

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/35



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4239
Naslov projekta	RAZISKAVE IN RAZVOJ HITRE IZDELAVE IN POPRAVIL SODOBNIH 3D REZALNIH ORODIJ Z NAPREDNIMI LASERSKIMI TEHNOLOGIJAMI
Vodja projekta	6883 Janez Kopač
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8064
Cenovni razred	
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 405 EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o. 2939 TIC - LENS laserske tehnologije d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi 2.10.02 Izdelovalna tehnologija
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

V sklopu predlaganega aplikativnega projekta smo z razvojem, raziskavami in prototipiranjem vpeljali sodobno lasersko izdelovalno tehnologijo LENS (Laser Engineered Net Shaping) v popravilo uporabljenih preoblikovalnih orodij in izdelavo novih konceptov odrezovalnih orodij. Takšna orodja se uporabljajo za potrebe obdelav visoko-zmogljivih izdelkov in komponent v avtomobilski, orodjarski, letalski, vesoljski, vojaški industriji in medicini. Nova odrezovalna

orodja imajo napredno geometrijo, izboljšane obsotjnostne prevleke in so izdelana iz naprednih funkcijsko gradientnih kovinskih materialov. Izboljšane tribološke lastnosti (zmanjšano trenje na kontaktu orodje-obdelovanec) popravljenih preoblikovalnih orodij in na novo prototipiranih in izdelanih rezalnih orodij, smo dosegli z uporabo visoko-zmogljivih nanoprevlek, ki so z ustreznimi postopki nanešene na ta orodja. Glede na to, da morajo takšna orodja bi natančno obdelana, so se preverile tudi možnost zagotavljanja končnih, finih obdelav tako popravljenih in izdelanih orodij. Ustreznost popravljenih in na novo izdelanih orodij, se je preverila z odrezovalnimi testi in priporočili iz namensko izdelane tehnološke baze podatkov. Poglavitni cilj predlaganega projekta je vzpostaviti R&R aktivnosti, vpeljati nove tehnologije za hitro izdelavo rezalnih orodij in učinkovito popravilo preoblikovalnih orodij, ki imajo izboljšane mehanske in materialne lastnosti. Predlagan način izdelave in popravila orodij je znatno zmanjšal stroške nabave in uporabe orodij, znižal čase obdelave zahtevnih izdelkov, narejenih iz težko-obdelovalnih materialov, omogočil natančnejšo obdelavo in izdelavo posebnih oblik izdelkov, ki jih je z obstoječimi orodji težko ali skoraj nemogoče narediti.

ANG

Proposed project has deal with research, development and implementation of advanced laser technology-LENS (Laser Engineered Net Shaping) for quick and effective manufacture of modern cutting tools and effective repair of used forming tools. Such tools are used for manufacture and repair of different "high-performance" applications in automotive, tool, aerospace, military, medicine and similar industry branches. New cutting tools have been improved; construction concepts including advanced cutting geometry, improved tool life due to the hard PVD nano-coatings (improved tribology of the tool-workpiece) and has been manufactured of advanced functional-graded metal materials. Because the accurate final shape of such tools is very important to achieve desired tolerances and workpiece geometry, the final machining on LENS clad workpieces were tested and evaluated. The main goal of the project is focused into R&R activities, new technologies and processes of repair and manufacture of modern 3D cutting and forming tools. Expected results are new cutting tool concepts (milling tool), improved nano protective coatings of the cutting tool and repaired forming tools, effective, time and cost-saving manufacture and repair process of such tool with less technology limitations as current conventional repair and manufacture processes.

3.Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Pri načrtovanju procesa izdelave z odrezavanjem je eden od najvažnejših vplivnih faktorjev obstojnost orodja, veličina, ki pove, koliko zdrži orodje do takrat, ko ga moramo zaradi obrabljenosti zamenjati ali ponovno naostriti. Orodja so med procesom odrezavanja obremenjena s silami, ki jih povzročijo deformacije materiala obdelovanca pri nastajanju odrezka, in silami zaradi trenja med orodjem in odrezkom oziroma orodjem in obdelovancem. Pri tem se razvija toplota, ki segreva orodje in odrezek, v manjši meri tudi obdelovanec. Vse kontaktne površine so pri tem praktično popolnoma čiste in zato kemično aktivne tako, da proces odrezavanja vedno spremljajo zelo zapleteni fizikalnokemijski pojavi. Vsi naštetni vplivi povzročajo obrabo na delovnih površinah orodij. Poleg tega pa so tudi odraz geometrije rezalnega orodja, oplaščenja in režima obdelave (obdelovalni parametri).

Zato je bil namen tega dela raziskovalnega projekta izdelati EMO prototipna frezala in analizirati njihovo obstojnost ter rezalne sile, pri različnih oplaščenjih. Celotna študija je bila izvedena na obdelavi materialov, ki so najbolj aktualna za podjetji EMO in TICLENS: nodularni (GGG70) in jekleni litini (1.2333) pri trdoti 30 HRC. Analiza je potekala na obeh materialih v mehko, ter v primeru jeklene litine tudi obdelava v trdo (58 HRC). Rezultati EMO prototipnih frezal so bili za referenco primerjani tudi s performancami orodij na trgu proizvajalcev SECO in ISCAR. Kot nadgraditev študije, so bile analizirane tudi eksaktne meritve makro in mikro geometrije (geometrijskih entitet) posameznih rezalnih orodij in pripadajočih rezalnih robov. Analiza geometrije je bila izvedena na metodi konfokalnega zajema 3D površin.

Za povečanje konkurenčnosti na trgu je pomembna kakovost, čas in stroški izdelave izdelka. Na trgu so standardna rezalna orodja, vendar je za izboljšanje konkurenčnosti, potrebno izdelati specifično namensko rezalna orodja in jih primerjati s tistimi na trgu. Bolj podrobno, je bil tako namen tega dela projekta poiskati najbolj optimalno rezalno orodje za postopek obodnega frezanja z največjo obstojnostjo in najmanjšo obrabo. Z orodji za grobo in fino

obdelavo so bili opravljeni eksperimenti pri katerih je bila spremljana maksimalna obraba na prosti ploskvi. Na podlagi rezultatov je bilo določeno katero orodje ima najboljšo geometrijo rezalnih robov za določen material. V raziskavi so bile izvedene meritve obrabe proste ploskve VB_{max} na EMO prototipnih krogelnih frezilih ter SECO in ISCAR stebelnih in krogelnih frezilih. Standardnim rezalnim orodjem so bile pred testiranjem izmerjene 3D geometrije rezalnih robov, ki smo jih uporabili za kasnejšo analizo rezultatov.

