

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/177



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4283
Naslov projekta	Razvoj modela sistema za inteligentno podporo izbire ustreznega preaškastega materiala v procesu razvoja sintranih izdelkov
Vodja projekta	3014 Jože Flašker
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	8430
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	795 Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	106 Institut "Jožef Stefan" 237 TALUM, Tovarna aluminija d.d. Kidričevo 1978 UNIOR Kovaška industrija d.d. 2547 Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.11 Konstruiranje 2.11.02 Specialna konstrukcijska znanja
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
Raziskovalno področje po šifrantu FOS	2 Tehniške in tehnološke vede 2.11 Druge tehniške in tehnološke vede

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Tekom raziskovalnega projekta so bile analizirane mehanske lastnosti sintranih kovinskih prahov. Preučene so bile komercialne aluminijaste prašne mešanice z različnimi deleži legirnih elementov in ugotovljen pomen atmosfere pri sintranju na končne mehanske lastnosti takšnih izdelkov. Izmed širokega nabora kovinskih prahov na osnovi železa pa je

bila izbrana najustreznejša prašna mešanica, ki je bila obsežno analizirana pri različnih toplotnih obdelavah. Ker prašne mešanice na osnovi ostalih osnovnih elementov na trgu niso prisotne v tolikšnem deležu, niso bile posebej preučevane.

Primarni namen analize aluminijastih prahov je bila implementacija odpadnega aluminijevega prahu, ki nastaja kot posledica peskanja v podjetju Talum, v proizvodni proces metalurgije prahov, zato je bilo potrebno poznati stanje na trgu, oziroma mehanske lastnosti komercialno dobavljivih aluminijastih prašnih mešanic. Analiza komercialnih aluminijastih kovinskih prahov je pokazala, da je kemijska sestava odpadnega prahu podobna kemijski sestavi enega izmed komercialnih prahov, vendar je morfologija delcev drugačna. Po obsežnih analizah je bilo ugotovljeno še, da zgolj 0,01 % kisika v dušikovi atmosferi med sintranjem drastično vpliva na mehanske lastnosti in da je glavna težava odpadnega aluminijevega prahu morfologija in granulacija delcev, ki onemogočata tekočnost in povzročata plastne razpoke med stiskanjem v obliko. Podjetju Talum so bile predlagane alternativne rešitve uporabe odpadnega prahu.

Primarni namen analize izbranega kovinskega prahu na osnovi železa je bil trdnostni preračun zobnika iz sintranega jekla, saj standardni postopki za preračun zobnikov ne predvidevajo takšnih gradiv. Čeprav so določene osnovne mehanske lastnosti komercialnih jeklenih prahov zapisane v katalogih proizvajalcev, običajno ne podajajo diagrama odvisnosti deformacije od napetosti ali diagrama odvisnosti števila ciklov od amplitudne obremenitve, kaj šele parametrov, ki bi opisovali širjenje razpoke. Zatorej je bila opravljena obsežna analiza vseh naštetih odvisnosti. Rezultati teh analiz pa so omogočili razvoj modela za izračun dobe trajanja sintranih zobnikov. Za verifikacijo modela je bilo izdelano prototipno preizkuševališče za zobnike, ki je bilo zasnovano tako, da bo v prihodnje zraven testiranja sintranih zobnikov omogočeno tudi testiranje plastičnih in jeklenih zobnikov. Preizkuševališče omogoča testiranje zobnikov pri obremenitvi do 50 Nm, ob obremenitvi elektromotorja zgolj 5 Nm. To je mogoče zaradi mehanske zanke momenta, ki omogoča visoke obremenitve testnih zobnikov, elektromotor pa pokriva zgolj izgube zaradi trenja med zobnimi boki, v ležajih, tesnilih in izgube zaradi hidrodinamičnega trenja. Prvi preizkusi sintranih zobnikov na omenjenem preizkuševališču so pokazali, da razvit model ustreza dejanskemu stanju.

ANG

In the project framework mechanical properties of sintered metal powders were analyzed. Commercial aluminum powder metal mixtures with different shares of alloying elements were studied and the effect of sintering atmosphere during sintering of such components on mechanical properties was determined. From wide range of iron based metal powders the most suitable powder mixture was chosen, which was then extensively analyzed after different heat treatments. As the share of powder metals with other base metals is low, such powder metal mixtures were not particularly studied.

Primary purpose of aluminum powder analysis was to implement waste aluminum powder, which is a byproduct of sanding in Talum, to production process of powder metallurgy. Therefore some commercial metal powders were analyzed in terms of chemical composition and mechanical properties. Results showed that the waste aluminum powder roughly resembles chemical composition of a commercial metal powder, but unfortunately individual particles are morphologically and dimensionally different. Some further research work also showed, that only 0.01 % of oxygen in otherwise nitrogen atmosphere during sintering causes severe oxidation, which drastically affects mechanical properties and that the main problem of the waste material is unsuitable shape and size of the metal powder particles.

The primary purpose of the analysis of the selected iron based metal powder was to calculate tooth root strength in a gear made of sintered steel, because standard procedures for tooth root strength calculation do not consider sintered materials. Although some mechanical properties are given in the catalogues of metal powder producers, diagram of stress to deformation and diagram of amplitude stress to number of cycles are not given, let alone the parameters that describe the crack-growth rate. Therefore, the comprehensive analysis was

made to fully understand the behavior of sintered steel when subjected to certain load. Obtained results enabled the development of a computational model for tooth root strength in a sintered gear and some rough estimation of service period. To verify developed model prototype test rig for gear testing was constructed, which has been designed so that next to sintered gears, also plastic and wrought steel gears can be tested in the future. Test rig allows testing of sintered gears up to 50 Nm while the load on the electric drive is only 5 Nm. This is achieved with closed mechanical loop, leaving only friction on tooth flanks, friction in bearings and seals and hydrodynamic friction to be compensated with electric drive. Preliminary results show good correlation between calculated and measured data.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

