

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/78

## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

<b>Šifra projekta</b>	L2-9713
<b>Naslov projekta</b>	Dinamična trdnost lasersko rezanih elementov konstrukcije
<b>Vodja projekta</b>	1375 Janez Kramberger
<b>Tip projekta</b>	L Aplikativni projekt
<b>Obseg raziskovalnih ur</b>	3.150
<b>Cenovni razred</b>	C
<b>Trajanje projekta</b>	01.2007 - 12.2009
<b>Nosilna raziskovalna organizacija</b>	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
<b>Raziskovalne organizacije - soizvajalke</b>	
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

#### 2. Sofinancerji<sup>1</sup>

1.	Naziv	ADK d.o.o.
	Naslov	Miklavška cesta 59, 2311 Hoče
2.	Naziv	SIRIUS d.o.o.
	Naslov	Cesta k Tamu 6, 2000 Maribor
3.	Naziv	
	Naslov	

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

#### 3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta<sup>2</sup>

Začetne aktivnosti raziskovalnega dela v okviru tega projekta so bile usmerjene na področje karakterizacije kakovosti in stanja rezalnih robov pri rezanju s plazmo ter analizi vpliva na dinamično trdnost. Material, ki smo ga izbrali za začetno testiranje je bilo jeklo z visoko trdnostjo S960Q. Glede na razpoložljive zmogljivosti raziskovalne opreme smo ustrezno oblikovali preskušance, in sicer kot ploščate preskušance, dimenzij 200x110x5 mm. Na sredini preskušanca smo predvideli luknjo premera 40 mm, ki zagotavlja kontrolirano koncentracijo napetosti v opazovanem delu preskušanca, ob upoštevanju

zmogljivosti obremenjevanja preskusnega stroja. Preskušanci so bili izrezani iz pločevine z optimalno hitrostjo (2120 mm/min) in povečano hitrostjo rezanja (2400 mm/min). Dinamično trdnost preskušancev smo določali na enosnem visokofrekvenčnem resonančnem pulzatorju Amsler UBM 200. Za vpenjanje ploščatih preskušancev smo izdelali vpenjalne čeljusti, ker takšnih čeljusti v setu našega stroja prej še ni bilo. Preskuse smo izvajali na šestih napetostnih nivojih v območju pričakovane dinamične trdnosti. Iz iste plošče, ki smo jo uporabili za izdelavo preskušancev za utrujenostne preskuse, smo izrezali tudi trakove za metalografske raziskave. Rezalne robove smo vizuelno pregledali, izmerili hrapavost površin s pomočjo profilometra in opravili pregled roba z optičnim mikroskopom. Pripravili smo obruse za metalografske preiskave. Z meritvijo mikrotrdote smo ocenili debelino toplotno vplivane plasti, ki je v obravnavanih primerih segala do povprečne globine 0,2-0,3mm. Z visokocikličnimi utrujenostnimi testi smo ugotovili, da je trajno dinamična trdnost obravnavanih preskušancev rezanih z optimalno hitrostjo rezanja 475 MPa, pri povečani hitrosti rezanja pa 435 MPa.

V nadaljnjem izvajanju projekta smo raziskavo razširili na obravnavo rezanja z laserjem. Podobno kot v začetnih raziskavah smo izdelali dve seriji preskušancev, rezanih pri optimalni in največji hitrosti rezanja (2700 mm/min). Nadaljnje aktivnosti so bile usmerjene na določevanje dinamične trdnosti preskušancev rezanih z laserjem. Za dve različni seriji preskušancev (poimenovane: LA in LB glede na hitrost razreza) iz materiala S960Q, ki sta bili izdelani pri optimalni (2430 mm/min-LA) in največji možni hitrosti rezanja (2700 mm/min-LB) na stroju Trumatic 6030, smo z visokocikličnimi utrujenostnimi testi na enosnem visokofrekvenčnem pulzatorju Amsler UBM 200 določevali dinamično trdnost. Preskuse smo izvedli na štirih napetostnih nivojih v razponu napetosti med 400 in 660 MPa, pri frekvenci obremenjevanja 150 Hz in napetostnem razmerju 0,1. V posamezni seriji smo uporabili 6-9 preskušancev. Eksperimentalno določena dinamična trdnost je bila v razponu med 100.000 in 2.000.000 obremenitvenih ciklov. Primerjava rezultatov za trajno dinamično trdnost preskušancev rezanih s plazmo in z laserjem je pokazala najvišjo trdnost preskušancev rezanih z laserjem z optimalno hitrostjo, in sicer 485 MPa. Preskušanci rezani z laserjem, pri največji hitrosti (LB), so imeli najnižjo trajno dinamično trdnost (400 MPa). Trajna dinamična trdnost plazemsko rezanih preskušancev z optimalno hitrostjo (2120 mm/min-PA) je bila 475 MPa in pri povečani rezalni hitrosti 435 MPa (2400 mm/min-PB).

Z enakimi hitrostmi rezanja smo izdelali tudi vzorce, s pomočjo katerih smo izmerili hrapavost rezanega roba z uporabo profilometra. Glede na pričakovano hrapavost smo izbrali merilno dolžino 12.5 mm. Izmerjena hrapavost  $R_a$  je bila: PA-5.1, PB 5.8, LA-5.0 in LB 9.1  $\mu\text{m}$ .

Za določitev debeline toplotno vplivanega področja (TVP) smo opravili meritve mikrotrdote HV pri obremenitvi 0.5 kg. Meritve smo izvedli v območju 50 $\mu\text{m}$  od roba do globine 1mm. Opravili smo po tri meritve na zgornji in spodnji površini rezanega roba. Iz povprečnih rezultatov meritev mikrotrdote je razvidno, da je globina TVP pri lasersko rezanih preskušancih manjša (največja trdota 496 HV na globini 100  $\mu\text{m}$ ) kot pri plazemsko rezanih (največja trdota 471 HV na globini 250  $\mu\text{m}$ ).

