

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2014/48



ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0248
Naslov programa	Inovativni izdelovalni sistemi
Vodja programa	9006 Mihael Junkar
Obseg raziskovalnih ur	21917
Cenovni razred	B
Trajanje programa	01.2009 - 12.2013
Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)	782 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo 834 DOMEL, Elektromotorji in gospodinjski aparati, d.o.o. 2715 FDS RESEARCH družba za raziskave in razvoj, d.o.o. 7639 Gorenje Orodjarna, d.o.o.
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.05 Materiali

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Povzetek raziskovalnega programa¹

SLO

Globalna ekonomija - katere del je Slovenija – tudi na področju izdelovalnih procesov ustvarja nove pogoje dela, ki temeljijo predvsem na povezovanju, intenzivni uporabi obstoječega in razvijanju novega znanja. Konkurenčnost proizvodnje je pogojena z uporabo novih rešitev na že obstoječih sistemih ter vpeljavo popolnoma novih in izvirnih proizvodov ter storitev. Raziskovalna dejavnost programske skupine je slonela - predstavljeno s sistemsko nomenklaturo - na stalni komunikaciji med realnim izdelovalnim sistemom (MPx) in navideznim, večinoma računalniško podprtim (CAx), oba sistema pa črpata znanje in izkušnje iz baze znanj (CBS) in ga po evalvaciji v MPx tudi oplemenitita.

Glede na predstavljeno paradigmo pristopa smo opisali relacije procesa snovanja mikroizdelka. Izdelan je bil odločitveni sistem za izbiro mikro izdelovalnih procesov. Predlagan koncept je bil uporabljen pri razvoju mikromešalnika in polimernega mikroreaktorja primerne za masovno izdelavo. Nadalje so bile znanstvene študije na tehnologiji mikroelektroerozijskega dolbenja, kjer je bil razvit nov sistem nadzora in kompenzacije elektrode.

Na makro skali smo razvili prototip stroja za rezanje z lednim vodnim curkom in s tem postali ena vodilnih raziskovalnih skupin v svetu na tem področju. V sodelovanju s podjetjem BSH smo razvili in implementirali nove merilne metode in inteligen ten avtomatiziran nadzor za spremljanje delovanja gospodinjskih aparatov.

Na področju metodologije delovanja in prilagajanja izdelovalnih sistemov v maloserijski proizvodnji smo razvili nov koncept enotočkovnega inkrementalnega preoblikovanja s paličastimi orodji – vlečenje vratov. V tem sklopu so bile izvedene analize mehanskih lastnosti magnezijevih zlitin pri povišanih temperaturah.

Z Gorenje Orodjarno smo raziskovali možnosti implementacije visokotr dnostnih jekel v avtomobilski industriji s poudarkom na povečevanju stabilnosti izdelave izdelkov iz te vrste jekel. Analize so bile razširjene tudi na področje preoblikovanja tanke nerjavne pločevine.

Na tematiki pozicioniranja v procesu strege in montaže je del raziskav potekal na razvoju konstrukcijske zasnove hidravličnega in pnevmatičnega ventila primerne ga za vgradnjo piezo aktuatorja. Z računalniško podprtimi metodami je bil razvit visokofrekvenčni preklopni ventil in pripadajoča digitalna enota.

Na področju vodne hidravlike so bile raziskave usmerjene v razvoj testnega ekološko neoporečnega sistema vodne hidravlike. Raziskovalno delo s skupino FDS Research je bilo povezano na področju nadzora in kontrole procesov in ukrepanje v realnem času.

Na področju optimizacije proizvodnih procesov smo opravili oblikovanje modela virtualne orodjarne, verifikacijo postavljenega modela in razvili simulacijski model za testiranje na podatkih iz industrijskega okolja. Prav tako so bili razviti trije modeli velikoserijske proizvodnje z namenom sledenja zalog v vmesnih skladiščih.

Raziskovalna skupina je prav tako prijavila več mednarodnih patentov.

ANG

Global economy - which Slovenia is a part of - in the field of manufacturing processes creates new conditions of work that are primarily based on integration, intensive use of existing and development of new knowledge. Competitiveness of production industry is determined by application of new solutions to existing systems and introduction of completely new and innovative products and services. Research activity of the group was based - presented with system nomenclature - on constant communication between the real manufacturing systems (MPx) and virtual, mostly computerized environment (CAx), where both systems draw knowledge and experience from the established knowledge bases (CBS). After the revaluation in MPx the knowledge base is refined.

According to the presented paradigm, we developed a computer aided process planning system for microproducts according to their specificities. The proposed concept has been used in the development of micromixers and polymer microreactors suitable for mass production. Furthermore, studies on micro electrical discharge milling technology were performed. We developed a new system of process control and electrode wear compensation. On the macro scale, we have developed a prototype machine for ice-jet cutting and thus became one of the leading research groups in the world in this field. In cooperation with the company BSH, we have developed and implemented new measurement methods and intelligent automated control to monitor the performance of household appliances.

In the area of methodology of functioning and adaptability of manufacturing systems in small-scale production, a new concept of single-touch incremental forming with rod tools (drawing necks) was developed. In this frame, analysis of mechanical properties of magnesium alloys at elevated temperatures were carried out.

In cooperation with Gorenje Toolmaking, the possibilities for implementing high-strength steels in the automotive industry were analysed. The focus was on enhancing manufacturing stability of products from these types of steels. Analyses were broadened to the thin stainless steel forming.

In the field of positioning and assembly, a part of research was conducted on a design of hydraulic and pneumatic valves suitable to be driven by a piezo actuator. A high-frequency switching valve and associated digital unit was developed using computer-aided methods.

On the field of water hydraulics, research has been focused on the development of the testing ecologically friendly water hydraulic system. A joint research work with FDS Research has been focused on monitoring and control of processes in real time.

To optimize production processes, a virtual toolmaking model was developed and verified on data from the industrial environment. We also developed three models for large-scale production with the aim to tracking inventories in interim storage.

The research group has also reported several international patent applications.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu²

SLO

Proces snovanja mikroizdelkov ima specifične zakonitosti. Izdelan je bil odločitveni sistem za izbiro mikro izdelovalnih procesov. Predlagani koncept je bil uporabljen na vzorčnem primeru konstrukcije in izdelave mikromešalnika, prilagojenega za izdelavo s postopkom mikro elektroerozijskega dolbenja. Prototip mikromešalnika smo uspešno testirali. Nadalje smo izdelali orodje za mikroinjekcijsko brizganje plastike in izdelali večje število mikromešalnikov iz polipropilena. Tako smo vzpostavili celotno procesno verigo za masovno izdelavo mikromešalnikov.

Izdelali smo sistem sprotnega zasledovanja obrabe elektrode med procesom mikro elektroerozijskega dolbenja, ki omogoča izdelavo kompleksnih mikro oblik na obdelovancu z enostavno obliko elektrode. Razvili smo sistem nadzora in kontrole kompenzacije obrabe elektrode na podlagi podakovne baze, ki vsebuje popis populacije razelektritev in povprečno obrabo, ki jo povzroči enotski dogodek (ena razelektritev), in sprotnega štetja razelektritev.

Razvili smo prototip stroja za rezanje z lednim vodnim curkom. Izvedli smo simulacije fenomenov v rezalni glavi. Zgledi za to ne obstajajo, zato je toliko bolj pomembna pravilna verifikacija simulacij. Merilni sistem s katerim vrednotimo simulacije smo v zadnjem letu dopolnili še z optičnim spremljanjem značilnosti vodnega curka.

Zgradili smo sistem, ki med mešanjem meri lastnosti smetane in zaustavi stroj, ko je smetana dovolj stepena. Postavljena je bila tudi metodologija neporušnega merjenja ostrine rezila. Težišče dela je na študiju mehanizmov rezanja biopolimernih materialov in optimizaciji tega procesa. Razvili in implementirali smo tudi nove merilne metode in inteligen ten avtomatiziran nadzor za spremljanje delovanja gospodinjskih aparatov.

Na področju metodologije delovanja in prilagajanja izdelovalnih sistemov v maloserijski proizvodnji smo razvili nov koncept enotočkovnega inkrementalnega preoblikovanja s paličastimi orodji – vlečenje vratov. Za obvladovanje inovacijskega cikla je novo razvit koncept podkrep ljen z analizo vplivnih parametrov procesa (ANOVA).

Povezava med mikro in mezo nivojem pri preoblikovanju pločevine je bila analizirana na področju določevanja krivulj mejnih deformacij. Slednje so neobhodne pri kakovostnem določevanju meje preoblikovalnosti pločevinskega izdelka. Modificiran je bil Marciniak test, pri katerem je s spremembo oblike preizkušancev bila razširjena njegova uporabnost pri pločevinah za debeline pod 0,5 mm.

Analize mehanskih lastnosti magnezijevih zlitin pri povišanih temperaturah so logično nadaljevanje triletnega projekta MagForge. V okviru nadaljevanja analiz anizotropnega obnašanja ekstrudiranih surovcev za kovanje v vročem je poleg tlačnih preizkusov bil izveden tudi strižni preizkus s »testom klobuka«, ki je noviteta na področju analiz preoblikovalnih lastnosti tovrstnih lahkih zlitin. Z njim se določa dejanske velikosti strižne cone in njeno linearno spreminjanje med samim preizkusom.