V prvi fazi projekta je projektna skupina v splošnem izpolnila cilje, ki si jih je zastavila pri prijavi projekta. Takoj po sprejetju projekta v financiranje se je projektna skupina sestala v razširjeni sestavi. Na uvodnem sestanku je vodja projekta red. prof. dr. Jože Flašker še enkrat razložil temeljne cilje projekta, posamezni udeleženci na projektu pa so izpostavili svoja stališča in predloge, na kak način bi lahko sami prispevali k uspešni realizaciji ciljev projekta. Nato se je projektna skupina v ožji sestavi sestala s predstavniki podjetja Unior-Sinter. Skupaj smo se lotili analize uporabe ustreznih praškastih materialov pri izdelavi sintranih izdelkov v podjetju Unior. Raziskave so bile predvsem usmerjene v kvaliteto jeklenega prahu za stiskanje in kasnejše sintranje izdelkov, ki se največ uporabljajo v velikoserijski proizvodnji. Po podrobnejši strokovni študiji je projektna skupina prišla do zaključka, da bi bilo za doseg kvalitetenjši izdelkov smiselno jekleni prah ustrezno presejati in na ta način izboljšati njegovo kvaliteto. V tem kontekstu smo predlagali izdelavo ustreznih sintranih preskušancev, ki bi jih izdelali na dva načina, in sicer:

- izdelava preskušancev iz jeklenega prahu, pridobljena po ustaljenem postopku,
- izdelava preskušancev iz presejanega jeklenega prahu.

S tako izdelanimi preskušanci smo izvedli ustrezne dinamične preskuse in na ta način sklepali o vplivu uporabljenega jeklenega prahu na dinamično trdnost preskušancev oziroma sintranih izdelku na splošno.

Vzporedno z zgoraj navedenimi raziskavami smo s podjetjem Talum analizirali možnosti uporabe aluminijastega prahu za izdelavo primerljivih sintranih izdelkov. Študija je bila usmerjena predvsem na poizvedbo pri proizvajalcih aluminijastih prahov doma in v tujini. V nadaljevanju smo izdelali ustrezne preskušance tudi iz aluminijevega prahu ter rezultate dinamične trdnosti primerjali s sintranimi preskušanci iz jeklenega prahu.

V letu 2011 je projektna skupina namenila del raziskav tudi na področje konstruiranja izdelkov iz umetnih snovi. Predvsem smo želeli ugotoviti prednosti in slabosti le-teh v primerjavi s sintranimi izdelki iz jeklenega in aluminijevega prahu ter možnost takšne aplikacije v podjetjih, ki sodelujeta pri projektu. Nadalje je projektna skupina v tem letu veliko analizirala tudi možnost uporabe obstoječih programskih orodij za simulacijo stiskanja kovinskih prahov. Ugotovili smo, da obstaja razmeroma malo specifične programske opreme za tovrstne simulacije. Ena izmed možnosti je v okviru programskega paketa Abaqus.

Ker podjetje Unior izdeluje precej sintranih zobnikov, za katere pa ne pozna natančno njihovih lastnosti pri dinamičnih obremenitvah, se je projektna skupina pri izvajanju projekta lotila tudi zasnove preskuševališča za preskušanje zobnikov. Preskuševališče je zasnovano podobno kot standardno FZG-preskuševališče, vendar je ustrezno prirejeno za testiranje sintranih zobnikov.

V letu 2012 je projektna skupina nadaljevalo z delom, ki si ga je zastavila v prvem letu

izvajanja projekta. primerno izpolnila cilje zastavljene v prijavi projekta. Ves čas se je vlagal napor za razvoj modela sistema za inteligentno podporo pri razvoju izdelkov iz sintranih materialov. Na začetku te faze je bilo na sestanku s predstavniki podjetja Unior d.d. dogovorjeno, da:

- a) bodo izdelane epruvete za testiranje sinter materiala
- b) bo izdelan model in statični preračun stiskalnega orodja za zobnik
- c) bo osnovni prah za stiskanje zobnika presejan na inštitutu IMT

Na naslednjem sestanku je bilo glede na izzive v proizvodnji sintranja predlagano, da se poskusi sintrati z bolj finim prahom, s čemer bi skušali reševati težave z neizpolnjenostjo prostora. Rezultati raziskave presejanja originalne prašne mešanice Distalloy AB z namenom določitve tehnoloških lastnosti fine in grobe frakcije so pokazali, da ima fina frakcija manjši nasipni volumen, slabšo tekočnost a boljšo stisljivost. Glede na boljšo stisljivost in bolj drobne delce fine frakcije lahko upravičeno pričakujemo, da bomo z industrijskimi preizkusi stiskanja dosegli pričakovan rezultat stiskanja na višjo gostoto, bolj enakomerno in pri nižjih tlakih.

Izdelani so bili preizkusi za določitev nateznih lastnosti kaljenega in nekaljenega sintranega materiala. V nadaljevanju so bili izvedeni preizkusi za določitev trajne dinamične trdnosti sintranega materiala (prašna mešanica Distalloy AB), pri čemer so nekateri preizkušanci prestali obremenjevanje tudi po 10^6 ciklov.

V okviru projekta je bilo zasnovano, preračunano in skonstruirano preizkuševališče za zobnike, katerega idejna zasnova temelji na standardnem FZG preizkuševališču. Preizkuševališče je prirejeno za potrebe preizkušanja sintranih in polimernih zobnikov. Za namene preizkušanja je bilo pridobljeno več različnih polimernih polizdelkov v obliki valja (PEEK, PA66, POM, PA12, PE, PP,...), iz katerih so se izdelali zobniki za preizkušanje na novem preizkuševališču.

Na Institutu Josef Stefan so potekale raziskave možnosti prekritja zobnikov s tanko plastjo visokoodpornega polimera polietar-eter keton (PEEK) z namenom izboljšanja triboloških lastnosti zobnika. Kompleksnost oblike zobnika zahteva uporabo ustrezne tehnike, zato so poskusno uporabili nanašanje koloidne suspenzije PEEK prahu s pomočjo električnega polja. Glavni pogoj za uspešen nanos prevleke so primerne lastnosti delcev v suspenziji, čemur je bilo v prvi fazi namenili največ pozornosti. S pomočjo prilagajanja naboja na delcih (izbira medija, površinsko aktivne snovi in njihova količina) in parametrov nanašanja (gostota toka in čas) so bili uspešno pripravljeni prvi vzorci s PEEK prevleko, ki pa zaenkrat še nima primernih lastnosti. Rezultati so pokazali, da je prevleka neenakomerna, kar je delno posledica posedanja delcev med nanašanjem in delno zastajanje suspenzije ob spodnjem robu. Poleg tega je bilo možno zaslediti drobne razpoke, ki so nastale v prevleki med termično obdelavo in jih je možno pripisati prevelikemu krčenju med segrevanjem. V nadaljevanju so raziskave potekale v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke po termični obdelavi.

