniform cell-size distribution and a lower average bubble size. The most uniform cell-size distribution was achieved in the foam samples foamed with the minimum amount of the mass fraction ($w = 0.5\%$) of dolomite powder grades, having the lowest average particle size and a narrow particle-size distribution. In contrast, in samples made from coarser and less-uniform grades of foaming agents, the cell-size distribution was broader, with a significantly higher fraction of large bubbles. Longer foaming times and higher foaming temperatures also led to foam samples with a less-uniform microstructure. Based on the experimental findings and theoretical considerations regarding aluminium-foam microstructural development, the preconditions for stable bubble growth into a homogeneous and uniform foam structure were modelled and compared with the experimentally determined values.</p>
		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2012; Letn. 46, št. 3; str. 233-238; Impact Factor: 0.804; Srednja vrednost

	Objavljeno v	revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Kevorkijan Varužan, Škapin Srečo D., Paulin Irena, Kovačec Uroš, Jenko Monika	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	14820630	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Sinteza aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov
		ANG	Synthesis of aluminium foams by the powder-metallurgy process
	Opis	SLO	Aluminijeve pene, narejene po postopku metalurgije prahov, imajo velik potencial v uporabi lahkih konstrukcij. Cilj raziskave je ugotoviti lastnosti in parametre za optimizacijo priprave prekursorja po postopku hladnega stiskanja. Za pripravo prekursorjev smo uporabili obojestransko stiskanje s tlaki od 200 MPa do 900 MPa. Stiskali smo mešanico prahov tehnično čistega aluminija 99,7 % in zlitine AlSi12, v obeh primerih z dodatkom 1 % TiH ₂ kot penila. Določili smo zelene gostote in porazdelitev penila v prekursorjih. Naredili smo tudi karakterizacijo vseh treh uporabljenih prahov kot vstopnega materiala. Rezultat uspešne priprave prekursorjev se kaže v uspešnosti penjenja materiala. Povezavo med lastnostmi prahov, lastnostmi aluminijevih zlitin in priprave prekursorjev smo raziskovali s SEM/EDS-analizami, s preizkušanjem prahov s standardnimi metodami, uveljavljenimi v metalurgiji prahov, granulometrijo itd. Uporabljeni so bili različni parametri za pripravo in penjenje prekursorjev. Temperature penjenja so bile med 680 °C in 770 °C, čas penjenja pa med 6 min in 13 min. Povezava med lastnostmi in uporabljenimi parametri za pripravo aluminijevih pen je bila raziskana in je podrobno opisana v tem članku.
		ANG	Aluminium foams, produced by the powder-metallurgy route, have a good potential for use in weight-sensitive structural parts. The goal of this study was to evaluate the properties and to optimize the preparation of precursors by a powder-compacting process. Various compacting pressures, from 200 MPa to 900 MPa, were used in the double-axial powder-compacting process for two different aluminium powders: pure aluminium and an AlSi12 alloy with the addition of 1 % of TiH ₂ as a foaming agent. The green density of the precursors and the distribution of the foaming agent were examined. The powder particles was also characterised. The results of the effective preparation of precursors are shown as the effectiveness of the foaming of the precursors. The relation between the powder characteristics, the aluminium-alloy properties and the preparation of precursors was studied by SEM/EDS analysis, powder-metallurgy standard testing of metallic powders, granulometry, etc. Different parameters were used for the precursor preparation and foaming. The foaming temperature varied between 680 °C and 770°C, and the foaming time was from 6 min to 13 min. The relation between the properties and the applied production parameters was studied in detail and is described in this paper.
	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2011; Letn. 45, št. 1; str. 13-19; Impact Factor: 0.804;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Paulin Irena, Šuštaršič Borivoj, Kevorkijan Varužan, Škapin Srečo D., Jenko Monika	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	856490	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv sestave gostote penilnih prekursorjev na učinkovitost penjenja, mikrostrukturo in mehanske lastnosti aluminijevh pen
		ANG	Influence of the foaming precursor's composition and density on the foaming efficiency, microstructure development and mechanical properties of aluminium foams