Iz navednih rezultatov je razvidno, da hitrost rezanja močno vpliva na trajno dinamično trdnost materiala, saj imata seriji PB in LB nižjo trajno dinamično trdnost kot odgovarjajoči seriji PA in PB. Tudi sam rezalni postopek ima pomemben vpliv na trajno dinamično trdnost. Seriji PB in LA sta bili rezani spodobno hitrostjo, a imajo lasersko rezani preskušanci serije LA za skoraj 10% višjo trajno dinamično trdnost. Iz rezultatov je moč tudi sklepati, da ima površinska hrapavost  $R_a$  bistven vpliv na doseženo trajno dinamično trdnost, prav tako je pomembna velikost toplotno vplivanega področja. Hitrost rezanja ima precejšen vpliv na velikost toplotno vplivanega področja. Povečanje rezalne hitrosti za 10% povzroči 10-20% manjšo toplotno vplivano področje. Vrsta postopka termičnega rezanja ima pomemben vpliv na profil hrapavosti rezanega roba. Lasersko rezanje povzroči nastanek gosto postavljenih površinskih raz. Manjša površinska hrapavost in ožje toplotno vplivano področje povzročita višjo trajno dinamično trdnost

rezanega elementa. Zaostale tlačne napetosti imajo pozitiven vpliv na trajno dinamično trdnost. Serija preskušancev, ki je bila rezana z laserjem in optimalno rezalno hitrostjo, je dosegla višjo trajno dinamično trdnost.

Z elektronsko mikroskopijo smo opravili preiskovanje mikrostrukture in določili tip mikrostrukture v toplotno vplivanem področju rezanega roba in tipično velikost kristalnih zrn v posameznih delih toplotno vplivanega področja in v osnovnem materialu. Pred pričetkom opazovanja z elektronskim mikroskopom smo pripravili mikroobrase preskušancev. Analiza površin za preiskovanje mikrostrukture je bila izvedena z okoljskim vrstičnim elektronskim mikroskopom Qanta 200 3D. Področje najbližje rezanemu robu je imelo martenzitno-bainitno mikrostrukturo. Kristalna zrna so bila tipične velikosti 10  $\mu\text{m}$ . Na področju, kjer je bila dosežena največja trdota v toplotno vplivanem področju je bila kristalna struktura popolnoma martenzitna, pri čemer so bila zrna tipične velikosti 20  $\mu\text{m}$ . V področju, kjer je bila dosežena najnižja trdota je bila struktura bainitno-martenzitna. Zrna so bila nekoliko manjša in so dosegla velikost 10  $\mu\text{m}$ . Kristalna struktura osnovnega materiala je bila pretežno bainitna, zrna pa zelo majhna, do velikosti 5  $\mu\text{m}$ .

Preskuse iniciacije mikro-razpok smo opravili na enoosni hidravlično vodeni preskuševalni napravi Instron 1255. Uporabili smo ploščate preskušance, z dvema krožnima izrezoma, ki sta zagotavljala nastanek utrujenostnih mikro-razpok na majhnem območju najožjega prereza. Preskušanci so imeli obrušeno zgornjo in spodnjo ploskev. Preskušance smo vpeli z dvema sornikoma. Preskusi so bili opravljeni s kontrolo sile. Frekvenca obremenjevanja je bila precej nižja kot pri resonantnem stroju in je znašala 12 Hz. Namen tega preskušanja je bil pokazati razvoj iniciacije razpoke. Pri tem smo želeli ugotoviti kolikšna je gostota mikrorazpok na enoto površine v odvisnosti od števila ciklov obremenjevanja. Izvedli smo le eno serijo preskusov, s preskušanci izdelanimi po postopku LA, pri čemer je bilo opravljeno pet preskušanj pri enakem nivoju napetosti 600 MPa. Prvi preskušanec smo utrujali do zloma, s čemer smo dobili referenčno življenjsko dobo. Druge preskuse smo prekinili pri doseženem določenem številu ciklov, ki so bili potrebni za zlom prvega preskušanca. Tako smo dobili serijo preskušancev, ki so bili obremenjeni do 20%, 40%, 60% in 80% predvidene življenjske dobe. Preskušanci so bili nadalje opazovani z elektronskim mikroskopom. Iz posnetkov smo ugotovili, da so bile mikrorazpoke, ki smo jih zasledili pri različnih deležih predvidene življenjske dobe orientirane pod kotom približno 45° glede na smer obremenjevanja. Žal zaradi premajhnega števila opravljenih preskusov in zelo zahtevnega preiskovanja površine pod mikroskopom nismo uspeli empirično oceniti gostote mikro-razpok glede na število opravljenih obremenitvenih ciklov.

