



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH ZNANSTVENORAZISKOVALNEGA SODELOVANJA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU (*BASIC INFORMATION*)

1. Osnovni podatki

Sodelujoča država (<i>Partner country</i>)	HR Hrvška
Šifra projekta (<i>Project code in Slovenia</i>)	BI-HR/14-15-026
Naslov Projekta (<i>Project title</i>)	Karakterizacija naprednih celičnih struktur s spremenljivo poroznostjo

2. Vodja projekta - nosilec v Sloveniji (*Principal Investigator in Slovenia*)

Vodja raziskovalnega projekta (<i>Project leader</i>)	8779 Zoran Ren
Raziskovalna organizacija (<i>Research organisation</i>)	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo

3. Vodja projekta - nosilec v sodelujoči državi (*Principal Investigator in the Partner Country*)

Vodja raziskovalnega projekta (<i>Project leader</i>)	Prof. Dr. Sc. Željko Domazet
Raziskovalna organizacija (<i>Research organisation</i>)	Sveučilište u Splitu Fakultet za elektrotehniku, strojarstvo i brodogradnju Split, R Hrvatska

B. REZULTATI DOSEŽENI S POMOČJO PROJEKTA (*RESULTS ACHIEVED WITH THE HELP OF THE PROJECT*)

4. Splošni rezultati projekta (*General results of the project*)¹

SLO

Opravljen skupno raziskovalno delo v okviru bilateralnega projekta:

- izvedba in analiza tlačnih preizkusov večjega števila posameznih in vezanih krogličnih aluminijastih poroznih APM elementov (različnih poroznosti) pri kvazi-statičnih in dinamičnih obremenitvenih pogojih;
- izvedba in analiza tlačnih preizkusov individualno termično obdelanih krogličnih aluminijastih poroznih elementov z napredno morfologijo (APM elementi) por ter termično obdelanih celotnih APM struktur pri kvazi-statičnih obremenitvenih pogojih;
- določitev kvazi-statičnega tlačnega odziv kovinskih votlih kroglic (MHS) premera 2 mm;
- eksperimentalna in numerična karakterizacija UniPore celičnih struktur z različno poroznostjo, topologijo in morfologijo por pri upogibni in tlačni kvazi-statični in dinamični obremenitvi;
- tlačni preizkusi bakrenih UniPore celičnih struktur v prečni smeri glede na usmerjenost por;
- kvazi-statična in dinamična upogibna karakterizacija cevi iz aluminijeve zlitine z različnimi polnili: i) z aluminijevo peno, ii) z APM elementi in iii) z MHS elementi;

- analiza večjega števila kvazi-statičnih in dinamični tri-točkovnih upogibnih preizkusov: i) votlih cevi, ii) aluminijeve pene s perlitnimi zrni (PCM celično gradivo) in (iii) cevi napolnjene z aluminijevo PCM peno.

Sodelujoči raziskovalci:

- sodelujoči iz SLO: red. prof. dr. Zoran Ren (vodja), izr. prof. dr. Matej Vesenjak, dr. Matej Borovinšek, Nejc Novak;
- sodelujoči iz HR: red. prof. dr. Željko Domazet (vodja), red. prof. dr. Lovre Krstulović-Opara, Danko Govorčin.

Uporabljena oprema:

- Univerza v Splitu: hidravlični stroj za preizkušanje, IR termo kamera, penetranti za odkrivanje razpok.
- Univerza v Mariboru: HPC sistem CORE@UM, ABAQUS, LS-DYNA.

Rezultati sodelovanja:

- 12 izvirnih znanstvenih člankov,
- 5 objavljenih znanstvenih prispevkov na konferenci,
- 8 objavljenih povzetkov znanstvenega prispevka na konferenci,
- 1 samostojno poglavje v monografski publikaciji,
- neprecenljivo dolgoročno partnerstvo in odličen prenos znanja.

Dodatne izvedene aktivnosti:

Prof. Krstulović-Opara je na Univerzi v Mariboru izvedel javno predavanje, ki je prav tako povzemalo rezultate skupnega znanstveno-raziskovalnega dela z naslovom Middle-wave infrared thermography as a tool for evaluation of dynamic processes in inhomogeneous metallic structures and materials.