Med procesom zasnove preizkuševališča se je neprestano izvajala študija literature o sintranju, o kovinskih prahovih in o numeričnih simulacijah stiskanja kovinskih prahov. Ugotovljeno je bilo, da se lahko uporabi obstoječe materialne modele stiskanja prahov, ki so na voljo v programskem paketu Abaqus in se običajno uporabljajo za simulacije stiskanja zemljin. Na podlagi ugotovitev so bile izvedene preliminarne simulacije stiskanja praha tako v dvodimenzionalnem modelu kot tudi v tridimenzionalnem modelu. Namen teh simulacij je bil predvsem ugotoviti fizikalno pravilnost robnih pogojev in predpisanih kontaktov med prahom in matrico.

Na področju iskanja alternativnih materialov za sintrane zobnike je bil izdelan numerični model za določevanje napetosti v korenu zoba jeklenega in polimernega zobnika, ki je verificiran s standardom SIST ISO 6336. V teku je študija vpliva debeline venca na napetosti v okolici korena zoba zobnika in deformacijo zobnika izdelanega iz polimernega materiala.

S podjetjem Talum d.d. je projektna skupina iskala rešitev glede uporabe odpadnega Al prahu kot stranski produkt za različne aplikacije. Raziskava je pokazala, da je Al prah vsekakor odličen izhodni material za uporabo v končnih izdelkih metalurgije prahov, ker ima zanimivo kemijsko sestavo in ni pretirano oksidiran. Ugotovljeno je tudi bilo, da je morfološko Al prah iz Taluma sicer dokaj neugoden (fini ploščati delci), a se da njegove lastnosti izboljšati z dodatnimi postopki. Aplikacije, kjer bi se lahko uporabil Al prah iz Taluma so:

- a) štančanje rondelic za sintranje
- b) izdelava Al-pen
- c) termitsko varjenje
- d) izdelava embalaže
- e) elementi ambientalne razsvetljave.

Člani projektne skupine so obravnavali vsako področje posebej in ugotovili, da je izmed prvih treh aplikacij najbolj obetavna izdelava Al zaprto celičnih ali odprto celičnih pen. Prve se lahko uporabljajo kot izolator toplote v fasadnih panelih, druge pa kot material za izdelavo toplotnih izmenjevalcev ali v rotorjih kompresorjev. V ta namen se je projektna skupina sestala tudi s podjetjem Danfoss, da bi proučili možnost uporabe pen v njihovi proizvodnji. Na področju izdelave embalaže iz Al so raziskave potekale na zasnovi koncepta izdelave embalaže, na področju elementov ambientalne razsvetljave iz Al pa pri njihovem razvoju. Raziskave so bile tudi usmerjene v izdelavo Al pen z usmerjenimi lastnostmi, pri čemer se projektna skupina povezuje z drugimi domačimi in tujimi inštituti. V podjetju Talum so tudi naredili poskus izdelave pene z aktivatorji s Ti oksidom.

V letu 2013 je projektna primerno izpolnila cilje, zastavljene v prijavi projekta, pri čemer se je ves čas vlagal napor za razvoj modela sistema za inteligentno podporo pri razvoju izdelkov iz sintranih materialov. V letu 2013 so bili končani dinamični preizkusi jeklenih sintranih in dodatno kaljenih preizkušancev. Za oba seta preizkušancev sta bila določena parametra σ_f in b , ki povezujeta obremenitev s pričakovano dobo trajanja pri tej obremenitvi. Ti materialni parametri so bili uporabljeni v numeričnem modelu za prvo oceno življenjske dobe sintranih zobnikov. V tem letu je bila zaključena izdelava in sestava namenskega preizkuševališča za sintrane zobnike, ki je bila zasnovana po vzoru FZG preizkuševališča. Preizkuševališče je narejeno tako, da lahko na njem preizkušamo tudi zobnike iz drugih materialov (npr. polimerne zobnike). V nadaljevanju se je izvajalo obširno testiranje sintranih zobnikov z različnimi naknadnimi obdelavami po sintranju. Vzpostavljeno je bilo sodelovanje z nemškim podjetjem, ki se ukvarja s proizvodnjo aluminijastega prahu, namenjenega za sintranje. Vseskozi so vzporedno potekale študije uporabe že obstoječega modela za numerične analize stiskanja kovinskih prahov, s pomočjo katerih bi se dalo vnaprej določiti lokalne gostote po volumnu končnih izdelkov.

Teoretično smo preučevali vpliv »nečistoč« na strukturno in fazno obnašanje materialov. Raziskali smo vpliv naključnega nereda, vsiljenega preko »nečistoč«, na domenske vzorce struktur, ki so dosežene z zlomom zvezne simetrije. Pri tem smo uporabili tako mezoskopske kot semimikroskopske pristope. Pokazali smo, kako hitrost izvedenega faznega prehoda vpliva na velikost »protodomen«. Nadalje smo pokazali, kakšne so značilnosti domenskih vzorcev v odvisnosti od koncentracije »nečistoč«, jakosti njihove sklopitve z okoliško matriko in temperature vzorca. Na Institutu Josef Stefan so potekale raziskave v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke iz PEEK materiala po termični obdelavi. Rezultati so pokazali, da je izjemno zahtevno izdelati prevleko ustrezne debeline. Na področju alternativnih materialov sintranim materialom smo raziskovali povse zoba zobnika izdelanega iz polimernega materiala. Glede na manjšo togost polimernih materialov napram sintranim materialom lahko večji povse zoba polimernega zobnika vodi k motnjam pri ubiranju zobnikov. Raziskava je bila izvedena v okviru metode končnih elementov. Ugotovljeno je bilo, da je pri uporabi klasičnih materialnih modelov (Hookov zakon) zelo pomembno natančno poznavanje modula elastičnosti, kar je še posebej pomembno, ko se le ta določa iz diagramov objavljenih v javno dostopni literaturi. V primeru je primerneje uporabiti hiperelastične materialne modele.