Z Gorenje Orodjarno smo raziskovali možnosti implementacije visokotrdnostnih jekel v avtomobilski industriji s poudarkom na povečevanju stabilnosti izdelave izdelkov iz te vrste jekel. Razvoj posplošenega modela stabilizacije procesov oblikovanja pločevinskih

komponent z istočasnim pozicioniranjem v stabilna tehnološka okna je bil zasnovan do nivoja opredelitve ključnih procesnih parametrov za preoblikovalne tehnologije. Za odločitveni sistem za opredeljevanje optimalne tehnologije preoblikovanja smo se usmerili v razvoj sistema za procese preoblikovanja pločevine, sledile pa bodo tudi analize za procese masivnega preoblikovanja. Cilj sistema je opredelitev smernic za preoblikovanje glede na predpisane vhodne parametre za izbiro stabilnega tehnološkega okna posamezne izbrane tehnologije ob minimalni porabi energije.

V Gorenju Orodjarna je bilo izdelano testno orodje za preoblikovanje pločevine in izvedene vrednostne analize za dvosmerni globoki vlek v odvisnosti od hitrosti preoblikovanja in geometrije vlečnih radijev. Izvedena so bila testiranja orodja s ciljem analiz vpliva vrste stiskalnice in hitrosti vleka na preoblikovalne sposobnosti. Na osnovi navedenih znanj je grajena baza znanja parametrov procesov preoblikovanja.

Analize preoblikovanja pločevine v stabilnih tehnoloških oknih so bile razširjene tudi na področje preoblikovanja tanke nerjavne pločevine. Z numeričnimi pristopi napovedovanja preoblikovalnih postopkov so tako bili minimirani vplivi elastičnih izravnavanj izdelkov po samem preoblikovanju in zagotovljenja geometrijska stabilnost tankostenskih izdelkov z visoko izdelovalno natančnostjo.

Na tematiki pozicioniranja v procesu strege in montaže je prvi del raziskav predstavljal razvoj konstrukcijske zasnove hidravličnega in pnevmatičnega ventila primerne za vgradnjo piezo aktuatorja. V ta namen smo izvedli študije, podprte z MKE in CFD optimizacijskimi metodami in razvili matematični ter simulacijski modeli visokofrekvenčnih preklopnih ventilov in digitalne enote. Izdelan je bil tudi prototip hidravličnega digitalnega ventila za katerega smo izvedli podrobnejšo eksperimentalno analizo statičnih in dinamičnih lastnosti. Rezultati eksperimentalnih preizkusov so pokazali, da miniaturizacija komponent in uporaba naprednih piezo aktuatorjev za preklopne ventile malih tokov v veliki meri pripomore k povečanju dinamike ventilov (preklopni čas ventila 0,18 ms) ob znatno manjši porabi energije (do 30%). Izdelal se je tudi prototip digitalne enote primerne za vodno hidravliko. V ta namen smo izdelali vodni hidravlični agregat, preizkuševališče in ustrezne merilne protokole. Uspešnost razvoja predvsem hidravličnega digitalnega piezoventila dokazuje nova prijava projekta ob koncu leta 2013 v sodelovanju s podjetjem Yaskawa Ristro iz Ribnice.

Razviti so bili tudi novi koncepti uporabe piezo aktuatorja hidravličnega preklopnega ventila, ki se lahko uporablja tudi kot samostojna enota za namen pozicijskega ter visokofrekvenčnega kontroliranega krmiljenja vibracij na mikro in nano nivoju v kontaktu orodja in preoblikovanega materiala. Razvita je bila elektronika za krmiljenje digitalne enote za doseganje visoke dinamike obratovanja.

Na področju vodne hidravlike so bile raziskave usmerjene v razvoj testnega ekološko neoporečnega sistema vodne hidravlike, ki ga je mogoče uporabiti v različnih vejah industrije, neposredno pa v podjetju Mapro. Opravila se je tudi raziskava uporabe naprednih kompozitnih materialov in trde zaščitne prevleke za krmilne bate.

Raziskovalno delo raziskovalnih skupin s skupino FDS Research je bilo povezano na področju nadzora in kontrole procesov in ukrepanje v realnem času. Izpostavimo implementacijo brezdotičnega merilnega sistema in razvoj sistema kombinacije strojnega vida in senzorjev za pobiranje neurejenih izdelkov z robotsko roko.

Na področju optimizacije proizvodnih procesov smo opravili oblikovanje modela virtualne orodjarne, verifikacijo postavljenega modela in razvili simulacijski model za testiranje na podatkih iz industrijskega okolja, kar dokazuje uporabnost razvitega modela v praksi. Izdelan je bil simulacijski model sistema v paralelnem montažnem procesu. Prav tako so bili izdelani trije simulacijski modeli za spremljanje gibanja zalog v vmesnih skladiščih na montažni liniji.

Za potrebe optimiranja proizvodnje je bilo izdelano vrednotenje pretoka materialnega

toka v skladišču. Nadalje sta bila razvita dva simulacijska modela. Prvi model zagotavlja ažurno spremljanje gibanja zalog vseh kosov v skladišču na podlagi podatkov o transakcijah za poljubno obdobje. Drugi model pa zagotavlja spremljanje procesa montaže v delavnici na podlagi proizvodnega plana za poljubno obdobje.

Prav tako je raziskovalna skupina razvila programsko orodje, ki avtomatično generira aplikacijo za grafični prikaz strukture izdelka. Struktura izdelka prikazuje zaporedje sestavnih delov pri ročni montaži, in je koristen pripomoček na vsakem montažnem mestu.

Izdelali smo poglobljeno študijo deformacije orodja za brizganje plastičnih mas z MKE analizo, kjer je bil fokus raziskave usmerjen v določanje velikosti vpliva napetosti pri brizganju in posledično deformacijo orodja na spremembo debelino stene izdelka in morebitno nedovoljeno odpiranje orodja.

Raziskovalna skupina je prijavila več patentov med drugim "Provisional patent" v ZDA za aktivno dušenje valov na odprtem morju pri spuščanju globokomorskih sond iz raziskovalnih ladij, ter patent v ZDA, Kitajski, Japonski in EU – z naslovom: Apparatus for retaining package of laminations of an electromagnetic core in device for the production thereof s št. prijave: 13/504,218.

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

SLO

Zastavljen program dela je v celoti realiziran. V skladu s prijavo projekta je bila izdelana študija različnih izdelovalnih tehnologij in poenotenje metodologij. Izbrani so bili ključni povezovalni parametri med posameznimi tehnologijami. Opravljene so bile bazične raziskave in razvoj metodologij, ki omogočajo doseganje v programu zastavljenih ciljev. Izbrane so bile testne tehnologije in postavljena eksperimentalna mesta, izvedeni so bili prenosi tehnologij v navidezno okolje, izdelane izhodiščne občutljivostne analize procesov in zasnovani odločitveni modeli za izbiro optimalnih kombinacij izdelovalnih tehnologij. Postavljena je izdelovalna veriga za izdelavo polimernega mikromešalnika, kjer smo v fazi snovanja uporabili numerične simulacije dinamike fluidov in izdelali mikroorodje za uporabo v postopku mikroinjekcijskega brizganja. Identificirali smo vplivne parametre pri mikro elektroerozijskem dolbenju za sproten nadzor obrabe elektrode in izvedli ustrezno ukrepanje v realnem času.

V širšem projektne okviru je bila razvita nova tehnologija rezanja z lednim vodnim curkom (LVC). Razvoj smo podprli z metodami modeliranja, novimi merilnimi metodami in vrednotenjem trajnostnega vidika nove tehnologije. Izdelana je bila tehnološka baza podatkov za rezanje z LVC. Realizirali smo optimizacijo prebijanja lukenj z AVC v kompozitne materiale. Razvili smo novo merilno metodo za merjenje ostrine rezil v malih gospodinjskih aparatih in napravo za spremljanje obremenitve malih gospodinjskih aparatov.

Razviti so matematični in simulacijski modeli digitalnega hidravličnega in pnevmatičnega ventila in primerjani z eksperimentalnim delom. Izdelan je prototip digitalnega hidravličnega ventila. Končan je bil razvoj in zasnova testnega hidravličnega sistema in ekološko neoporečnega sistema vodne hidravlike. Izvedli smo testni zagon obeh sistemov, meritve digitalnega ventila in analizo rezultatov. Rezultati simulacij in končnih testiranj so pokazali smotno uporabo naprednih aktuatorjev za namen preklopa ventila z vidika povišanja dinamike obratovanja in znatnega zmanjšanja potrebne energije za preklop. Izdelani simulacijski modeli se uporabljajo v podjetjih Gorenje d.d. in Yaskawa Slovenija d.o.o. za optimiranje izvajanja proizvodnih procesov. Program za grafični prikaz strukture izdelka in dodanih montažnih navodil v podjetju Yaskawa Slovenija d.o.o. se uporablja v ročni montaži varilnih priprav.

Z MKE analizami temelječimi na realnih vhodnih parametrih uporabljenih materialov in procesov preoblikovanja je bila za testni izdelek izvedena občutljivostna analiza variacije ključnih vhodnih parametrov globokega vleka ob upoštevanju hitrosti deformacije na preoblikovalne lastnosti materiala. Primerjava virtualnih in realnih podatkov pri preoblikovanju pločevine je pokazala, da je v realnem okolju nujno potrebno dodatno upoštevati tudi lastnosti posamezne stiskalnice, ter dinamične in tribološke lastnosti preoblikovanja. V sodelavi z Gorenjem Orodjarno so bile izvedene prve implementacije vročega preoblikovanja visokotrdnostnih jekel na področju bele tehnike.

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

Ker se je upokojil dosednji nosilec programske skupine, je novi vodja postal prof.dr. Mihael Junkar.