	Opis	<p>V delu poročamo o vplivu sestave ter gostote oz. poroznosti prekursorja za penjenje na učinkovitost penjenja ter razvoj mikrostrukture in mehanskih lastnosti aluminijevih pen. Pene smo izdelovali z uporabo prekursorjev na osnovi Al s homogeno porazdeljenimi delci dolomita ali kalcijevega karbonata. Prekursorje smo pripravljali po postopku prašne metalurgije (PM) in z litjem taline, kar je cenejše, zagotavlja pa manj homogeno porazdelitev sredstva za penjenje. S PM-postopkom smo prekursorje za panjenje izdelovali iz zmesi Al prahu in 3-10 % dolomita ali kalcijevega karbonata različne povprečne velikosti (od 20 [mi]m do 120 [mi]m), ki smo jo izostatsko stisnili pri 700 MPa. Z litjem smo prekursorje pripravljali tako, da smo delce penila uvajali v Al-talino, segreto do največ 700 [kompozitum]C, premešali in nastalo suspenzijo ulili v cilindričen, vodno hlajen jekleni model. Pene smo iz obeh vrst prekursorjev izdelovali tako, da smo prekursor vstavili v zaprt jeklen model za penjenje, segrevali pri 750 [kompozitum]C 10 min. ter nato ohlajali na zraku do sobne temperature. Mikrostrukturo nastalih pen smo preučevali z optično in elektronsko (SEM/EDS) mikroskopijo, in ciser tako, da smo ugotavljali morfologijo in povprečno velikost por, sestavo vsebovanih faz pa z metodo rentgenske (XRD) difrakcije. Gostoto prekursorjev in pen smo določali na osnovi mase in izračunane prostornine strojno obdelanih vzorcev, učinkovitost penjena (relativno gostoto dobljene pene) pa na osnovi primerjave dejansko dosežene gostote pene in gostote aluminija. Primerjalno smo gostoto pen določali tudi z Arhimedovo metodo. Kakovost izdelanih pen smo ocenjevali na osnovi njihovih mehanskih lastnosti (krivulje napetost - deformacija pri sobni temperaturi, tlačne trdnosti in sposobnosti absorpcije energije pri 30-odstotni deformaciji). Ugotovili smo, da na učinkovitost penjena ter razvoj mikrostrukture in mehanskih lastnosti vplivata predvsem kemijska sestava in gostota prekursorja za penjenje, pri čemer je bilo prekursorje z odprto poroznostjo nemogoče peniti.</p>
	ANG	<p>In this work, the influence of the composition, density and porosity of foaming precursors on the foaming efficiency, microstructure development and mechanical properties of aluminium foams are presented and discussed. The foams were prepared, starting from precursors made either by powder metallurgy (PM) or by the melt route. Following the PM route, precursors were made by mixing Al powder and 3-10 % of volume fractions of dolomite or calcium carbonate particles of particle size from 20 [mu]m to 120 [mu]m and cold isostatically pressing the mixture at 700 MPa. In the case of the melting route, precursors were made by introducing dolomite or calcium carbonate particles directly into the molten aluminium at 700 [compositum]C. After melt stirring, the precursors were prepared by casting the semi-solid slurry into a cylindrical, water-cooled mould. Finally, aluminium foams were made in all cases by inserting precursors into a cylindrical stainless-steel mould and heating the arrangement at 750 [compositum]C for 10 min. After that, the mould was removed from the furnace and the foaming process was stopped by cooling in air to room temperature. The microstructure of the obtained foams was investigated by optical and scanning electron microscopy (SEM-EDS), while XRD was applied for a detailed identification of phases. The quality of the precursors was evaluated by determining their mechanical properties (uniaxial room-temperature compression stress-strain curve, compressive strength and energy absorption after a 30 % strain) and the foaming efficiency (the relative density of the foam obtained). The concentration of the foaming agent and the density of precursors were found to have a detrimental influence on the foaming efficiency as well as on the foam's microstructure and mechanical properties. The foaming of precursors with open porosity were inefficient.</p>
	Objavljeno v	<p>Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2011; Letn. 45, št. 2; str. 95-103; Impact Factor: 0.804; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors:</p>

		Kevorkijan Varužan, Škapin Srečo D., Paulin Irena, Šuštaršič Borivoj, Jenko Monika, Lažeta Marjana	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	15446550	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Porozni aluminij za absorberje mehanske energije
		<i>ANG</i>	Porous aluminium for energy absorbers foamed by MgCO ₃ -CaCO ₃ (dolomite) particles
	Opis	<i>SLO</i>	<p>V reciklažnih obratih, še posebej specializiranih za recikliranje aluminijevih odpadkov nižjega razreda za predelovalne aluminijeve zlitine, je pravočasno in natančno informiranje o količini organskih in drugih nečistoč v dohodnih odpadkih pomembno za doseganje ekonomske koristi in tako standardne kakovosti metalurških recikliranih kovin. Kot pogoj za uporabo odpadnega aluminija z organskimi in drugimi nečistočami za proizvodnjo aluminija in aluminijevih zlitin standardne kakovosti, je treba poznati njeno sestavo in vsebnost organskih in drugih nečistoč. To je potrebno hitro in ekonomično analizirati na reprezentativnih vzorcih, običajno z maso med 20-50 kg.</p> <p>Zaradi velike rasti predelave sekundarnega aluminija, je razvoj industrijskega načina določitve vsebnosti organskih in drugih nečistoč v reprezentativnih vzorcih odpadkov postala zelo pomembna.</p> <p>V tem raziskovalnem delu je bila industrijska termogravimetrijska/diferencialna termična (TG/DTA) analiza reprezentativnih vzorcev odpadnega aluminija razvita za učinkovito analitično metodologijo za analizo vlage in organskih nečistoč ter deleže ogljika v aluminijevih odpadkih. Izvedena je v kontinuirnem načinu, v atmosferi argona z 1 mas. % kisika. Ta metodologija omogoča redno merjenje vlage, količino organskih snovi in deleža ogljikovega na reprezentativnih vzorcih odpadkov v manj kot 15 minut, v točnosti ± 0,5%.</p>
		<i>ANG</i>	<p>In this work, the viability of dolomite powder as cost-effective alternative to TiH₂ foaming agent was investigated. Closed cells aluminium foam samples were prepared starts from solid, foamable precursors synthesized by powder metallurgy and melt route. Precursors obtained by melt route were machined and additional cold isostatic pressed in order to improve their density. In all cases, the resulted precursors consisted of an aluminium matrix containing various mass fractions of uniformly dispersed dolomite powders of various average particle size and 5 % of SiC particulates. Precursors were foamed by inserting into a cylindrical stainless steel mould and placing inside a pre-heated batch furnace at 700 °C for 10 min. The quality of foamable precursors was evaluated by determining their initial density and the foaming efficiency. On the other side, the quality of the obtained foams were characterised by their density, microstructure and mechanical properties.</p> <p>Experimental findings confirmed that aluminium foams synthesized with dolomite powder as blowing agent can be prepared by both powder metallurgy and melt route, as well as that the density, microstructure, compression strength, and energy absorption capacity are quite comparable with corresponding counterparts foamed by TiH₂.</p>
	Objavljeno v	Metall-Verlag; Metall; 2011; Jg. 65, 9; str. 387-392; Avtorji / Authors: Kevorkijan Varužan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
5.	COBISS ID	16152854	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Metoda določanja vsebnosti organskih snovi v odpadnem aluminiju
		<i>ANG</i>	An industrial method for determining the amount of organics in representative samples of aluminum scrap
			V reciklažnih obratih, še posebej specializiranih za recikliranje aluminijevih