V zadnjem letu je projektna skupina zaključila z eksperimentalnim delom in se osredotočila na analizo rezultatov ter objavo le-teh na znanstvenih konferencah oziroma v znanstvenih revijah. V zvezi z obravnavano tematiko je nastajala tudi doktorska disertacija kandidata Marka Šorija.

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

Glede na poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu v prejšnji točki ocenjujemo, da je stopnja realizacije projekta v skladu z načrtovanim. Na osnovi postavljenih temeljev na eksperimentalnem področju v letu 2011 je bila v letu 2012 izdelana konstrukcija preizkuševališča za sintrane in polimerne zobnike, opravljene so bile analize lastnosti prahu za sintranje, določene trdnostne lastnosti sintranih materialov in možnost nanosa prevleke iz PEEK na sintran zobnik. Na osnovi postavljenih temeljev na računskem področju pa so bile izdelane prve analize tako na področju sintranja kot na področju alternativnih materialov, ki bi nadomestili sintranje. Določene so bile tudi možnosti uporabe odpadnega Al prahu v podjetju Talum za nadaljnjo uporabo. Tako smo predlagali določene tehnološke spremembe kakor tudi pokazali možnost izdelave novih izdelkov, kar omogoča podjetjema dodaten nadaljnji razvoj.

Dokončani so bili dinamični preizkusi jeklenih sintranih in dodatno kaljenih preizkušancev, ki so bili uporabljeni v numeričnem modelu za oceno življenjske dobe sintranih zobnikov. Izdelano in sestavljeno je bilo preizkuševališče za zobnike po vzoru FZG preizkuševališča. Teoretično je bil proučevan vpliv »nečistoč« na strukturno in fazno obnašanje materialov. Raziskan je bil vpliv naključnega nereda, vsiljenega preko »nečistoč«, na domenske vzorce struktur, ki so dosežene z zlomom zvezne simetrije. Potekale so tudi raziskave v smeri izboljšanja homogenosti in gostote nanosa ter izboljšanja lastnosti prevleke iz PEEK materiala po termični obdelavi.

Na področju alternativnih materialov, ki bi nadomestili sintrane materiale, smo izvedli raziskave povesa zoba zobnika izdelanega iz polimernega materiala in določili vpliv natančnosti določitve modula elastičnosti na povese zoba.

Na splošno velja v okviru projektne skupine mnenje, da je stopnja realizacije programa dokaj visoka. Obe sodelujoči podjetji (Unior in Talum) sta zadovoljni z doseženimi rezultati in bosta z znanstvenimi in strokovnimi aktivnostmi na tem področju nadaljevali tudi v bodoče, saj so tovrstne raziskave ključnega pomena za konkurenčnost podjetij na tem segmentu.

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

Za časa trajanja projekta ni prišlo do bistvenih odstopanj niti na nivoju programa niti glede sestave projektne skupine.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID		20050952
			Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zlom simetrije v nematičnih tekočih kristalih : analogija s kozmologijo in magnetizmom
		ANG	Symmetry breaking in nematic liquid crystals: analogy with cosmology and magnetism
			Na primeru nematičnih tekočih kristalov smo preučevali univerzalnostne mehanizme tvorbe domenskih struktur in vpliv nečistoč na njihovo stabilizacijo. Obravnavali smo tridimenzionalni mrežni model in uporabili metodo Brownove molekularne dinamike. Pri tem so molekule sodelovale z LebwohlLasherjevo interakcijo. Preverili smo veljavnost teoremov, ki

Opis	SLO	so bili originalno izpeljani v kozmologiji in magnetizmu. V prvem delu smo se osredotočili na vpliv hitrosti faznega prehoda na velikost t.i. protodomen. Ko je stopnja orientacijske urejenosti dovolj velika, se pojavijo dobro opredeljene protodomene, karakterizirane z značilno linearno dolžino. V drugem delu smo preučili vpliv zgodovine vzorca na domensko strukturo. Pokazali smo, da velja t.i. ImryMateorem samo za določena začetna stanja sistemov	
	ANG	Universal behavior related to continuous symmetry breaking in nematic liquid crystals is studied using Brownian molecular dynamics. A three-dimensional lattice system of rod-like objects interacting via the Lebwohl-Lasher interaction is considered. We test the applicability of predictions originally derived in cosmology and magnetism. In the first part we focus on coarsening dynamics following the temperature driven isotropic-nematic phase transition for different quench rates. The behavior in the early coarsening regime supports predictions made originally by Kibble in cosmology. For fast enough quenches, symmetry breaking and causality give rise to a dense tangle of defects. When the degree of orientational ordering is large enough, well defined protodomains characterized by a single average domain length are formed. With time subcritical domains gradually vanish and supercritical domains grow with time, exhibiting a universal scaling law. In the second part of the paper we study the impact of random-field-type disorder on a range of ordering in the (symmetry broken) nematic phase. We demonstrate that short-range order is observed even for a minute concentration of impurities, giving rise to disorder in line with the Imry-Ma theorem prediction only for the appropriate history of systems.	
	Objavljeno v	IOP Publishing; Journal of physics, Condensed matter; 2013; Vol. 25, no. 40; str. 404201-1-404201-10; Impact Factor: 2.223;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 3.851; WoS: UK; Avtorji / Authors: Repnik Robert, Ranjkesh Siahkal Amid, Šimonka Vito, Ambrožič Milan, Bradač Zlatko, Kralj Samo	
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
2.	COBISS ID	13722907	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov	
	ANG	A computational model for bending fatigue analyses of sintered gears	
Opis	SLO	V članku je predstavljen računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov. Model je zasnovan na napetostni metodi z upoštevanjem vpliva večosnega napetostnega stanja, srednje napetosti, površinske hrapavosti in zareznega učinka na dobo trajanja sintranega zobnika. Potrebni materialni parametri (koeficient trdnosti pri utrujanju in eksponent trdnosti pri utrujanju) so določeni eksperimentalno z osnim natezno/tlkačnim preskusom pri obremenitvenem razmerju R=0.	
	ANG	A computational model for determination of the fatigue life of sintered gears in regard to bending fatigue in a gear tooth root is presented. The proposed model is based on the stress-life approach in which the multi-axial state of stress, the mean stress effect, the influence of surface roughness, and the notch effect are studied when determining the fatigue life of a treated gear pair. The required material parameters (the fatigue strength coefficient and the fatigue strength exponent b) are determined experimentally on a uni-axial tension/compression test machine with a load ratio of R = 0.	
Objavljeno v	Zveza strojnih inženirjev in tehnikov Slovenije [et al.] = Association of Mechanical Engineers and Technicians of Slovenia [et al.]; Strojniški vestnik; 2014; Vol. 60, no. 10; str. 649-655; Impact Factor: 0.776;Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.275; WoS: IU;		