Zaradi ukinitve raziskovalne skupine je industrijski partner FDS research izstopil iz programske skupine. Zadolžitve in raziskovalno področje industrijskega partnerja FDS research je prevzel laboratorij LASIM.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	12668443	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Dvostopenjski protokol za načrtovanje mikromešalnika z utori
		<i>ANG</i>	Two-step design protocol for patterned groove micromixers
	Opis	<i>SLO</i>	Mikromešalnik je ključna komponenta mikroreaktorskega sistema. V pričujočem delu je predstavljen dvostopenjski protokol za načrtovanje mikromešalnika, ki temelji na uporabi numeričnih simulacij. V prvem koraku določimo optimalno geometrijo kljukastega utora (ang. staggered herringbone grooves) z določitvijo optimalne velikosti vektorja prečne hitrosti tekočine v_{AVGyz} na koncu utora. V drugem koraku je potrebno preveriti različne konfiguracije večih utorov. Geometrija mikromešalnika, ki izhaja iz predlaganega dvostopenjskega protokola, izkazuje boljše mešanje v primerjavi z uveljavljenimi geometrijami iz literature. Hkrati je za učinkovito mešanje potrebno uporabiti mnogo manj utorov. Geometrija mikromešalnika z manjšim številom zaokroženih utorov je mnogo primernejša za izdelavo z mikroinženirskimi izdelovalnimi tehnologijami. Obenem smo dosegli dobro mešanje z geometrijo zaokroženih poševnih utorov (ang. slanted grooves). Za namen verifikacije je bil izdelan prototip mikromešalnika z zaokroženimi utori s tehnologijo mikroerozijskega dolbenja, kjer smo opazili dobro ujemanje poteka tokovnega vzorca z numeričnimi simulacijami. Glavna prednost predstavljenega dvostopenjskega protokola je preprostost uporabe pri načrtovanju mikromešalnika.
		<i>ANG</i>	Micromixers are essential components of microreactor technology. In this paper, a simple two-step design protocol for patterned groove micromixers based on numerical simulations is presented. In the first step, one groove of the staggered herringbone micromixer (SHM) is designed based on the average magnitude of transversal velocity v_{AVGyz} at the end of the groove. In the second step, different configurations of six grooves are investigated. A slightly better mixing is achieved compared to the established SHM and significantly fewer grooves are needed. Due to fewer grooves and rounded groove corners, the new design is easier to be produced by microengineering technologies (MET). Additionally, good mixing was also achieved with a modified slanted groove micromixer (SGM) configuration with the largest rounding radius at the edges. A SGM prototype was machined by micro EDM milling. The simulation results were experimentally verified with flow visualization and a good agreement was observed. The presented protocol vastly reduces the number of optimal patterned groove geometry configuration candidates to be evaluated; it is simple and effective for practical applications.
	Objavljeno v		Institution of Chemical Engineers; Transactions of the Institution of Chemical Engineers; 2013; Vol. 91, iss. 5; str. 778-788; Impact Factor: 1.927; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.598; WoS: II; Avtorji / Authors: Sabotin Izidor, Tristo Gianluca, Junkar Mihael, Valentinčič Joško

	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	10980635	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava za merjenje premera abrazivnega vodnega curka
		ANG	An instrument for measuring abrasive water jet diameter
	Opis	SLO	Če želimo izboljšati natančnost obdelave z abrazivnim vodnim curkom (AVC), je potrebno poznati natančno vrednost premera curka. Zaradi izredno velike hitrosti vodnega curka (VC) in agresivnih razmer na mestu vpada AVC premera ni lahko izmeriti. Zato je bila razvita merilna naprava, ki meri silo curka, medtem ko curek preide preko robu testne ploščice. Če je translacija rezalne glave konstantna in poznamo čas, ki je potreben da curek preide čez rob na merilni napravi, lahko določimo premer curka. Ker je obraba testne ploščice v začetku predstavljal problem v predhodnih testih, smo z dodatnimi testi določili merilno negotovost in točnost naprave. Z napravo so bile nato izvedene meritve na dveh pospeševalnih šobah zarličnih premerov.
		ANG	In order to improve the accuracy of abrasive water jet (AW) machining the precise value of the jet diameter has to be known. Because of an aggressive environment caused by high velocity abrasive grains, the diameter is not easily measured. That is why a measuring device consisting of a load cell and a wear resistant probe was developed. The device measures the force of the jet while it passes over the edge of the probe. If the feed rate of the jet is constant and the time needed for jet to pass is known, the diameter can be determined. Because of probe wear issue several preliminary tests were made with water jet only in order to determine the measuring uncertainty and accuracy of the device. In the end the measurement of the AWJ was performed for two different focusing nozzles of different diameters.
	Objavljeno v	Pergamon; International journal of machine tools & manufacture; 2009; Vol. 49, iss. 11; str. 843-849; Impact Factor: 1.956; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.969; A': 1; WoS: IK, IU; Avtorji / Authors: Orbanić Henri, Bajsič Ivan, Junkar Mihael, Lebar Andrej	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	35979781	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Primerjava dveh mikromehanskih modelov za napovedovanje elastoplastičnih odzivov lesnopolimernega kompozita
		ANG	Comparison of two micromechanical models for predicting elasto-plastic response of wood-plastic composites
	Opis	SLO	V članku je bil analiziran mehanski odziv polimerov z lesnimi in celuloznimi polnili in njegova primerjava z analitičnimi modeli. Za modeliranje elastoplastičnega odziva lesnopolimernega kompozita sta bili uporabljeni dve semianalitični mikromehanski metodi: MoriTanaka metoda (MTM) in generalizirana metoda celic (GMC). Za eksperimentalne namene so bili injekcijsko brizgani preizkušanci sestavljeni iz matrike polipropilena (PP) ali polistirena (PS) napolnjene z majhnimi lesenimi delci ali celuloznimi vlakni različnih dolžin za analizo različnih razmerij dolžine delcev napram njihovi širini kot tudi različni volumski deli teh delcev v osnovni atriki. Z nateznimi preskusi so bili pridobljeni eksperimentalni podatki, ki so bili nato primerjani z izračunano napovedjo predlaganih mikromehanskih modelov za testiranje njihove uporabnosti. Primerjava rezultatov kaže, da lahko obe metodi natančno napovesta odziv kompozita v elastičnem območju. MoriTanaka metoda dosega boljše rezultate pri napovedovanju plastičnih deformacije lesnopolimernih kompozitov.
			The mechanical response of wood- and cellulose-filled polymers and its comparison to analytical models is studied in this article. To model the elasto-plastic response of the wood-plastic composite (WPC), two explicit

		ANG	semi-analytical micromechanical methods were used: Mori-Tanaka Method (MTM) and Generalised Method of Cells (GMC). For experimental purpose, several test specimens composed of matrix polypropylene (PP) or polystyrene (PS) and filled with wood or cellulose short fibres of different length to width aspect ratio and various volume fractions were injection moulded. Tensile testing was then used to gain experimental data, which were then compared to the calculated prediction of proposed micromechanical models to test their applicability. The comparison of results show that both methods can accurately predict the response of the composite in the elastic area; however Mori-Tanaka Method can achieve better results when forecasting plastic deformations of wood-plastic composites.
	Objavljeno v		Elsevier; Composites; 2012; Vol. 43, no. 3; str. 1500-1507; Impact Factor: 2.143;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.089; A': 1; WoS: IF, QH; Avtorji / Authors: Hančič Aleš, Kosel Franc, Kuzman Karl, Slabe Janez Marko
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	10919195	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Avtonomni sistem za identifikacijo porušitve pri inkrementalnem preoblikovanju pločevine
		ANG	Autonomous on-line system for fracture identification at incremental sheet forming
	Opis	SLO	Preden izberemo tehnologijo preoblikovanja za določen izdelek je potrebno poznati mejne vrednosti preoblikovanja. Za to se običajno uporabljajo t.i. diagrami mejnih deformacij, ki zahtevajo uporabo dejanskih preizkusov. Ker pa je tehnologija IP relativno dolgotrajen proces je bil razvit avtonomen sistem za sprotno identifikacijo mejne preoblikovalnosti. Sistem omogoča samodejno zaustavitev procesa v trenutku, ko se na površini obdelovanca pojavi porušitev. To omogoča zmanjševanje stroškov povezanih s stroški operaterja in izvedbe dejanskih eksperimentalnih testov.
		ANG	Before starting, the production forming processes require real experiments in order to accurately define forming limits. For this reason and because incremental sheet metal forming technology requires a relatively long production time, an autonomous on-line system for fracture identification has been developed. The system is a versatile tool for the identification of the location and time of the occurrence of the fracture, without human influences or oversight. The system is based on an investigation of the forming forces, responsive to very small variations, appearing during the forming process, and works effectively with different material types, material thicknesses and product shapes.
	Objavljeno v		Technische Rundschau;Hallwag Verlag;Colibri; CIRP annals; 2009; Vol. 58, issue 1; str. 283-286; Impact Factor: 1.603;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.067; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Petek Aleš, Kuzman Karl, Suhač Blaž
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	13237531	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zanesljivost kompenzacije obrabe elektrode na podlagi odnešenega materiala v eni razelektritvi pri mikro elektroerozijskem dolbenju
		ANG	Reliability of electrode wear compensation based on material removal per discharge in micro EDM milling
	Opis	SLO	Prispevek obravnava zanesljivost predikcije odnešenega materiala obdelovanca v eni razelektritvi (MRD) za kompenzacijo obrabe elektrode glede na odnašanje materiala obdelovanca. Eksperimentalno delo obsega štetje razelektritev in avtomatsko merjenje volumna odnešenega materiala