Opis	SLO	<p>odpadkov nižjega razreda za predelovalne aluminijeve zlitine, je pravočasno in natančno informiranje o količini organskih in drugih nečistoč v dohodnih odpadkih pomembno za doseganje ekonomske koristi in tako standardne kakovosti metalurških recikliranih kovin. Kot pogoj za uporabo odpadnega aluminija z organskimi in drugimi nečistočami za proizvodnjo aluminija in aluminijevih zlitin standardne kakovosti, je treba poznati njeno sestavo in vsebnost organskih in drugih nečistoč. To je potrebno hitro in ekonomično analizirati na reprezentativnih vzorcih, običajno z maso med 20-50 kg.</p> <p>Zaradi velike rasti predelave sekundarnega aluminija, je razvoj industrijskega načina določitve vsebnosti organskih in drugih nečistoč v reprezentativnih vzorcih odpadkov postala zelo pomembna.</p> <p>V tem raziskovalnem delu je bila industrijska termogravimetrijska/diferencialna termična (TG/DTA) analiza reprezentativnih vzorcev odpadnega aluminija razvita za učinkovito analitično metodologijo za analizo vlage in organskih nečistoč ter deleže ogljika v aluminijevih odpadkih. Izvedena je v kontinuirnem načinu, v atmosferi argona z 1 mas. % kisika. Ta metodologija omogoča redno merjenje vlage, količino organskih snovi in deleža ogljikovega na reprezentativnih vzorcih odpadkov v manj kot 15 minut, v točnosti $\pm 0,5\%$.</p>
	ANG	<p>In recycling plants, especially those specializing in the recycling of low-grade aluminum scrap for wrought aluminum alloys, timely and accurate information about the amount of organics and other impurities in the incoming scrap is an important parameter in achieving both economic benefits and standard metallurgical quality of the recycled metal. To use aluminum scrap combined with organics as a source of aluminum for producing wrought aluminum alloys of standard quality, its metallurgical composition and the content of organic and other impurities should be quickly and cost-effectively analyzed on representative samples. In this work, an industrial thermogravimetric/differential thermal analysis of representative scrap samples was developed as an efficient analytical methodology for analyzing the humidity and organic impurities in incoming scrap. When performed in continuous mode, under a flowing atmosphere of argon with 1 wt.% of oxygen, this methodology enables a routine measurement of the humidity, the quantity of organics, and the carbon content in representative samples of incoming scrap in less than 15 min within an accuracy of 0.5%.</p>
	Objavljeno v	The Society (TMS); JOM; 2012; Vol. 64, iss. 8; str. 916-922; Impact Factor: 1.421; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; A': 1; WoS: PM, PZ, RE, ZQ; Avtorji / Authors: Kevorkijan Varužan, Škapin Srečo D., Došler Urban
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine²

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	15665942	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Modeliranje in priprava jedra Al pen za panele z vroče valjanimi prekurzorji
		ANG	Modelling and preparation of core foamed Al panels with accumulative hot-roll bonded precursors
			V delu opisujemo razvoj laboratorijskih in polindustrijskih postopkov priprave vzorcev aluminijevih pen in panelov iz Al-pen z zaprto poroznostjo. Vzorce panelov smo izdelovali na osnovi večstopenjsko toplo valjanih prekurzorjev, ki so kot sredstvo za penjenje vsebovali delce titanovega dihidrida (TiH ₂) ali dolomitnega prahu (Ca _{0,5} Mg _{0,5} CO ₃). Postopek priprave