		Avtorji / Authors: Glodež Srečko, Šori Marko, Verlak Tomaž	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	18068246	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	DSC/TG prahov na osnovi Al primernih za P/M uporabo
		<i>ANG</i>	DSC/TG of Al-based alloyed powders for p/m applications
	Opis	<i>SLO</i>	Legirani prahovi na osnovi Al, primerni za sinter postopek (P/M, metalurgija prahov), vsebujejo zlitinske elemente z veliko topnostjo v trdnem Al, kar omogoča reakcijsko sintranje v prisotnosti tekoče faze. Zaradi velike afinitete aluminija do kisika so na površini oksidirani. Poleg tega vsebujejo ti prahovi polimerno mazivo, ki zmanjšuje trenje na stenah orodja med avtomatskim stiskanjem prahu v končno oblikovan izdelek. To mazivo moramo v prvi fazi procesa sintranja počasi odstraniti, sicer bi lahko prišlo do nepopravljive deformacije ali celo pokanja izdelka. Zato je njihovo sintranje zelo zahtevno. Navadno se sintrajo v čisti dušikovi atmosferi z nizko temperaturo rosišča. Poleg fizikalno-kemijske karakterizacije sintranih izdelkov s svetlobno in elektronsko mikroskopijo je za določitev optimalnih pogojev sintranja zelo uporabna diferencialna vrstična kalorimetrija, kombinirana s termogravimetrijo (DSC/TG). Prva omogoča vpogled v endo- in eksotermne reakcije, ki potekajo med segrevanjem in ohlajanjem kompaktiranega kovinskega prahu, druga pa s temi procesi povezano izgubo (redukcija, odstranitev maziva itd.) ali prirastek (oksidacija) mase. V okviru naših raziskav smo izvedli DSC/TG treh komercialno dosegljivih prahov na osnovi Al, ugotovljene reakcije smo primerjali z napovedmi teoretične termodinamike in predlagali optimalne pogoje sintranja teh prahov.
		<i>ANG</i>	Al-based alloyed powders, appropriate for the sintering procedure (powder metallurgy, P/M) contain the alloying elements with a high solid solubility in Al, enabling reaction and liquid-phase sintering. They are surface oxidised because of a high affinity of Al to oxygen. Besides, this type of powders contains a polymeric lubricant (wax), which reduces the friction on die walls during automatic die compaction into the final compact shape of a product. This lubricant has to be removed slowly during the first stage of sintering in order to prevent deformations and cracking of the product. Consequently, its sintering is very complex. Generally, these powders are sintered in pure nitrogen with a low dew point. The optimum sintering conditions are generally determined on the basis of light and scanning electron microscopy. The investigation can also be completed very successively with differential scanning calorimetry and thermo gravimetry. The first one allows an insight into the endo- and exothermic reactions, taking place during the heating and cooling of a compacted metal powder, and the second one allows an insight into the processes, connected with the mass loss (a reduction, a lubricant removal, etc.) or mass increase (an oxidation). The DSC/TG of three commercial Al-based alloyed powders was performed in the frame of our investigations. The results were compared with the theoretical thermodynamic-based calculations and the optimum sintering conditions were proposed.
	Objavljeno v	Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Letn. 48, št. 4; Str. 531-536; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Šuštaršič Borivoj, Medved Jože, Glodež Srečko, Šori Marko, Korošec Albert	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
4.	COBISS ID	21045512	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Lastnosti sintranega kovinskega prahu DIN SINT-D30 pri utrujanju pred toplotno obdelavo in po njej

	ANG	Fatigue properties of sintered DIN SINT-D30 powder metal before and after heat treatment
Opis	SLO	Šlanek predstavlja določitev utrujenostnih parametrov sintranega materiala DIN SINT D30, kjer sta upoštevani dve toplotni obdelavi: (1) samo sintranje in (2) sintranje in dodatno kaljenje. Rezultati kažejo da dodatno kaljenje po sintranju znatno izboljša utrujenostne lastnosti obravnavanega gradiva.
	ANG	Paper presents the determination of fatigue properties of sintered DIN SINT-D30 powder metal where two thermal treatment have been considered: (1) sintered specimen and (2) sintered and hardened specimen. The results show that additional hardening significantly improve the fatigue properties of treated sintered material.
Objavljeno v		Inštitut za kovinske materiale in tehnologije; Materiali in tehnologije; 2014; Letn. 48, št. 6; str. 837-840; Impact Factor: 0.555; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 2.554; WoS: PM; Avtorji / Authors: Šori Marko, Šuštaršič Borivoj, Glodež Srečko
Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	20099848	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Numerična simulacija stiskanja kovinskega prahu z Drucker-Prager-Cap modelom v večvišinski komponenti	
	ANG	Numerical simulation of powder metal compaction with Drucker-Prager cap model in a multi height component	
Opis	SLO	V prispevku je predstavljena simulacija enosnega stiskanja kovinskega prahu v procesu sintranja. Numerični model je bil narejen v programu Abaqus z uporabo DruckerPragerCap (DPC) modela. Izvedena je bila simulacija stiskanja dvovišinskega cilindričnega kosa. Matrica in trni orodja so bili modelirani ko analitične toge površine, pozicija matrice je bila fiksna, medtem ko so se trni ustrezno pomikali v smeri stiskanja. S prilagajanjem gibov trnov je možno doseči optimalno porazdelitev lokalnih gostot po kosu, ki so različne zaradi trenja kovinskega prahu po stenah matrice in trnov. Rezultati so predstavljeni v aksialnem prerezu kot različne porazdelitve gostote pri ustreznih gibih orodja.	
	ANG	This paper presents numerical simulation for press compaction of the powdered metal in a sintering process. Numerical simulation was done in Abaqus, utilizing DruckerPragerCap (DPC) model. Compaction simulated sample was a two level cylindrical component. Die and punches were modeled as a 2D analytically rigid shell. Position of the die was fixed, while the lower two punches were allowed to move in a vertical direction (direction of the compaction). Optimal results can be achieved, by optimizing the stroke properties of punches. To obtain realistic results, surface friction has been taken into account. Results of the simulation are variable magnitude density areas, distributed over a vertically split cross section of the cylindrical component.	
Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci		
Objavljeno v	European Powder Metallurgy Association; Euro PM2013 congress & exhibition; 2013; Str. 7-11; Avtorji / Authors: Šori Marko, Verlak Tomaž, Glodež Srečko		
Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci		

