

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/72



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-4249
Naslov projekta	Barvne, absorpcijske in zaščitne nanoplastne prevleke za aluminijeve zlitine
Vodja projekta	9090 Peter Panjan
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	7560
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	07.2011 - 06.2014
Nosilna raziskovalna organizacija	106 Institut "Jožef Stefan"
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	104 Kemijski inštitut 719 IMPOL, industrija metalnih polizdelkov d.o. o. 1520 Zasebni raziskovalec Varužan Kevorkijan
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.04 Materiali 2.04.01 Anorganski nekovinski materiali
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 PROJEKTA

2. Povzetek raziskovalnega projekta¹

SLO

Trde prevleke se zaradi njihove atraktivne barve in velike obrabne obstojnosti že dolgo časa uporabljajo v dekorativne namene. V večini primerov izkoriščamo njihovo intrinzično barvo. Barvo, ki je najbolj odvisna od sestave prevleke, lahko spreminjamo le v omejenem obsegu. Pri naših raziskavah v okviru tega projekta, smo uporabili nov

pristop generiranja barve, ki temelji na interferenčnem efektu v polprepustnem materialu. Pri tem načinu obarvanja nanesejo tanko plast iz delno prepuste trde prevleke, ki jo nanesejo na kovinsko podlago s specifično odbojnostjo. Takšen pristop omogoča pripravo plasti v širšem barvnem spektru. Barvo prevleke spreminjamo bodisi tako, da spreminjamo debelino vrhnje interferenčne plasti ali pa tako da spremenimo optične konstante spodnje odbojne plasti ali podlage. V okviru naših raziskav smo za vrhno interferenčno plast uporabili AlTiN, ki je ena od najbolj pogosto uporabljenih trdih prevlek za zaščito orodij in strojnih delov. Plast AlTiN smo nanесли s postopkom magnetronskega naprševanja na podlage z različno odbojnostjo. Nasičene barve od rumene do plave smo dobili tako, da smo spreminjali debelino AlTiN plasti v območju od 20-55 nm. Optične lastnosti smo merili s spektrofotometrom in elipsometrijo. S spreminjanjem kota opazovanja se barva prevleke le malenkostno spremeni. Leta 2012 smo pridobili slovenski patent za nanoplastno prevleko AlTiN/TiN modre barve (patent N° 23538). Takšno nanoplastno prevleko, ki smo jo vpeljali v industrijsko proizvodnjo, uporablja danes več kot 20 partnerjev iz slovenske industrije. Prevleka je primerna za zaščito rezalnih orodij za obdelavo zelo trdih (do 62 HRC) in žilavih materialov. Učinkovita je tako pri obdelavi z uporabo hladilno-mazalnih tekočin ali pri suhi obdelavi. Značilna modra barva nam omogoča hitro zaznavanje obrabe orodja.

Preizkusili smo tudi zaščito kovanih izdelkov iz Al-zlitine, ki so jih naredili z vročim kovanjem v podjetju Impol (sofinancer tega projekta), z nizkotemperaturnimi CrN in TiN prevlekami. Zaščita takšnih izdelkov iz Al-zlitine z veliko vsebnostjo bakra (zlitine tipa AA2xxx) z anodno oksidacijo ni primerna. Z PVD prevlekami pa lahko izboljšamo ne samo estetski videz izdelka ampak lahko izboljšamo tudi funkcionalne lastnosti (obstoynost na razenje, korozijo). Da med nanašanjem PVD prevleke ohranimo strukturne in mehanske lastnosti Al-zlitine, temperatura podlag ne sme preseči 180 °C. Problem pregrevanje smo rešili z uporabo pulznega magnetronskega naprševanja.

V okviru projekta smo se ukvarjali tudi z razvojem postopka anodne oksidacije, ki bi bil primeren za zaščito Al-zlitin z veliko vsebnostjo bakra. Glavna naloga je bila optimizacija parametrov anodizacije (napetost, temperatura, koncentracija elektrolita, čas anodizacije), od katerih je odvisen premer por, razdalja med njimi in debelina oksidne plasti. Ukvarjali smo se tudi z absorptivnim nanosom barve (na osnovi bakrovih soli) v pore in na površino oksidne plasti.

ANG

Hard PVD-coatings are commonly used in decorative applications due to their attractive colors and high wear resistance. In most of the cases only intrinsic colors of the coatings are exploited. Such colors are determined by the stoichiometry of the coating and can be varied only in a limited range. We demonstrate more flexible concept of designing color by utilizing the interference effect in semi-transparent materials. In this design a thin film of partially transparent hard coating material is deposited over a metallic material with specific reflectivity. Such construction enables wider color control over since the interference-based colors can be tuned by the thickness of the interference layer and by the optical constants of the thin film and the substrate. In this work such principle is demonstrated with AlTiN, which is one of most commonly used hard coating materials. A single-layer AlTiN was deposited by DC magnetron sputtering on substrates with different reflectivity. Colors of high saturation, ranging from yellow, pink and violet to blue, were prepared by varying the thickness of AlTiN in the range of 20-55 nm. Small color shifts were measured for different angles of observation.