Opis	SLO	<p>večplastnih prekursorjev je potekal v treh fazah. V začetni fazi smo delce titanovega dihidrida ali dolomita nanašali na izbrano stran aluminijevega traku zlitine AA 1050. Sledila je priprava dvoplastnega prekursorja. Po dva indva premazana trakova smo zložili tako, da sta se premazani stranici stikali ter dvojček vroče zvaljali na 1,9-3,8 mm s skupno deformacijo med 45-49%. Postopek smo v sklepni fazi izdelave prekursorjev ponavljali do želene večplastnosti (od 2- do 16-krat). S postopkom večkratnega valjanja in podvajanja plasti penilnega sredstva smo dosegli enakomerno porazdelitev penilnega sredstva skozi celoten prerez izdelanih prekursorjev. Dobljene prekursorje smo nato penili v električni peči pri različnih pogojih glede na temperaturo termičnega razkroja sredstva za penjenje. Mikrostrukturo dobljenih vzorcev pen smo analizirali z optično in vrstično elektronsko mikroskopijo. Z raziskavami smo potrdili, da uporaba dolomitnega prahu kot penilnega sredstva z višjo temperaturo termičnega razkroja (>750 °C) v primerjavi s TiH₂, ki se termično razkroja že pri temperaturi toplega valjanja (>350 °C), omogoča izdelavo večplastnih prekursorjev pri višjih temperaturah toplega valjanja brez vmesnega žarjenja in posledično povišuje produktivnosti brez vpliva na kakovost končnega izdelka.</p>
	ANG	<p>In this paper, laboratory and semi-industrial processes for the preparation of aluminium foam samples and core-foamed panels with closed porosity were investigated. The samples were prepared starting from the accumulative hot-roll bonded precursors, with titanium hydride (TiH₂) or dolomite (Ca_{0.5}Mg_{0.5}CO₃) powder added as the foaming agent. The formation of the precursors was performed in three steps. In the initial stage, titanium dihydride or dolomite particles were deposited on a single side of a selected number of aluminium strip samples made from the alloy AA 1050. In the second step, by putting together in pairs, single-sided coated strips, precursors with a two-layered structure were prepared. The samples were hot-rolled to a final thickness of 1.9-3.8 mm, introducing a total deformation of about 45-49 % by a process well-known as accumulative hot-roll bonding. In the third stage of the precursor's formation, the desired multilayered precursor's structure was achieved by hot-roll multi-passing, i.e., by repeating (with 2-16 passes) the accumulative hot-roll bonding procedure. The obtained precursors were foamed in an electrical furnace, under different foaming conditions, based on the initial temperature of the thermal decomposition of the foaming agent. The microstructure of the obtained foam samples was investigated with optical and scanning electron microscopy. According to the accumulated experimental results, one can conclude that the usage of dolomite powder as a foaming agent with a higher temperature of thermal decomposition (>750 °C) compared to TiH₂, which thermally decomposed even at the temperature of hot-rolling (>350 °C), enabling the formation of multilayered precursors at higher temperatures of hot-rolling without any intermediate annealing. This consequently increases the productivity of the foamed core panel production without influencing their final quality.</p>
Šifra	F.01 Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2011; Vol. 45, no. 6; str. 537-544; Impact Factor: 0.804; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.27; WoS: PM; Avtorji / Authors: Kevorkijan Varužan, Kovačec Uroš, Paulin Irena, Škapin Srečo D., Jenko Monika	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2. COBISS ID	14642454	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nizko cenovno penjenje aluminija z CaO ₃ delci
	ANG	Cost-effective aluminium foaming by CaCO ₃ particles

Opis	SLO	<p>Raziskali smo možnost zamenjave penilca TiH₂ z ekonomično učinkovito alternativo CaCO₃ prah. Aluminijske pene z zaprto poroznostjo so bile pripravljene iz trdnih sestavin sintetiziranih s (i) postopkom metalurgije prahov in (ii) po postopku s taljenjem. Prekursorji pripravljene po postopku taljenja so bili dodatno obdelani in hladno izostatsko stisnjeni za izboljšanje gostote. V vseh primerih so prekursorji sestavljeni iz aluminijske matrice z vsebnostjo različnih deležev (3, 5, 7 and 12 wt. %) enakomerno razporejenih delcev dolomitnega prahu različnih velikosti (d₅₀= 38, 72 and 120 μm). Prekursorje smo penili tako, da smo jih vstavili v okrogle cevi iz nerjavnega jekla in jih dali v predgreto peč pri temperaturi 750 °C za 10 min.</p> <p>Kakovost penilnih prekursorjev je bila ocenjena z določitvijo začetne gostote in učinkovitostjo penjenja (relativna gostota pene, ρ, ki se izračuna tako, da se navidezno gostoto pene, ρ_F, delimo z gostoto aluminija, ρ_{Al}). Kvaliteta pen je bila karakterizirana glede na njihovo gostoto, mikrostrukturo (povprečna velikost por) in mehanske lastnosti (deformacijske krivulje pri enosnem stiskanju pri sobni temperaturi, tlačna trdnost in absorpcija energije po 30 % obremenitve).</p>
	ANG	<p>In this work, the viability of CaCO₃ powder as a cost-effective alternative to TiH₂ foaming agent was investigated. Closed cell aluminium foam samples were prepared starting from solid, foamable precursors synthesized by (i) powder metallurgy and (ii) the melt route. Precursors obtained by the melt route were machined and additionally cold isostatically pressed in order to improve their density. In all cases, the resulting precursors consisted of an aluminium matrix containing various fractions (3, 5, 7 and 12 wt.%) of uniformly dispersed CaCO₃ powders of various average particle size (d₅₀= 38, 72 and 120 μm). Precursors were foamed by inserting them into a cylindrical stainless steel mould and placing them in a pre-heated batch furnace at 750 °C for 10 min. The quality of the foamable precursors was evaluated by determining their initial density and the foaming efficiency (the relative density of the foam obtained, \hat{n}, calculated by dividing the apparent density of the foam, \hat{n}_F, by the density of aluminium, \hat{n}_{Al}). In addition, the quality of the foams obtained was characterised by their density, microstructure (the average pore size) and mechanical properties (uniaxial room temperature compression stress-strain curve, compressive strength and energy absorption after a 30% strain). The experimental findings confirmed that aluminium foams synthesized with CaCO₃ powder as a blowing agent can be prepared by both powder metallurgy and the melt route, as well as showing that the density, microstructure, compression strength and energy absorption capacity are quite comparable with the corresponding counterparts foamed by TiH₂.</p>
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
Objavljeno v	Aluminium-Verlag GmbH; Aluminium; 2010; Vol. 86, 12; str. 59-66; Avtorji / Authors: Kevorkijan Varužan	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3. COBISS ID	256890880	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Sinteza in karakterizacija aluminijskih pen
	ANG	Synthesis and characterization of aluminium foams
		<p>Aluminijske pene so porozen kovinski material, ki ima zelo dobre fizikalno-kemijske lastnosti in zelo majhno gostoto (Al 2,7 g/cm³, aluminijske pene <1 g/cm³). Zaradi edinstvene kombinacije fizikalnih in mehanskih lastnosti, kot so velika trdnost pri majhni gostoti, dobra absorpcija energije, toplotna odpornost in odpornost proti plamenu, dobra absorpcija zvoka, se aluminijske pene uporabljajo v letalski in vesoljski ter vojaški industriji, v avtomobilski in drugih transportnih industrijah, v gradbeništvu in tudi v biomedicini in pri športnih pripomočkih.</p>