Obraba orodja vpliva na tehnološki proces odrezovanja in je izhodišče za določanje obstojnosti in obdelovalnosti materiala. Na podlagi preizkusov smo ugotovili, da se predvsem zaradi strukture materiala, nodularna litina lažje obdeluje kot jeklena. Nodularna litina vsebuje grafit, ki olajša lomljenje odrezkov in izboljša mazanje, medtem ko je jeklena litina trdnostno boljša in bolj žilava. Pri utrjeni jekleni litini s trdoto 58 HRC smo opazili, da je najboljšo obstojnost doseglo krogelno frezalo SECO, ki se je čez celotno obdelavo enakomerno obrabljalo in doseglo 397m obdelave. To orodje ima 50% boljšo obstojnost kot EMO frezalo z AlTiN (modro) prevleko in kot frezalo OSG ter 70% boljšo kot krogelno frezalo ISCAR. Pri analizi obstojnosti orodji se je pokazalo, da je prevleka frezal TiAlSiN slabo obstojna, saj se pri obdelavi jeklene litine v trdo zelo hitro odstrani z rezalnega orodja. Obstojnost AlTiN (modre) prevleke je veliko boljša, kar se odraža v bistveno počasnejši obrabi orodja. OSG orodje je namenjeno splošni obdelavi in je primerljivo z obstojnostjo EMO frezala z AlTiN (modro) prevleko.

Pri grobi obdelavi jeklene litine s trdoto 30 HRC se je glede na geometrijo orodij izkazalo, da je frezalo proizvajalca ISCAR 30% boljše od stebelstega frezala proizvajalca SECO. Pri pregledu literature smo opazili, da so za trše materiale primernejši manjši cepilni koti g oz. masivni rezalni klini, ki ga ima tudi v naši raziskavi uporabljeno stebelasto frezalo proizvajalca ISCAR. Pri finem frezanju istega materiala pa se je izkazalo, da je orodje SECO za 20% boljše od orodja ISCAR, ki ima sicer manjši cepilni kot g, vendar že po 5 m dolžine obdelave opazimo odkrušitev rezalnega robu. Vzrok tega je lahko razlika v posnetju Ch rezalnega robu, saj ga ISCAR orodje nima.

Na podlagi izmerjene geometrije orodij smo pri obdelavi nodularne litine s trdoto 30 HRC ugotovili, da je SECO orodje za 15% boljše od orodja ISCAR, ki po 29.5 m obdelave doseže kritično obrabo. Zaradi majhnih razlik v obrabi proste ploskve VB_{max} je vzrok obrabe težko pripisati geometriji orodja. Za definiranje primerne geometrije pri grobi obdelavi tega materiala, bi bilo potrebno izvesti dodatne preizkuse in upoštevati tudi druge faktorje obdelovalnosti. Iz izmerjenih vrednosti pri fini obdelavi nodularne litine je razvidno, da se orodje proizvajalca SECO za 20% bolj obrablja kot orodje proizvajalca ISCAR. Pri obeh orodjih je geometrija rezalnega robu na vijačnici enaka, razlikuje se le v zaokrožitvi rezalnega robu, ki je pri SECO manjše kot pri ISCAR orodju. Na podlagi ugotovljenega lahko sklepamo, da so primernejše večje zaokrožitve rezalnega robu re, manjši cepilni koti in s tem večji koti klina.

Analize spremljanja obrabe rezalnih orodij pri različnih režimih obdelave so lepo pokazale vpliv geometrije orodij na obdelovalnost in s tem postavile ključne elemente za izboljšanje rezalnih orodij v orodjarski industriji. Po drugi strani moderni rezalni materiali omogočajo obdelovalnost trdih in zahtevnih materialov. Večjo obstojnost pa nam omogočajo zaščitne prevleke. Za doseganje dobre obdelovalnosti materialov pa mora imeti rezalno orodje tudi pravilno geometrijo rezalnih robov frezalnega orodja, ki pa je odvisna od tega, kakšen material obdelujemo. Ta del raziskovalnega projekta torej dokazuje, da je za doseg konkurenčnosti na trgu potrebno upoštevati vse zgoraj navedene kriterije rezalnih orodij na individualni problematiki.

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

Projekt je bil sestavljen iz 7-ih delovnih sklopov (DS) in podsklopov. Vse aktivnosti so bile izvedene po načrtanem planu. Ocena realizacije je podana po sklopih in letih izvajanja.

DS 1: Pregled stanja na področju tehnologije frezanja in brušenja frezal;

Ta del programa je trajal od začetka do konca programa, saj se je razvoj orodij nenehno spreminjal. V drugem letu projekta se je v tem sklopu izvedel izbor in meritev natančnosti CNC strojev za testiranje frezal in izoblikovala baza geometrij frezal različnih proizvajalcev.

DS 2: Analiza obstojnosti frezal različnih proizvajalcev;
 Aktivnosti DS so startale v drugi polovici prvega leta in se nadaljevale v drugem letu programa. Posneto je bilo obstoječe stanje izdelave rezalnih orodij z brušenjem. Na osnovi mikroskopskih posnetkov je bil analiziran mehanizem krhanja rezalnih robov in vpliv na hrapavost obdelane površine. Predlagani so novi tehnološki postopki izdelave rezalnih orodij, ki bi zagotovili daljšo obstojnost le-teh. Obstojnost frezal smo testirali na različnih materialih obdelovancev: jeklena litina, nodularna litina in kaljeno orodno jeklo s 58 HRC.