In 2012 we acquired a patent for the nanolayered decorative coating based on AlTiN/TiN (patent no. 23538). Based on this patent we implemented blue nanolayer hard coating (AlTiN/TiN) in industrial production, which is now being used by more than 20 customers in Slovenia. This coating is suitable for protection of cutting tools that are used to machine very hard (up to 62 HRC) and tough materials. It is effective in dry and wet machining, while a distinct color enables a much quicker identification of tool wear.

Low temperature (LT) CrN and TiN decorative coatings have been tested on Al-alloy products which will be made by forging in the company Impol (beneficiary of this project). Such products are made of Al-alloys with a high concentration of copper (alloy

series AA 2xxx) which is not suitable for standard anodization process. PVD hard coatings were applied in order to improve an aesthetical appearance of such products as well as to enhance their functional properties (better scratch resistance, corrosion protection). It is essential to keep low substrate temperature during deposition ($<180^{\circ}\text{C}$) to avoid the reduction of the Al-alloy structural and mechanical properties. We solved this problem by using of pulsed magnetron sputtering.

We also applied the anodic oxidation to grow oxide layer on the surface of Al-alloys. In the first instance the resulting oxide layer serves to protect the alloy. Furthermore, the oxide layer can be colored with the desired color by the addition of certain dyes. The main task was to optimize the growth parameters in order to produce desired oxide layer. After the anodic oxidation we focused on optimization of the coloring of the existing oxide layers using copper salts.

3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu²

Ve se zaradi njihove atraktivne barve in velike obrabne obstojnosti že dolgo časa / dekorativne namene. V večini primerov izkoriščamo njihovo intrinzično barvo. Barvo, ki visna od sestave prevleke, lahko spreminjamo le v omejenem obsegu. V tem delu o nov pristop generiranja barve, ki temelji na interferenčnem efektu v polprepustnem i tem načinu obarvanja naneseemo tanko plast iz delno prepuste trde prevleke, ki jo kovinsko podlago s specifično odbojnostjo. Takšen pristop omogoča pripravo plasti v em spektru. Barvo prevleke spreminjamo bodisi tako, da spreminjamo debelino vrhnje plasti ali pa tako da spremenimo optične konstante spodnje odbojne plasti ali podlage. V raziskav smo za vrhno interferenčno plast uporabili AlTiN, ki je ena od najbolj pogosto trdih prevlek za zaščito orodij in strojnih delov. Plast AlTiN smo nanegli s postopkom ega naprševanja na podlage z različno odbojnostjo. Nasičene barve od rumene do plave ko, da smo spreminjali debelino AlTiN plasti v območju od 20-55 nm. Optične lastnosti spektrofotometrom in elipsometrijo. S speminjanjem kota opazovanja se barva prevleke le spremeni.

ih aplikacijah barva trdih prevlek nima posebnega funkcionalnega pomena, pač pa se na vrednost produkta, saj med obdelavo lažje opazimo sledi obrabe na orodju oz. strojnem l hko pravočasno zaustavimo proces obdelave, še preden pride do hujših poškod. Drug men barvnih trdih prevlek je v tem, da lažje sortiramo orodja zaščiteni z različnimi trdimi Zaščita različnih komponent iz vsakdanjega življenja z dekorativnimi trdimi prevlekami e ne pomeni le povečanja estetske vrednosti izdelka ampak je hkrati tudi njegova zaščitna va zaščitnih prevlek je torej njihova pomembna značilnost tudi v primerih, ko jih ne dekorativne namene. Zato je zelo koristno, če obstaja možnost kreiranja njihove barve.

različni fizikalni mehanizmi, ki omogočajo kreiranje barve prevlek. V splošnem je barva ezultat interakcije vpadle svetlobe s prostimi in vezanimi elektroni. Če je barva materiala l strukture elektronskih pasov, govorimo o intrinzični barvi. Če je prevleka dovolj tanka ali m delu spektra delno oz. povsem presojna, potem pride do interference svetlobe, ki se jlah posmeznih faz. Govorimo o interferenčni barvi. V takšnih primerih barva prevleke ni no z njihovo elektronsko strukturo (oz. optičnimi konstantami materiala), ampak tudi z .j. debelino posameznih plasti. Drugi mehanizem, ki vodi do nastanka barve, so površinski i tem gre za kolektivno oscilacijo prostih elektronov v kovinskih nanodelcev, ki se traj dielektrične matrice. Kovinski nanodelci zato absorbirajo svetlobo z izbrano valovno ovna dolžina svetlobe, ki se absorbira je odvisna od vrste materiala, ter velikosti in oblike

revleke se odlikujejo ne samo z veliko obstojnostjo na obrabo, abrazijo in korozijo, ampak vno barvo. TiN, ZrN in HfN imajo značilno zlato barvo, zato se pogosto uporabljajo kot za dražje in na razanje bolj občutljive zlato prevleke. Zlata barva TiN je posledica tega, da svetlobo v rdečem in rumenem delu spektra, medtem ko absorbira v modrem delu spektra. HfN pripadajo IVb skupini periodnega sistema, zato imajo podobno strukturo elektronskih ledično podobno odbojnost in barvo. Danes se v dekorativne namene uporabljajo različne

, čeprav je večina od njih še vedno na osnovi TiN. Z prevlekami na osnovi boridov, nitridov, karbonitridov in oksinitridov prehodnih kovin ter diamantno podobnimi prevlekami lo širok spekter barv.