	Opis	<p>Izdelava aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov je odvisna od priprave prekurzorjev, tako imenovanega pred-materiala, ki je v našem primeru stisnjen kovinski prah. Prekurzorje se nato pri določeni temperaturi sintra. Zaradi povišane temperature pride do razpada penilnega sredstva, pri čemer se razvije plin, ki povzroči, da se material peni. Po postopku metalurgije prahov se lahko naredi aluminijeve pene z zaprto poroznostjo, zato je to posebej primerna metoda za izdelavo kompleksnih oblik z odličnimi lastnostmi končnega izdelka.</p> <p>Prahove, prekurzorje in pene, pripravljene iz različnih kovinskih prahov (Al s čistoto 99,7 % in zlitina AlSi12) in z različnimi penilnimi sredstvi (TiH₂, CaCO₃, CaMg(CaCO₃)₂), sem analizirala in karakterizirala s svetlobno in elektronsko mikroskopijo. Za tako sintetizirane aluminijeve pene sem ugotavljala gostoto, velikost in porazdelitev por ter napravila EDS-analize porazdelitve elementov v stenah celičnega materiala. Rezultate karakterizacije posameznih prekurzorjev in pen sem nato primerjala. Posebno pozornost sem namenila pripravi prekurzorjev, kjer sem uporabila različne načine kompaktiranja in primerjala vpliv gostote surovcev (prekurzorjev) na penjenje materiala. Poleg gostote prekurzorjev sem raziskala vpliv različnih penilnih sredstev v različnih deležih na velikost in porazdelitev por v penah. S talilnim mikroskopom sem študirala spremembe velikosti prekurzorjev pri različnih temperaturah, z AES-analizami pa sem določila delež oksidne plasti na površini prahov in površini sten por ter vpliv te na obliko, velikost in stabilnost pen.</p> <p>Z analizami in karakterizacijo materialov v posameznih stopnjah procesa priprave aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov (prahovi, prekurzorji in pene) sem prišla do pomembnih spoznanj, kateri parametri so najpomembnejši za pripravo aluminijevih pen in kakšen vpliv imajo različna penilna sredstva na penjenje in stabilizacijo pen.</p>
	ANG	<p>Aluminium foams are prospective class of cell materials that offer a variety of applications in fields such as lightweight structures. Due to interesting combination of physical and mechanical properties, such as high stiffness at low density, high impact energy absorption, flame and heat resistance, sound absorption, aluminum foams are usually used in aircraft and aerospace industries, for armored vehicles, in car and shipbuilding industries, in civil engineering, as well as in biomedical industry.</p> <p>Production of aluminum foams by the powder-metallurgy process depends on preparation of pre-cursors. In general, pre-cursors consist of compacted metallic powder that is sintered at pre-determined temperature. Due to high temperature of sintering, foaming agent decomposes into a solid component that is built into the matrix material, and a gas component that causes foaming of the matrix material. Powder metallurgy is method for making close-cell foams and it is the best selection, especially for production of net-shape parts, providing excellent quality of end products.</p> <p>In doctoral thesis, powders, precursors and foams, made from different metallic powders (Al 99.7 % purity, AlSi12 alloy) with different foaming agents (TiH₂, CaCO₃, CaMg(CaCO₃)₂), were examined with light and electron microscopy. Density of porous material, size and distribution of pores was determined. Further, EDS analyses of distribution of single elements in cellular walls were also made. Results of characterization of single pre-cursors and obtained foams were mutually compared.</p> <p>Special attention was devoted to precursor preparation using different compacting techniques and I compared green densities of precursors on foaming effect. Foaming effect, size and distribution of pores, were checked with precursors made with various fractions of different blowing agents. I have observed differences in volumes of precursors during heating in heating microscope. Also AES analyses of oxides on the surface of powder particles and on the surface of pore walls were made for better understanding of foam stability.</p> <p>Results of analyses and of materials characterization during all the three</p>

	steps of the powder-metallurgy foaming process (powders, precursors and foams) have revealed the most important parameters in aluminium foams preparation and the influence of foaming agents on foaming process and stability of foams.
Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj
Objavljeno v	[I. Paulin]; 2011; XII, 123 str.; Avtorji / Authors: Paulin Irena
Tipologija	2.08 Doktorska disertacija

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Projektna skupina je vzpostavila uspešno mednarodno sodelovanje s:

I. Slovaško akademijo znanosti v Bratislavi, Inštitut za materiale in mehanske lastnosti razvita je bila tehnika kompaktiranja mešanice prahov za sintezo aluminijevih pen po postopku metalurgije prahov. To kompaktiranje ne vsebuje vseh do sedaj uveljavljenih postopkov priprave prekurzorjev po metalurgiji prahov, ampak smo proces uspeli optimizirati kar pomeni ekonomično pripravo.