		za različne obdelave od fine do fine. Ugotovljeno je, da MRD pada z globino obdelave in doseže stabilno vrednost po nekaj odnešenih plasteh. Na podlagi pridobljenih informacij glede MRD in na podlagi štetja razelektritev je zgrajen in verificiran simulacijski model odnašanja materiala.
	ANG	This paper investigates the reliability of workpiece material removal per discharge (MRD) estimation for application in electrode wear compensation based on workpiece material removal. An experimental investigation involving discharge counting and automatic on the machine measurement of removed material volume was carried out in a range of process parameters settings from fine finishing to roughing. MRD showed a decreasing trend with the progress of the machining operation, reaching stabilization after a number of machined layers. Using the information on MRD and discharge counting, a material removal simulation tool was developed and validated.
Objavljeno v		Technische Rundschau;Hallwag Verlag;Colibri; CIRP annals; 2013; Vol. 62, iss. 1; str. 179-182; Impact Factor: 2.251;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.159; A': 1; WoS: IJ, IK; Avtorji / Authors: Bissacco Giuliano, Tristo Gianluca, Hansen H. N., Valentinčič Joško
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	264698624 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Alternativne tehnologije
		ANG Alternative machining technologies
	Opis	SLO V učbeniku je na didaktični način poglobljeno predstavljen širok spekter alternativnih tehnologij: elektroerozijska obdelava, rezanje z abrazivnim vodnim curkom, lasersko, plazemsko in plamensko rezanje, elektrokemijska in kemijska obdelava ter ultrazvočna obdelave. Postopki so obravnavani na aplikativni ravni, vendar določenih teoretičnih izhodišč ni bilo mogoče obiti. Tako učbenik ni namenjen samo študentom, ki poslušajo predmet Alternativne tehnologije v tretjem letniku visokošolskega strokovnega študijskega programa I. stopnje na Fakulteti za strojništvo, ampak tudi študentom prvega letnika magistrskega študijskega programa II. stopnje, ki predvsem teoretično znanje, podano v učbeniku, nadgradijo s snovjo pri predmetu Nekonvencionalni procesi. Tudi inženirji, ki se vsakodnevno srečujejo z izzivi sodobne proizvodnje, bodo v tem delu našli veliko koristnih informacij in obogatili svoje znanje.
		ANG The textbook thoroughly presents a wide range of alternative technologies: electrical discharge machining, abrasive water jet cutting, laser, plasma and flame cutting, electrochemical and chemical machining and ultrasound machining. The procedures are examined on the applicative level, however, certain theoretical issues could not be ignored. Thus, a textbook is adequate/appropriate not only for students who enroll Alternative technologies in the third year of bachelor program (I. degree) at the Faculty of Mechanical Engineering, but also for students of the first year master's program (II. degree) who upgrade the theoretical knowledge gained from the textbook, with subject of the course Unconventional processes. Even engineers who are constantly faced with the challenges of modern production, will in this textbook obtain a lot of useful information and enrich their knowledge.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo

	Objavljeno v	Fakulteta za strojništvo; 2012; 220 str.; Avtorji / Authors: Valentinčič Joško, Orbanić Henri, Kramar Davorin, Junkar Mihael	
	Tipologija	2.03 Univerzitetni, visokošolski ali višješolski učbenik z recenzijo	
2.	COBISS ID	11826203	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava za sprotno krmiljenje rezanja z abrazivnim vodnim curkom
		ANG	Device for online monitoring and control of AWJ machining system
	Opis	SLO	Predmet izuma je sklop naprave in metod za določitev indeksa učinkovitosti pri rezanju z abrazivnim vodnim curkom, ki nedvoumno definira obliko reza za določen material, kot tudi hrapavost površine in koničnost reza, zatorej ga lahko uporabimo pri sprotne krmiljenju rezanja z abrazivnim vodnim curkom.
		ANG	The subject of the present invention is an arrangement of devices and a method for determining an efficiency index in abrasive waterjet cutting, i.e. the index unambiguously defining for a certain material the shape of a cut, roughness of surfaces created by cutting, their conical nature depending on the incidence angle of the abrasive waterjet and application thereof in a device for simultaneous control of abrasive waterjet cutting.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2011; 1 listina; Avtorji / Authors: Lebar Andrej, Cvjetičanin Mladen, Orbanić Henri, Junkar Mihael, Poredoš Alojz	
	Tipologija	2.24 Patent	
3.	COBISS ID	34102021	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Pršilnik za ciljno nanašanje fitofarmaceutskih pripravkov v trajnih nasadih
		ANG	Sprayer for targeted application of phytopharmaceutical preparations in permanent crops
	Opis	SLO	Pršilnik za ciljno nanašanje fitofarmaceutskih pripravkov v trajnih nasadih je kot vozni priklopnik ali pa kot standardni traktorski tritočkovni priključek. Na ogrodje so nameščeni posoda za škropivo, puhalo za tvorbo zračnega curka, nosilec pršilnega sklopa in tudi dodatni elementi, kot npr. črpalka za škropivo v tekoči obliki, ventili za krmiljenje tekočega škropiva, cevi za vodenje zraka iz puhala, krmilni sklop s tipali.
		ANG	A sprayer for targeted application of phytopharmaceutical preparations in permanent crops is designed as a trailer or as a standard threepoint agricultural tractor attachment. On a frame there may be a vessel for spray chemicals, a compressor for the creation of an air jet, a support of a sprayer assembly and also additional elements like a pump for liquid spraying chemicals, valves for liquid chemicals control, ducts for conducting air from said compressor and a control assembly with sensors.
	Šifra	F.33 Patent v Sloveniji	
	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2010; 7 str.; Avtorji / Authors: Jejčič Viktor, Hočevar Marko, Godeša Tone, Herakovič Niko	
	Tipologija	2.24 Patent	
4.	COBISS ID	11812635	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	ArtMe individualni design za fasadne panele
		ANG	ArtMe - individual design for the building envelope
	Opis	SLO	ArtMe je najnovejši, edinstveni, hightech koncept oblikovanja fasadne površine, ki omogoča neomejeno število oblik, vzorcev in vizualne ucinke za dramaticne, individualne in poudarjene rezultate na fasadi ovojnice panela. Koncept ArtMe je bil razvit v sodelovanju podjetij Trimo Trebnje, Gorenje Design Studio, d.o.o. in Fakultete za strojništvo Ljubljana. Med izdelki s področja ognjevarnih streh in fasad je ArtMe edini izdelek, ki je v letu 2010

		prejel prestižno oblikovalsko nagrado RedDot. ArtMe je nagrado prejel med 4.252 prijavljenimi deli iz 57 držav.
	ANG	ArtMe is the latest, unique, hightech facade surface treatment that allows literally unlimited shapes, patterns and visual effects for dramatic, individual and expressive results in facade envelope design. ArtMe concept was developed in cooperation of Trimo Trebnje, Gorenje Design Studio, Ltd. and the Forming Laboratory of Faculty of Mechanical Engineering, Ljubljana. Among the products in the field of fire-resistant roofs and facades is ArtMe only product, which in 2010 received the prestigious design award Reddot. ArtMe received the award among 4252 proposals from 57 states.
	Šifra	E.02 Mednarodne nagrade
	Objavljeno v	Red dot; Red dot design yearbook 2010/2011; 2010; Str. [1-4]; Avtorji / Authors: Zaletelj Viktor, Cugelj David, Hribernik Saša, Jenko Rok, Petek Aleš, Kuzman Karl
	Tipologija	1.25 Drugi sestavni deli
5.	COBISS ID	13269531 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO ASM'13, Posvet Avtomatizacija strege in montaže (ASM '13) 2013, Ljubljana, 4.12. 2013
		ANG Conference: Automation of Handling and Assembly (ASM '13) 2013, Ljubljana, 4th of Dec 2013
	Opis	SLO Deseti posvet ASM '13 je bilo srečanje, na katerem so bile obravnavane številne aktualne teme s področja avtomatizacije proizvodnje, s posebnim poudarkom na avtomatizaciji strege in montaže. Mednje sodijo teme kot so robotika v strežnih in montažnih sistemih, programiranje robotov, uporaba v različnih aplikacijah, krmiljenje robotiziranih strežnih in montažnih naprav ter procesov, povečanje učinkovitosti strežnih in montažnih sistemov ter procesov, avtomatizacija strege in montaže, senzorji v strežnih in montažnih napravah ter procesih, zagotavljanje kakovosti v stregi in montaži itd.
		ANG The tenth conference ASM '13 was a meeting at which many topical issues in the field of production automation were discussed, with specialempphasis on handling and assembly automation. There are included topics such as robotics in handling and assembly systems, robot programming, use in various applications, control of robotized handling and assembly devices and systems, increasing the efficiency of handling and assembly systems and processes, handling and assembly automation, sensors in handling and assembly devices and processes, quality assurance in handling and assembly processes etc.
	Šifra	F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)
	Objavljeno v	[Fakulteta za strojništvo, LASIM]; 2013; 146 str.; Avtorji / Authors: Herakovič Niko, Debevec Mihael, Pipan Miha, Adrovič Edo
	Tipologija	2.30 Zbornik strokovnih ali nerecenziranih znanstvenih prispevkov na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati programske skupine²

Tu je podjetje, ki zaradi skrivanja njihove smeri razvoja ne želi biti imenovano, je investiralo dobrih 13.000 € v nadaljnji razvoj IceJet tehnologije.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Kot pomembnejši prispevek k znanosti vsekakor štejemo razvoj temeljnih znanstvenih metod za razvoj in optimizacijo matematičnega modela digitalnega ventila s piezo-aktuatorskim sistemom, ki ga do danes v takšni obliki še nismo zasledili. Pri tem smo upoštevali vse vplivne parametre. Takšna podrobna analiza in matematični model omogočata nadaljnji razvoj in modeliranje tudi drugih ventilskih sistemov s piezo aktuatorji, obenem pa je možno izsledke uporabiti tudi na drugih tehniških področjih.