nerov uporabe izkoriščamo intrinzično barvo trdih prevlek. Barva je določena s sestavo materiala, zato lahko barvo spreminjamo le v omejenem obsegu. Barvo TiN lahko spreminjamo od kovinsko sive do zlate in rjave, če povečujemo koncentracijo dušika. Tudi z delno substitucijo kovinskih ali nekovinskih atomov v TiN lahko spreminjamo barvo v širokem barvnem spektru. Če npr. del Ti atomov v TiN nadomestimo z Al dobimo (Ti,Al)N prevleke sive, srebrne ali rjave, odvisno od atomskega razmerja Ti/Al. Tudi z dodatkom Mg v TiN lahko spremenimo barvo. Če delno substitucijo dušika z ogljikom dobimo Ti(C,N), ki je bodisi zlato-rdeče ali violečne barve, odvisno od atomskega razmerja N/C. Za dekorativne namene so zanimive tudi prevleke na osnovi TiN, (Zr,V)N, (Zr,Al)N in (Zr,Cr)N. Za imitacijo kovinske barve se najpogosteje uporabljajo CrN prevleke. Prevleke črne barve pa so najpogosteje na osnovi ogljika (DLC). Tudi barvo prevlek na osnovi TiN (npr. nc-TiN/a-SiN) lahko spreminjamo v določenem obsegu. Intrinzična barva prevlek je torej odvisna od njihove elektronske strukture pasov, ki pa jo strukturni defekti in nečistoče znatno spremenijo. Posledično se spremeni tudi barva materiala. Znano je, da je barva prevlek posledica nečistoč, ki so v njih. Tako je npr. barva diamanta, v katerem se nahaja koncentracija dušika, rumene barve. Tudi v napršanih tankih plasteh, njihovo barvo določajo defekti, ki jih ustvarimo npr. z obsevanjem z ioni.

pojav, ki se izkorišča za različne optične aplikacije zahteva visoko odbojnost za različne valne dolžine. Uporablja se za načrtovanje antirefleksnih prevlek, optičnih filtrov, interferometrov, tankoplastnih zrcal in drugih optičnih naprav. Osnova za te aplikacije so tankoplastne strukture na osnovi različnih dielektričnih tankih plasti kot so oksidi (npr. SiO₂, TiO₂, Ta₂O₅), fluoridi (npr. MgF₂), sulfidi (npr. ZnS). Na tankoplastnih strukturah iz omenjenih materialov z lahkoto dosežemo visoko odbojnost.

Barve, ki jih opazimo na tankoplastnih strukturah na osnovi dielektričnih snovi, lahko spreminjamo za dekorativne namene. Slaba stran takšnih prevlek je spreminjanje barve z vpadnim kotom svetlobe. V literaturi najdemo le nekaj primerov tankoplastnih struktur, kjer mehanizem obarvanja temelji na interferenčnem efektu.

V okviru teh raziskav smo preiskovali tankoplastni sistem v katerem je vrhnja plast trda prevleka naneseemo na spodnjo plast z veliko odbojnostjo. Barva takšnega sistema je rezultat kombinacije odbojnosti in absorpcije v tanki plasti AlTiN, ki jo naneseemo na podlago z visoko odbojnostjo. Ta kombinacija trdih dekorativnih prevlek širi možnosti spreminjanja njihove barve brez poslabšanja mehanskih lastnosti, hkrati pa barva ni odvisna od vpadnega kota gledanja,

ki smo pripravili v industrijski napravi CC800/9 (CemeCon), ki ima štiri magnetronske izvire, na osnovi ogljiščih pravokotnika. V sredini vakuumske komore je vrtljiva miza za podlage, ki omogoča vrtenje na določen način. Za pripravo prevlek smo uporabili tri segmentne tarče Ti-Al in eno tarčo Ti-Al. Tarče so narejene tako, da so v titanovo ploščo v meandru, ki se razpršuje, vtisnjene žilice iz aluminija. Razmerje Ti:Al v napršeni prevleki je približno 1:2. Ker imajo prevleke na osnovi aluminija, označujemo napršeno prevleko kot AlTiN in ne TiAlN. Postavitve izvirov sicer so različne, vendar smo v obeh primerih uporabili eno titanovo in eno aluminijevsko tarčo. V prvem primeru smo uporabili iz dveh razlogov: prvič zato ker nam omogoča izdelavo tankoplastne AlTiN/TiN prevleke, ki ima v primerjavi z enojno AlTiN prevleko boljše lastnosti in drugič zato, ker lahko na vrhu nanoplastne strukture zaporedoma napršujemo tankoplastno in polprepustno AlTiN plast.