II. Fakulteto za strojništvo in ladjedelništvo, Zagreb, Hrvatska kjer smo skupaj z tamkajšnjimi raziskovalci preizkušali različne načine in parametre penjenja različnih prekurzorjev.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Za razvoj znanosti so najbolj pomembne ugotovitve na področju vplivov vrste in morfologije sredstva za penjenje na uniformnost mikro in makro-strukture aluminijevih pen ter stabilnosti por in porazdelitev por po velikosti. Kvantitativna karakterizacija in primerjava mikrostruktur različnih vzorcev aluminijevih pen sta zelo zahtevni ter zapleteni nalogi. Naša raziskovalna skupina se je odločila za način, kjer kvantitativna karakterizacija mikrostrukture aluminijevih pen temelji na določanju porazdelitve por po velikosti (PPV). Vzorce pen smo izdelovali s postopkom metalurgije prahov. Kot sredstvo za penjenje smo uporabili pet vrst titanhidridnih in dolomitnih prahov z različno porazdelitvijo delcev po velikosti. Povprečno velikost por in porazdelitev por po velikosti v vzorcih aluminijevih pen smo ugotavljali s slikovno analizo posnetkov njihove mikrostrukture, narejenih s svetlobno in vrstično elektronsko mikroskopijo. Enakomernost porazdelitve velikosti por v vzorcih pen smo preučevali v odvisnosti od porazdelitve velikosti sredstva za penjenje, povprečne velikosti uporabljenih prahov AlSi12, koncentracije sredstva za penjenje in temperature ter časa penjenja. Na splošno so imeli vzorci, ki smo jih penili z dolomitom, veliko bolj enakomerno oz. ožjo porazdelitev velikosti por ter manjšo povprečno velikost. Najožjo porazdelitev por po velikosti smo opazili v vzorcih pen, izdelanih iz najfinejših dolomitnih prahov, z ozko porazdelitvijo delcev po velikosti ter najnižjo masno koncentracijo (0,5 %) sredstva za penjenje. V nasprotju s tem je bila v vzorcih aluminijevih pen, izdelanih iz bolj grobih vrst dolomitnih prahov, s širšo porazdelitvijo delcev po velikosti, tudi porazdelitev por po velikosti širša z naraščajočim deležem velikih por. Poleg tega se je izkazalo, da je stopnja uniformnosti mikrostrukture pen odvisna v veliki meri od temperature in časa penjenja, pri čemer je s podaljšanjem časa in višanjem temperature penjenja porazdelitev velikosti por postajala vse širša. Eksperimentalne rezultate in teoretične ugotovitve o razvoju mikrostrukture aluminijevih pen z zaprto poroznostjo smo strnili v model, ki predpisuje pogoje nastanka homogene in uniformne strukture pen.

ANG

For the development of science are the most important findings in the field of impact types and morphology of foaming agents on uniformity of micro-and macro-structure of aluminum foams and stability of pores and pore size distribution. Quantitative microstructure characterization

and comparison of different samples of aluminum foams are very difficult and complex task. Our research team has decided to use methodology in which quantitative microstructural characterization of aluminum foams is based on determining the distribution of pore size (DPS). Foam samples are produced by powder metallurgy process. As a foaming agent, we used five types TiH₂ and dolomite powders with different particle size distribution. The average pore size and pore size distribution in the samples of aluminum foams were determined by image analysis of the microstructure made by light and scanning electron microscopy. Uniformity of the pore size distribution in the foam samples was studied as a function of the size distribution of the blowing agent, the average size of the powder AlSi₁₂, concentration of foaming agent and foaming temperature and time. In general, the samples made by foaming with dolomite, had narrow pore size distribution and smaller average size of the pores. Narrow pore size distribution was observed in foam samples made from the finest dolomite powders with a narrow particle size distribution and mass concentration of the lowest (0.5 %) foaming agent. In contrast, in the aluminum foam samples made from rougher types of dolomite powder, with a wider distribution of particle size, the distribution of pore size with an increasing proportion of large-sized pores occurs. In addition, it has been shown that the degree of uniformity of microstructure foams depends largely on the temperature and foaming time, with the extension of time and temperature rise foam pore size distribution became broader. Experimental results and theoretical considerations on the development of microstructure of aluminum foams with closed cell porosity are summarized in the model, which requires the creation of conditions of homogeneous and uniform structure of foams.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Pridobljeni rezultati prispevajo tudi k razvoju Slovenije. Nedvomno največji prispevek je v smislu tehnološkega oz. industrijskega razvoja, saj rezultati odpirajo možnosti novega tehnološkega razvoja v smislu razvoja novih tehnologij, razvoja novih izdelkov in povečanja ekonomske učinkovitosti ter konkurenčnosti. Slovenska aluminijaska industrija (Impol, Talum) je z obstoječimi proizvodnimi programi tradicionalno umeščena v spodnjem srednjem delu proizvodne verige (primarni aluminij, polizdelki). Zato se z aplikativnimi raziskavami, ki jih izvaja v sodelovanju z domačo akademsko sfero želi na določenih programih, kjer je to možno, prestrukturirati v smeri končnih izdelkov oz. izdelkov z višjo maržo (dodano vrednostjo) na osnovi lastnega znanja. Aluminijaska pene in zlasti produkti (profili, paneli s penasto sredico) sodijo med tovrstne izdelke z visoko dodano vrednostjo. Porozni aluminij, kot večnamenski material odpira možnosti prodora v nišah z najvišjo dodano vrednostjo (avtomobilska industrija, letalstvo, strojogradnja) kakor tudi (v primeru pen z odprto poroznostjo) v tolotni tehniki (nova generacija toplotnih izmenjevalcev). Z omenjenimi raziskavami, ki so izrazito multi-disciplinarne in aplikativne, sta omogočeni tudi razvoj novih vrhunskih kadrov in povezovanje z evropsko industrijo ter raziskovalno sfero.