Postavljeni modeli in izvajanje simulacije nudijo zelo uporaben pripomoček za učenje in izobraževanje vrhunskih strokovnjakov in raziskovalcev na področju načrtovanja proizvodnih planov in proizvodnih sistemov. Tem raziskovalcem modeli in simulacije nudijo testno okolje v katerem lahko testirajo svoje pridobljene rezultate raziskav.

Na področju mikrotehnologij smo postavili in verificirali dva koncepta spremljanja obrabe elektrode pri mikroelektroerozijskem dolbenju in praktično izvedli kompenzacijo obrabe elektrode. V primerjavi z obstoječimi komercialnimi rešitvami oba koncepta omogočata natančnejšo kompenzacijo obrabe elektrode z manj prekinitvami obdelave. S tem smo tudi dokazali, da je poznavanje populacije razelektritev in štetje razelektritev dovolj za izvedbo predikcije obrabe elektrode.

Razvili smo novo mikroreaktorsko enoto, katere najpomembnejša funkcionalna enota je mikromešalnik. Mikromešalnik smo načrtovali s pomočjo razvitega numeričnega modela, ki sklaplja tokovno dinamiko tekočin ter pojav konvekcije in difuzije. Tako je nastala nova oblika mikromešalnika, ki učinkovito meša tekočine v laminarnem toku in je primerna za masovno proizvodnjo. Na novo zasnovana mikroreaktorska enota je bila preizkušena s sintezo ionskih tekočin. Rezultati so pokazali mnogo boljše učinkovitost sinteze v primerjavi z uveljavljenimi postopki sinteze. Hkrati je končni produkt mnogo čistejši v primerjavi z uveljavljenimi metodami, s čimer smo demonstrirali prednosti mikrostrukturnih reaktorjskih sistemov pri uporabi v kemični procesni industriji.

Pomembno raziskovalno delo je bilo opravljeno na področju tehnologije rezanja z lednim abrazivnim vodnim curkom (LAVC). Pri tej tehnologiji mineralni abraziv nadomestimo z ledenimi zrni, ki se po obdelavi stopijo in ne kontaminirajo obdelovanca. Pri razvoju prototipa naprave za obdelavo z LAVC smo preiskusili v glavnem dva pristopa in sicer: a) vodo zamrzujemo pri atmosferskem tlaku in b) vodo močno podhladimo, krepko pod 0 oC pri zelo visokem tlaku, ki zmrzne zaradi Joul-Thomsonovega efekta, ko pride na tlak okolice. Z MKE in validacijo z eksperimenti smo pokazali, da zaradi trenja in dela, ki ga opravi sila tlaka nad tekočino ta pristop ne obrodi željenih ciljev. Dokazali pa smo, da pristop a) s predpripravljenimi ledenimi zrni deluje, še posebej če sinergijsko pristop a) dopolnujemo tudi z elementi pristopa b) s podhlajeno vodo.

Na področju preoblikovanja je bil razvit nov koncept inkrementalnega preoblikovanja, ki omogoča izvleke vratov in stranskih izsekov geometrijsko kompleksnih izdelkov pri izdelavi prototipov in malih serij. Pri tem smo upoštevali vse vplivne tehnološke parametre, ki ključno vplivajo na uporabnost predstavljene tehnologije. Implementacija tehnologije je povezana tudi z določevanjem krivulj mejnih deformacij, za katere smo izpopolnili obstoječo metodo Marciniakovega preizkusa pri določevanju preoblikovalnosti tankih pločevin in folij.

Na področju določevanja preoblikovalnih lastnosti materialov smo za potrebe opredelitve strižnih napetostno-deformacijskih stanj pri vročem kovanju Mg-zlitin izpopolnili strižni "preizkus klobuka". Pri tem smo za razliko od drugih avtorjev analizirali strižne napetosti na dejanskem obremenitvenem preseku in s tem izboljšali dejanski popis strižnih napetost v analiziranem preseku opravljenega modelnega preizkusa. Analize so bile izvedene najprej v digitalnem okolju in nato overjene z eksperimenti.

ANG

A high scientific contribution of the research work presents the development of the mathematical and simulation model of the digital piezo actuator inserted into the hydraulic valve. That kind of model cannot be found in the previous research works worldwide. All major influential parameters are considered in the mathematical and simulation model. The very deep

mathematical approach included in all models, allows us to simulate similar piezo valves or other components concerning the hydraulic applications.

Developed models and simulation performing provide a very useful tool for learning and training top professionals and researchers in the field of production planning and designing of production systems. For these researchers the models and simulations ensure a test environment in which the users test their acquired research results.

On the field of microtechnologies two new concepts of electrode wear acquisition in micro EDM milling were established and verified. The wear compensation was demonstrated on the machine. Comparing with commercially available solutions both concepts enables more accurate compensation of tool wear with less interruptions of the machining process. It was proven that characterisation of discharge pulse population and counting of discharges is sufficient for electrode wear prediction.

A new microreactor system unit has been developed. The most important functional unit of the microreactor is micromixer. Micromixer was designed using FEM numerical modelling that implements fluid dynamics with convection-diffusion physics. A new design of a micromixer was developed that is very efficient in mixing liquids in laminar flow and it is suitable for mass production.

The newly designed microreactor unit was tested with the ionic liquids synthesis. The results show much better synthesis efficiency with respect to established synthesis routes. Furthermore, the final product is much cleaner as compared to established synthesis procedures. By this the advantages of microstructured reactor systems were demonstrated in chemical process industry.

Important research work was done on the technology of Ice Abrasive Water Jet (IAWJ) cutting. In this technology mineral abrasive is replaced with ice grains that melt away after the machining, leaving the work-piece uncontaminated. Several different approaches to this technology were studied and applied during the development of a prototype for ice jet machining. Water can be a) frozen either at ambient pressure to generate the ice, or b) cooled far below 0 oC at very high pressure and frozen due to Joule-Thompson effect when exposed to the ambient pressure. By FEM and validated by experiments it was found, that due to the friction and work done upon the water the latter approach b) is not fruitful. It was also found that insertion of ice grains approach a) in synergy with elements of b) approach can derive functional device.

In the field of metal forming a new incremental forming concept was developed which enables hauls of necks and side extracts on geometric complex products in the production of prototypes and small series. All influential technologic parameters affecting the applicability of the presented technology were considered during the process evaluation. Implementation of this technology is combined also with determination of forming limit curves (FLC). Improvements of existing methodology of Marciniak test used for determination FLC of thin sheet metals and foils were performed.

Considering determination of forming properties of materials it was required to identify the shear stress-strain states in hot forging of Mg-alloy. The shear "hat test" was improved. In contrast to other authors the shear stress on the actual cross-section of a load was analysed. This enabled enhanced description of actual shear stress in the cross-section of analysed model test. Analyses were performed first in the digital environment and then verified by the experiments.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Razvoj prototipa rezanja z lednim vodnim curkom predstavlja najnovejši trend razvoja tehnologije rezanja in obdelave z abrazivnim vodnim curkom. Zamenjava abrazivnih zrn z ledenimi zrni pomeni čistejšo obliko obdelave in odpira nova področja uporabe, kot sta živilska industrija in medicinske aplikacije. Razvit delujoč prototip je požel veliko zanimanja med nekaterimi evropskimi podjetji. Za dejansko industrijsko aplikacijo je potrebno razvoj

nadaljevati in preseči ozko grlo, ki ga predstavljata visoka cena in stabilnost obratovanja stroja. Nadejamo se uspešne prijave na večji projekt iz EU sheme financiranja.

Na področju mikrotehnologij so bile izvedene študije sprotne kompenzacije obrabe elektrode pri procesu mikro elektroerozijskega dolbenja. Rezultat študije je izvedba dveh novih metod za kompenzacijo obrabe elektrode, ki omogočata sprotne popravke njene dolžine in s tem zagotavljata višjo natančnost izdelave. Sistem je razvit do te mere, da je primeren za implementacijo na stroju. V drugem delu so bile izvedene raziskave na razvoju mikrofluidne platforme – mikroreaktorja, ki omogoča procese kemične sinteze v izredno nadzorovanem okolju. Cenovno ugodne mikroreaktorske enote so bile uspešno preizkušene v laboratorijskem okolju, kjer so izkazale višjo produktivnost sinteze in mnogo višjo čistost končnega produkta v primerjavi s klasičnimi (šaržnimi) sistemi.

Zgradili smo sistem, ki med mešanjem meri lastnosti smetane in zaustavi stroj, ko je smetana dovolj stepena. Postavljena je bila tudi metodologija neporušnega merjenja ostrine rezila. Oba sistema sta že v uporabi v slovenski podružnici podjetja BSH iz Nazarji. Razvili in implementirali smo tudi nove merilne metode in inteligen ten avtomatiziran nadzor za spremljanje delovanja gospodinjskih aparatov.