V okviru teh raziskav smo prevleke naneseemo na silicijeve rezine, ter na podlage iz nerjavnega jekla, na katere smo predhodno naneseemo 200 nm debelo odbojno plast TiN, Debelino AlTiN prevleke na omenjene podlage naneseemo v ločeni sarži, smo spreminjali od 20 do 55 nm z korakom 5 nm. Ko smo dosegli zeleno barvo, smo proces modificirali tako, da smo na nanoplastno AlTiN/TiN naneseemo omenjeno dekorativno strukturo.. Proces nanašanja takšne dekorativne strukture je postopen. V prvem koraku, ko nanašamo približno 3 μm nanoplastno prevleko, so aktivni vsi štiri izviri. Sledi nanos približno 150 nm debele plasti TiN z enim izviro. V naslednjem koraku naneseemo približno 50 nm debele plasti AlTiN. Odbojna TiN plast in AlTiN plast omogočita nastanek nasičene modre barve.

prevleke odvisna od debeline vrhnje plasti AlTiN, je pomembno, da je debelina le-te omerna. Za analizo enakomernosti debeline prevleke smo uporabili računalniško program za računalniško simulacijo smo napisali sami. Simulacija omogoča napovedi in uniformnosti le-teh za različne postavitve izvirov za nanašanja, različno orientacijo to rotacije. Izračun smo naredili za konfiguracijo z enim, dvema ali tremi aktivnimi rojno rotacijo (1 rpm) in za različne pozicije podlag na vrtljivi mizi. Najbolj uniformno AlTiN smo naredili z dvema Ti-Al tarčama, ki sta nameščeni diagonalno nasproti, pri podlag in hitrosti vrtenja 1 rpm. Iz navednih razlogov smo takšno konfiguracijo izbrali za plasti. Za nanaos 50 nm debele plasti smo potrebovali 5 min. V tem času se je vrtljiva a 5-krat okrog glavne osi, nosilec podla pa naredi okrog 15 rotacij okrog svoje osi.

Projekta smo se ukvarjali tudi z razvojem postopka anodne oksidacije, ki bi bil primeren za zlitin z veliko vsebnostjo bakra. Iz takšnih Al-zlitin so kovani izdelki. V okviru projekta smo z optimizacijo parametrov anodizacije (napetost, temperatura, koncentracija elektrolita, čas od katerih je odvisen premer por, razdalja me njimi in debelina oksidne plasti. Posebno smo namenili mehanski predpripravi podlag. Ukvarjali so se tudi z absorptivnim nanosom (novi bakrovih soli) v pore in na površino Al₂O₃ ter z zatesnitvijo por s postopkom vročega

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

V okviru projekta smo realizirali naslednje cilje:

- razvoj ekološko neoporečnih PVD postopkov nanašanja dekorativnih in obrabno obstojnih prevlek na podlage iz Al-zlitin
- razvoj nizekotemperaturnih PVD postopkov nanašanja
- razvoj postopka anodne oksidacije, ki bi bil primeren za zaščito Al-zlitin z veliko vsebnostjo bakra.

Preučili smo različne fizikalne mehanizme, ki vodijo do nastanka barv. Pri trdih PVD-prevlekeh najpogosteje izkoriščamo njihovo intrinzično barvo, ki je določena s stehiometrijo materiala. V okviru naših raziskav smo raziskovali nov pristop generiranja barve. Pri katerem smo na podlago s specifično odbojnostjo nanесли tanko plast iz delno prepuste trde prevleke. Barva takšnega sistema je rezultat interference in absorpcije v tanki plasti AlTiN, ki jo nanesemo na podlago z visoko odbojnostjo. Ta način obarvanja trdih dekorativnih prevlek širi možnosti spreminjanja njihove barve brez poslabšanja njihovih triboloških lastnosti, hkrati pa barva ni odvisna od vpadnega kota gledanja. S posebno pozornostjo smo raziskovali nanoplastno AlTiN/TiN trdo prevleko, v kateri je bila vrhnja plast AlTiN, spodnja plast pa TiN. Pri izbrani debelini vrhnje AlTiN plasti (40-50 nm) smo dobili prevleko z izrazito modro barvo. Ta postopek kreiranja barve v nanoplastni AlTiN/TiN prevleki smo patentirali in ga vpeljali v industrijsko proizvodnjo.

Drugi pomemben cilj, ki smo si ga zastavili, je bil nanos nizekotemperaturnih trdih zaščitnih prevlek na podlage iz Al-zlitin. Ker takšne zlitine v splošnem ne prenesejo temperature nad 180°C, smo morali razviti nizekotemperaturni postopek nanašanja takšnih prevlek. Ugotovili smo, da lahko kvalitetne trde prevleke nanesemo z bipolarnim naprševanjem iz dveh magnetronskih izvirov. Pri tem postopku se polarnost tarč periodično izmenjuje iz 0V v negativno vrednost okrog 500 V. Z mrtvim časom med dvema pulzoma smo regulirali temperaturo podlag. Ta postopek nam je omogočil nanos kvalitetnih trdih prevlek (velika trdota, dobra oprijemljivost, neporoznost) pri temperaturi pod 180°C. Tako lahko nanašamo zaščitne trde PVD prevleke tudi na orodja iz Al-zlitin (takšna orodja se uporabljajo predvsem za oblikovanje plastike) in dekorativne trde prevleke na kovane izdelke iz Al-zlitin.

V okviru projekta smo se ukvarjali tudi z razvojem postopka anodne oksidacije, ki bi bil primeren za zaščito Al-zlitin z veliko vsebnostjo bakra. Iz takšnih Al-zlitin so narejeni kovani izdelki. Poudarek je bil na optimizaciji tistih parametrov anodizacije (napetost, temperatura, koncentracija elektrolita, čas anodizacije), od katerih je odvisna debelina oksidne plasti, premer por in razdalja me njimi. Posebno pozornost smo namenili

mehanski predpripravi podlag. Ukvarjali so se tudi z absorptivnim nanosom barve (na osnovi bakrovih soli) v pore in na površino Al₂O₃ ter z zatesnitvijo por s postopkom vročega tesnjenja. Optimizacijo parametrov nanašanja smo naredili za štiri različne Al-zlitine: 2014, 2017, 7075 in 6082.