ANG

Conducted joint research work in the framework of the bilateral project:

- execution and analysis of compressive tests of a large number of individual and bonded aluminium porous APM elements (of different porosity) under the quasi-static and dynamic loading conditions;
- execution and analysis of compressive tests of individual heat-treated aluminium porous APM elements and heat-treated APM structures under the quasi-static loading conditions;
- the determination of the quasi-static compressive response of metallic hollow spheres (MHS) with a diameter of 2 mm;
- experimental and computational characterisation of the UniPore cellular structures with different porosity, pore morphology, topology under bending and compressive quasi-static and dynamic loading;
- compressive tests of copper UniPore cellular structures in the transversal direction in relation to the pore orientation;
- quasi-static and dynamic bending characterization of the aluminium tube with different fillers: i) an aluminum foam, ii) the APM elements, and iii) the MHS elements;
- analysis of a larger number of quasi-static and dynamic three-point bending tests of: i) a hollow tube, ii) an aluminium foam with perlite grains (PCM cell material) and (iii) of the tube filled with aluminium foam PCM.

Participating researchers:

- participants from SLO: Prof. dr. Zoran Ren (leader), Assoc. prof. dr. Matej Vesenjak, dr. Matej Borovinšek, Nejc Novak;
- participating from CRO: Prof. dr. Željko Domazet (leader), Prof. dr. Lovre Krstulović-Opara, Danko Govorčin.

Equipment used:

- University of Split: hydraulic machine for testing, infrared thermal camera, penetrant to detect cracks.
- University of Maribor: HPC system CORE @ UM, ABAQUS, LS-DYNA.

Results of cooperation:

- 12 original scientific papers,
- 5 published scientific conference papers,
- 8 published scientific conference abstracts,
- 1 independent chapter in a monograph,
- priceless long term partnership and excellent knowledge transfer

- priceless long-term partnership and excellent knowledge transfer.

Additional activities undertaken:

Prof. Krstulović-Opara University of Maribor delivered a public lecture entitled "Middle-wave infrared thermography as a tool for evaluation of dynamic processes and inhomogeneous metallic structures and materials", which also summarized the results of the joint research work.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine, če obstajajo (Most important scientific results of the research team, if applicable)²

		Znanstveni dosežek	
1.	COBISS ID	18988054	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjava infrardečih in 3D digitalnih slikovnih korelacijskih tehnik uporabljenih za mehansko preizkušanje materialov
		ANG	Comparison of infrared and 3D digital image correlation techniques applied for mechanical testing of materials
	Opis	SLO	V prispevku je opisana primerjava infrardeče termografije s tridimenzionalno digitalno slikovno korelacijo (3D DIC - ARAMIS), z namenom določitve uporabnosti infrardeče termografije kot orodje za pridobivanje dinamičnega plastičnega tečenja kovin. Dinamični natezni in tri točkovni upogibni preizkusi aluminijevih zlitin so bili opravljeni za ovrednotenje rezultatov doseženih z IR termografijo, z namenom odkritja zmožnosti in omejitev teh dveh metod. Raziskava je dokazala veliko zmogljivost, robustnost in zanesljivost pristopa IR termografije v primeru ovrednotenja tečenja materiala med dinamično obremenitvijo, medtem ko se je metoda 3D DIC izkazala kot boljša v primerih obremenitev z nižjo hitrostjo obremenjevanja.
		ANG	To investigate the applicability of infrared thermography as a tool for acquiring dynamic yielding in metals, a comparison of infrared thermography with three dimensional digital image correlation (ARAMIS) has been made. Dynamical tension tests and three point bending tests of aluminum alloys have been performed to evaluate results obtained by IR thermography in order to detect capabilities and limits for these two methods. The research proved strong performance, robustness and reliability of the IR approach when used to evaluate yielding during dynamic loading processes, while the 3D DIC method proved to be superior in the low velocity loading regimes.
Objavljeno v	The Oxford Fulfilment Centre; Infrared Physics & Technology; 2015; Vol. 73; Str. 166-174; Impact Factor: 1.550; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.513; WoS: OA, SY, UB; Avtorji / Authors: Krstulović-Opara Lovre, Surjak Martin, Vesenjaj Matej, Tonković Zdenko, Kodvanj Janos, Domazet Željko		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	18561558	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv eksplozijske obdelave na mehanske lastnosti in mikrostrukturo bakra
		ANG	Influence of the explosive treatment on the mechanical properties and microstructure of copper
Opis	SLO	Članek obravnava mehanske lastnosti in mikrostrukturo bakra pred in po eksplozijski obdelavi. V ta namen so bili izvedeni natezni preizkusi bakrenih preizkušancev pred in po eksplozijski obdelavi. Eksperimentalne meritve so bile podprte s 3D optičnim sistemom merjenja deformacije (ARAMIS) in infrardečo termografijo. Študija je pokazala, da eksplozijska obdelava izrazito vpliva na globalni odziv bakra v celotnem območju deformacije. Enakomerna porazdelitev deformacije v neobdelanih vzorcih, se po eksplozijski obdelavi spremeni	