ANG

Results of the project contribute to the development of Slovenia. Certainly the maximal contribution is in the sense of technological or industrial development due to the possibility of new technological development such as development of new technologies, development of new products and increase of economics efficiency and competitiveness. Slovenian aluminium industry (IMPOL and TALUM) is traditionally positioned at the lower middle position of productive chain (primary aluminium, semi-products). Applied research projects run with the Slovenian academic sphere on selected programs with the aim to renovate and optimize the new products with higher added value on the bases of our own Slovenian knowledge. Aluminium foams and specially the products (profiles, panels with Al foam core) have high added value. Porous aluminium (Al foams) as a multipurpose material open the chance of breakthrough to niches with the highest added value (automotive industry, aircraft industry, machine engineering) as well as (in the case of foams with open porosity) in thermal technique (new generation of heat exchangers). With the referred interdisciplinary applied investigations the education of top most researchers is enabled through postgraduate education and collaboration with EU industry and research community.

11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne

rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	

	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljaljskih rešitev	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

Skozi projektne aktivnosti smo dosegli vse zastavljene cilje: pridobitev novih praktičnih znanj in veščin s področja priprave aluminijevih pen in izdelave prototipnih izdelkov, pridobitev novih znanstvenih spoznanj o vplivih vrste in morfologije penilca na mikro in makro-strukturo aluminijevih pen, povprečno velikost por ter porazdelitev por po velikosti, usposobili raziskovalno-razvojno osebje za področje priprave in karakterizacije aluminijevih pen, dosegli dvig tehnološke ravni z implementacijo polindustrijskih postopkov izdelave prekursorjev za penjenje in prototipnih izdelkov (aluminijevih profilov in panelov s penasto sredico), ustvarili možnosti za začetek novega tehnološkega razvoja na področju aluminijevih pen z zaprtimi (blažilci energije) in odprtimi porami (termo-tehnika), razvili nove izdelke (aluminijevske panele in profile s penasto sredico), poskrbeli za razvoj in izdelavo prototipov (aluminijevskih panelov in profilov s penasto sredico), razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije (najbolj na področju pridobivanja prekursorja za penjenje z razvojem večstopenjskega toplega valjanja), razvili novo storitev (mišljeno je proizvodno storitev pridobivanja prekursorjev za penjenje in prototipnih izdelkov-aluminijevskih profilov in panelov s penasto sredico), razvili nove proizvodne metode (večstopenjski postopek toplega valjanja, postopek penjenja), izboljšali obstoječe proizvodne metode pridobivanja aluminijevskih pen (uporaba cenejšega sredstva za penjenje – dolomitnega prahu) ter tudi poskrbeli za posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (sofinancerjem oz. Industrijskim partnerjem).

Vsi doseženi rezultati so bili delno ali v celoti tudi uporabljeni oz. preverjeni v polindustrijskem merilu – najbolj skozi izdelavo prototipnih izdelkov (prekursorjev za penjenje ter aluminijevskih profilov in panelov s penasto sredico) na industrijski proizvodni opremi u podjetju Impol PCP in v Talumu.

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta					

		<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01.	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
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	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

Rezultati projekta so pozitivno vplivali na številna področja in delavnosti, kar je navedeno v zgornji tabeli. Prispevali so k razvoju podiplomskega izobraževanja (v sklopu projektne naloge je bila uspešno zaključena ena doktorska naloga) ter na gospodarski razvoj – največ skozi razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu (prekurzorjev za penjenje in aluminijevih profilov ter panelov s penasto sredico), širitev obstoječih trgov, razširitev področja dejavnosti (v smeri končnih izdelkov z višjo dodano vrednostjo) ter tudi prispevali so k dvigu izobrazbene strukture zaposlenih.

Vezano za tehnološki razvoj, so rezultati projekta najbolj prispevali k tehnološki razširitvi dejavnosti v smeri razvoja izdelkov z višjo dodano vrednostjo ter postopnemu prestrukturiranju proizvodnje z višanjem deleža končnih izdelkov in uvajanjem novih tehnologij.