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

Bistvenih sprememb programa raziskovalnega projekta ni bilo.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	27762471	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zasnova barv s pomočjo interferenčnega efekta v AlTiN trdi prevleki
		ANG	Designing the color of AlTiN hard coating through interference effect
	Opis	SLO	Trde prevleke se pogosto uporabljajo za dekorativne namene, saj so privlačnih barv in so obrabno obstojne. V večini primerov izkoriščamo le intrinzično barvo prevleke. Ta je določena s stehiometrijo materiala in se lahko spreminja le v omejenem območju. V članku smo pokazali bolj prilagodljiv koncept barvne zasnove, s pomočjo interferenčnega efekta med semi-transparentno plastjo in odbojno podlago oz. plastjo. Taka konstrukcija nam omogoča večji nadzor nad barvami, saj se barve, ki temeljijo na interferenci odvisne od debeline plasti in optičnih konstant plasti in podlage (oz. odbojne plasti). Koncept interferenčnih barv smo pokazali s standardnimi PVD-prevlekami. Enoplastnimi AlTiN smo nanесли z magnetronskim naprševanjem na podlage z različno odbojnostjo: TiN, nerjavno jeklo in Si. S spreminjanjem debeline AlTiN v območju 20-55 nm smo pripravili rumeno, roza, vijolično in modro barvo, ki so imele visoko barvno nasičenost. Interferenčne barve se navadno spreminjajo s kotom opazovanja, vendar so v semi-transparentnih plasteh ti premiki komaj opazni. Takšna barvna zasnova z uporabo trdih prevlek se lahko uporabi v primeru, ko je hkrati potrebna zaščitna in dekorativna funkcija materiala.
		ANG	Hard coatings are commonly used in decorative applications due to their attractive colors and high wear resistance. In most cases only intrinsic colors of the coatings are exploited. Such colors are determined by the stoichiometry of the coating and can be varied only in a limited range. In this paper we demonstrated a more flexible concept of color design by exploiting interference effect between semi-transparent coating and reflective substrate. We designed a bi-layer structure with thin film of partially transparent hard coating deposited over a material with specific reflectivity (substrate or another thin film). Such construction enabled us wide control of colors since the interference-based colors can be tuned by the thickness of coating and by the optical constants of coating and the substrate (or reflective layer). The principle was demonstrated with the commonly used hard coating materials. A single-layer of AlTiN was deposited by magnetron sputtering on substrates with different reflectivity: TiN, stainless steel and Si. Colors of high saturation, ranging from yellow, pink, violet to blue, were prepared by varying the thickness of AlTiN in the range of 20-55 nm. Interference based colors normally change with the angle of observation, however, using semi-transparent coating only a small color shifts were observed. Such color design is useful in applications where both protective and decorative functionality are required.
			Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2014; Vol. 254; str. 65-

	Objavljeno v	72; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A ¹ : 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Panjan Matjaž, Klanjšek Gunde Marta, Panjan Peter, Čekada Miha	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	26959655	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Vpliv rotacije in razporeditve tarč na periodičnost in enakomernost nanašanja večplastnih prevlek
		ANG	Influence of substrate rotation and target arrangement on the periodicity and uniformity of layered coatings
	Opis	SLO	<p>Pri magnetronskem naprševanju se material nanaša samo na tiste podlage, ki so v vidnem polju podlag. V aplikacijah, kjer je potreben nanos prevleke na celotno površino podlage, se morajo podlage vrteti okoli več osi hkrati. V industrijskih sistemih za nanašanje tankih plasti podlage namestimo na mizo, ki izvaja vrtenje, podobno planetarnemu vrtenju. Vrtenje in pozicije tarč določajo enakomernost nanosenega materiala. Pri naprševanju s tarčami različnih materialov lahko pripravimo večplastne strukture. V tem primeru vrtenje določa tudi večplastno strukturo prevlek, ta pa posredno določa njene elasto-plastične lastnosti.</p> <p>V članku so opisani rezultati računalniške simulacije rasti tankih večplastnih prevlek, ki sem jo razvil za industrijski naprševalnik s planetarnim vrtenjem. S simulacijo sem študiral vpliv rotacije in postavitve tarč na rast tankih plasti ter na enakomernost nanosa. Rezultati simulacij so pokazali, da zelo periodični načini vrtenja, ki so odvisni od prestavnega razmerja vrtljive plošče in premične vzmeti, povzročijo velike neenakomernosti v debelini in v kemijski sestavi prevlek. Manj periodični načini vrtenja izboljšajo enakomernost nanosa, čeprav se pri določenih parametrih vrtenja lahko pojavijo velike razlike v enakomernosti nanosa. Periodičnost večplastnih prevlek lahko izračunamo iz najmanjšega skupnega večkratnika časov vrtenja okoli posameznih osi. Take simulacije so koristno orodje za načrtovanje PVD-sistemov z boljšo enakomernostjo nanosa in za napovedovanje strukture večplastnih prevlek ter optimizacijo njihovih elasto-plastičnih lastnosti. Simulacija je pritegnila zanimanje raziskovalcev in podjetij ter omogočila podpis raziskovalne pogodbe z enim od večjih proizvajalcev PVD-sistemov in Nemčije.</p>
		ANG	<p>In magnetron sputtering the material is deposited on the areas that are in direct line-of-sight of the vaporization source. If application requires coverage of substrate over its whole substrate area then the substrates have to be rotated around several axes. In the industrial deposition systems this is achieved with turntable that performs planetary-type of rotation. The substrate rotation and the target arrangement, therefore, determine the uniformity of the deposited material. When materials are deposited from different targets simultaneously then coatings can be prepared in a layered structure; in such a case, the rotation and the target arrangement also determine the layer structure, which strongly affects its elasto-plastic properties of coating.</p> <p>In this paper we used previously developed simulation of coating growth in deposition system with a planetary rotation to analyze the influence of the rotation and the target arrangement on the uniformity and the periodicity of layered coatings. Results of simulations showed that highly periodic modes of rotation, which are determined by the turntable gear ratio and the switch angle, cause large non-uniformities both in the thickness and the composition of layered coatings. On the other hand, less periodic modes of rotation produce better coating uniformity although for certain rotation parameters large non-uniformities may also occur. It was shown that exact periodicity of layered coatings can be calculated from the least common multiple of revolution times around individual axes. Computer simulation is</p>