			<p>...deformacije v lokalizirani deformaciji, ki se pojavi takoj po začetku obremenjevanja, česar posledica je mnogo manjša maksimalna deformacija materiala.</p>
		ANG	<p>The manuscript discusses mechanical properties and microstructure of copper before and after the explosive treatment. For this purpose testing of tensile copper specimens before and after explosive treatment has been performed. The experimental measurements have been supported by the 3D optical deformation measurement system (ARAMIS) and infrared thermography. The study shows that the explosive treatment significantly influences the global response of copper throughout the complete loading range. The uniform distribution of principle strain in untreated specimens is replaced by strain localization which appears just after the start of the loading resulting in much lower failure strain.</p>
	Objavljeno v		<p>Scientific and Technical Press; Materials & design; 2015; Vol. 75; str. 85-94; Impact Factor: 3.501; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.709; A': 1; WoS: PM; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Hokamoto Kazuyuki, Anžel Ivan, Sato Akira, Tsunoda Ryohei, Krstulović-Opara Lovre, Ren Zoran</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	18326806	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Mehanske lastnosti poroznih elementov z napredno morfologijo por
		ANG	Mechanical properties of advanced pore morphology foam elements
	Opis	SLO	<p>Porozni elementi z napredno morfologijo por (APM), ki jih sestavljajo penasti kovinski elementi kroglastih oblik, imajo posebne mehanske lastnosti z edinstvenimi možnostmi uporabe. V članku so predstavljeni rezultati eksperimentalnega in numeričnega testiranja APM poroznih elementov in določitev njihovega mehanske obnašanje pri kvazi-statičnih in dinamični tlačni obremenitvi. Ovrednotene mehanske lastnosti dajejo boljši vpogled v obnašanje posameznih poroznih APM elementov pri različnih vrstah obremenitev in zagotavljajo dobro osnovo za nadaljnje študije vpliva topologije in morfologije na globalno obnašanje kompozitnih struktur, ki so sestavljene iz APM poroznih elementov.</p>
		ANG	<p>Advanced pore morphology (APM) foam, consisting of sphere-like metallic foam elements, exhibits some particular mechanical properties with unique application possibilities. The article presents the results of experimental and computational testing of APM foam elements to determine their mechanical behavior under quasi-static and dynamic compressive loading conditions. Evaluated mechanical properties give better insight into the behavior of single APM foam elements under different types of loading and provide a good base for further studies of the topology and morphology influence on the global behavior of composite structures, based on APM foam elements.</p>
	Objavljeno v		<p>Taylor and Francis; Mechanics of advanced materials and structures; 2015; Vol. 22, iss. 5; str. 359-366; Impact Factor: 0.773; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.99; WoS: PM, PU, QF, QH; Avtorji / Authors: Vesenjaj Matej, Gačnik Franci, Krstulović-Opara Lovre, Ren Zoran</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	17349398	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Dinamično in kvazi-statično upogibno obnašanje tankostenskih aluminijastih cevi napolnjenih z aluminijasto peno
		ANG	Dynamic and quasi-static bending behaviour of thin-walled aluminium tubes filled with aluminium foam
			Namen tega prispevka je oceniti možnost uporabe zaprti celične pene iz