Raziskavo smo razširili tudi na numerično modeliranje iniciacije in širjenje utrujenostne razpoke v toplotno rezanem elementu. Razvili smo numerični postopek ki omogoča simulacijo širjenja mikrorazpok v sintetični polikristalni mikrostrukturi. V modelu opazujemo reprezentativno površino (volumen) polikristalne mikrostrukture (TVP), ki zajema različne mikrostrukturne značilnosti kot so velikost zrn, oblika zrn ipd. Za implementacijo metalografsko izmerjenih mikrostrukturnih veličin (velikost zrn, orientacija) v numerični model je uporabljen Voronojev algoritem za generiranje ustrezne sintetične mikrostrukture. Voronojev algoritem omogoča generiranje mikrostrukture dovolj realistično. Z uporabo sintetične Voronojeve mikrostrukture in upoštevanjem kristalografske orientacije zrn, lahko z numeričnim modelom simuliramo širjenje mikrostrukturnih kratkih razpok, na podlagi upoštevanja premikanja dislokacij oz. drsnih ravnin v posameznih zrnih in ocenjujemo kritične napetosti za njihovo aktiviranje. S sproščanjem drsnih ravnin simuliramo razpoke v posameznih zrnih, ki vplivajo na novo porazdelitev napetosti v opazovani mikrostrukturi. S ponavljanjem postopka napovedujemo iniciacijo/širjenje mikrostrukturno kratkih razpok v opazovanem modelu. Nadaljnjo širjenje začetne inženirske razpoke obravnavamo po principu linearne mehanike loma. Obstoječi modeli za iniciacijo mikrorazpok imajo mnogo pomanjkljivosti, ki omejujejo njihovo uporabnost, zato smo uvedli nekaj izboljšav. Izboljšan postopek omogoča nukleacijo potencialnih mikrorazpok na več drsnih ravninah v posameznem

kristalnem zrnju, uporablja segmentirano nukleacijo mikrorazpok in tako poveča občutljivost na visoke gradiente napetosti, upošteva akumulacijo deformacijske energije na drsnih ravninah skozi posamezne faze simulacije ter omogoča združevanje mikrorazpok v makrorazpoko. V ta namen je bil razvit dodatek za programski paket ABAQUS, ki poskrbi za avtomatizacijo celotnega postopka. Za oceno primernosti predlaganega numeričnega postopka za določitev življenjske dobe toplotno rezanih elementov so bili uporabljeni rezultati dinamične trdnosti predhodno opravljenih preizkusov v obliki Wöhlerjevih krivulj. Primerjava je potrdila primernost postopka. V zaključni fazi izvajanja projekta smo opravili še nekaj dodatnih eksperimentov z novim resonančnim strojem Rumul Cracktronic 160Nm.

V času izvajanja projekta smo v letu 2008 vzpostavili sodelovanje s EPF-Ecoles d'Ingénieurs ERMESSE-Equipe de Recherche en Mécanique des Eléments et Structures Soudés iz SCEAUX v Franciji. Član projektne skupine-mladi raziskovalec Niko Jezernik je opravil enomesečni obisk na tej ustanovi. Na temo obravnavane problematike smo vzpostavili sodelovanje v okviru dvostranskega sodelovanja tudi s partnerji iz Norveške, z University of Agder, Faculty of engineering and science v Grimstadu (projekt SLO/NO BI/07-09-005, z naslovom: Napoved utrujenostne življenjske dobe in zanesljivosti varjenih konstrukcij). Sodelovanje z norveškimi partnerji smo izvajali v obdobju 2007-2009 [COBISS.SI-ID 13817878]. V letu 2008 je bilo na novo vzpostavljeno dvostransko sodelovanje na obravnavanem področju s Tehniško univerzo v Pragi, Fakulteto za strojništvo, v okviru bilateralnega projekta (projekt SLO/CZ BI/08-09-014, z naslovom: Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla) [COBISS.SI-ID 13866774]. Sodelovanje z obema partnerskima ustanovama se je pokazalo za zelo koristno, saj imata obe ustanovi veliko izkušenj na področju določevanje dinamične trdnosti varjenih konstrukcij.

V letu 2008 je član projektne skupine Tomaž Vuherer zagovarjal doktorsko disertacijo, v kateri se raziskava nanaša na mehanizem nastanka in zgodnjega širjenja razpok v jeklih (TVP) v različnih stanjih, z upoštevanjem vpliva mikronapak ter lokalnih in globalnih zaostalih napetosti [COBISS.SI-ID [240161536](#)].

V projektno delo je bil ves čas aktivno vključen mladi raziskovalec Niko Jezernik (šifra raziskovalca 27723), katerega doktorski študij se je v celoti nanašal na problematiko dinamične trdnosti toplotno rezanih elementov konstrukcij. Niko Jezernik je zaključil doktorski študij v mesecu juniju 2009 (vodja projekta je bil so-mentor pri doktorski disertaciji) [COBISS.SI-ID 247801856].

V projektno delo je bil vključen tudi diplomant univerzitetnega študijskega programa Roman Hanžekovič, z izdelavo diplomske naloge z naslovom Nastanek utrujenostne razpoke na toplotno rezanem robu (vodja projekta je bil so-mentor pri diplomu) [COBISS.SI-ID 12446998].

#### 4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

Z izvedenim eksperimentalnim delom smo potrdili raziskovalno hipotezo, da imajo tehnološki parametri postopka toplotnega rezanja s plazmo in laserjem velik vpliv na kakovost/stanje rezalnega roba in posledično na dinamično trdnost elementa, ki je izdelan s postopkom toplotnega rezanja. Raziskali smo vpliv glavnih parametrov, ki karakterizirajo rezalni rob in sicer: geometrijske lastnosti, kot sta oblika roba (poševnina, brada) in stanje površine (hrapavost in valovitost), metalurške spremembe, kot sta zakalitev in trdota. Iz eksperimentalno določene dinamične trdnosti obravnavanih preskušancev (rezani s plazmo in z laserjem) sklepamo, da ima izbrana hitrost rezanja in posledično kakovost rezanega roba velik vpliv na dinamično trdnost.

Z razširitvijo raziskave na numerično modeliranje problema smo postavili računski (multiscale) model, ki omogoča simulacijo vpliva dinamične obremenitve na nastanek mikrorazpok v toplotno vplivanem področju toplotno rezanega roba in njeno nadaljnje utrujenostno širjenje, z upoštevanjem mikrostrukturnih in geometrijskih sprememb na rezanem robu. Primerjava rezultatov numerične analize in eksperimentalnih rezultatov kaže zadovoljivo ujemanje. Računski model smo izpopolnili tako, da je mogoče upoštevati tudi zaostale napetosti, ki nastanejo pri toplotnem rezanju. Predlagan model je bil verificiran s strani strokovne javnosti s publiciranjem v mednarodnih znanstvenih revijah in predstavljen na mednarodnih konferencah.