DS 3: Razvoj in izdelava frezal z novo geometrijo;
 V tem sklopu so izvedene 3D meritve in analiza geometrij rezalnih robov izdelanih rezalnih orodij - prototipnih frezal. Raziskave so potekale v drugem letu projekta.

DS 4: Testiranje in optimiranje zmogljivosti prototipnih frezal;
 V tem sklopu je bilo zasnovano eksperimentalno mesto in plan eksperimentov za frezanje v trdo. Glede na material obdelovanca in rezalne parametre frezal smo se odločili za dva tipa trdih prevlek razvitih v sodelovanju s partnerjem na projektu - IJS: modra prevleka in večplastne nanokompozitne prevleke. V večini testov spremljanja obrabe frezal, ki so bili do sedaj opravljeni na jekleni in nodularni litini, se je najbolje izkazala modra prevleka, z izjemo enega primera pri grobi obdelavi jeklene litine. Večina raziskav je potekala v drugem letu projekta, zaključna faza tega sklopa pa je potekala v zadnjem letu projekta.

DS 5: Možnosti izdelave in popravil frezal s tehnologijo LENS;
 Izvedena je bila analiza potrebnih geometrijskih zahtev pri uporabi LENS tehnologije pri popravilu orodij. Izvedena je zasnova t.i. gradientnih frezal in izdelana so gradientna orodja. Zasnova in izdelava je potekala v zadnjem letu projekta.

DS 6: Sistematična analiza prototipnih zmogljivosti frezal;
 V tem sklopu je izvedena analiza obdelovalnosti nodulrne in jeklene litine pri procesu obodnega frezanja z uporabo prototipnih frezal. Ta je bila primerjana z orodji na trgu. Opravljena je bila tudi analiza obdelovalnosti inovativnih gradientnih orodij. DS je potekal v zadnjem letu projekta.

R.1: Priprava dokumentacije oz. znanstvenih prispevkov;
 Objavljeni članki s področja, navedeni v poročilu pod točko 6 in 7.

R.2: Izobraževalne aktivnosti na področju implementacije trajnostnega razvoja v obdelovalne procese;
 Rezultat se kaže med drugim tudi v upešno zaključenih diplomskih nalogah s področja tematike projekta (točka 8)

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁴

V sklopu raziskovalnega projekta ni bilo sprememb programa.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	13336347	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nadaljnji razvoj merilnega sistema za 3D meritve obrabe rezalnih orodij
		ANG	Further development of the spatial cutting tool wear measurement system
	Opis	SLO	Vrednotenje obrabe ima zelo močan vpliv na kakovost izdelkov, kot tudi na učinkovitost proizvodnega procesa. Prispevek predstavlja nadaljnji razvoj inovativnega in zanesljivega merilnega sistema za 3D merjenje obrabe rezalnega orodja. Analiziran je bil vpliv vpadnega kota merilne glave na rezalno ploščico. Na podlagi analize točnosti meritve in količine zajetih podatkov je definirana optimalna postavitev merilnega sistema. Tako je bil zasnovan poseben vpenjalni sistem za pritrditev merilne naprave neposredno na obdelovalni stroj. Za preizkus merilnega sistema v realnih pogojih so bile opravljene meritve obstojnosti orodja, kjer se je obraba rezalnega orodja merila neposredno na obdelovalnem stroju. Rezultati so pokazali, da z uporabo novega merilnega sistema dobimo objektivno oceno obrabe rezalnega orodja, meritev se izvede neposredno na stroju, s tem pa

			omogoča višjo produktivnost in kakovost obdelovalnih postopkov.
		ANG	The tool wear evaluation has a very strong impact on the product quality as well as efficiency of the manufacturing process. This paper presents the further development of an innovative and reliable direct measuring procedure for measuring spatial cutting tool wear. The influence of the orientation of measurement head according to the measurand was examined. Based on the analysis of measurements accuracy and the amount of captured reliable data, the optimal setup of the measuring system was defined. Further a special clamping system was designed to mount the measurement device on the machine tool. To test the measurement system tool life experiment were performed, where cutting tool wear was measured directly on machine tool. The results showed that novel tool wear diagnostic represent objective estimation, performed on a machine tool that provides higher productivity and quality of the machining process.
	Objavljeno v		Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering; Journal of production engineering; 2013; Vol. 16, no. 2; str. 5-10; Avtorji / Authors: Čerče Luka, Pušavec Franci, Dugar Jaka, Kopač Janez
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID		12859163 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pri modeliranju in simuliranju odrezovalnih procesov je potrebno nadgraditi razumevanje tornih razmer na kontaktu orodja z obdelovancem. To delo predstavlja metodo za hitro identifikacijo tornih in toplotnih razmer na podlagi na novo razvitega specialnega tribometra. Razvit tribometer je sposoben simulirati širok spekter kontaktnih tlakov in hitrosti, ki sovpadajo z realnimi razmerami pri procesu odrezavanja. Metoda je aplicirana na različne materiale obdelovancev in hladilno mazalnih sredstev. Nadgrajeno z analitično obravnavo rezultatov, pa metoda predstavlja izboljšan način modeliranja odrezovalnih procesov predvsem z vidika napovedovanja toplotnih razmer v rezalni coni.
		ANG	Characterisation of friction and heat partition coefficients at the tool-work material interface in cutting
	Opis	SLO	Karakterizacija trenja in toplotnega prehoda na kontaktu orodje obdelovanec pri odrezovalnem procesu
		ANG	The development of cutting simulation still requires an improvement in the understanding of the frictional phenomena at the tool-work material interface. This paper introduces a method for a fast identification of friction and heat partition models, based on a special tribometer able to simulate wide ranges of contact pressures and sliding velocities, similar to those occurring along the tool-work material interface in cutting. The method is applied for a wide spectrum of work materials and lubrication conditions. Combined with an analytical post-treatment, this set-up provides a modelling of the frictional behaviour that may improve significantly thermal aspects in cutting simulations.
	Objavljeno v		Technische Rundschau; Hallwag Verlag; Colibri; Elsevier; CIRP annals; 2013; Vol. 62, iss. 1; str. 79-82; Impact Factor: 2.541; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.345; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Rech Joël, Arrazola P. J., Claudin C., Courbon Cedric, Pušavec Franci, Kopač Janez
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID		12247579 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Hidroliza aluminijevih ostružkov za doseg ne nevarnih odpadkov
		ANG	Hydrolysis of aluminum dross material to achieve zero hazardous waste