Opis	SLO	<p>nameni tega prispevka je oceniti možnost uporabe zaprto celične-pene iz aluminijeve zlitine kot polnilo za povečevanje togosti tankostenskih votlih konstrukcij iz aluminijeve zlitine, ki predstavljajo enega izmed osnovnih sestavnih elementov v sodobnem avtomobilskem inženirstvu. Vzorci pene so bili izdelani z metodo penjenja, ki temelji na kompaktiranju Al prahu. Nato so bili vstavljeni v prazne tankostenske cevi in izpostavljeni kvazi-statičnim in dinamičnim upogibnim obremenitvam. Vpliv zapolnitve cevi s peno je bil prav tako ovrednoten z infrardečo termografijo med tritočkovnimi upogibnimi preizkusi. Prispevek opisuje primerjavo nosilnosti, absorpcije deformacijske energije, specifične absorpcije energije in različnih oblik ter načinov deformiranja med cevmi napolnjenimi s peno, votlimi cevmi in penami. Rezultati so pokazali, da zapolnitev cevi s peno vodi do večje upogibne nosilnosti, ki presega vsoto upogibnih nosilnosti posameznih komponent, zaradi interakcije med notranjo steno cevi in polnilom iz pene. Potek in način deformiranja cevi napolnjenih s peno je kombinacija načinov deformiranja posameznih komponent.</p>	
	ANG	<p>This paper aims to evaluate the potential use of closed-cell aluminium alloy integral-skin foams as stiffening elements for aluminium alloy thin-walled structures that are main basic components in the concept and design of automotive body parts. Foam specimens were prepared using the powder metallurgical route, inserted into empty thin-walled tubes and subjected to quasi-static and dynamic bending loading conditions. The effect of introducing foam into tubes was evaluated using the infrared thermography during the three-point bending tests. The foam filled tubes, empty tubes and foams are compared in terms of the maximum load carrying capacity, crash energy absorption, specific energy absorption and deformation modes. Results showed that the foam filling leads due to interaction between the tube wall and foam filler, causing an increased bending response of the filled tubes which exceeds the sum of the bending response for the individual components. Their deformation mode is a combination between the modes of the individual components.</p>	
	Objavljeno v	<p>Applied Science; Composite structures; 2014; Vol. 109; str. 48-56; Impact Factor: 3.318; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.39; A': 1; WoS: QH; Avtorji / Authors: Duarte Isabel, Vesenjajk Matej, Krstulović-Opara Lovre</p>	
	Tipologija	<p>1.01 Izvirni znanstveni članek</p>	
5.	COBISS ID	18045206	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Spreminjanje kvazi-statičnih in dinamičnih tlačnih lastnosti v večjem vzorcu aluminijaste pene	
	ANG	Variation of quasi-static and dynamic compressive properties in a single aluminium foam block	
Opis	SLO	<p>Obravnavano je bilo spreminjanje strukturnih in tlačnih lastnosti v večjem kvadru zaprto-celične aluminijaste pene, ki je bil pripravljen s pomočjo metode penjenja stisnjenega prahu, s pomočjo kvazi-statičnih in dinamičnih obremenitvenih pogojev. Rezultati so pokazali, da je v bloku aluminijaste pene po vsej višini in širini velika variacija velikosti por celične strukture z nepravilno obliko por, kar je posledica neenakomerne rasti pene. Spreminjanje lastnosti je povezano s proizvodnim postopkom za izdelavo pen. Rezultati kažejo tudi učinek strukturnih pomanjkljivosti in napak na odziv aluminijaste pene pri tlačni obremenitvi.</p>	
	ANG	<p>The variation of the structural and compressive properties through a single rectangular closed-cell aluminium alloy foam block prepared by the powder-compact foaming technique was evaluated using quasi-static and dynamic loading conditions. The results showed that a large size variation of cellular pores with irregular cell shape is observed within the large foam block in height and width, due to the non-uniform foam</p>	

		growth. The variation of the properties is associated with the processing of the foams. The results also show that the effect of the structural imperfections and defects on the compressive response.
Objavljeno v		Elsevier; Materials Science & Engineering. A, Structural materials: Properties, Microstructure and Processing; 2014; Vol. 616; str. 171-182; Impact Factor: 2.567; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.032; A ¹ : 1; WoS: NS, PM, PZ; Avtorji / Authors: Duarte Isabel, Vesenjaj Matej, Krstulović-Opara Lovre
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine, če obstajajo (*Most important socio-economically relevant results of the research team, if applicable*)³

