

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/34



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1.Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2039
Naslov projekta	Management izdelovalnih tehnologij za trajnostni razvoj
Vodja projekta	6883 Janez Kopač
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4650
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
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

2.Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.03
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.03 Mehanika

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3.Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

V sodobni proizvodnji se z uvedbo miniaturnih izdelkov pojavlja močno prizadevanje za doseganje trajnostnega razvoja v proizvodnji, ki zagotavlja manjšo porabo energije za izdelavo, manjšo porabo materiala in manjše stroške izdelave. Celostno obvladovanje visoko zmogljivega procesa mikrofrezanja grafita ultrafine zrnatosti je bilo doseženo s karakterizacijo procesa, ustrezno metodologijo napovedovalnega

modeliranja in z uporabo ustreznih metod za spremljanje učinkovitosti in zanesljivosti procesa. S sistematično analizo je bil raziskav vpliv preciznega obdelovalnega stroja, kakovosti mikrofrezala in odklona orodja pri mikrofrezanju. V nadaljevanju je podana objektivna ocena o zmogljivosti in zanesljivosti procesa, ki se kaže na površini obdelovanca kot dimenzijska natančnost in kakovost obdelane površine. Področje mikrofrezanja grafitnih elektrod je velik potencial na področju raziskav visokoprecizne obdelave. To področje je zlasti aktualno za orodjarstvo, ki je v Sloveniji močno razvito. Pri tem kompleksne oblike miniaturnih izdelkov prinašajo povečano dodano vrednost izdelkom in večjo konkurenčno prednost podjetij.

ANG

Introduction of miniature products in modern production has strong effort to achieve sustainable development in production, which means less energy for manufacturing, less material is used and lower production costs. Comprehensive management of high-performance process of micromilling ultrafine grain graphite was achieved with the characterization of process, the appropriate methodology for predictive modelling and using appropriate methods for monitoring the effectiveness and reliability of the process. With systematic analysis effects of the precision machine tool, quality of micro endmill, and tool deflection in micromilling was investigated. Further an objective assessment of the performance and reliability of process was given, which is reflected on the surface of the workpiece as dimensional accuracy and surface quality. Field of micromilling graphite electrodes has great potential in the field of high precision machining research. This area is especially interesting for mould industry, which is well developed in Slovenia. Complex forms of miniature products bring increased added value of products and increased competitive edge of companies.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V sklopu programa raziskovalnega projekta za leto 2012 so bile izvedene sledeče aktivnosti:

- DS1 - vodenje in koordinacija projekta: ta aktivnost se je zvezno nadaljevala iz prvega leta in je potekala zvezno po načrtih (področje mikrofrezanja na preciznih obdelovanih strojih)
- DS4 - Raziskave in razvoj novih tehnologij. Raziskave mikrofrezanja grafitnih elektrod smo v večji meri uspešno realizirali po področjih, ki smo jih predvideli v preteklem letu. Ta področja so sledeča:
 - Vrste in mehanizem obrabe rezalnega robu mikrofrezala. Za merjenje obrabe mikrofrezal z diamantno prevleko smo uporabili SEM (vrstični elektronski mikroskop) in konfokalni mikroskop.
 - Vrednotenje dimenzijskih odstopkov v procesu mikrofrezanja grafitnih elektrod. To smo realizirali z izdelavo grafitnih elektrod z piramidno obliko in meritvijo dimenzijskih odstopkov geometrije. Ugotovljeno je bilo, da ima največji vpliv na odstopke odklon mikrofrezal, zato smo se v nadaljevanju posvetili raziskavam s tega področja.
 - Vpliv rezalnih parametrov obdelovancev na odklon mikrofrezala z velikim razmerjem dolžine in premera. Realizacija je potekala z postavitvijo eksperimentalnega mesta z laserskim senzorjem, kjer smo z meritvami določili odklonske krivulje za različne rezalne parametre.
 - Izdelava modelov za izbiro rezalnih parametrov, kjer je bil izbran kriterij odklona mikrofrezal. Realizacija je potekala s skrbno izbiro plana eksperimentov, analizo rezultatov in izdelavo regresijskih modelov.