Pri izvajanju tega aplikativnega projekta smo povezali raziskovalno in pedagoško delo, v katerega smo vključili dodiplomske in podiplomske študente. Pri tem pa smo angažirali tudi tuje raziskovalce v okviru mednarodnega sodelovanja, ki je potekalo v času izvajanja projekta.

## 5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta<sup>4</sup>

Začetne eksperimentalne raziskave smo opravili na preskušancih, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo. Sofinancer raziskave uporablja tehnologijo plazemskega rezanja v večjem obsegu v svoji vsakodnevni proizvodnji, zato smo najprej uporabili plazemsko rezanje. V nadaljevanju raziskave smo te rezultate primerjali z laserskim rezanjem. Drugih sprememb ni bilo.

## 6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine<sup>5</sup>

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<i>SLO</i> Vpliv plazemskega rezanja na utrujanje jekla z visko trdnostjo S960Q
		<i>ANG</i> The influence of plasma cutting process on the fatigue of high strength steel S960Q
	Opis	<i>SLO</i> V članku je obravnavana raziskava vpliva termičnega rezanja s plazmo na utrujenostne lastnosti jekla z visoko trdnostjo S960Q. Predstavljeni so rezultati naših začetnih raziskav v okviru obravnavane problematike. Izvedena je bila serija visoko-cikličnega utrujanja na preskušancih, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo pri različnih hitrostih rezanja. Opravljene so bile metalografske raziskave in merjenje mikrotrdote rezanega roba. Dobljeni eksperimentalni rezultati podajajo odnos med hitrostjo rezanja in dinamično trdnostjo preskušanca s termično rezanim robom.
		<i>ANG</i> The paper presents the influence of plasma cutting process on the fatigue properties of structural elements, made of high strength steel S960Q. The specimens were manufactured from sheet steel using different cutting speeds, with the intent to analyse the influence of cut edge quality on fatigue strength. The experimental results show a relationship between the quality of cut edge and fatigue life with respect to chosen parameters of the thermal cutting process.
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, VUHERER, Tomaž, ŠPES, Bojan, KRAMBERGER, Janez. Key.eng.mater., 2007, vol.348/349, str. 669-672, <a href="http://www.scientific.net/0-87849-448-0/669/">http://www.scientific.net/0-87849-448-0/669/</a>
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID	11484438
2.	Naslov	<i>SLO</i> Razširitev Tanaka-Mura modela za iniciacijo utrujenostne razpoke v toplotno rezanem martenzitnem jeklu
		<i>ANG</i> Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels.
	Opis	<i>SLO</i> Prikazan je multi-scale numerični model za modeliranje iniciacije in širjenja utrujenostne razpoke v toplotno rezanem robu z martenzitno mikrostrukturno. Simulacija temelji na uporabi Tanaka-Mura modela na mikro nivoju, z uporabo sintetične mikrostrukture, modelirane z Voronojevo tesalacijo. Model vključuje tri izboljšave (modeliranje večih drsnih ravnin, združevanje mikro

			razpok in segmentiranje mikro razpoke). Nadaljnje širjenje razpoke je modelirano na makro nivoju z LEML.
		ANG	A multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation in thermally cut structural elements made of martensitic steel is presented. A numerical simulation of micro-crack initiation is based on the Tanaka-Mura micro-crack nucleation model, where individual grains of synthetic microstructure are simulated using the Voronoi tessellation. Three improvements are added to this model (multiple slip bands, micro-crack coalescence and segmented micro-crack) generation). Crack propagation is then solved on a macro scale model using LEFM.
	Objavljeno v		KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GÖNCZ, Péter, GLODEŽ, Srečko. Eng. fract. mech.. [Print ed.], Available online 22 December 2009., doi: 10.1016/j.engfracmech.2009.12.003.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13864982
3.	Naslov	SLO	Numerično modeliranje iniciacije utrujenostne razpoke v martenzitnem jeklu
		ANG	Numerical modelling of fatigue crack initiation of martensitic steel
	Opis	SLO	V članku smo prikazali numerično simulacijo iniciacije mikro-razpoke z uporabo izboljšanega Tanaka-Mura modela. Numerično simulacijo smo izvedli s programom ABAQUS, za katerega smo pripravili ustrezne podprograme za modeliranje iniciacije in združevanja mikrorazpok. V modelu smo upoštevali tudi površinsko hrapavost toplotno rezanega roba in zaostale napetosti zaradi rezanja.
		ANG	Numerical simulation of micro-crack initiation that is based on improved Tanaka-Mura micro-crack nucleation model is presented. Numerical simulation of crack-initiation was performed with ABAQUS, using a plug-in that was written specially for handling micro-crack nucleation and coalescence. Since numerical model was directed at simulating fatigue properties of thermally cut steel with martensitic structure, edge properties of specimen were additionally inspected in terms of micro-structural properties, surface roughness and residual stresses.
	Objavljeno v		GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, KRAMBERGER, Janez, LASSEN, Tom. Adv. eng. softw. (1992). [Print ed.], Available online 2 February 2010., doi: 10.1016/j.advengsoft.2010.01.002.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		13864726
4.	Naslov	SLO	Analiza vpliva mikro napak na trdnost pri utrujanju grobozrnatnega TVP na zvarih
		ANG	Analysis of influence of micro defects on fatigue strength of coarse grain HAZ in welds
	Opis	SLO	V delu je obravnavan vpliv mikro napak na odpornost zvarov proti utrujenosti. V raziskavi so bili rotacijsko upogibno preskušeni številni vzorci jekla, z mikro napakami v različnih stanjih, pripravljene z uporabo simulacije temperaturnega cikla varjenja in s toplotno obdelavo v peči. Eksperimentalno je bila raziskana hitrost širjenja majhnih in velikih razpok. V delu je dokazano, da je nastanek razpok iz umetnih mikro napak, katerih velikost je primerljiva z največjimi mikrostrukturnimi enotami jekla, funkcija lokalnih zaostalih napetosti zaradi priprave napak.
		ANG	The work discussed the impact of micro-defects on the resistance of welds against fatigue. With the rotating bending numerous samples of steel, with micro-defects in the various states, prepared by using simulation of thermal cycles of welding and by heat treatment in a furnace were tested. It has been experimentally studied the growth rate of small and large cracks. In work it is proved that the formation of cracks in the man-made micro-defects, whose size is comparable with the largest microstructural units of steel, a function of local residual stresses.
	Objavljeno v		VUHERER, Tomaž. Analiza vpliva mikro napak na trdnost pri utrujanju grobozrnatnega TVP na zvarih : doktorska disertacija. Maribor: [T. Vuherer], 2008. XX, 199 str., [7] str. pril., ilustr., tabele.
	Tipologija		2.01 Znanstvena monografija
	COBISS.SI-ID		240161536