Novi digitalni ventil DPVL-20 ima boljše dinamične karakteristike od obstoječih, iz literature znanih, visoko-dinamičnih hidravličnih ventilov. Zaradi izboljšanih dinamičnih karakteristik bo novi ventil uporabljen pri razvoju izboljšanih visoko dinamičnih ter natančnih strežnih, montažnih, pozicionirnih, vibracijskih in drugih sistemov. Kot samostojna enota je piezo-aktuatorski sistem uporaben v aplikacijah natančnega mehanskega pozicioniranja ločljivosti nanometrov. Možnost uporabe takšnih sistemov bo v bodoče razširjena tudi na sisteme za kontrolirano krmiljenje visokofrekvenčnega harmoničnega spreminjanja tlačne sile v preoblikovalnih procesih. Omenjene raziskave bodo opravljene v prihodnjih raziskovalnih nalogah.

Postavljeni modeli in izvajanje simulacije nudijo zelo uporaben pripomoček za učenje in izobraževanje vrhunskih strokovnjakov in raziskovalcev na področju načrtovanja proizvodnih planov in proizvodnih sistemov. Tem raziskovalcem modeli in simulacije nudijo testno okolje v katerem uporabniki testirajo svoje pridobljene rezultate raziskav. Uporaba simulacije za Slovensko industrijo pomeni znižanje stroškov, mrtvih časov in zvišanje učinkovitosti. Obenem je preko simulacije lažje vrednotiti načrtovane proizvodne sisteme brez poseganja v dejanski proizvodni sistem in s tem se izognemo potencialni povzročitvi poškodb dejanskega proizvodnega sistema. Prav tako je razvoj sistema za prikaz strukture izdelka na ročnem montažnem mestu skupaj z uvedbo vitke proizvodnje omogočil skrajšanje časa ročne montaže v slovenskem podjetju za 50%.

Nova tehnologija inkrementalnega preoblikovanja je bila uspešno implementirana v več slovenskih podjetjih. Z razvojem tehnologije in opredelitvijo stabilnih pogojev izdelave se je omogočilo razvoj aplikacij na področju gradbenih fasadnih panelov s ciljem povečevanja dodane vrednosti produkta in izboljševanja njegove trdnosti z vnašanjem vnaprej preračunanih struktur v pločevinsko površino. Skupaj s podjetjem Trimio je Laboratorij za preoblikovanje prejel tudi prestižno nagrado RedDot za industrijsko oblikovanje. S njo se je prepoznavnost uporabljene tehnologije in slovenskih produktov še dodatno povečala.

ANG

We have developed a prototype for cutting with ice abrasive water jet (IAWJ) which is the latest research trend of abrasive water jet (AWJ) technology. The substitution of mineral abrasives with ice particles means cleaner technology, thus opening new windows of application such as food industry and medical applications. The developed prototype has already attracted the attention from some of European biggest food processing companies. However, it is necessary to overcome the high running costs of this technology as well as stabilize the process itself. Thus we are hoping to successfully apply for a bigger project inside Horizon 2020 scheme.

The systems for on-line compensation of electrode tool wear in micro EDM milling were developed. Two new methods were developed that compensate electrode length wear on-line and thus enable higher machining accuracy. The system is ready to be implemented on the machine. In the second part, the research on microfluidic platform (microreactor) were

conducted, which enables chemical synthesis processes in highly controlled environment. Cost effective microreactor units have been successfully tested in a laboratory environment. Higher productivity and more clean products were achieved compared to classical (batch) systems.

We have designed and built a system for measuring the properties of whipped cream during the mixing process which stops the machine when the cream is done. We have also set up a non-destructive methodology for measuring sharpness of blades. Both systems are already in use by the Slovenian branch of BSH company in Nazarje. Furthermore, we have developed and implemented new measuring methods as well as an intelligent automated monitoring system for household appliances.

New digital hydraulic valve DPVL-20 has much better dynamic characteristics comparing the other high-response valves existing on the world market. Therefore the new valve can be used in high-response hydraulic applications (positioners, assembly and handling systems, vibrating systems, etc...) where the fast response and precise positioning needs to be assured.

The new piezo actuator, as standalone unit, can be used in mechanical position systems where the resolution under the micron can be achieved. The digital piezo valve can also be used as system for controlling the high frequency harmonic pressure force in the field of metal forming processes. The research work related in this field will be done in the next two years.

Developed models and simulations provide a very useful tool for learning and training top professionals and researchers in the field of production planning and designing of production systems. For these researchers the models and simulations ensure a test environment in which the users test their acquired research results. For Slovenian industry the use of simulation means lower costs, less dead time and increased efficiency of production. At the same time through the simulations it is easier to evaluate planned production systems without interventions in the real production system and thus we avoid of potential damage causing on the real production systems. And the developed system for display the product structure on manual assembly workplace together with the introduction of lean production enable shortening the time of manual assembly in the Slovenian company for 50%.

The new incremental forming technology has been successfully implemented in a number of Slovenian companies. With the development of technology and the definition of stable production conditions it is possible to develop applications in the field of building facade panels in order to increase the added value of the product and improving its strength by entering a pre-calculated structures in the sheet metal surface. Together with the company Trimo Forming Laboratory received the prestigious RedDot Industrial Design. With it, the recognition of the implemented technology and the Slovenian products was further increased.

10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju

1.1.2009-31.12.2013¹¹

10.1. Diplome¹²

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	4
bolonjski program - II. stopnja	3
univerzitetni (stari) program	51

10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti¹³

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
24378	Boštjan Žagar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28684	Miran Puc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

25369	Aleš Hančič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26038	Oki Blatnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27645	Andraž Rant	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
21232	Mihael Debevec	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
21053	Peter Bregar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31322	Marko Šimic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30912	Izidor Sabotin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Robert Zakrajšek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Igor J. Lazarev	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Samir Lemež	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jože Ravničan	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Marko Kršulja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
27748	Dominik Kobold	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

Mag. - Znanstveni magisterij

Dr. - Doktorat znanosti

MR - mladi raziskovalec

11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju¹⁴

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
26038	Oki Blatnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
24378	Boštjan Žagar	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
25369	Aleš Hančič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
30912	Izidor Sabotin	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
31322	Marko Šimic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	
27748	Dominik Kobold	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	A - raziskovalni zavodi	

Legenda zaposlitev:

A - visokošolski in javni raziskovalni zavodi

B - gospodarstvo

C - javna uprava

D - družbene dejavnosti

E - tujina

F - drugo

12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2013

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
0	Igor Kačmarčik	C - študent - doktorand	3	
0	Prof. Branimir Barišič	B - uveljavljeni	1	

0	Saša Sladič	C - študent - doktorand	1	
0	Prof. Miroslav Plančak	B - uveljavljeni	1	
0	Mladomil Milutinovič	C - študent - doktorand	1	
0	Marko Kršulja	C - študent - doktorand	3	
0	Prof. Miljenko Math	B - uveljavljeni	1	
0	D.Sc. Marino Brčić	D - podoktorand iz tujine	1	
0	Jesus Gil Cano	C - študent - doktorand	18	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A** - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B** - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C** - študent - doktorand iz tujine
- D** - podoktorand iz tujine

13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2013 z vsebinsko obrazložitvijo porabe dodeljenih sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja mednarodnega sodelovanja na podlagi pozivov za EU vpetost.¹⁵

SLO

- Multi-Material Micro manufacture Technologies and Applications; 4M (M. Junkar)
- LIFE 08 ENV/E/000167 ICEJET, obdelava z ledenimi abrazivnimi zrnji (M. Junkar)
- ERA-NET-MANUNET3 »Tehnologija obdelave z abrazivnim vodnim curkom za izdelke iz kompozitov za aeronavtični in navtični center« (M. Junkar)
- EUREKA E! 4212 - Development and implementation of new PIM binder system using advanced methods; DIPIMAM (Z. Kampuš)
- EUREKA E! 4548 - Razvoj novih akumulatorjev, materialov in tehnologije za izdelavo naprednih pnevmatičnih in hidravličnih ventilov; DE_AMATECH (N. Herakovič)
- EUREKA E! 4960 - NGMOLDING - Razvoj naslednje generacije procesa injekcijskega brizganja večfaznih polimernih izdelkov (N. Herakovič)
- EUREKA E! 4133 SURFACE + Sistemi za ugotavljanje integrirane površin Self-Learning Sheet Metal Forming System (7. FP, NMP2-2009-228346) (B. Nardin)
- EUREKA E! 5361 IPDS - Izboljšani nadzorni sistem vodenja razvoja in proizvodnje (EUREKA 2009) (B. Nardin)
- EUREKA E! 5783 ECOCAN - Inovativna okolju prijazna predelava volumskih pločevinskih komponent (EUREKA 2010) (K. Kuzman do sept. 2012, nato T. Pepelnjak)
- EUREKA E! SMART-MOULD - Razvoj inteligentnega, samo-kontrolirajočega se orodja (EUREKA 2010) (B. Nardin)
- EUREKA E! NT_POLYCOAT Razvoj novih materialov, orodja in tehnologij za brizganje tankih polimernih prevlek na stator elektromotorja - od nov. 2012 (N. Herakovič)
- FP6 Magnesium Forged Components for Structural Lightweight Transport Application; MagForge (K. Kuzman)
- 228346, LearnForm, Self-Learning Sheet Metal Forming System (7. FP, NMP2-2009-228346) (B. Nardin)
- 815041, I-Mould, Inovativni proces brizganja umetne mase, visoko inovativnih delov z razvojem inteligentnih ulitkov (B. Nardin)
- Ceepus Network CII-HR-0108 Concurrent Product and Technology Development - Teaching, Research and Implementation of Joint Programs Oriented in Production and Industrial Engineering. (T. Pepelnjak)
- MANUNET -3211-09-0000546, CHUCKS, Vpenjalo za orodja z inovativnim samo-naoljevanjem (B. Nardin)
- CORNET project, Acronym: Optimized Compounds, Title: Application of