V sklopu projekta je bilo izvedeno eno mesečno usposabljanje MR, katerega zaključna naloga je vezana na vsebino projekta, ki je potekalo na inštitutu IFT (Institut für Fertigungstechnik) v laboratoriju za proizvodnje tehnologije na Dunaju (Avstrija). V okviru usposabljanja so bile izvedene meritve za potrebe raziskav s področja mikrofrezanja grafitnih elektrod. Meritve so potekale na koordinatnem merilnem stroju z merjenjem dimenzijskih odstopkov grafitnih elektrod piramidne oblike.

Nadalje je bila analizirana kakovost izdelave in abrazivna obraba mikrofrezal z meritvami na konfokalnem mikroskopu in vrstičnem elektronskem mikroskopu. V času usposabljanja so bile podiplomskim študentom tehnične univerze na Dunaju demonstrirane meritve pozicijske točnosti in premosti CNC obdelovalnega stroja. MR je sodeloval pri postavitvi merilne opreme, izvedbi meritev in korekciji parametrov v krmilniku za izboljšanje točnosti pozicije.

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

V sklopu programa raziskovalnega projekta, so bile v celoti izvedene vse planirane aktivnosti (100%).

Z opravljenimi raziskavami so se nam odprla še druga vprašanja in področja, katera je smiselno raziskati:

- Vpliv razmerje dolžine in premera frezala (L/D) mikrofrezal na odklon.
- Vpliv različnih strategij obdelave (protismerno in istosmerno frezanje, frezanje navzgor in navzdol) na odklon.
- Vpliv abrazivne obrabe mikrofrezala na odklon.
- Vpliv naklona obdelovalne površine na odklon mikrofrezal.
- Izdelava tehnološke baze podatkov za različne premere in dolžine frezal na podlagi eksperimentalno dobljenih rezultatov.

Raziskave bodo zaključene z zagovorom doktorske dizertacije MR s tega področja.

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

V sklopu raziskovalnega projekta ni bilo sprememb programa.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

	Znanstveni dosežek		
1.	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 načrta 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 313 factorial design by response surface methodology, and response surface equations of cutting forces and surface roughness were obtained.
			IFS Publications; International journal, advanced manufacturing technology; 2012; 11 str.; Impact Factor: 1.103;Srednja vrednost revije /

	Objavljeno v		Medium Category Impact Factor: 0.993; Avtorji / Authors: Çalışkan Halil, Kurbanoglu Cahit, Panjan Peter, Kramar Davorin	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID		12403739	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kriogena obdelava kot alternativni proces struženja normaliziranega in kaljenega AISI 52100 ležajnega jekla	
		ANG	Cryogenic machining as an alternative turning process of normalized and hardened AISI 52100 bearing steel	
	Opis	SLO	V članku so predstavljeni rezultati struženja normaliziranega in kaljenega AISI 52100 (DIN 100Cr6) ležajnega jekla s primerjavo obdelav pri konvencionalnem oblivajočem, suhem in kriogenem. Rezultati struženja kažejo drastične izboljšanje obstojnosti orodja (do 370%) za kriogeno obdelavo normaliziranega ležajnega jekla 100Cr6 in zmanjšanje toplotnih zaostalih napetosti v primeru kaljenega ležajnega jekla 100Cr6, medtem ko se je obstojnost prav tako povečala.	
		ANG	This article presents the results of turning hardened and normalized bearing steel AISI 52100 (DIN 100Cr6), comparing conventional flood and dry with cryogenic machining. Turning results show drastic improvements in tool lifetime (up to 370%) for cryogenic machining of normalized bearing steel 100Cr6 and reduction of thermal residual stress inducements in case of hardened bearing steel 100Cr6, while tool life is also extended.	
	Objavljeno v		Elsevier; Journal of materials processing technology; 2012; Vol. 212, iss. 12; str. 2609-2618; Impact Factor: 1.783; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.993; A': 1; Avtorji / Authors: Biček Matej, Doumont F., Courbon Cedric, Pušavec Franci, Rech Joël, Kopač Janez	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID		12629787	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Nekaj idej o trajnostnem konceptu proizvodnje	
		ANG	Some ideas about sustainable manufacturing concept	
	Opis	SLO	Krise v proizvodnji in na trgu niso potrebne. Razlogi so večinoma v napačni politiki države. Nekatere rešitve prinesejo inženirji s svojim poglobljenim znanjem v tehniki napovedovanja. Članek predstavlja nekatere ideje, kako prihraniti energijo s predvidevanjem in načine trajnostne proizvodnje.	
		ANG	Crises are not necessary in productions and in selling market. Reasons are mostly in wrong state policy. Some solutions are brought by engineers with their deep knowledge in prediction technique. Paper presents some ideas how to save energy by prediction and ways of sustainable manufacturing.	
	Objavljeno v		Faculty of Technical Sciences, Department of Production Engineering; Journal of production engineering; 2012; Vol. 15, no. 2; str. 19-22; Avtorji / Authors: Kopač Janez, Čuš Franc, Stoić Antun, Žabkar Blaž	
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁷

	Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID		12527131	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Kakovost hladilnomazalnih sredstev z in-situ testi	
		ANG	Coolants quality in-situ tests	
			V tem delu so bili zbrani vzorci emulzije treh različnih podjetij za izvedeno	

	Opis	SLO	dveh različnih testov. Prvi test, ki je meril koncentracijo a, nitritov, trdote vode in pH, je bil izveden z merilnimi lističi. Drugi test je potekal z refraktometrom, kjer je bila določena koncentracija emulzije, indeks in temperatura emulzije. Izmerjeni podatki, ki so prekoračili dovoljene vrednosti, so bili dodatno pregledani in podana os bila priporočila.
		ANG	In this paper, samples of emulsions from three different companies were collected and two different tests were conducted. The first test is performed with measuring strips and measured the concentration of nitrates, nitrites, water hardness and pH. In the second test with refractometer the emulsion concentrates, emulsions index and temperature of the emulsion were measured. Measuring data that exceed the limit values are additionally observed and recommendations are given.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	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. 129-135; Avtorji / Authors: Duspara Miroslav, Vukušić Zdravko, Mijušković Goran, Stoić Antun	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
2.	COBISS ID	12338971	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izboljšanje pozicijske točnosti CNC vertikalnega obdelovalnega centra
		ANG	Improvement of positional accuracy of CNC vertical machining center
	Opis	SLO	Meritve z laserskim interferometrom ML 10 se uporablja za analizo geometrijske natančnosti CNC strojev. Laserski sistem omogoča kompenzacijo odstopkov na podlagi meritev, ki pridejo v poštev po velikih mehanskih posegih na CNC obdelovalnih strojih
		ANG	Measurements with the ML10 laser interferometer are be used for geometric accuracy analysis of the CNC machine-tools. Laser system enables calibration of errors based on measurement after a major mechanical intervention on the CNC machine-tool.
	Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni	
	Objavljeno v	Profidtp; Vir znanja in izkušenj za stroko; 2012; Str. 185-190; Avtorji / Authors: Mijušković Goran, Uhan Primož, Kopač Janez	
	Tipologija	1.09 Objavljeni strokovni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	12254491	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza geometrijske točnosti CNC frezalnih strojev v EMO orodjarni
		ANG	Analysis of geometrical accuracy of CNC milling machine in EMO orodjarna
	Opis	SLO	Meritve z napravo Ballbar QC10 se uporabljajo za analizo geometrijske natančnosti CNC strojev, predvsem za hitre in redne preglede. Takšna uporaba naprav narekuje redna ali preprečevalna vzdrževalna dela na elementih vgrajenih v CNC stroj.
		ANG	Measurements with the Ballbar QC10 are used for geometric accuracy analysis of the CNC machine-tools for quick and frequent check-ups. Such activities dictate regular or preventive maintenance of the CNC machine-tool parts.
	Šifra	F.04 Dvig tehnološke ravni	
	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za odrezovanje; 2012; 14 str.; Avtorji / Authors: Mijušković Goran, Čerče Luka, Kopač Janez	
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija	

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

V okviru programskega dela raziskovalnega projekta sta bili v letu 2012 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]
KRAVANJA, Nuša. Primerjava obdelave in uporabe bakrenih in grafitnih elektrod : diplomska naloga visokošolskega strokovnega študija. Ljubljana: [N. Kravanja], 2012. VIII, 54 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 12595483]

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Rezultati projektne skupine pridobljeni v letu 2012 so in bodo doprinesli predvsem k poznavanju visoko-precizne obdelave sodobnih materialov in z znanstvenimi pristopi odprli nova področja raziskav za povečanje tehnološke produktivnosti in trajnostnemu razvoju obdelovalnih postopkov. Raziskave so in bodo potekale na tehnologijah, ki so aktualne tudi v tujini, Laboratorij za odrezavanje (LABOD) na Fakulteti za strojništvo v Ljubljani (FS-Lj) pa je edini na vzhodno-evropskem področju in eden redkih v celotni Evropi, ki se bo ukvarjal s to tematiko. To postavlja področje za uveljavljanje znanosti v še pomembnejši položaj. Povečale se bodo možnosti znanstvenih objav v uglednih znanstvenih mednarodnih revijah, kar bo prispevalo k večjemu ugledu in promociji znanosti in države v tujini.