5.	Naslov	SLO	Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij
		ANG	Fatigue strength of thermally cut structural elements
	Opis	SLO	V delu je obravnavan postopek numerične simulacije, od nukleacije mikro-razpok, nastanka in širjenja makro-razpoke. Predlagani postopek upošteva mikrostrukturne posebnosti obravnavanega materiala. Postopek omogoča segmentirano nukleacijo potencialnih mikrorazpok na več drsnih ravninah v posameznem kristalnem zrnu, upošteva akumulacijo deformacijske energije na drsnih ravninah skozi posamezne faze simulacije in združevanje mikro razpok v makrorazpoko. Izvedeni so bili tudi preizkusi veliko cikličnega utrujanja termično rezanega jekla, ki potrjujejo primernost predlaganega postopka.
		ANG	The work discussed numerical simulation of micro-crack nucleation, macro-crack formation and propagation. The proposed procedure encompasses all the microstructural peculiarities of investigated material. The procedure enables segmented micro-crack nucleation of potential micro-cracks on multiple slip bands of each grain, incorporates the accumulation of deformation energy in slip bands throughout simulation, and enables micro-crack coalescence into a macro-crack. High-cycle fatigue experiments on thermally cut steel confirm the validity of the proposed model.
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko. Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij : doktorska disertacija. [Maribor: N. Jezernik], 2009. XVI, 101 str., ilustr., preglednice. <a href="http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=10011">http://dkum.uni-mb.si/Dokument.php?id=10011</a> .	
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija	
COBISS.SI-ID	247801856		

## 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine<sup>6</sup>

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Utrujenostne lastnosti toplotno rezanih konstrukcijskih elementov
		ANG	Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural elements
	Opis	SLO	Z vabljenim predavanjem na ugledni mednarodni konferenci smo predstavili širši strokovni javnosti model za numerično simulacijo dinamične trdnosti toplotno rezanih komponent. Prikazali smo izboljšave, ki smo jih vgradili v obstoječe modele. Prikazan je bil način reševanja problema na mikro in makro nivoju. Za verifikacijo modela je bila prikazana primerjava z eksperimentalnimi rezultati.
		ANG	At invited lecture at international conference a multi scale numerical approach for evaluation of crack initiation and propagation of thermal cutted structural elements was presented. Some improvements, added to existing model, were presented. For verification of proposed model comparison with experimental results were shown.
	Šifra	B.04 Vabljeno predavanje	
	Objavljeno v	KRAMBERGER, Janez, JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko. Fatigue behaviour of thermal cutted steel structural element. V: International Conference on Crack Paths (CP 2009), Vicenza (Italy), 23 - 25 September, 2009. 2009, str. 261-272.	
Tipologija	1.06 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljeno predavanje)		
COBISS.SI-ID	13654038		
2.	Naslov	SLO	Širjenje kratkih razpok v toplotno rezanih konstrukcijskih elementih
		ANG	Short crack growth in thermally cut structural elements
	Opis	SLO	V članku je predstavljena raziskava vpliva laserskega razreza na utrujenostne lastnosti jekla z visoko trdnostjo S960Q. Upoštevani sta dve značilnosti rezanega roba: profil odrezanega roba, ki povzroča zarezne učinke in mikrostrukturne lastnosti toplotno vplivanega področja, ki se močno razlikujejo od lastnosti osnovnega materiala. Z uporabo eksperimentalnih podatkov smo oblikovali računski model za širjenje kratkih razpok z upoštevanjem vpliva mikrostrukture, profila rezanega roba in utrujenostnih lastnosti toplotno vplivanega področja.
			The paper investigates the effects of laser cutting on the fatigue properties of