Vplivi na družbeni razvoj so manjši – lahko izpostavimo vpliv na dvig kvalitete življenja (razvoj

varnejših transportnih sredstev). Izpostavili bi tudi vpliv na varovanje okolja in trajnosti razvoj, kar je ena ključnih značilnosti praktično vseh izdelkov iz aluminija.
V zvezi z razvojem družbene infrastrukture so rezultati projekta vsekakor prispevali k razvoju prometne (varnejši in učinkovitejši transport) ter energetske infrastrukture (nova generacija toplotnih izmenjevalcev).

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

Sofinancer		
1.	Naziv	IMPOL d.o.o.
	Naslov	Partizanska 38, 2310 Slovenska Bistrica, Slovenija
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	48.033,94 EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25 %
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra
	1.	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj COBISS.SI-ID 915626 F.02
	2.	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin COBISS.SI-ID 856490 F.01
	3.	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja COBISS.SI-ID 15665942 F.05
	4.	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj COBISS.SI-ID 840618 F.02
	5.	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja COBISS.SI-ID 14642454 F.05
	Komentar	Ocenjujemo, da so bili tekom izvajanja projekta doseženi vsi relevantni cilji pomembni za sofinancerja. Pridobljeni rezultati, med katerimi je velik delež tistih, ki so bili potrjeni tudi v polindustrijskem merilu, omogočajo razvoj tržno zanimivih izdelkov in so podlaga za bodoči tehnološki razvoj.
	Ocena	Ocenjujemo, da so bili projektni cilji doseženi v celoti, nadaljna aplikativna uporaba rezultatov pa bo odvisna od povratnih informacij s trga in konkretnih ugotovitev študije izvedljivosti za konkreten investicijski program (paneli, Al pene za toplotne izmenjevalce). Program aluminijevih profilov s Al porozno sredico lahko že v kratkem z relativno malimi investicijskimi vlaganji v novo proizvodno opremo ponudimo potencialnim kupcem.

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Ocenjujemo, da je izjemni znanstveni dosežek študij vpliva vrste in morfologije sredstva za penjenje na proces penjenja, porazdelitev por po velikosti in uniformnost mikrostrukture aluminijevih pen z zaprtimi porami.
Dosežek je objavljen v COBISS.SI-ID 915626.
F.02-Pridobitev novih znanstvenih spoznanj

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Med izjemne družbeno-ekonomske dosežke štejemo razvoj novih postopkov in proizvodov (Industrijska proizvodnja in tehnologija; industrijski proizvodi in postopki njihove izdelave).
COBISS.SI-ID 15665942

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 ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Inštitut za kovinske materiale in
tehnologije

Monika Jenko

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana,	11.3.2013
------------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/142

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

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

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

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

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

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

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). 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-RPROJ-ZP/2013 v1.00

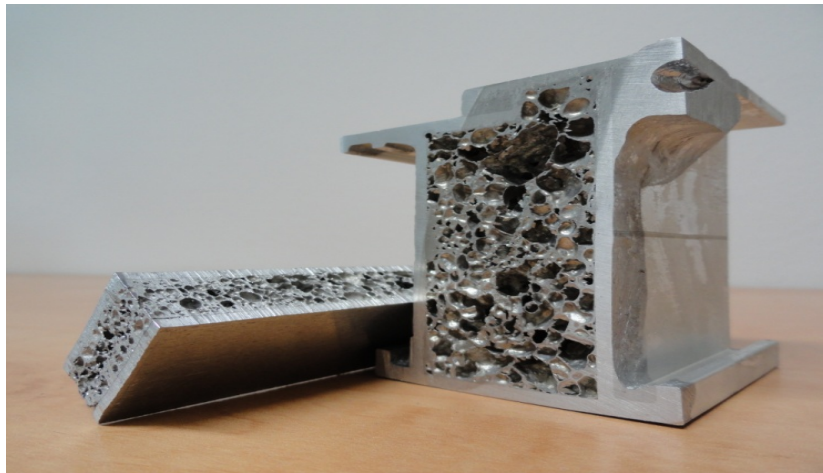
21-2B-9D-04-07-81-4B-06-D3-57-04-F7-16-01-AC-FE-EE-8B-FB-97

TEHNIKA

Področje: 2.04.02 – Kovinski materiali

Dosežek Fizika in kemija poroznega aluminija za Al panele za doseganje visoke sposobnosti absorpcije energije

Vir: ARRS projekt L2-2410 izvajalci IMT, IJS, zasebni raziskovalec VK, sofinancer IMPOL)



Slika 1: Aluminijski panel in profil s sredico iz aluminijske pene z visoko sposobnostjo absorpcije energije.

Pomembno pri novi tehnologiji je, da omogoča uporabo cenejšega sredstva za penjenje – dolomitnega prahu, s katerim smo nadomestili dražji TiH_2 ter dodatek sredstva za stabilizacijo pen (SiC). Izdelani prototipi (Sl. 1) potrjujejo industrijsko uporabnost pridobljenih rezultatov.

Cilj projekta: Razvoj tehnološkega postopka izdelave aluminijskih panelov in profilov s sredico iz aluminijskih pen z zaprto poroznostjo.

Dosežek projekta: Z načrtnim in procesno obvladovanim razvojem strukture aluminijskih pen nam je uspelo zagotoviti visoko sposobnost absorpcije energije (ca. 6 MJ/m^3) in ponovljivost lastnosti pen, kar je predpogoj za njihovo večjo uporabo v avtomobilski industriji (npr. kot blažilcev trkov).