Družbenoekonomsko relevantni dosežki			
1.	COBISS ID	19005974	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Določanje lastnosti materialov z uporabo dinamičnih preskusov podprtih s termografijo, 3D digitalno slikovno korelacijsko tehniko in numeričnimi simulacijami	
	ANG	Determination of material properties using dynamic tests supported by thermography, digital image correlation and numerical simulation	
Opis	SLO	Določitev lastnosti materiala in razvoja ustreznega konstitutivnega modela, ki opisuje termo-mehanske lastnosti materiala pri dinamičnih obremenitvah, je še vedno izjemnega pomena. Raziskava temelji na uporabi eksperimentalne metode, ki bazira na srednje valovni infrardeči (IR) termografiji in digitalni slikovni korelacijski tehniki (DIC - ARAMIS), čemur je sledilo konstitutivno modeliranje in numerične simulacije procesa deformacije aluminijevih zlitin. DIC se uporablja kot orodje za primerjavo z IR pristopom sledenja plastifikacije in degradacija v materialu. Za validacijo numeričnega modela je bil razvit algoritem, ki omogoča avtomatizirano primerjavo eksperimentalnih in numeričnih podatkov.	
	ANG	To determine material properties and establish an adequate constitutive model that describes the high rate thermo-mechanical material behavior is still a subject of general interest. Addressed research is based on applying experimental methodology based on the middle wave infrared (MW IR) thermography and the digital image correlation (DIC), followed by constitutive modeling and numerical simulation of aluminium alloy deformation process. DIC is used as a comparison tool to the novel IR approach of tracing plastification and damage process in material. In order to validate numerical model, an algorithm has been developed and implemented into the software script to automate the comparison of experimental and numerical data.	
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
Objavljeno v		Croatian Society of Mechanics; Proceedings; 2015; Str. 1-8; Avtorji / Authors: Krstulović-Opara Lovre, Surjak Martin, Vesenjaj Matej, Tonković Zdenko, Frančeski Joško, Kodvanj Janos, Domazet Željko	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	18011414	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Spreminjanje kvazi statičnih in dinamičnih tlačnih lastnosti v večjem vzorcu aluminijaste pene	
	ANG	Variation of quasi-static and dynamic compressive properties in single Aluminium-alloy foam block	
		Variation of quasi-static and dynamic compressive properties in single Aluminium-alloy foam block	

Opis	SLO	v prispevku je analizirano spreminjanje gostote in tlačnih lastnosti v posameznem kosu zaprto-celične aluminijeve zlitine. V ta namen je bil izdelan pravokotni kvader iz aluminijeve pene in narezan na enake majhne dele kubičnih reprezentativnih vzorcev v treh horizontalnih plasteh (spodnji, srednji in zgornji). Mehanske lastnosti teh kubičnih reprezentativnih vzorcev so bile določene z uporabo kvazi-statičnih in dinamičnih tlačnih preizkusov, vzporedno in pravokotno na smer penjenja. Vizualno opazovanje kubičnih reprezentativnih vzorcev, je pokazalo da se velikost por in relativna gostota razlikujejo po prvotnem bloku pene, predvsem na različnih horizontalnih plasteh. Skladno s tem je bila ugotovljena tudi razlika v tlačnih mehanskih lastnosti in v sposobnosti absorpcije energije.	
	ANG	The variation of the density and compressive properties through a single closed-cell aluminium alloy foam block were evaluated. For this purpose a rectangular block of aluminium foam was fabricated and cut into identical small cubic representative volume specimens in three horizontal layers (bottom, middle and top). The mechanical characteristics of these cubic representative volume specimens were determined using quasi-static and dynamic compression tests, parallel and perpendicular to the foaming direction. The visual observation of the cubic representative volume specimens revealed that the pore size and the relative density vary across the original foam block, particularly on the different horizontal layers. Accordingly, the variation of the compressive properties and the energy absorption characteristics also proved to be significant.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Elsevier; 8th International Conference on Porous Metals and Metallic Foams, Metfoam 2013; Procedia materials science; 2014; Vol. 4; Str. 151-156; Avtorji / Authors: Duarte Isabel, Vesenjaj Matej, Krstulović-Opara Lovre		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		
3. COBISS ID	18120982	Vir: COBISS.SI	
Naslov	SLO	Validacija računalniškega modela deformacije nepovezane strukture z napredno morfologijo por	
	ANG	Deformation validation of a computer model of unbonded advanced pore morphology foam structure	
Opis	SLO	V prispevku je predstavljena eksperimentalna validacija računalniškega modela velikih deformacij nepovezanih struktur z napredno morfologijo por (APM). Model temelji na metodi diskretnih delcev, ki omogoča hitrejše izračune omenjenih struktur kot do sedaj uporabljena metoda končnih elementov. Predstavljen model je primeren za parametrične analize, napovedovanje in optimiranje mehanskih lastnosti APM struktur pri velikih deformacijah, na osnovi enoosnih tlačnih testiranj posameznih elementov APM strukture.	
	ANG	The article presents experimental validation of computer modelled large deformation of unbonded advanced pore morphology (APM) structures. The model is based on the discrete element method (DEM), which permits faster calculations of APM structures than previously implemented finite element method. The presented model is suitable for parametric analyses, estimation and optimisation of APM structures' mechanical properties under large deformation, based on uniaxial compressive testing of individual APM structure elements.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	Slovensko društvo za mehaniko; Zbornik del; 2014; Str. 95-102; Avtorji / Authors: Kovačič Aljaž, Krstulović-Opara Lovre, Vesenjaj Matej, Borovinšek Matej, Ren Zoran		