ANG

Scientific and research results of the research team in year 2012 contributes significantly to additional knowledge and understanding of machining processes of high-precision machining of modern materials. With used scientific methods the new fields of research have been introduced and the level of technological productivity and sustainable manufacturing has been raised. Performed researches actively fill the missing emptiness in the current research of strategic and developmental combining the manufacturing technologies into the whole integrity together with economic, environmental and social segments. All researches have been performed on technologies which are up-to-date abroad and in Slovenia. Laboratory of cutting (LABOD) at the Faculty of Mechanical Engineering, University of Ljubljana is the unique laboratory, specialized for this kind of technology in the area of south and central European region. This contributes a lot to the stronger and more important scientific position of the research team and its recognition abroad. This will be visible in variety of published scientific articles, promotions at the different conferences, cooperation with foreign research institutions etc.

10.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

V okviru znanosti v Sloveniji, bodo rezultati projektne skupine prispevali k odpravi zaostankov ter spoznavanju novih okoliščin razvoja, ter stabilnosti znanosti v današnjem času. Proučevanje procesov in položaja procesov iz vidika trajnostnega razvoja bo bistveno prispevalo h kvalitetnejšemu razumevanju principov trajnostnega razvoja in njegove ravni na znanstvenem nivoju, kar je v skladu z razvojno politiko države, saj z raziskavami, rezultati in cilji sovpadajo prednostnimi področji nacionalnega raziskovalnega in razvojnega programa. Hkrati svojstvene zapletenosti mikrokomponent prinašajo nove možnosti za orodjarska podjetja. V času, ko se je proizvodnja enostavnih in srednje zahtevnih orodij seli v države z nizkimi stroški delovne sile, se lahko slovenska orodjarska industrija usmerijo na bolj napredne tehnologije, kot so mikroorodja in mikrofrezanje, in s tem ohranijo svojo konkurenčno prednost.

ANG

In Slovenia the research results will dispatch the arrears which are the consequence of missing knowledge, novelties, and ignorance regarding described manufacturing technologies. Better process understanding will significantly contribute to detailed and more quality understanding of the principles of sustainable manufacturing. Such research and their results coincide with goals and objectives regarding priority national research and development Programme of Republic of Slovenia. At the same time, it is the inherent complexity of micro-components that brings out new opportunities for mold makers. At a time when production of simple and medium demanding molds is shifting to countries with low labor cost, Slovenian mold makers can turn to more advanced technologies such as micro-molds and micro-milling to maintain their competitive edge.

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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	
	Uporaba rezultatov	
F.10 Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije		
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
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/varovanje 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	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☐ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

--

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Osnačite 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

--

13. Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer		
1.	Naziv		
	Naslov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra
	1.		
	2.		
	3.		
	4.		

	5.	
Komentar		
Ocena		

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

V okviru projekta je bil uspešno postavljeno eksperimentalno mesto za merjenje odklona mikrofrezal med obdelavo finožrnatega grafita. Meritve so potekale na različnih razdaljah od konice orodja, kar je omogočilo eksperimentalno določitev odklonske krivulje za različne kombinacije rezalnih parametrov. Tovrstna tehnologija je pogosto uporabljena v slovenskih orodjarnah, zato predstavlja velik potencial. Trenutno tesno sodelujemo na tem področju s Kolektor orodjarno.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

--

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	12.3.2013
-----------	-----------