2.	COBISS ID		19978760	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vabljen predavanja na temo ograjenosti in vpliva nanodelcev na fazno obnašanje dvokomponentnih mešanic	
		ANG	Liquid crystal phase transitions under nanoconfinement and role of nanoparticles	
	Opis	SLO	Izvedena so bila številna vabljen predavanja na uglednih univerzah v Angliji (Cambridge, Bath) na temo faznega obnašanja mešanic tekočih kristalov in nanodelcev.	
		ANG	Several invited lectures were given in UK (University of Cambridge, University of Bath) about phase behavior of mixtures of liquid crystals and various nanoparticles.	
	Šifra		F.18 Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Objavljeno v		2013; Avtorji / Authors: Kralj Samo	
	Tipologija		3.16 Vabljen predavanje na konferenci brez natisa	
3.	COBISS ID		18008598	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine	
		ANG	Fatigue analysis of working rolls in hot strip mills	
	Opis	SLO	V predloženi doktorski disertaciji je obravnavana analiza utrujanja delovnih valjev pri vročem valjanju pločevine. Poleg določevanja koeficientov za določevanje življenjske dobe delovnih valjev po metodi visoko-cikličnega utrujanja je bilo v sklopu doktorske disertacije narejeno še veliko eksperimentalnega dela. Prikazana je kemijska analiza preučevanega materiala ter mikrostruktura pred in po termični obdelavi. Prikazan je potek trdote v odvisnosti od globine delovne plast. Določitev nateznih in tlačnih trdnosti je potekalo pri različnih temperaturah glede na pogoje med valjanjem, ko sta v kontaktu delovni valj in valjanec. Prikazani so tudi rezultati upogibnih trdnosti in udarne žilavosti. Eksperimentalno so bili določeni parametri mehanike loma, kjer se je spremljala rast utrujenostne razpoke v preizkušancu. Izvedena je bila podrobna metalografska analiza preizkušancev za določevanje življenjske dobe valjev z uporabo elektronskega mikroskopa. Na koncu se je izvedla tudi analiza obrabne odpornosti na lastno izdelani preizkuševalni napravi.	
		ANG	The fatigue analysis of working rolls in hot strip mills is presented in this doctoral thesis. Besides the determination of the high cycle fatigue, a lot of other experimental work was performed. Chemical composition with microstructure before and after special heat treatment is given. Also hardness distribution in depth through the whole working layer is presented. Monotonic tensile and compressive tests were done at different temperatures of the specimens, which correspond to the real situation in the rolling gap. Besides tensile and compressive tests, also bending and Charpy impact toughness tests were done. Fracture mechanics parameters and fatigue crack growth analysis was experimentally determined and moreover, a complete fracture investigation was performed by using scanning electron microscope. At the end of the thesis a result of wear is shown, where special testing device was developed for this purpose.	
	Šifra		D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v		M. Drobne]; 2014; [22], 145 str.; Avtorji / Authors: Drobne Matej	
	Tipologija		2.08 Doktorska disertacija	
4.	COBISS ID		20920072	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Določevanje lomnomehanskih parametrov sintranega jekla SIST D30	

	ANG	Determination of fracture mechanics parameters of SINT D30 sintered steel
Opis	SLO	Prispevek obravnava določitev utrujenostnih in lomnomehanskih parametrov sintranega jekla SIST D30, ki so bili določeni eksperimentalno na preskuševališču "Cracktronic".
	ANG	The paper presents the fatigue and fracture parameters of SINT D30 steel which have been determined experimentally using "Cracktronic" testing device.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	European Powder Metallurgy Association; Euro PM2014 proceedings, the Messezentrum Salzburg, Austria, 21-24 September 2014; 2014; Str. 1-5; Avtorji / Authors: Šori Marko, Vuherer Tomaž, Glodež Srečko	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Med druge pomembne rezultate projektne skupine lahko štejemo zasnovno in izdelavo preskuševališča za testiranje zobnikov, kar je podrobneje opisano pod točko 13.2.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

Pridobljeni rezultati in osvojena znanja tekom projekta dajejo pomemben vpogled na proizvodne trende po Evropi in po svetu. Proizvodni proces metalurgije prahov zaradi cenovne ugodnosti, nizkega odpada med izdelavo, dobrimi tolerancami in vedno boljšimi mehanskimi lastnostmi končnega izdelka postaja vse bolj zanimiva tehnologija masovne proizvodnje za prihodnost. Predvsem avtomobilska industrija že nekaj časa posega po sintranih izdelkih, ko gre za manj obremenjene dele. Raziskava literature na tem področju pa je pokazala, da se obeta prodor sintranih izdelkov tudi v bolj obremenjene avtomobilske dele, npr. zobnike in ojnice. Poglobljena kemijska analiza, diferenčna dinamična kalorimetrija in termogravimetrična analiza so dale pomemben vpogled pogoje med sintranjem in potek difuzije v aluminijastih kovinskih prahovih. Rezultati analiz so bili predstavljeni na »Mednarodni konferenci o materialih in tehnologijah« v Portorožu in objavljeni v znanstveni reviji »Materiali in tehnologije«, ki jo izdaja Inštitut za materiale in tehnologijo v Ljubljani. Doseženi rezultati so tudi vzbudili zanimanje podjetij v tujini, s katerimi je bilo vzpostavljeno uspešno sodelovanje. Obsežno testiranje sintranega jekla pri različnih toplotnih obdelavah je prispevalo k poglobljenemu razumevanju odziva sintranega jekla na zunanjo obremenitev. Rezultati raziskav mehanskih lastnosti ob statični in dinamični obremenitvi so bili predstavljeni na mednarodni konferenci »21st International Conference on Materials and Technology« v Portorožu in na mednarodni konferenci »Materials Structure & Micromechanics of Fracture« v Brnu na Češkem in objavljeni v reviji »Materiali in tehnologije« in v reviji »Key Engineering Materials«. Rezultati lomno-mehanskih preizkusov so bili predstavljeni na mednarodni konferenci na tematico metalurgije prahov »Euro PM 2014« v Salzburgu v Avstriji in bodo poslani v objavo v eno izmed priznanih mednarodnih znanstvenih revij na tem področju. Razvit računski model za preračun sintranih zobnikov je bil predstavljen na konferenci »International Conference on Gears« v Lyonu v Franciji in objavljen v reviji »Strojniški vestnik«.