	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
4.	COBISS ID	18282006	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Validacija numeričnega modela z metodo digitalne korelacije slik in termografije
		ANG	Numerical model validation using the digital image correlation (DIC) and thermography
	Opis	SLO	V tem prispevku so prikazani rezultati eksperimentalnih in numeričnih preizkusov dveh aluminijevih zlitin Al2024 in AlCu5BiPb-T8. Eksperimentalno, s kvazi-statičnimi in dinamičnimi nateznimi testi, so določene mehanske lastnosti zlitine Al2024 za različne stopnje deformacije. Izvedeni so bili tudi tri-točkovni upogibni preizkusi zlitine AlCu5BiPb-T8. Porazdelitev pomikov in temperatur na zunanjih površinah preizkušancev je bilo opazovano s pomočjo fotogrametrije in infrardeče termografije. V okviru numeričnega modeliranja so bili preizkušanci diskretizirani s površinskimi končnimi elementi. Rezultati eksperimentalnih preizkusov na celotni površini preizkušancev so omogočili natančnejše kalibriranje parametrov materiala v konstitutivnih zakonih numeričnega modela.
		ANG	In this work results of experimental and numerical testing of two aluminium alloys Al2024 and AlCu5BiPb-T8 are presented. Mechanical properties of Al2024 alloy are experimentally determined with quasi-static and dynamic tensile tests at different deformations. Three-point bending tests were performed on AlCu5BiPb-T8 alloy. Distribution of displacements and temperature field on the outer surface of the specimens was observed using infrared thermography and photogrammetry. Numerical model was built using shell finite elements. Results of experiments on the outer surface of specimens enable a more accurate calibration of material parameters for the constitutive laws used in the numerical models.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Hrvatsko društvo za mehaniku; Zbornik radova Šestoga susreta Hrvatskoga društva za mehaniku, Rijeka, 29.-30. svibnja 2014; 2014; Str. 61-66; Avtorji / Authors: Frančeski Joško, Tonković Zdenko, Skozrit Ivica, Surjak Martin, Krstulović-Opara Lovre, Vesenjaj Matej, Kodvanj Janos, Domazet Željko	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
5.	COBISS ID	19014166	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Infrardeča termografija kot metoda za določitev zmoglosti absorpcije energije kovinskih pen
		ANG	Infrared thermography as a method for energy absorption evaluation of metal foams
	Opis	SLO	Ker raziskava temelji na več vrstah poroznih materialov, je predstavljen pregled aplikacij infrardeče (IR) termografije pri ocenjevanju absorpcije energije kovinskih pen iz aluminija. Pristop temelji na srednjevalovnih hlajenih detektorjih, ki omogočajo zajemanje slik pri visokih hitrostih, kar je primerno za opazovanje velikih hitrosti deformacije. IR termografija se je izkazala, da je primerno eksperimentalno opazovalno orodje, ki lahko zagotovi pomemben dodatne informacije o lastnostih kovinskih poroznih materialov pri absorpciji energije pri udarcu, saj sta proizvodnja toplote in toplotnega sevanja posledica mehanizma prenosa energije med udarno obremenitvijo.
		ANG	As research was based on several types of porous material, an overview of the infrared (IR) thermography application in energy absorption evaluation of aluminum metal foams is presented. The approach is based on middle-wave cooled detectors enabling acquisitions at high frame rates, which is appropriate for evaluating high speed deformation