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/34

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

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

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

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

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

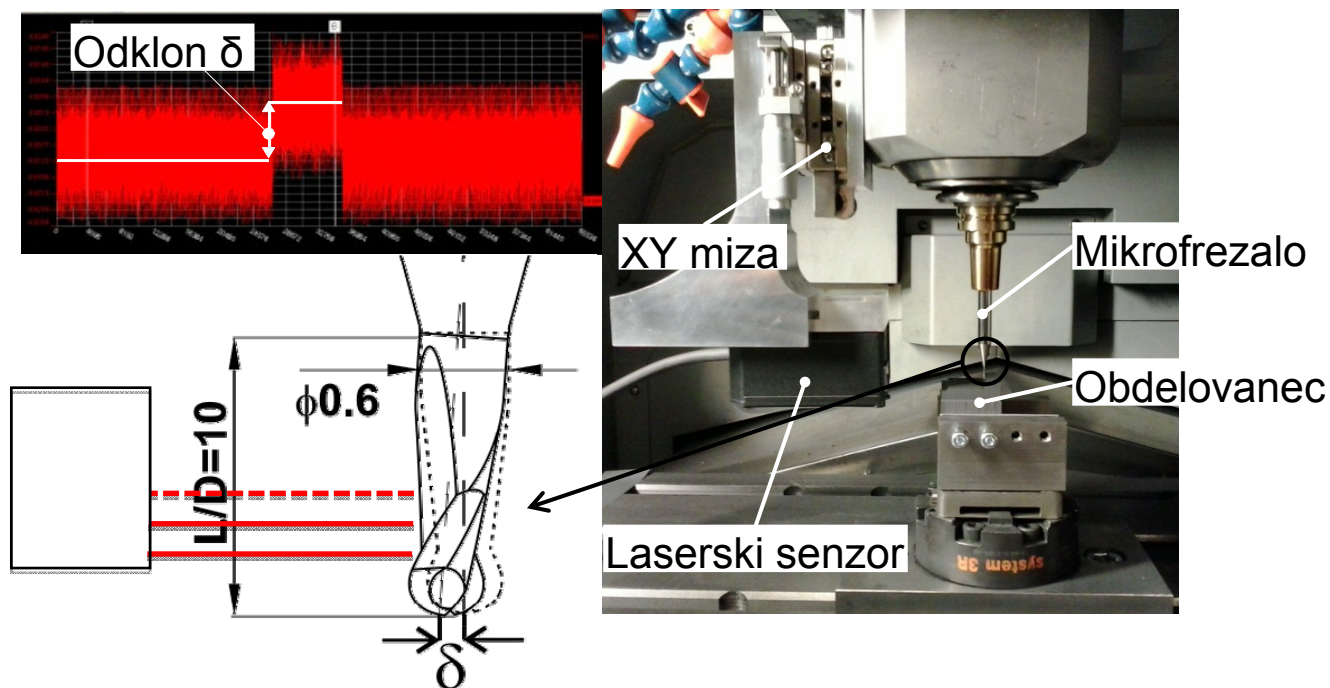
¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00
C0-35-2B-6E-92-7C-9D-79-9E-AE-79-96-31-76-49-6E-F1-FC-80-3C

VEDA

Področje: 2.10 –Proizvodne tehnologije in sistemi

Dosežek 1: Merjenje odklona mikrofrezala Vir: Rezultati laboratorij za odrezavanje UL-FS, ki bodo objavljeni v mednarodni znanstveni reviji



Odklon orodja pri mikrofrezanju je eden ključnih elementov, ki vplivajo na predpisano dimenzijsko natančnost obdelovanca. V našem primeru je bil merjen odklon pri mikrofrezanju finoizrnatnega grafita, ki se v orodjarstvu uporablja za potopno elektroerozijsko obdelavo. Merjenje odklona na kontaktu mikrofrezala in obdelovanca med obdelavo je oteženo, ker odboj točkovnega laserskega žarka ovirajo odrezani delci in prah med obdelavo. Zato so eksperimentalne meritve potekale 0.1 mm višje od kontakta orodje/obdelovanec. Z meritvami na različnih višinah je bila določena odklonska krivulja in nato velikost odklona na mestu kontakta. Da bi dobili različne velikosti odklonskih krivulj so bili variirani rezalni parametri (širina in globina rezanja, podajanje na zob). Na ta način je bila določena vplivnost parametrov in regresijski model za odklon. Na podlagi tega modela je možna optimizacija rezalnih parametrov za doseganje predpisane vrednosti odklona, ki se spreminja glede na tip obdelave (groba, polfina in fina). S tem je moč doseči povečano produktivnost procesa in izboljšati dimenzijsko natančnost obdelovanca ob tem pa se abrazivna obraba orodja zmanjša zaradi krajših poti obdelave.