	Opis	SLO	Predstavljena je preprosta metoda z visokim izkoristkom za pridobivanje visoko čistega vodika s hidrolizo v vodovodni vodi visoko aktivnim aluminija. Aluminiskaj žlindro aktivira mehansko mletje, do velikosti delcev približno 45 mikrometrov. To vodi do odstranitve površinskega sloja iz aluminijastih delcev in ustvarjanje nove kemično aktivne kovinske površine.	
		ANG	A simple method with high efficiency for generating high pure hydrogen by hydrolysis in tap water of highly activated aluminum dross is established. Aluminum dross is activated by mechanically milling to particles of about 45 um. This leads to removal of surface layer of the aluminum particles and creation of a fresh chemically active metal surface. In contact with water the hydrolysis reaction takes place and hydrogen is released. In this process a Zero Waste concept is achieved because the other product of reaction is aluminum oxide hydroxide (AlOOH), which is nature-friendly and can be used to make high quality refractory or calcium aluminate cement. For comparison we also used pure aluminum powder and alkaline tap water solution (NaOH, KOH) at a ratio similar to that of aluminum dross content. The rates of hydrogen generated in hydrolysis reaction of pure aluminum and aluminum dross have been found to be similar. As a result of the experimental setup, a hydrogen generator was designed and assembled. Hydrogen volume generated by hydrolysis reaction was measured. The experimental results obtained reveal that aluminum dross could be economically recycled by hydrolysis process with achieving zero hazardous aluminum dross waste and hydrogen generation.	
	Objavljeno v	Elsevier Scientific Publ. Co.; Journal of hazardous materials; 2012; Vol. 209/210, iss. [3]; str. 501-509; Impact Factor: 3.925;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.989; A'': 1;A': 1; WoS: IH, IM, JA; Avtorji / Authors: David E., Kopač Janez		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
4.	COBISS ID	25973287		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Raziskava uspešnosti rezalnih karbidanih orodij s trdimi prevlekami pri frezanju v trdo na osnovi metodologije odzivne površine	
		ANG	Investigation of the performance of carbide cutting tools with hard coatings in hard milling based on the response surface methodology	
	Opis	SLO	V članku je predstavljen vpliv trdih prevlek (nanolayer Altin / TiN, večplastne nanokompozit TiAlSiN / TiSiN / TiAlN, komercialno dostopni TiN / TiAlN) in rezalnih parametrov (rezalne hitrosti, podajanje in globino reza) na rezalne sile in površinsko hrapavost pri frezanju AISI O2 orodnega jekla (~ 61 HRC). V poskusih je na osnovi L27 OA faktorskega n ačrta za metodologijo odzivne površine so bili pridobljeni enačbe odgovornih površin za rezalne sile in površinske hrapavosti.	
		ANG	In this paper, the influence of hard coatings (nanolayer AlTiN/TiN, multilayer nanocomposite TiAlSiN/TiSiN/TiAlN, and commercially available TiN/TiAlN) and cutting parameters (cutting speed, feed rate, and depth of cut) on cutting forces and surface roughness were investigated during face milling of AISI O2 cold work tool steel (61 HRC). The experiments were conducted based on L27 OA factorial design by response surface methodology, and response surface equations of cutting forces and surface roughness were obtained.	
	Objavljeno v	IFS Publications; International journal, advanced manufacturing technology; 2012; 11 str.; Impact Factor: 1.103;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.993; Avtorji / Authors: Çalişkan Halil, Kurbanoglu Cahit, Panjan Peter, Kramar Davorin		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
5.	COBISS ID	11827739		Vir: COBISS.SI

	Naslov	SLO	Vpliv kriogenega odrezavanja na stabilnost procesa struženja
		ANG	The influence of cryogenic cooling on process stability in turning operations
	Opis	SLO	Delo predstavlja rezultate raziskave o vplivu kriogenega odrezavanja na stabilnost procesa struženja. Z uporabo metod entropije informacije so definirani stabilnostni diagrami procesa, ki določajo območja samovzbujajočih vibracij (drdranja), na podlagi merjenih rezalnih sil. Ugotovljeno je, da kriogeno odrezavanje v primerjavi s konvencionalnim poveča stabilnostno območje procesa. Kot doprinos, delo dokazuje povečanje stabilnosti procesa pri kriogenem odrezavanju na račun manjših specifičnih rezalnih sil, kar je bilo dokazano s postavitvijo modelov za njihov izračun.
		ANG	This paper presents results of the influence of cryogenic machining on the process stability. The stability diagrams are obtained experimentally using the coarse-grained entropy rate estimator for chatter detection from measured cutting forces. In comparison with conventional machining, enlarged stability windows are observed for the case of cryogenic machining. Based on the defined specific force models in turning operations, it is shown that a higher machining stability is achievable in cryogenic machining due to the reduction of specific cutting force components, in comparison with dry machining.
	Objavljeno v		Technische Rundschau; Hallwag Verlag; Colibri; Elsevier; CIRP annals; 2011; Vol. 60, iss. 1; str. 101-104; Impact Factor: 1.708; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.993; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Pušavec Franci, Govekar Edvard, Kopač Janez, Jawahir I.S.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID		13246235 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izbira rezalnih orodij glede na stroj in novosti pri obdelavi z odrezavanjem
		ANG	Selection of cutting tools in relation to the machine tools and novelties in machining processes
	Opis	SLO	Različni materiali in možnost izdelovanja strogo namenskih rezalnih orodij omogočajo izbiro ustreznih orodij ne le glede na material obdelovanca pač pa tudi na sam princip odrezavanja in obdelovalnega stroja. Prikazane so bile novosti in smernice s področja.
		ANG	Different materials and possibilities for production of taylor made cutting tools are offering the industry to choose the cutting tools, not just related to the workpiece material, but also dependent on the machining principles and machine tools. Shown were novel ideas from the field and future directions in industrial field.
	Šifra		B.04 Vabljen predavanje
	Objavljeno v		Obrtno-podjetniška zbornica Slovenije; 23. strokovno srečanje kovinarjev, Maribor, 23. in 24. 11. 2013; 2013; Str. [89-100]; Avtorji / Authors: Kopač Janez
	Tipologija		1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci
2.	COBISS ID		13043995 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Priprave in postopki poliranja z abrazivnim tokom
		ANG	Arrangements and methods for abrasive flow machining