Computational Fluid Dynamics for corotating Twin Screw Extruders to achieve optimized thermoplastics material. (K. Kuzman)

- TEMPUS Lean EA Production and Profitability improvement in Serbia Enterprises by adopting Lean Thinking Philosophy and strengthening Enterprise Academia connections. V okviru projekta smo predstavili dva prispevka na mednarodni konferenci LeanEA (N. Herakovič)
- Projekt CrossInno SLO-AT inovacijsko procesno tehnološko sodelovanja malih, srednjih podjetij ter raziskovalne sfere na konkretnih prekomejnih inovativnih tehnološko procesnih razvojnih projektih. (N. Herakovič)

14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki v so obdobju trajanja raziskovalnega programa (1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), potekali izven financiranja ARRS¹⁶

SLO

V sodelovanju s podjetjem B/S/H hišni aparati smo izvedli več industrijskih projektov na dveh področjih:

Proces sočenja in sokovniki (M. Junkar)

Rezila v napravah za pripravo hrane (M. Junkar)

Z januarjem 2013 smo zastavili štiri nove raziskovalne naloge v okviru industrijskih vavčerjev: Vzorčenje cevi toplotnih izmenjevalnikov v jedrskih elektrarnah z uporabo nekonvencionalnih tehnologij - J. Valentinčič in M. Junkar,

Maloserijska proizvodnja električnih kolesnih motorjev - J. Valentinčič

Izboljšava proizvodnih procesov z vnaprejšnjo simulacijo in uvajanjem načel vitkosti s podjetjem Yaskawa - N. Herakovič

Razvoj poslovnih procesov za podjetje Plastika Skaza - N. Herakovič

S podjetjem Gorenje d.d., enem večjih proizvajalcev bele tehnike v svetovnem merilu, smo v letih 2012 in 2013 izvedli 3 industrijsko-raziskovalne projekte na področju izdelave modela in izvajanja simulacije opazovanega dela proizvodnega procesa (N. Herakovič). V prvem raziskovalnem projektu smo izdelali model lakirnice in odjema lakiranih izdelkov na linije predmontaže z namenom odpravljanja zastojev na linijah predmontaže. V drugem raziskovalnem projektu smo izdelali model izdelave surovih ohišij z odjemom na linijo lakirnice z namenom odpravljanja zastojev na lakirni liniji. V tretjem raziskovalnem projektu pa smo izdelali model montaže hladilnih aparatov in odjema z linije montaže z namenom optimiranja vmesnih zalogovnikov med linijo montaže in linijo prevzema.

S podjetjem Plastika Skaza sodelujemo na projektu »Razvoj poslovnih procesov«, ki je sofinanciran skozi Raziskovalni vavčer, celotna vrednost projekta 135.000€. V tem projektu povsem praktično uvajamo najboljšo prakso fleksibilnih vitkih organizacij v konkretno podjetje z 200 zaposlenimi in 25.000.000€ prometa. Pričakovane ekonomske izboljšave projekta so 800.000€ letno.

Direktni industrijski projekti potekajo tudi na področju konstrukcije in snovanja tehnologije izdelave nosilcev za fasade. (N. Herakovič, T. Pepelnjak)

Industrijske projekte smo izvajali na področju analiz preoblikovalnih postopkov, razvoju novih inovativnih preoblikovalnih tehnologij tako na področju preoblikovanja pločevine, masivnega preoblikovanja kot tudi na področju brizganja polimerov:

- Razvoj okoljsko in energetsko prijaznih tehnologij - EKOKOV (K. Kuzman)
- Razvoj tehnologije inkrementalnega preoblikovanja večslojnih konstrukcijskih elementov na individualnih projektih (K. Kuzman)
- Študija krivljenja cevi AlMgSi 0,5 Ø 35x1,5 mm (K. Kuzman)
- Analiza procesa večstopenjskega vleka. (K. Kuzman)
- FEM analize hladnega vtiskavanja tesnilnega utora - 4g (K. Kuzman)
- Razvoj tehnologije preoblikovanja plošč toplotnega izmenjevalnika (T. Pepelnjak)

Potekale so tudi neposredne analize mehanskih in preoblikovalnih lastnosti pločevinskih in masivnih surovcev za potrebe slovenske industrije. (T. Pepelnjak, K. Kuzman)

15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)¹⁷

SLO

Razvijali smo fleksibilen, cenovno ugoden mikroreaktorski sistem. Izdelane monomerne enote sestavimo v t.i. minitovarno in s številom enot določamo volumski iznos proizvodnje. Mikroreaktorske tehnologije se približujejo točki, ko bodo primerne za implementacijo v praksi. Na območju Slovenije imajo te tehnologije velik potencial predvsem na področju kemično sintezne in farmacevtske industrije. Razvite metodologije za izdelavo komponent tako majhnih dimenzij je mogoče prenesti tudi na druga področja, kjer se pojavlja potreba po mikroizdelkih oziroma mikrokomponentah. Raziskave na področju sprotne kompenzacije obrabe elektrode pri mikro elektroerozijskem dolbenju so v fazi demonstracijske implementacije na komercialnem stroju švicarskega podjetja Sarix.

Delujoči prototip, razvit v okviru projekta IceJet predstavlja pomemben doprinos k raziskovalni opremi skupine. Napravo smo predstavili potencialnim uporabnikom in raziskali možnosti za industrijsko implementacijo. Dosedanji rezultati kažejo na tržne možnosti znotraj prehrabene industrije in storitvenih centrov za razrez materiala. Tuje podjetje je že vložilo nekaj sredstev za nadaljevanje razvoje te tehnologije. Proces rezanja z lednim vodnim curkom deluje po načelu trajnostnega razvoja, saj izloča porabo mineralnega abraziva in zmanjša količino odpadnih produktov. Razvita je bila večprekatna čistilna naprava, ki je uporabna tudi pri konvencionalnih sistemih za rezanje z abrazivnim vodnim curkom.

Možna je uporaba novih pnevmatičnih in hidravličnih komponent v izdelovalnih sistemih. Uporabni so novi batki iz materialov z manjšo gostoto, ki dosegajo boljše statične in dinamične lastnosti ter piezoelektrični aktuatorji, ki dosegajo boljše statične in dinamične lastnosti in imajo manjšo porabo električne energije. Uporabnost novega hidravličnega digitalnega piezoventila v procesu visokodinamičnega pozicioniranja se kaže v prijavi novega projekta s podjetjem Yaskawa Ristro. Možnost uporabe novega hidravličnega digitalnega piezoventila bo v bodoče razširjena na sisteme za kontrolirano krmiljenje visokofrekvenčnega harmoničnega spreminjanja tlačne sile v preoblikovalnih procesih. Izdelani simulacijski modeli se že testno uporabljajo v podjetjih Gorenje d.d. in Yaskawa Slovenija d.o.o. za optimiranje izvajanja proizvodnih procesov. Prav take jo dokončno implementiran sistem za prikaz strukture izdelka na montažnih mestih varilnih priprav v podjetju Yaskawa Slovenija d.o.o.. skupaj z vpeljanimi načeli vitkosti.

S podjetjem TRIMO je bil razvit nov produkt, ki temelji predvsem na inkrementalnem preoblikovanju. Produkt je prejel tudi prestižno nagrado RedRot za oblikovanje in tehnološko rešitev.

Skupaj s podjetjem EMO orodjarna je bil razvit nov koncept inkrementalnega preoblikovanja za izvlek vratu, ki je nov v industrijskih aplikacijah in zelo uporaben v predserijah in prototipnih serijah v industriji pločevinskih komponent. Direktna industrializacija je ob ustreznem finančnem vložku možna v obeh primerih.

16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	1.000.000 €
ocena potrebne infrastrukture in opreme ¹⁸	<p>Klimatiziran prostor 100 m² (kakovost klimatizacije kot je zahtevano za merilnice), stroj za mikroelektroerozijsko dolbenje, stroj za injekcijsko brizganje plastike, konfokalni mikroskop, ostali pripomočki in merilna oprema.</p> <p>Doseženi rezultati v okviru programa vodijo do ustanovitve spinoff podjetja. Podjetje se bo ukvarjalo z izdelavo mikroizdelkov, od orodij do izdelkov v masovni proizvodnji z dimenzijami oblikovnih struktur pod 1 mm ter preciznih obdelav. Poleg izdelkov bo nudilo tudi storitve, od načrtovanja z upoštevanjem zakonitosti mikroizdelave, preko visokonatančnih meritev 3D struktur do modeliranja in simulacij.</p>

17. Izjemni dosežek v 2013¹⁹

17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Prispevek

BISSACCO, Giuliano, TRISTO, Gianluca, HANSEN, H. N., VALENTINČIČ, Joško. Reliability of electrode wear compensation based on material removal per discharge in micro EDM milling. CIRP annals, ISSN 0007-8506, 2013, vol. 62, iss. 1, str. 179-182
v prestižnem zborniku na področju izdelovalnih tehnologij in ima faktor vpliva 2,251.