ANG

Gained results and accomplished knowledge in the framework of the project give an important insight on production trends in Europe and also worldwide. Due to low price, low waste, tight tolerances and evermore improving mechanical properties powder metallurgy is becoming an interesting alternative mass production process for the future. Especially automotive industry has been using this technology to produce non-vital parts. Literature research on this field however concludes that sintered parts will enter the industry as vital automotive parts, such as transmission gears and connecting rods.

In-depth chemical analysis, differential scanning calorimetry and thermos-gravimetric analysis had given an important understanding of sintering conditions and diffusion process between aluminum powder particles. Results were presented at "International Conference on Materials and Technology" in Portorož, Slovenia and published in scientific journal "Materials and Technology", which is published by Institute of Materials and Technology in Ljubljana, Slovenia. Results also sparked interest of abroad companies consequently a successful collaboration was established.

Extensive experiments on sintered steel after different heat treatments contributed to profound understanding of mechanical behavior of sintered steel. Results of static and dynamic tests were presented at "21st International Conference on Materials and Technology" in Portorož, Slovenia and at international conference "Materials Structure & Micromechanics of Fracture" in Brno, Czech Republic and published in journal "Materials and Technology" and in journal "Key Engineering Materials". Fracture mechanics results were presented at international conference on powder metallurgy "Euro PM 2014" in Salzburg, Austria and will be sent for publication to one of the recognized international journals in this field. Developed computational model for determination of tooth root strength was presented at "International Conference on Gears" in Lyon, France and published in "International Journal of Mechanical Engineering".

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Ker je v industriji vedno bolj pomembno izkazovanje znanja in seznanjenost s sodobnimi trendi je izvedba projekta ključno izboljšala znanstvene kompetence znotraj podjetij Talum in Unior, saj je sodelovanje s fakulteto za strojništvo na skupnem projektu omogočilo učinkovitejši prenos akademskih znanj v slovensko industrijo. Pregled znanstvenih prispevkov s vsega sveta in udeležba na mednarodnih znanstvenih konferencah sta slovenskim podjetjem Talum in Unior omogočila implementacijo vrhunske znanosti v industrijo v Sloveniji, saj slovenska podjetja običajno nimajo dostopa do vrhunskih znanstvenih prispevkov in se ne udeležujejo mednarodnih znanstvenih konferenc. Zraven tega so tekom projekta pridobljeni rezultati omogočili boljše razumevanje materialov, s katerimi se ukvarjata Talum in Unior. Primerjava lastnosti odpadnega aluminijevega prahu in lastnosti komercialnega aluminijevega prahu namenjenega za stiskanje in sintranje je omogočila korak k rešitvi industrijskega problema v podjetju Talum. Kljub neustreznosti odpadnega prahu so bile predlagane alternativne rešitve, ki omogočajo učinkovitejšo porabo sicer odpadnega materiala. Obsežna analiza mehanskih lastnosti sintranega jekla je omogočila boljše razumevanje pomena preprečevanja nastanka plastnih razpok med procesom stiskanja kovinskih prahov v podjetju Unior. Prav tako je analiza mehanskih lastnosti po različnih toplotnih obdelavah pokazala, da so pogoji med sintranjem in med naknadnimi toplotnimi obdelavami bistvenega pomena za mehanske lastnosti končnega izdelka, zato je redno vzdrževanje in stroga kontrola peči za sintranje in kaljenje izredno pomembna.

ANG

As demonstration of knowledge and awareness of most recent production trends is becoming increasingly more important in modern industry, realization of the project crucially improved scientific competences inside companies Talum and Unior, because collaboration in common project with Faculty of Mechanical Engineering has enabled quicker transfer of academic knowledge into Slovenian industry. Review of scientific papers from worldwide and participation in international scientific conferences had enabled Slovenian companies Talum and Unior to implement cutting edge science into Slovenian industry, because Slovenian companies usually do not possess access to latest scientific papers and do not participate in international scientific conferences. Additionally, results obtained during the project have given further understanding of materials that are the object of work in companies Unior and Talum.

Comparison of waste aluminum powder properties with commercial aluminum powder mix prepared for compaction and sintering made it possible to make a step towards solution of industrial problem in company Talum. Although waste aluminum powder is not suitable for compaction and sintering, alternative solutions to efficiently use otherwise waste material were proposed.

Comprehensive analysis of sintered steel mechanical properties enabled a better understanding of importance to prevent formation of layer cracks during metal powder compaction in company Unior. Analysis of mechanical properties with respect to heat treatment also showed that

conditions during sintering and further heat treatment have enormous effect on mechanical properties of final part. Thus regular maintenance and strict control of sintering and heat treatment furnaces is extremely important.

10. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!