	Opis	SLO	Predloženi izum temelji na področju poliranja z abrazivnim tokom. Natančneje, se izum nanaša na nove in izboljšane izvedbe oz. izpeljanke ter postopke za končno obdelavo površin in mikrojeometriji obdelovancev z abrazivnimi tekočinami.	
		ANG	The present invention is in the field of abrasive flow machining. More specifically, the present invention relates to new and improved arrangements and methods for finish treating surfaces/micogeometries of workpieces with abrasive fluids.	
	Šifra		F.33	Patent v Sloveniji
	Objavljeno v		Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo, Urad RS za intelektualno lastnino; 2013; 16 f., 5 f. pril.; Avtorji / Authors: Kenda Jani, Pušavec Franci, Kopač Janez	
	Tipologija		2.23	Patentna prijava
3.	COBISS ID		12559387	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv hladilno mazalnih tekočin na procese odrezavanja	
		ANG	Impact of cooling lubricating fluid in the cutting processes	
	Opis	SLO	V obdelovalni tehniki s postopki odrezavanja zajemajo pomemben delež rezalna orodja, ki tudi značilno pripomorejo k uspešnosti obdelave. Obraba orodij je značilen pojav, ki ga lahko regulira tehnolog, inženir ali tehnik s pravilno izbiro parametrov odrezavanja. Z rezalnimi orodji pa so povezani tudi stroški. Te lahko reguliramo s pravilno uporabo hladilno mazalne tekočine. S tem spremenimo in izboljšamo tribološke lastnosti na kontaktih rezalno orodjeobdelovanec in rezalno orodjeodrezek. Torne lastnosti v rezalni coni imajo značilen vpliv na porabo energije za proces. S pravilno regulacijo lahko vplivamo na trajnostno proizvodnjo. Prispevek zajema obrabo rezalnih orodij in načine uspešnega hlajenja rezalne cone.	
		ANG	Cutting tools have important role in machining process, which also significantly contribute to the success of treatment. Tool wear is a typical phenomenon that can be controlled by technologist, engineer or technician with the proper selection of cutting parameters. The cutting tools are also associated with costs of machining. These can be regulated with the proper use of coolant fluid. In this way we change and improve the tribological properties in contact zone between cutting tool and workpiece and cutting tool and chip. Frictional properties in cutting zone have a significant impact on energy consumption of the process. With proper regulation we can influence on sustainable production. The paper present cutting tool wears, cooling and lubrication of cutting zone.	
	Šifra		B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v		Slovensko društvo za tribologijo = Slovenian Society for Tribology; Zbornik predavanj Posvetovanja o tribologiji, hladilno mazalnih sredstvih in tehnični diagnostiki; 2012; Str. 5-17; Avtorji / Authors: Kopač Janez, Čerče Luka	
	Tipologija		1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
4.	COBISS ID		12525339	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Prednosti trajnostnega odrezavanja	
		ANG	Benefits of sustainable machining	
			Delo predstavlja pregled vplivom HMZ na okolje in kako očistiti odrezke pred ponovno uporabo. Prav tako je obravnavan problem prevoza odrezkov, saj je različnost odrezkov moč popisati z razmernikom prostornine in mase generiranih odrezkov. Zato tehnološki parametri igrajo pomembno vlogo, ne samo za sam odrezovalni proces, pač pa tudi za potrebno velikost in obliko odrezkov, kar je pomemben vidik managementa	

	Opis	SLO	odrezkov. Kot doprinos so v delu predstavljeni adaptivni moderni procesi, ki ugodno vplivajo tudi na tvorbo odrezkov. Te kot primer predstavljata kriogeno odrezavanje in odrezavanje z visokotlačno asistenco. rezanje in visok pritisk hlajenje jet podprto strojno kot trajnostno proizvodnjo, bodo opisani. Ne samo neposredno vidni odpadki, pač pa tudi njihovi posredni vplivi so analizirani preko izračuna rezalnih sil.	
		ANG	The paper presents the overview of the influence of CLF on nature and how to clean the chips before reuse. Also the transportation of chips is presented, because different sizes of chips cause problems by relationship of too big volume against small weight. Therefore, technological parameters for machining in range of right size of chips are an important detail by chip management. As participation to minimize waste by machining some adaptive modern processes will be present too. Cryogenic cutting and high pressure jet cooling assisted machining as sustainable manufacturing will be described. Not only direct visible waste also indirect influences will be described over calculation of cutting forces.	
	Šifra		B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v		Süleyman Demirel University, Cad/CAD Research and Application Center; University of Ljubljana, Laboratory for Cutting; Proceeding of the 3rd International Conference on Sustainable Life in Manufacturing SLIM 2012, October 2nd-5th, 2012, Istanbul, Turkey; 2012; Str. 3-6; Avtorji / Authors: Kopač Janez, Pušavec Franci	
	Tipologija		1.06	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci (vabljen predavanje)
5.	COBISS ID		11975963	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ekološki problemi odrezovalnih procesov in ravnanje z odrezki/odpadki	
		ANG	Ecological problems by machining and chip/waste management	
	Opis	SLO	Delo predstavlja pregled vplivom HMZ na okolje in kako očistiti odrezke pred ponovno uporabo. Prav tako je obravnavan problem prevoza odrezkov, saj je različnost odrezkov moč popisati z razmernikom prostornine in mase generiranih odrezkov. Zato tehnološki parametri igrajo pomembno vlogo, ne samo za sam odrezovalni proces, pač pa tudi za potrebno velikost in obliko odrezkov, kar je pomemben vidik managementa odrezkov. Kot doprinos so v delu predstavljeni adaptivni moderni procesi, ki ugodno vplivajo tudi na tvorbo odrezkov. Te kot primer predstavljata kriogeno odrezavanje in odrezavanje z visokotlačno asistenco. rezanje in visok pritisk hlajenje jet podprto strojno kot trajnostno proizvodnjo, bodo opisani. Ne samo neposredno vidni odpadki, pač pa tudi njihovi posredni vplivi so analizirani preko izračuna rezalnih sil.	
		ANG	The paper will present the overview of the influence of CLF on nature and how to clean the chips before reuse. Also the transportation of chips will be presented because different sizes of chips cause problems by relationship of too big volume against small weight. Therefore technological parameters for machining in range of right size of chips are an important detail by chip management. As participation to minimize waste by machining some adaptive modern processes will be present too. Cryogenic cutting and high pressure jet cooling assisted machining as sustainable manufacturing will be described. Not only direct visible waste also indirect influences will be described over calculation of cutting forces.	
	Šifra		B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
	Objavljeno v		Edulink; 1st International Conference on Waste Management in Developing Countries and Transient Economies, Mauritius, Africa, 5-8 September 2011; 2011; Str. [1-10]; Avtorji / Authors: Kopač Janez, David E.	

Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
------------	------	---

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

V okviru programskega dela raziskovalnega projekta so bile upešno zaključene in zagovarjane sledeče diplomske naloge:

UHAN, Primož. Izboljšanje točnosti pozicioniranja vertikalnega obdelovalnega centra : diplomska naloga visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana: [P. Uhan], 2012. VIII, 51, 22 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 12250395]

GRMEK, Benjamin. Standardizacija sistema orodij za CNC obdelovalni center HURCO BMC 4020 : diplomska naloga visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana: [B. Grmek], 2012. 51 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 12370715]

Andraž Sendic. Obdelovalnost nodularne (GGG70) in jeklene litine (1.2333) pri procesu obodnega frezanja, U 6183, 2013

DUGAR, Jaka. 3D karakterizacija obrabe rezalnih orodij pri procesu struženja : diplomska naloga visokošolskega strokovnega študijskega programa I. stopnje strojništva. Ljubljana: [J. Dugar], 2013. XII, 60 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13102619]

MODIC, Nejc. Obdelovalnost nodularne in jeklene litine pri procesu obodnega frezanja glede na geometrijo orodja : diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana: [N. Modic], 2014. X, 65 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13359387]

V okviru sodelave, je nastalo tudi doktorsko delo mag. Matica Tepeža, ki ga bo kandidat zagovarjal v letu 2015.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Z vidika trenutne marginalne splošne gospodarske rasti, je nadaljnji razvoj znanosti na področju proizvodnih tehnologij pomemben, zlasti za nadaljevanje aplikativnih raziskav. Proizvodnja namreč predstavlja enega izmed ključnih stebrov slovenskega gospodarstva. Inovativnost, temelječa na znanstveni odličnosti, predstavlja ključni element trajne konkurenčnosti gospodarstva. Visok nivo izvedenih raziskav programske skupine je pripravil dober temelj za nadaljevanje tehnoloških inovacij, ki so kritične za razvoj znanosti tako v slovenskem, kot tudi v mednarodnem prostoru. Tekom raziskovalnega programa so bili ti postopki, razviti s pomočjo inženiringa kakovosti za proizvodnjo, laboratorijsko verificirani, kot tudi testirani v proizvodnih kapacitetah naših industrijskih partnerjev; sofinancerjev. Tovrstni učinki znanosti so v tem kontekstu zlasti značilni z vidika povečanja produktivnosti, ki je ključno za večjo učinkovitost slovenskega gospodarstva. Poleg tega so bili izbrani postopki obdelave nadgrajeni z elementi učinkovite rabe virov in vključitvijo človeških faktorjev, ki prispevajo k inkrementalnemu razvoju znanosti. Aplikacije znanstvenih dosežkov v slovenski industriji so svojevrsten katalizator nadaljnjega razvoja znanosti, povečanja zaupanja v znanost in s tem izboljšanja sodelovanja med slovensko raziskovalno in industrijsko sfero, ki je še vedno šibko. V končni fazi rezultati dokazujejo možnosti po končni uporabi naprednih tehnologij in tako izrabi rezultatov znanosti in zamenjave konvencionalnih postopkov obdelave z naprednimi. Ta zamenjava je omogočena in je bistvena za dvig inovativnosti, večjo konkurenčnost in gospodarsko rast v Sloveniji. Objave znanstvenih rezultatov ter mednarodne inovacije/patenti ostajajo bistven element diseminacije ter ogledalo razvoja znanosti. Projektna skupina je s svojim delom ohranila izjemno profiliran in preverljiv portfelj objav v mednarodno recenziranih revijah. Objavljeni originalni znanstveni prispevki so uravnoteženi in se nanašajo tako na temeljne raziskave kot aplikativne raziskave za specifične industrijske aplikacije. Objave na področjih predlaganih štirih raziskovalnih domen – napredni postopki obdelave, tehnologije in učinkovita raba virov, inženiring kakovosti za proizvodnjo in proizvodnja osredotočena ljudem – predstavljajo dobro citirane znanstvene prispevke projektne skupine. Ti rezultati niso pomembni le za razvoj znanosti – njihova vsebina je direktno povezana tudi z nacionalno strategijo za razvoj gospodarstva, kot tudi z ostalimi iniciativami tehnološkega razvoja Evropske Unije. V končni fazi je potrebno poudariti še prispevek teh visoko kakovostnih znanstvenih objav k dvigu kakovosti

Univerze v Ljubljani v mednarodnih primerjalnih študijah kot tudi k slovenski znanosti v splošnem.