Prispevek obravnava zanesljivost predikcije odnešenega materiala obdelovanca v eni razelektritvi (MRD) za kompenzacijo obrabe elektrode glede na odnašanje materiala obdelovanca. Eksperimentalno delo obsega štetje razelektritev in avtomatsko merjenje volumna odnešenega materiala za različne obdelave od grobe do fine. Ugotovljeno je, da MRD pada z globino obdelave in doseže stabilno vrednost po nekaj odnešenih plasteh. Na podlagi pridobljenih informacij glede MRD in na podlagi štetja razelektritev je zgrajen in verificiran simulacijski model odnašanja materiala.

17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Letos je 4. decembra 2013 na GZS v Ljubljani potekal že 10. strokovni posvet na temo Avtomatizacija strege in montaže 2013 – ASM '13. Posvet, ki je najpomembnejši dogodek v Sloveniji s področja strege in montaže, je organiziral Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko, Fakultete za strojništvo, Univerze Ljubljani v so-organizaciji z Gospodarsko zbornico Slovenije, Združenjem kovinske industrije. Glede na razmere v gospodarstvu in družbi nasploh je bil posvet zelo dobro obiskan, saj se ga je udeležilo okrog 110 udeležencev iz kar 55 podjetij, inštitutov in univerz, kar kaže na izredno zanimanje za ta dogodek in predvsem na pomembnost področja avtomatizacije strege in montaže v gospodarstvu. Posvet ASM in se je uspešno organiziral tudi leta 2009, 2010, 2011 in 2012.

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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščenca oseba JRO
in/ali RO s koncesijo:*

in

vodja raziskovalnega programa:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
strojništvo

Mihael Junkar

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROG-ZP-2014/48

¹ Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite

ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11).

[Nazaj](#)

³ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11).

[Nazaj](#)

⁴ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 (največ pet), ki so nastali v okviru tega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa (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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁸ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

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

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

¹¹ Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1. 1. 2009 – 31. 12. 2013), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

¹² Vpišite število opravljenih diplom v času trajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

¹³ Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času trajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite MR. [Nazaj](#)

¹⁴ Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1. 1. 2009 do 31. 12. 2013), ustrezno označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

¹⁵ Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Točko izpolnijo tudi izvajalci raziskovalnega programa, prejemniki sredstev iz naslova dodatnega letnega sofinanciranja raziskovalnega programa zaradi mednarodnega sodelovanja (sodelovanja v projektih okvirnih programov Evropske unije). Izvajalec, ki je na podlagi pogodbe prejel sredstva iz navedenega naslova, vsebinsko opiše porabo prejetih sredstev za financiranje stroškov blaga in storitev ter amortizacije, nastalih pri izvajanju tega raziskovalnega programa. V primeru, da so bili v okviru raziskovalnega programa prejemniki sredstev različni izvajalci, vsak pripravi vsebinsko poročilo za svoj delež pogodbenih sredstev. Vodja raziskovalnega programa poskrbi, da je vsebinsko poročilo, ločeno za vsakega izvajalca, vključeno v navedeno točko poročila. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁶ Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁷ Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

¹⁸ Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

¹⁹ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2013 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). 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-RPROG-ZP/2014 v1.00a

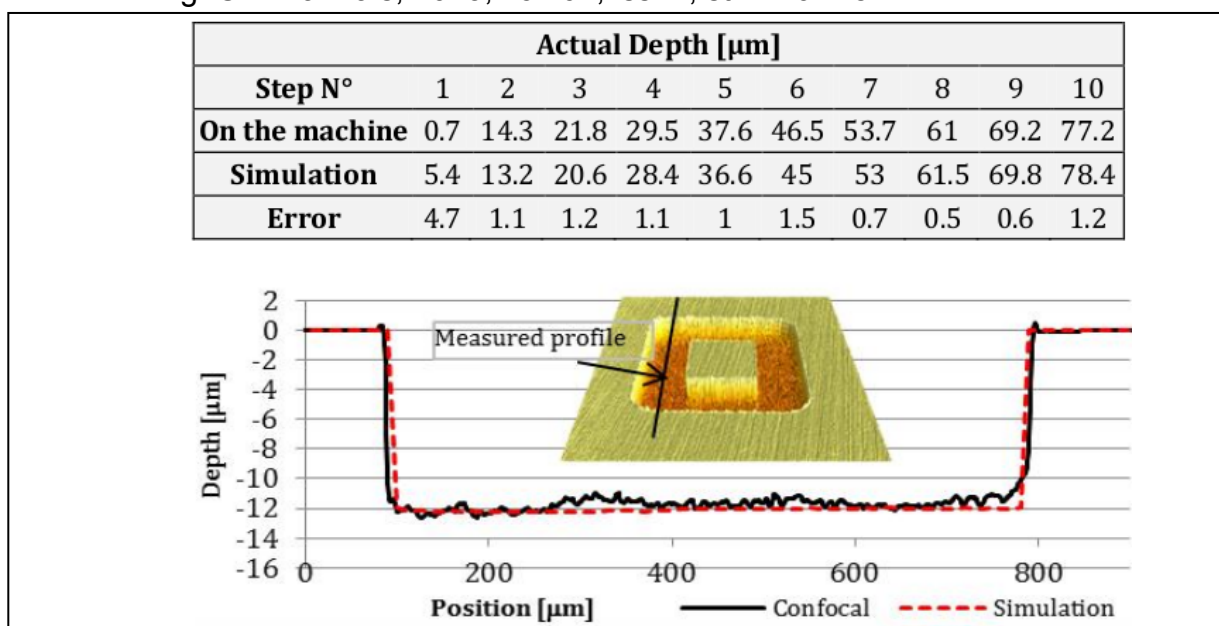
EB-66-49-B4-89-7F-E8-1C-2D-54-F9-09-E0-A7-C6-BE-18-33-33-67

Priloga 1

VEDA: Tehnika

Področje: 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi

Dosežek 1: Prispevek v reviji z SCI indeksom Vir: BISSACCO, G. et al. Reliability of electrode wear compensation based on material removal per discharge in micro EDM milling. CIRP annals, 2013, vol. 62, iss. 1, str. 179--182.



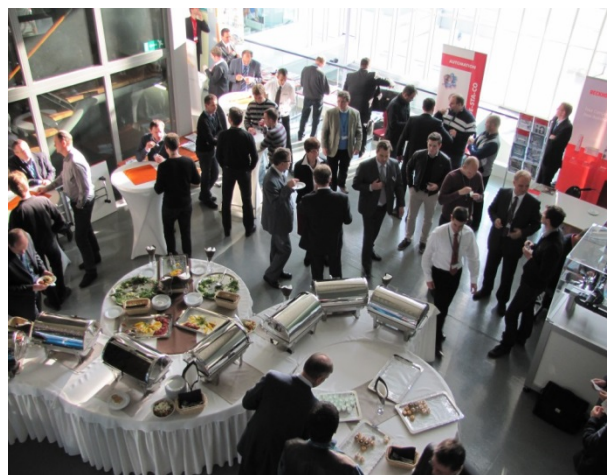
Prispevek obravnava zanesljivost predikcije odnešenega materiala obdelovanca v eni razelektritvi (MRD) za kompenzacijo obrabe elektrode glede na odnašanje materiala obdelovanca. Eksperimentalno delo obsega štetje razelektritev in avtomatsko merjenje volumna odnešenega materiala za različne obdelave od grobe do fine. Ugotovljeno je, da MRD pada z globino obdelave in doseže stabilno vrednost po nekaj odnešenih plasteh. Na podlagi pridobljenih informacij glede MRD in na podlagi štetja razelektritev je zgrajen in verificiran simulacijski model odnašanja materiala. Model omogoča izboljšanje trajektorije orodja in kompenzacijo obrabe elektrode.

Priloga 2

TEHNIKA

Področje: 2.10 Proizvodne tehnologije in sistemi

Dosežek 1: Organizacija posveta: Avtomatizacija strege in montaže 2013 - ASM13, Vir: zbornik posveta / Posvet Avtomatizacija strege in montaže 2013, Ljubljana, 4.12.2013 ; organizatorji Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za strego, montažo in pnevmatiko - LASIM [in] GZS, Združenje kovinske industrije ; uredniki Niko Herakovič ... [et al.]



Avtomatizacija strege in montaže je v povezavi z informatizacijo proizvodnih procesov, robotizacijo ter mehatroniko in učinkovitim avtomatiziranim zagotavljanjem ter kontrolo kakovosti v montažnih procesih v proizvodnji tisto področje, ki lahko bistveno doprinese k povečanju učinkovitosti in konkurenčnosti podjetij in je sestavni del vitke organizacije. V okviru posveta ASM '13 je bilo predstavljeno več smernic in idej za rešitve različnih problemov, udeleženci pa so si lahko izmenjali izkušnje o številnih vprašanjih na področju strege in montaže.

Na posvetu so se predstavila številna podjetja s svojimi dosežki, tehnološkimi rešitvami in tudi mnogimi dilemami. Mnoge rešitve, ki so bile prikazane, so plod lastnega razvoja podjetij in inovativnosti njihovih inženirjev, ter bodo prav gotovo marsikomu pripomogle pri rešitvi njihovih problemov in dilem, s katerimi se srečujejo v vsakodnevni praksi.

Organizator je skupaj z avtorji iz različnih podjetij pripravil izredno zanimivo srečanje, ki ga sponzoriralo več ustanov in podjetij. Med njimi generalni pokrovitelj Yaskawa Slovenija d.o.o., kot dobro znan dobavitelj opreme za robotizacijo, OPL d.o.o. kot zlati pokrovitelj in številni drugi pokrovitelji ter sponzorji.