		ANG	S960QL high strength steel. Two features of cut edge were taken into consideration. The cut edge profile, as surface grooves left by the cutting process act as stress concentrators, and the size and properties of heat affected zone, as crack growth parameters in this zone significantly differ from those in base material. Experimental data enabled us to formulate a short crack growth computational model while considering the effects of microstructure, cut edge profile and fatigue properties of heat affected zone.
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Short crack growth in thermally cut structural elements. ICEFA-III 2008 / Third International Conference on Engineering Failure Analysis, Sunday 13-Wednesday 16 July 2008, Sitges, Spain. - [Amsterdam] : Elsevier, 2008. - [P090].		
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
COBISS.SI-ID	12419606		
3.	Naslov	SLO	Ocena življenjske dobe toplotno rezanih komponent
		ANG	The evaluation of the service life of thermal cut components
	Opis	SLO	V delu je obravnavana karakterizacija toplotno rezanega roba elementov iz jekla z visoko trdnostjo S960Q. Predstavljeni so rezultati visokocikličnega utrujanja na resonančnem pulzatorju pri konstantni amplitudi obremenjevanja in napetostnem razmerju 0,1. Predstavljen je tudi numerični model za modeliranje iniciacije razpoke, ki temelji na modelu Tanaka-Mura. V modelu je upoštevana hrapavost površine rezanega roba in velikost toplotno vplivanega področja, v odvisnosti od parametrov rezanja. Mikrostrukturne spremembe, ki nastanejo pri rezanju so zajete s simuliranjem sintetične mikrostrukture.
		ANG	This work deals with the characterization of heat-cutted edge of the elements of high-strength steel S960Q. The results of high cycle fatigue on resonant pulsator at constant amplitude load and load ratio of 0.1 are given. Represented is the numerical model for simulation of the initiation of cracks, which is based on Tanaka-Mura model. The model is taken into account the surface roughness and the size of the heat affected zone, depending on the cutting parameters. Microstructural changes that occur by cutting are covered by simulating synthetic microstructure
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, KRAMBERGER, Janez. Multilevel approach to fracture of materials, components and structures [Elektronski vir] / 17th European Conference of Fracture, Brno, Czech Republic, September 2 - 5, 2008. - Brno : ESIS Czech Chapter ; Brno : VUT IUM, cop. 2008. - ISBN 978-80-214-3692-3. - Str. 1872-1878.	
	Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci	
	COBISS.SI-ID	12567318	
4.	Naslov	SLO	Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla
		ANG	Effect of plasma and laser cutting on the fatigue limit of steel
	Opis	SLO	V okviru vabljenega predavanja na strokovnem sejmu Varjenje in rezanje smo strokovni javnosti predstavili rezultate naših raziskav v okviru obravnavane problematike. Predstavljeni so bili rezultati visoko-cikličnega utrujanja preskušancev, ki so bili izdelani s postopkom rezanja s plazmo in laserjem pri različnih hitrostih rezanja. Prikazani rezultati, ki povezujejo kvaliteto rezanega roba, parametre rezanja in dinamično trdnost obravnavanih preskušancev so bili še posebej zanimivi za predstavnike iz industrije.
		ANG	In the context of the invited lectures in the professional trade fair Welding and cutting, we present a professional public the results of our research. They have been presented the results of high-cycle fatigue test of specimens, which were prepared by the procedure of cutting with plasma and laser, cutting at different speeds. Results shown, connecting the cut edge quality, cutting parameters and the dynamic strength of the specimens have been particularly interested in representatives from the industry.
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje	



	Objavljeno v	JEZERNIK, Niko, GLODEŽ, Srečko, VUHERER Tomaž, KRAMBERGER, Janez. Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla : vabljeni predavanja na 3. mednarodnem sejmu Varjenje in rezanje v okviru Celjskega sejma, 16. maj 2008, Celje, 2008
	Tipologija	3.16 Vabljeni predavanja na konferenci brez natisa
	COBISS.SI-ID	12305942
5.	Naslov	SLO Vpliv laserskega rezanja na dinamično trdnost jekla
		ANG Effect of laser cutting on the fatigue strength of steel
	Opis	SLO V okviru izvajanja dvostranskega projekta smo skupaj obravnavali način reševanja problemov, ki se nanašajo na obravnavo procesa utrujanja dinamično obremenjenih konstrukcij, katerih elementi so izdelani s postopkom termičnega rezanja. Opravili smo načrtovanje eksperimentov, ki smo jih pozneje izvajali na visokofrekvenčnem pulzatorju Amsler. V Sloveniji smo izvajali preskušanje na jeklenih preskušancih, medtem ko so češki partnerji opravili preskuse na preskušancih iz aluminijeve zlitine. Sodelovanje se je razširilo tudi na podiplomsko izobraževanje,
		ANG In framework of bilateral cooperation we have dealt with solving problems related to the fatigue process of thermally cutted dynamic loaded structures. Planned experiments were performed on pulsating machine Amsler. In Slovenia steel specimens were tested and in Czech Republic testing on aluminium alloys specimens were done. Our cooperation was extended on postgraduate study.
	Šifra	D.01 Vodenje/koordiniranje (mednarodnih in domačih) projektov
	Objavljeno v	KRAMBERGER, Janez, RŮŽIČKA, Milan, GLODEŽ, Srečko, JEZERNIK, Niko, GLIHA, Vladimir, VUHERER, Tomaž, RUDOLF, Rebeka, ŠRAML, Matjaž, ŠPANIEL, Miroslav, JURENKA, Josef, PAPUGA, Jan, DOUBRAVA, Karel, HRUBY, Zbynek : znanstveno tehnološko sodelovanje s Češko republiko, 2008 - 2009, project report: Maribor
	Tipologija	2.12 Končno poročilo o rezultatih raziskav
COBISS.SI-ID	13866774	

## 8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine<sup>7</sup>

--

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

<p>Rezultati raziskav predstavljajo razširitev temeljnih spoznanj na področjih:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- nove proizvodne tehnologije: Ocena primernosti uporabe sodobne laserske tehnologije za izdelavo dinamično obremenjenih delov konstrukcij brez dodatne obdelave;</li> <li>- odkritje temeljnih znanstvenih zakonov: Izboljšano znanje o fizikalnih in numeričnih modelih za opis mehanizma utrujanja toplotno rezanih robov in določitev parametrov utrujanja (iniciacija in širjenje kratkih razpok);</li> <li>- odkritje novih znanstvenih spoznanj: Določitev vplivnih veličin, ki karakterizirajo lasersko rezani rob s poudarkom na uporabi jekel z visoko trdnostjo.</li> </ul>
---