		useful tool for the design of new PVD systems that require high deposition uniformity. The simulation has attracted interest of researchers and several companies, and resulted in signing a research contract with one of the largest German manufacturers of PVD systems for deposition of hard coatings.
Objavljeno v		Elsevier Sequoia; Surface & coatings technology; 2013; Vol. 235; str. 32-44; Impact Factor: 2.199; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.361; A': 1; WoS: QG, UB; Avtorji / Authors: Panjan Matjaž
Tipologija	1.01	Izvirni znanstveni članek

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomski dosežek	
1.	COBISS ID	24447271
		Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Trde zaščitne prevleke z možnostjo spreminjanja njihove barve
		ANG Hard protective colors with the possibility to change their color
	Opis	<p>V splošnem sicer dekorativna funkcija trdih zaščitnih prevlek ni pomembna za obdelovalna orodja, vendar ima barva orodja, dodatne prednosti: (1) omogoča vizualno oceno obrabe orodja; (2) uporablja se lahko za identifikacijo orodij; (3) ima estetski videz, ki je lahko prepoznavna blagovna znamka proizvajalca orodij. Zaščitno dekorativno prevleko smo sintetizirali iz nitridnih materialov v industrijski PVD napravi za nanašanje tankih plasti. Določeno barvo prevleke smo dosegli z interferenčnim učinkom med vrhno plastjo nanoplastne prevleke AlTiN in odbojno plastjo. AlTiN je delno prosojen material v vidnem območju, zato interferenčni učinek ne spremeni barvnega premika ob različnih kotih opazovanja. Na ta način smo pripravili intenzivne modre, vijolične in zelene barve kovinskega sijaja. To smo dosegli z natančno kontrolo debeline in stehiometrije vrhnje plasti, pri čemer nam je bila v pomoč simulacija rasti tankih plasti, ki smo jo predhodno razvili. Barvne prevleke smo nanесли na rezalna orodja različnih oblik, vendar se take prevleke lahko uporabljajo v vseh primerih, kjer je potrebna dekorativna in zaščitna funkcija površine izdelka. Za to inovacijo smo prejeli patent.</p> <p>In general, a decorative function of hard protective coatings is not important for the performance of the tool, the color of coating provides several advantages: (1) in the machining process, color of the tool indicates its wear; (2) it can be used to distinguish between the tools; (3) it has an aesthetic appearance and can be a recognizable brand for the tool manufacturer. We developed a protective/decorative coating in an industrial scale deposition system using standard hard coating materials. Color of the coating was obtained using the interference effect between the top layer of nanolayered AlTiN coating and reflective layer. Since AlTiN is a semitransparent material in visible range it does not cause significant shift in color with the angle of view and the color has a metallic appearance. In this way intense colors of blue, violet and green were produced by precisely controlling the thickness of the top layer – for this purpose a previously developed simulation of coating growth was used. Coatings were prepared on cutting tools of different geometries but can be applied to any application where decorative and protective functionality is required. We were awarded a patent for this innovation.</p>
	Šifra	B.04 Vabljen predavanje

	Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2012; Avtorji / Authors: Panjan Matjaž, Čekada Miha, Panjan Peter, Matelič Damjan, Mohar Andrej, Sirnik Tomaž, Fišer Jožko	
	Tipologija	2.24 Patent	
2.	COBISS ID	27320615	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Barvne, absorbcijske in zaščitne nanoplastne prevleke za aluminijeve zlitine
		<i>ANG</i>	Hard protective colors with the possibility to change their color
	Opis	<i>SLO</i>	V sploš nem sicer dekorativna funkcija trdih zaščitnih prevlek ni pomembna za obdelovalna orodja, vendar ima barva orodja, dodatne prednosti: (1) omogoča vizualno oceno obrabe orodja; (2) uporablja se lahko za identifikacijo orodij; (3) ima estetski videz, ki je lahko prepoznavna blagovna znamka proizvajalca orodij. Zaščitno dekorativno prevleko smo sintetizirali iz nitridnih materialov v industrijski PVDnapravi za nanašanje tankih plasti. Določeno barvo prevleke smo dosegli z interferenčnim učinkom med vrhno plastjo nanoplastne prevleke AlTiN in odbojno plastjo. AlTiN je delno prosojen material v vidnem območju, zato interferenčni efekt ne spremeni barvnega premika ob različnih kotih opazovanja. Na ta način smo pripravili intenzivne modre, vijolične in zelene barve kovinskega sijaja. To smo dosegli z natančno kontrolo debeline in stehiometrije vrhnje plasti, pri čemer nam je bila v pomoč simulacija rasti tankih plasti, ki smo jo predhodno razvili. Barvne prevleke smo nanесли na rezalna orodja različnih oblik, vendar se take prevleke lahko uporabljajo v vseh primerih, kjer je potrebna dekorativna in zaščitna funkcija površine izdelka. Za to inovacijo smo prejeli patent.
		<i>ANG</i>	In general, a decorative function of hard protective coatings is not important for the performance of the tool, the color of coating provides several advantages: (1) in the machining process, color of the tool indicates its wear; (2) it can be used to distinguish between the tools; (3) it has an aesthetic appearance and can be a recognizable brand for the tool manufacturer. We developed a protective/decorative coating in an industrialscale deposition system using standard hard coating materials. Color of the coating was obtained using the interference effect between the top layer of nanolayered AlTiN coating and reflective layer. Since AlTiN is a semitransparent material in visible range it does not cause significant shift in color with the angle of view and the color has a metallic appearance. In this way intense colors of blue, violet and green were produced by precisely controlling the thickness of the top layer – for this purpose a previously developed simulation of coating growth was used. Coatings were prepared on cutting tools of different geometries but can be applied to any application where decorative and protective functionality is required. We were awarded a patent for this innovation.
	Šifra	B.04	Vabljen predavanje
	Objavljeno v	s. n.]; 9. raziskovalni simpozij, 12. november 2013, Maribor; 2013; Str. 9; Avtorji / Authors: Panjan Peter	
	Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljen predavanje)	
3.	COBISS ID	27240487	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Anodna oksidacija in barvanje aluminijevih zlitin
		<i>ANG</i>	Anodization and colouring of Al-alloys
			Anodna oksidacija je elektrokemijski proces, ki vodi do rasti poroznega oksida na površini aluminijeve zlitine. Nastala oksidna plast, v prvi vrsti služi za zaščito zlitine. Nadalje, lahko, z dodajanjem določenih barvnih

Opis	SLO	odtenkov, oksidno plast obarvamo do ž elene barve. Namen našega dela je bila optimizacija ključnih parametrov, ki so predpogoj za uspešno anodno oksidacijo Al-zlitin. Al-zlitine, smo mehansko polirali do visokega sijaja ter nadalje optimizirali parametre anodne oksidacije, kot so napetost, temperatura koncentracija elektrolita, ter čas anodizacije. Ti parametri podajajo medsebojno odvisnost med premerom por, razdaljo med posameznimi porami in nenazadnje tudi debelino Al ₂ O ₃ plasti na aluminiju. V nadaljevanju smo se osredotočili na optimizacijo barvanja Al ₂ O ₃ plasti z uporabo bakrovih soli. Po adsorptivnem nanosu barve, v pore in na površ ino Al ₂ O ₃ , je potrebno lete zatesniti in s tem preprečiti poš kodbo barve. To naredimo z uporabo tako imenovanega vročega tesnjenja por, kjer nastane obstojen boemit.	
	ANG	The electrochemical process named anodic oxidation of Al-alloy results in the growth of a porous aluminum oxide on the surface of an Al-alloy. In the first instance the resulting oxide layer serves to protect the alloy. Furthermore, the oxide layer can be colored with the desired color by the addition of certain colors. The aim of our work was the optimization of key parameters, which are a prerequisite for successful anodic oxidation of Al-alloys. Al-alloys were mechanically polished and afterwards the parameters for successful anodization were optimized, such as: applied voltage and time of anodization, concentration and temperature of the electrolyte, etc. by optimizing these parameters we can regulate the pore diameters, the distance between pores and ultimately the thickness of the Al ₂ O ₃ layer on Al-alloy. After the anodization we focused on optimization of the coloring of the existing Al ₂ O ₃ layers using copper salts. After the adsorption of the selected color in the pores and on the surface of Al ₂ O ₃ , the pores must be sealed to prevent the damage of color. The sealing is conducted by using the so-called hot sealing of the pores, which results in the boehmite structure of Al ₂ O ₃ .	
Šifra	B.04 Vabljeno predavanje		
Objavljeno v	s. n.]; 9. raziskovalni simpozij, 12. novembar 2013, Maribor; 2013; Str. 9; Avtorji / Authors: Žagar Kristina, Suhadolnik Luka		
Tipologija	1.10 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci (vabljeno predavanje)		
4.	COBISS ID	27421735	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Nanoplastna modra prevleka AlTiN/TiN	
	ANG	Blue nanolayer AlTiN/TiN	
Opis	SLO	Po izboru Znanstvenoraziskovalnih svetov posameznih ved na ARRS je bil patent š t. 23538 (Trde zaščitne prevleke z možnostjo spreminjanja barv) uvrščen med izjemne dosež eke v letu 2012. Patent je nastal v okviru raziskovalnega projekta L24249 (Barvne, absorpcijske in zaščitne nanoplastne prevleke za aluminijeve zlitine).	
	ANG	According to selection of scientific council of individual sciences at Slovenian Research Agency the patent N°23538 (Hard protective coatings with the ability to change their color) was selected as exceptional achievement in the year 2012. This patent was arised in the framework of this resarch project (L24249, Color, absorption and protective nanolayer coatings for aluminium alloy).	
Šifra	E.03 Drugo		
Objavljeno v	Videlectures.net; 2013; Avtorji / Authors: Panjan Peter		
Tipologija	3.25 Druga izvedena dela		