ANG

In view of the current marginal overall economic growth, the further development of science in the field of production technologies is important, especially for the continuation of the applied research. Production is namely one of the key pillars of the Slovenian economy. Innovation, based on scientific excellence, is a key element of sustainable economic competitiveness. High level of conducted researches in program group has prepared a good foundation for continued technological innovations, which are critical for the development of science in Slovenian, as well as in the international arena. Over the course of the research project those procedures were developed with the help of quality engineering, laboratory verified, as well as tested in the production capacities of our industrial partners – co-financiers. Such effects of science are in this context particular characteristic in terms of the increase in productivity, which is a key to greater efficiency of the Slovenian economy. In addition, the selected machining processes were upgraded with elements of resource efficiency and the integration of human factors that contribute to the incremental development of science. Applications of scientific achievements in Slovenian industry have a unique catalyst for further development of science, increase confidence in science and thereby improve the cooperation between the Slovenian research and industrial sphere, which is still weak. Ultimately, the results demonstrate the possibility of the end-use of our advanced technologies and thus exploit the results of science and the replacement of conventional processing with advanced. This replacement is enabled and is essential to increase innovation, enhance competitiveness and economic growth in Slovenia. The publications of scientific results and international innovations/patents remain an essential element of dissemination and mirror of the science development. Project group has maintained with its work to an extremely shaped and verifiable portfolio of publications in international peer-reviewed journals. Published original scientific contributions are balanced and relate to both basic research and applied research for specific industrial applications. Articles in the areas proposed four research domains - advanced processing technology and efficient use of resources, engineering, quality manufacturing and production focused people - representing good cited scientific contributions of the research group. These results are not only important for the development of science - their content is directly linked with the national strategy for the development of the economy, as well as with other initiatives, technological development of the EU. Finally, further contribution of high-quality scientific publications should be noted which raise the quality of the Uni-Lj in international comparative studies, as well as to the Slovenian science in general.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Za povečanje konkurenčnosti na trgu je pomembna kakovost, čas in stroški izdelave izdelka. Proizvodni sektor sestoji večinoma iz malih in srednjih podjetij (MSP) in predstavlja enega izmed največjih delov slovenskega gospodarstva glede na delež bruto domačega proizvoda (BDP), ki znaša okoli 25%. Proizvodnja zaposluje tudi največji delež ljudi, medtem ko strojna oprema in proizvodni izdelki zagotavljajo največ izvoza. Inovativnost temelječa na tehnološki odličnosti je ključna za ohranjanje konkurenčnosti gospodarstva in rast visoko kvalificiranih delovnih mest. Le napredki na področju znanosti in razvoja novih tehnologij omogočajo slovenski industriji ostati konkurenčni na izredno zahtevnem trgu (npr. v evropski avtomobilski industriji).

Sofinancerja podjetji EMO Orodjarna in TIC LENS sodita med MSP. Obe podjetji delujeta na globalnem trgu in sta z rezultati projekta postala bolj konkurenčna v že tako zahtevni avtomobilski industriji. Na trgu so standardna rezalna orodja, vendar je za izboljšanje konkurenčnosti, potrebno izdelati specifično namensko rezalna orodja in jih primerjati s tistimi na trgu. Bolj podrobno, je bil tako namen tega dela projekta poiskati najbolj optimalno rezalno orodje za postopek obodnega frezanja z največjo obstojnostjo in najmanjšo obrabo. Z orodji za grobo in fino obdelavo so bili opravljeni eksperimenti pri katerih je bila spremljana maksimalna obraba na prosti ploskvi. Na podlagi rezultatov je bilo določeno katero orodje ima najboljšo geometrijo rezalnih robov za določen material.

Na ta način je povišana produktivnost strojev za izdelavo masivnih orodij, izboljšana zasedenost določenih strojev (npr. 5-osni brusilni stroj v podjetju EMO Orodjarna in LENS naprave v

podjetju TIC LENS).

Če analiziramo proizvodnjo v širši regijski perspektivi lahko ugotovimo, da je slovenska industrija kljub izgubi jugoslovanskega trga še vedno vodilno gospodarstvo v regiji – predvsem v proizvodnji specializiranih strojev in opreme ter proizvodnih tehnologij. Slovenska industrija je tudi uspešno opravila tranzicijo od težke industrije do visoko specializirane proizvodnje, katere rezultat so inovativni izdelki, kot so npr. kompleksna orodja ki predstavljajo velik del izvoza slovenskega orodjarstva v avtomobilsko industrijo. V tem raziskovalnem programu so bili doseženi in izpostavljeni ključni deli izzivov globalne proizvodnje – izzivi, ki so ključnega pomena za nadaljevanje družbeno-ekonomske blaginje v Sloveniji.

ANG

In order to increase competitiveness in the market is an important quality, time and cost of producing the product. The manufacturing sector consists mostly of small and medium-sized enterprises (SMEs) and represents one of the biggest parts of the Slovenian economy as a share of gross domestic product (GDP), which is around 25%. Manufacturing employs the largest number of people, while the machinery and manufacturing products provide the most exports. Innovation based on technological excellence is a key to maintaining economic competitiveness and growth of high-skilled jobs. Only advances in science and development of new technologies allow Slovenian industry to remain competitive in a very demanding market (i.e. automotive industry).

Co-financier companies EMO and TIC LENS rank among SMEs. Both companies operate in a global market and with the results of the project became more competitive in an already demanding automotive industry. The market offers standard cutting tools, but to improve the competitiveness, a specific purpose cutting tools needed to be produced and compared them with those in the market. More specifically optimum cutting tool has to be found for milling process with maximum durability and minimum wear. With tools for roughing and finishing experiments were carried out in which the maximum flank wear was observed. Based on the results, tool with best geometry of the cutting edges for a given material was determined. In this way, the productivity of machinery for the manufacture of forming tools is increased and occupancy of certain machine tools improved (eg. 5-axis grinding machine in the company EMO and LENS devices in the enterprise TIC LENS).

If the production of a broader regional perspective is analyzed, we can see that the Slovenian industry despite the loss of the Yugoslav market is still the leading economy in the region - mainly in the production of specialized machinery and equipment and production technologies. Slovenian industry has also successfully completed the transition from heavy industry to the highly specialized production, which results in innovative products, such as. complex tools which make up a large part of exports of Slovenian tool in the automotive industry. In this research program key parts of the global production challenges have been achieved and highlighted - challenges that are crucial to the continuation of the socio-economic well-being in Slovenia.