ANG

<p>Research results represent an extension of fundamental knowledge in the areas of:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- New production technologies: Evaluation of the use of modern laser technology for producing dynamic loaded parts of the structure without further processing;</li> </ul>
--

- The discovery of basic scientific laws:  
Improved knowledge of the physical and numerical models to describe the fatigue mechanism of heat-cut edges and determine the parameters of fatigue (initiation and growth of short cracks);
- The discovery of new scientific knowledge:  
Determination of influence quantities, which characterise laser-cut edge with an emphasis on the use of high strength steel.

## 9.2. Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Za sofinancerja:

Za sofinancerja raziskave so rezultati projekta direktno uporabni. Obvladovanje konstrukcijskih znanj in tehnologije na višjem nivoju sofinancerjema daje večjo težo in boljše možnosti pri iskanju poslovnih partnerjev na področju strojogradnje.

Za Slovenijo:

Izvajanje raziskav na področju sodobnih izdelovalnih tehnologij za slovenska podjetja, ki proizvajajo kovinske konstrukcije in njihove dele, predstavlja krepitev identitete slovenske kovinsko predelovalne industrije in povečanje njene konkurenčnosti na trgu. Izboljšano znanje o kakovosti lasersko rezanih elementov in poznavanje njihove dinamične trdnosti, omogoča uporabnikom, konstrukterjem/tehnologom, oceniti trajnost posamezne jeklene komponente in konstrukcije kot celote bolj učinkovito in natančno ter s tem oblikovati/izdelovati zanesljive, konkurenčne in optimirane konstrukcije.

ANG

For the co-financiers:

For the co-financiers are the results of research projects directly usable. Control of design skills and technology to higher levels gives co-financiers greater weight and better opportunities to find business partners in the field of machinery.

For Slovenia:

Conducting research in the field of advanced manufacturing technologies for Slovenian companies, which produce metal structures and parts thereof, represents a strengthening of the identity of slovenian metal processing industry and increase its competitiveness in the market. Improved knowledge of the quality of laser cut components and the knowledge of their dynamic strength, allows users, designer / production engineers, to assess the durability of steel components and structures as a whole more efficiently and accurately, and thereby creating / producing a reliable, competitive and optimized structure.

## 10. Samo za aplikativne projekte!

**Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj	
<b>F.01</b>	<b>Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin</b>
Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
Rezultat	Dosežen <input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.02</b>	<b>Pridobitev novih znanstvenih spoznanj</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.03</b>	<b>Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.04</b>	<b>Dvig tehnološke ravni</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
<b>F.05</b>	<b>Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.06</b>	<b>Razvoj novega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.07</b>	<b>Izboljšanje obstoječega izdelka</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.08</b>	<b>Razvoj in izdelava prototipa</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.09</b>	<b>Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.10</b>	<b>Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.11</b>	<b>Razvoj nove storitve</b>	

	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.12</b>	<b>Izboljšanje obstoječe storitve</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.13</b>	<b>Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.14</b>	<b>Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.15</b>	<b>Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.16</b>	<b>Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.17</b>	<b>Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.18</b>	<b>Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)</b>	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	Delno <input type="text"/>
<b>F.19</b>	<b>Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.20</b>	<b>Ustanovitev novega podjetja ("spin off")</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.21</b>	<b>Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.22</b>	<b>Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.23</b>	<b>Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.24</b>	<b>Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.25</b>	<b>Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.26</b>	<b>Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.27</b>	<b>Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.28</b>	<b>Priprava/organizacija razstave</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
<b>F.29</b>	<b>Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	

<b>F.30</b>	<b>Strokovna ocena stanja</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.31</b>	<b>Razvoj standardov</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.32</b>	<b>Mednarodni patent</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.33</b>	<b>Patent v Sloveniji</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.34</b>	<b>Svetovalna dejavnost</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
<b>F.35</b>	<b>Drugo</b>	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

**Komentar**

--

**11. Samo za aplikativne projekte!**

Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
<b>G.01</b>	<b>Razvoj visoko-šolskega izobraževanja</b>					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.02</b>	<b>Gospodarski razvoj</b>					
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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.03</b>	<b>Tehnološki razvoj</b>					
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 type="radio"/>	<input checked="" 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"/>	
<b>G.04</b>	<b>Družbeni razvoj</b>					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.05.</b>	<b>Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete</b>					
<b>G.06.</b>	<b>Varovanje okolja in trajnostni razvoj</b>					
<b>G.07</b>	<b>Razvoj družbene infrastrukture</b>					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
<b>G.08.</b>	<b>Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva</b>					
<b>G.09.</b>	<b>Drugo:</b>					