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

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	▼
	Uporaba rezultatov	▼

F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
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	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Delno ▼
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen ▼
	Uporaba rezultatov	V celoti ▼
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih ▼
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih ▼
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	

	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
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	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
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

--

11.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!**Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja**

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☒	☐	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☒	☐	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☒	☐	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☒	☐	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☒	☐	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☒	☐	☐	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☒	☐	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☒	☐	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	☐	☐	☒	☐	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	☐	☐	☒	☐	
G.03.04.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	☐	☒	☐	☐	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	☐	☒	☐	☐	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	☐	☒	☐	☐	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	☐	☒	☐	☐	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	☐	☒	☐	☐	
G.04.06.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	☐	☒	☐	☐	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	☐	☒	☐	☐	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
	Informacijsko-komunikacijska					

G.07.01.	infrastruktura					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv	Unior d.d.		
	Naslov	Kovaška c. 10, 3214 Zreče		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		102.841 EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		38 %	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Uporaba finega prahu za sintranje	F.04
		2.	Konstruiranje in izdelava preskuševališča za zobnike	F.13
		3.	Izdelava numeričnega modela za stiskanje prahu	F.02
		4.	Možnost uporabe PEEK-prevlek na sintranih zobnikih	F.07
		5.	Računski model za določitev upogibne trdnosti sintranih zobnikov.	A.01
Komentar	Stopnja realizacije je v skladu z zastavljenimi cilji pri prijavi projekta.			
Ocena	Rezultati projekta bodo pomembno vplivali na razvoj sintranih produktov v podjetju Unior.			
2.	Naziv	Talum d.d.		
	Naslov	Tovarniška c. 10, 2325 Kidričevo		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		60.400 EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		22 %	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
		1.	Določitev lastnosti Al-prahov	F.01
		2.	Uporaba odpadnega Al-praha za zaprte in odprte celične pene	F.06
		3.	Alternativne možnosti uporabe Al-prahu obliki P/M izdelkov	F.06
		4.	DSC/TG prahov na osnovi Al primernih za P/M uporabo	A.01
		5.	Morfološke in mikrostrukturne značilnosti kovinskih prahov na osnovi aluminija za izdelavo izdelkov po postopkih metalurgije prahov	A.01

Komentar	Stopnja realizacije je v skladu z zastavljenimi cilji pri prijavi projekta.
Ocena	Rezultati projekta bodo pomembno vplivali na uporabo odpadnega Al-prahu v podjetju Talum.

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Najpomembnejši dosežek raziskovalnega projekta je izdelano preizkuševališče za sintrane zobnike. Preizkuševališče omogoča preizkušanje zobnikov z obremenitvijo do 50 Nm pri 3000 vrtljajih na minuto, oziroma obratovanje testnega zobnika pri nazivni moči 15,7 kW. Pri tem pogonski elektromotor obratuje zgolj z močjo 1,5 kW. Tak način omogoča energetsko učinkovito preizkušanje zobnikov v dolgih časovnih intervalih, saj elektromotor pokriva le izgube nastale zaradi trenja med zobnimi boki, v ležajih, v tesnilih in izgube zaradi hidrodinamičnega trenja, ki je posledica mešanja olja. To je mogoče zaradi povratne mehanske zanke navora in zaradi torzijske elastičnosti gredi, ki omogočata, da se zobnik obremeni z relativnim torzijskim zasukom ene od gredi. Ta zasuk se ohrani s sklenitvijo mehanske sklopke z visoko torzijsko togostjo, kar ohrani notranji moment v zaprti zanki, elektromotor pa zagotovi rotacijsko gibanje.

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 Mariboru, Fakulteta za
strojništvo

Jože Flašker

ŽIG

Kraj in datum:

Maribor

11.3.2015

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/177

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

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

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

[Nazaj](#)

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

⁵ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'. [Nazaj](#)

⁶ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A" ali A'.

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

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

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

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

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

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

¹¹ Rubrike izpolnite / prepišite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹² Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2015 v1.00a

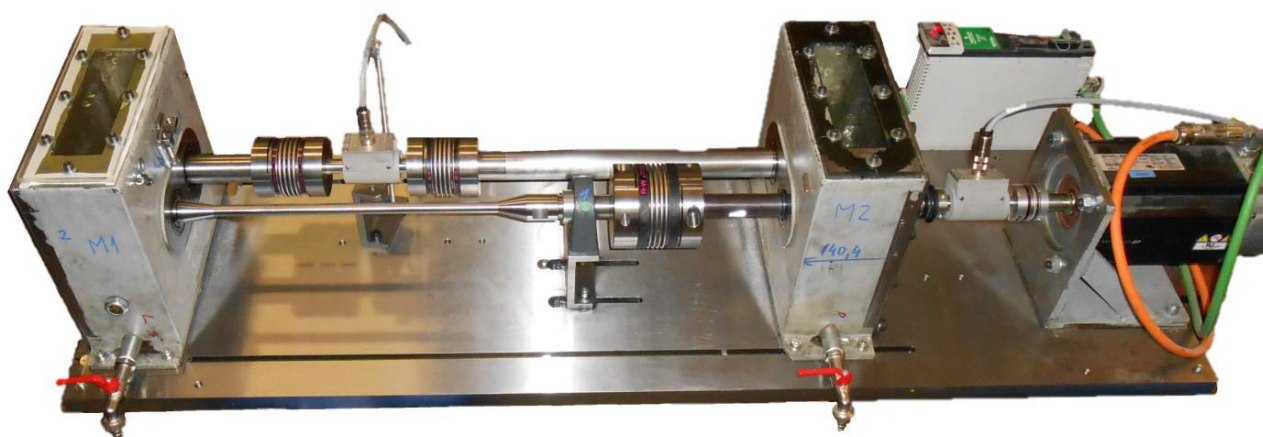
25-68-9E-EE-37-80-84-E4-01-BA-C4-96-7A-A0-4E-B5-DE-F6-D1-BA

Priloga 1

VEDA: TEHNIKA

Področje: 2.11 Konstruiranje

Dosežek 1: Preskuševališče za preskušanje zobnikov



Preizkuševališče omogoča preizkušanje zobnikov z obremenitvijo do 50 Nm pri 3000 vrtljajih na minuto, oziroma obratovanje testnega zobnika pri nazivni moči 15,7 kW. Pri tem pogonski elektromotor obratuje zgolj z močjo 1,5 kW. Tak način omogoča energetsko učinkovito preizkušanje zobnikov v dolgih časovnih intervalih, saj elektromotor pokriva le izgube nastale zaradi trenja med zobnimi boki, v ležajih, v tesnilih in izgube zaradi hidrodinamičnega trenja, ki je posledica mešanja olja. To je mogoče zaradi povratne mehanske zanke navora in zaradi torzijske elastičnosti gredi, ki omogočata, da se zobnik obremeni z relativnim torzijskim zasukom ene od gredi. Ta zasuk se ohrani s sklenitvijo mehanske sklopke z visoko torzijsko togostjo, kar ohrani notranji moment v zaprti zanki, elektromotor pa zagotovi rotacijsko gibanje.