10. 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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼

	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanju naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

11. 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	☐	☒	☐	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☒	☐	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☐	☐	☒	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☐	☐	☒	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☒	☐	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☒	☐	☐	

G.02.08.	Povečanje dobička					
G.02.09.	Nova delovna mesta					
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih					
G.02.11.	Nov investicijski zagon					
G.02.12.	Drugo:					
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer		
1.	Naziv	EMO - ORODJARNA proizvodna družba d.o.o.	
	Naslov	Bežigrajska cesta 10, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	73.553	EUR

Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		20	%
Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Zasnova eksperimentov za analizo geometrije in obstojnosti frezal	F.05
	2.	Analiza obstojnosti sodobnih 3D rezalnih orodij pri obdelavi nodularne litine (GGG70) in jeklene litine (1.2333)	F.04
	3.	Študija obstojnosti rezalnih orodij pri frezanju v trdo	F.04
	4.	Obdelovalnost nodularne (GGG70) in jeklene litine (1.2333) pri procesu obodnega frezanja v relaciji z geometrijo rezalnega robu (primerjava z rezalnimi orodji različnih proizvajalcev)	F.02
	5.	Upravljanje z rezalnimi orodji - tool management	F.01
Komentar		V okviru sodelave so nastala tudi diplomska dela, doktorsko delo in patentna prijava navedene pod točko 8.	
Ocena		Celotno sofinanciranje s strani industrije (20 % EMO) je bilo izvedeno. Rezultati pri obeh sofinancerskih organizacijah, EMO in TIC-LENS, pomembno prispevajo k dosegu končnega cilja projekta. To je, postaviti koncept metodologije izdelave in popravila rezalnih in preoblikovalnih orodij z naprednimi laserskimi tehnologijami. Pomen rezultatov ocenjujemo kot velik, saj odgovarjajo zastavljenim ciljem. Konkretno so bili izvedeni testi obdelovalnosti prototipnih frezal. Pri frezalah je bilo poleg geometrije analiziran vpliv različnih prevlek. Rezultati so podali ključne informacije o obstojnosti orodij, vplivu dejanske geometrije frezal in rezalnih robov na obstojnost, doprinos modernih nano-prevlek pri obdelavi nodularnih in jeklenih litin v običajnem in toplotno utrjenem stanju.	
2.	Naziv	TIC - LENS laserske tehnologije d.o.o.	
	Naslov	Bežigradska cesta 10, 3000 Celje	
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		
	Šifra		
	1.	Študija združevanja tehnologij dodajanja in odrezavanja	F.02
	2.	Analiza in zasnova kombinacije tehnologije laserskega navarjanja in 5 osnega brušenja za izdelavo namenskih rezalnih orodij	F.04
	3.		
	4.		
	5.		
		V okviru sodelave je objavljenih več del v mednarodnih znanstvenih revijah in prijavljena tema doktorskega dela, sodelavca na projektu, na omenjeno tematiko: - HOMAR, David, KOPAČ, Janez, DOLINŠEK, Slavko. Additive manufacturing and high speed cutting included in hybrid manufacturing. Journal of production engineering, ISSN 1821-4932, 2013, vol. 16, no. 1, str. 5-8, ilustr. [COBISS.SI-ID 12785947]	

	Komentar	- HOMAR, David, KOPAČ, Janez, BOIVIE, Klas, GELLEIN, L. T. Combining additive and subtractive technologies to get optimized tool inserts. V: JUNKAR, Mihael (ur.), et al. MIT & SLIM 2013 : proceedings of the 12th International Conference on Management of Innovative Technologies & 4th International Conference on Sustainable Life in Manufacturing, Fiesa, Slovenia, 22th-24th September 2013. Ljubljana: TAVO - Slovene Society for Abrasive Water Jet Technology: LAT - Laboratory for Alternative Technologies, Faculty of Mechanical Engineering: LABOD - Laboratory for Cutting, 2013, str. 227-230, ilustr. [COBISS.SI-ID 13135899] - HOMAR, David. Združevanje tehnologij dodajanja in odrezavanja : prvi seminar doktorski študijski program III. stopnja. Ljubljana: [D. Homar], 2013. 47 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 13078811]
	Ocena	Celotno sofinanciranje s strani drugega industrijskega partnerja (5 % TIC LENS) je bilo izvedeno. Rezultati pri obeh sofinancerskih organizacijah EMO in TIC-LENS, pomembno prispevajo k dosegu končnega cilja projekta. To je, postaviti koncept metodologije izdelave in popravila rezalnih in preoblikovalnih orodij z naprednimi laserskimi tehnologijami. Pomen rezultatov ocenjujemo kot velik, saj odgovarjajo zastavljenim ciljem. Konkretno so bili izvedene meritve 3D geometrij frezal na trgu, ki vključujejo tako makro geometrijo frezala, kot mikro geometrijo rezalnih robov. Dodatno geometriji, so bile analizirane možnosti izdelave gradientnih orodij z lasersko metodologijo dodajanja materiala.

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Članek objavljen na mednarodni znanstveni konferenci:

DRAŽUMERIČ, Radovan, BADGER, Jeffrey A., KOPAČ, Janez, KRAJNIK, Peter. Thermal aspects and grinding aggressiveness in view of optimizing high-performance grinding operations in the automotive industry. V: International Manufacturing Science and Engineering Conference, MSEC2014 June 9-13, 2014, Detroit, Michigan, USA. ASME 2014 : MSEC2014. [New York etc.]: ASME, 2014, datoteka MSEC2014-3993 (7 f.), ilustr. [COBISS.SI-ID 13682459]

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:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Janez Kopač

ŽIG

Kraj in datum:

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

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/35

¹ Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

² 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](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁴ 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](#)

⁵ 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](#)

⁶ 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](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ni voden v sistemu COBISS). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁸ 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](#)

⁹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹¹ 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](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (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/2015 v1.00a

F8-9A-02-C8-40-DB-F1-30-EB-F1-AE-A2-CE-12-D4-85-9F-D5-DD