**Komentar**

--

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki<sup>11</sup>

1.	<b>Sofinancer</b>		ADK d.o.o.	
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		13.860,00	<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		10,00	<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>			<b>Šifra</b>
		1.	JEZERNIK N, GLODEŽ S., VUHERER T., ŠPES B., KRAMBERGER J.. The influence of plasma cutting process on the fatigue of high strength steel S960Q. Key eng. mater., 2007, vol. 348/349	A.01
		2.	KRAMBERGER J., JEZERNIK N., GÖNCZ P. GLODEŽ S.. Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels. Eng. fract. mech.. [Print ed.]	A.01
		3.	GLODEŽ S., JEZERNIK N. KRAMBERGER J., LASSEN T.. Numerical modelling of fatigue crack initiation of martensitic steel. Adv. eng. softw. (1992). [Print ed.], Available online 2 February 2010.	A.01
		4.	JEZERNIK Niko. Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij : doktorska disertacija. [Maribor: N. Jezernik], 2009. XVI, 101 str.	A.07
		5.	JEZERNIK N., GLODEŽ S., VUHERER T., KRAMBERGER J.. Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla: vabljeni predavanja na 3. mednarodnem sejmu Varjenje in rezanje Celje,2008	B.04
	<b>Komentar</b>			
<b>Ocena</b>		<p>Potrujemo, da je projekt št. L2-9713-0795, z naslovom "Dinamična trdnost lasersko rezanih elementov konstrukcij" v obdobju 1.1.2007- 31.12.2009 potekal v skladu s predvidenimi aktivnostmi in nalogami.</p> <p>Rezultati raziskav tega projekta so omogočili razširitev temeljnih spoznanj na področju karakterizacije materialov pri toplotnem rezanju z laserjem. Dopolnili smo znanje in izkušnje, ki jih že imamo za plamensko rezanje in rezanje s plazmo. Rezultati raziskave nam bodo v pomoč pri nadaljnjem uvajanju laserskega rezanja v našo proizvodnjo.</p> <p>Realizacija zastavljenih ciljev se kaže v določitvi utrujenostnih lastnosti komponent toplotno rezanih iz jekla z visoko trdnostjo (S960). Zaradi pričakovanega velikega vpliva zareznihih učinkov in slabega poznavanja utrujenostnih lastnosti omenjenega jekla, le-tega do sedaj načeloma nismo vgrajevali v dinamično obremenjene komponente. V kolikor smo uporabili jeklo S960 za dinamično obremenjene komponente, smo s postopkom brušenja odstranjevali toplotno vplivano plast zaradi termičnega rezanja. Podatki pridobljeni s tem projektom nam bodo omogočali zniževanje proizvodnih stroškov komponent iz jekla z visoko trdnostjo, ob nezmanjšani zanesljivosti.</p> <p>Na podlagi predstavljenih rezultatov kot sofinancer tega projekta dajemo pozitivno oceno k opravljenemu raziskovalnemu delu.</p>		
2.	<b>Sofinancer</b>		SIRIUS d.o.o.	
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		20.790,00	<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		15,00	<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>			<b>Šifra</b>



	1.	JEZERNIK N, GLODEŽ S., VUHERER T., ŠPES B., KRAMBERGER J.. The influence of plasma cutting process on the fatigue of high strength steel S960Q. Key eng. mater., 2007, vol. 348/349	A.01
	2.	KRAMBERGER J., JEZERNIK N., GÖNCZ P. GLODEŽ S.. Extension of the Tanaka-Mura model for fatigue crack initiation in thermally cut martensitic steels. Eng. fract. mech.. [Print ed.]	A.01
	3.	GLODEŽ S., JEZERNIK N. KRAMBERGER J., LASSEN T.. Numerical modelling of fatigue crack initiation of martensitic steel. Adv. eng. softw. (1992). [Print ed.], Available online 2 February 2010.	A.01
	4.	JEZERNIK Niko. Dinamična trdnost toplotno rezanih elementov konstrukcij : doktorska disertacija. [Maribor: N. Jezernik], 2009. XVI, 101 str.	A.07
	5.	JEZERNIK N., GLODEŽ S., VUHERER T., KRAMBERGER J.. Vpliv plazemskega in laserskega rezanja na trajno dinamično trdnost jekla: vabljeno predavanje na 3. mednarodnem sejmu Varjenje in rezanje Celje,2008	B.04
	<b>Komentar</b>		
	<b>Ocena</b>		
	<p>Spodaj podpisani pooblaščen predstavnik in direktor podjetja Sirius Maribor d.o.o, potrjujem, da je realizacija raziskovalnega projekta št. L2-9713, z naslovom "Dinamična trdnost lasersko rezanih elementov konstrukcij", ki ga je izvajala Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, potekala v skladu s pogodbenimi določili (Pogodba št. P-12/2007-IKO-6/JK, Aneks št.1 in Aneks št.2). Projekt, ki smo ga sofinancirali je bil aktualen za naše podjetje, saj je laserski razrez ena izmed naših osnovnih dejavnosti.</p> <p>Z rezultati raziskovanja smo zadovoljni, saj nam kot večjemu ponudniku storitev laserskega razreza omogočajo boljšo izbiro tehnoloških parametrov rezanja. Naročniku razreza lahko ponudimo več informacij glede utrujenostnih karakteristik rezanih komponent v povezavi s parametri rezanja. Ocenjujemo, da smo z sofinanciranjem tega projekta dosegli tudi boljšo referenčnost in posledično večjo konkurenčnost na trgu.</p> <p>Na podlagi tega kot sofinancer navedena projekta podajamo pozitivno oceno k opravljenemu raziskovalnemu delu.</p>		
3.	<b>Sofinancer</b>		
	<b>Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:</b>		<b>EUR</b>
	<b>Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:</b>		<b>%</b>
	<b>Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja</b>		<b>Šifra</b>
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
	<b>Komentar</b>		
	<b>Ocena</b>		

## C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja, za objavo 6., 7. in 8. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

## Podpisi:

Janez Kramberger	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

12.4.2010

## Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/78

<sup>1</sup> Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

**PRIMER** (v slovenskem jeziku):

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

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

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

**Tipologija:** 1.01 - Izvirni znanstveni članek

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

<sup>6</sup> Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), izberite ustrezen rezultat, ki je v Sifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote.

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

<sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega projekta v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

<sup>8</sup> 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](#)

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Rubrike izpolnite/prepišite 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](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2010 v1.00

57-18-17-BC-32-28-3A-89-AA-ED-D1-92-F2-69-46-9F-2D-D9-85-45