	ANG	parameters, which is appropriate for evaluating high speed deformation rates. The IR thermography proved to be an experimental observation technique that can provide significant additional information about energy absorption characteristics of metallic foam materials at impact, since the heat generation and heat radiance are a consequence of energy transfer mechanism during impact loading.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	EDIS; Danubia Adria Slovakia; 2015; Str. 104-105; Avtorji / Authors: Krstulović-Opara Lovre, Vesenjajk Matej, Duarte Isabel, Ren Zoran, Domazet Željko	
Tipologija	1.12	Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci

7.Pripombe in predlogi - neobvezno (Comments, Suggestions - Optional)⁴

--

8.Obiski v Sloveniji, ki so bili izvedeni (Visits in Slovenia if applicable)

	Ime obiskovalca (Name of researcher)	Kraj obiska (Place of Visit)	Datum OD (Date From)	Datum DO (Date To)
1.	Lovre Krstulović-Opara	Maribor	8.12.2014	12.12.2014
2.	Željko Domazet	Maribor	16.2.2015	20.2.2015
3.	Lovre Krstulović-Opara	Maribor	16.2.2015	20.2.2015
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				

9.Obiski v sodelujoči državi, ki so bili izvedeni (Visits in the Partner Country if applicable)

	Ime obiskovalca (Name of researcher)	Kraj obiska (Place of Visit)	Datum OD (Date From)	Datum DO (Date To)
1.	Matej Vesenjajk	Split	14.7.2014	19.7.2014
2.	Matej Vesenjajk	Split	24.11.2014	28.11.2014
3.	Zoran Ren	Split	14.7.2015	20.7.2015
4.	Matej Vesenjajk	Split	14.7.2015	20.7.2015
5.	Matej Vesenjajk	Split	27.10.2015	30.10.2015
6.	Nejc Novak	Split	27.10.2015	30.10.2015
7.				
8.				
9.				
10.				

10.Razlogi za neizvedbo obiskov - obvezno, če obiski niso bili realizirani (Reasons for visits not realized – obligatory if applicable)⁵

--

11. Vodja v sodelujoči državi je seznanjen in se strinja z vsebino zaključnega poročila (*The Principal Investigator in the Partner Country agrees with this report*)

- DA (Yes)
 NE (No)

Obrazložitev, če je odgovor NE (*Explanation if the answer is NO*)

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

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

raziskovalec - prijavitelj:

Univerza v Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Zoran Ren

ŽIG

Datum:

16.3.2016

Oznaka poročila: ARRS-BI-ZP-2016/4

¹ Največ 6.000 znakov vključno s presledki (*Max. 6.000 characters including spaces*) [Nazaj](#)

² Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v raziskovalnem programu, projektu in bilateralnem projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

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'.

(The scientific results of the research team can be the same as reported with any relevant research program or project; report results for which the bilateral project was essential. Enter the COBISS code of the result, the other data will be entered by the system) [Nazaj](#)

³ Znanstveni in družbeno-ekonomski dosežki v raziskovalnem programu, projektu in bilateralnem projektu so lahko enaki, saj se projektna vsebina praviloma nanaša na širšo problematiko raziskovalnega programa, zato pričakujemo, da bo večina izjemnih dosežkov raziskovalnih programov dokumentirana tudi med izjemnimi dosežki različnih raziskovalnih projektov.

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'.

Družbenoekonomski 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 ekonomsko relevantnega 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. v preteklem letu vodja meni, da je izjemen dosežek to, da sta se dva mlajša sodelavca zaposlila v gospodarstvu na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovila svoje podjetje, ki je rezultat prejšnjega dela ... - v obeh primerih ni COBISS ID).

(The socio-economically relevant results of the research team can be the same as reported with any relevant research program or project; report results for which the bilateral project was essential. Enter the COBISS code of the result, the

Zaključno poročilo o rezultatih znanstvenoraziskovalnega sodelovanja - 2016

other data will be entered by the system) [Nazaj](#)

⁴ Največ 6.000 znakov vključno s presledki. Če odobrenih obiskov oziroma sredstev niste izkoristili v celoti, vas prosimo, da obvezno navedete razloge. (Max. 6.000 characters including spaces; please include reasons for incomplete use of exchanges or means, if applicable) [Nazaj](#)

⁵ Največ 6.000 znakov vključno s presledki (Max. 6.000 characters including spaces). [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-BI-ZP/2016 v1.00

3F-FA-89-5D-FF-C5-84-63-4D-77-D3-F1-AB-D1-4D-9C-37-F0-BE-25