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine²

Modre nanoplastne prevleke AlTiN/TiN vpeljali v industrijsko proizvodnjo. Danes jih uporablja več kot 20 industrijskih partnerjev za zaščito rezalnih orodij (svedri, stebelna frezala, rezalne ploščice, pestiči za stiskanje tablet).

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti²

SLO

Poznamo različne fizikalne mehanizme, ki omogočajo nastanek barve kovinskih in dielektričnih tankih plasti. V splošnem je barva trdih snovi rezultat interakcije vpadle svetlobe s prostimi in vezanimi elektroni. Če je barva materiala odvisna le od strukture elektronskih pasov, govorimo o intrinzični barvi. Le-ta se izkorišča v večini primerov uporabe dekorativnih prevlek. Barva je določena z stehiometrično sestavo prevleke, zato jo lahko spreminjamo le v omejenem obsegu. Če pa je prevleka dovolj tanka ali če je v vidnem delu spektra delno oziroma povsem presojna, potem pride do interference svetlobe, ki se odbije na mejah posameznih faz. Govorimo o interferenčni barvi. V takšnih primerih barva prevleke ni določena samo z njihovo elektronsko strukturo (oz. optičnimi konstantami materiala), ampak tudi z geometrijo, t.j. debelino posameznih plasti. Drugi mehanizem, ki vodi do nastanka barve, so površinski plazmoni. Pri tem gre za kolektivno oscilacijo prostih elektronov v kovinskih nanodelcev, ki se nahajajo znotraj dielektrične matrice. Kovinski nanodelci zato absorbirajo svetlobo z izbrano valovno dolžino. Valovna dolžina svetlobe, ki se absorbira je odvisna od vrste materiala, ter velikosti in oblike delcev.

Vsi zgoraj opisani mehanizmi se lahko uporabijo za generiranje barve prevlek, vendar pa niso vsi primerni kadar hkrati zahtevamo dobro obrabno obstojnost in estetski videz prevleke. Vedeti pa moramo, da ni ene same magične prevleke, ki bi izpolnjevala vse naše zahteve – za različne tribološke okoliščine moramo izbrati različne prevleke.

V okviru naših raziskav smo preiskovali tankoplastni sistem v katerem je vrhnja plast trda prevleka AlTiN, ki jo nanesejo na spodnjo plast druge trde prevleke z veliko odbojnostjo (npr. TiN). Ugotovili smo, da je barva takšnega sistema rezultat interference in absorpcije v tanki plasti AlTiN. Ta način obarvanja trdih dekorativnih prevlek širi možnosti spreminjanja njihove barve brez poslabšanja njihovih triboloških lastnosti, hkrati pa barva ni odvisna od vpadnega kota gledanja.

Da dosežemo optimalne funkcionalne lastnosti trdih prevlek mora biti temperatura podlag pri klasičnem magnetronskem naprševanju precej visoka (okrog 450°C). Tako visoka temperatura pa ni primerna za zaščito temperaturno občutljivih materialov, kot so npr. Al-zlitine. Pokazali smo, da z uporabo pulznega magnetronskega naprševanja lahko znižamo temperaturo podlag pod 180°C, ne da bi pri tem poslabšali funkcionalne lastnosti trdih prevlek.

Raziskovali smo tudi procese v različnih Al-zlitinah. Znano je, da med anodno oksidacijo nastanejo v aluminiju heksagonalna ureditev nanopor. Takšno površino pogosto uporabljamo kot osnovo za sintezo različnih funkcionalnih nanostruktur. Mi smo takšne strukture nanopore uporabili za doseganje barvnih učinkov. Proces anodne oksidacije smo optimizirali za štiri različne Al-zlitine (2014, 2017, 7075, 6082). Parametre rasti oksidne prevleke, ki vplivajo na premer por, povprečno razdaljo med njimi in debelino oksidne plasti, smo optimizirali tako, da smo dosegli željeni barvni efekt.

ANG

Several physical mechanisms can be exploited to generate a color. In general, the color of solid materials results from the interaction of light with the free and bound electrons. If the color is determined solely by the electronic band structure of the material, then we refer to such color as an intrinsic color. In most decorative applications the intrinsic color of hard coatings is exploited. The color is determined by the stoichiometry of the material, therefore it can be varied only in a limited range. If a coating is thin enough and is fully or partially transparent in the visible part of the light spectrum then the light reflected at the interfaces will interact with

each other resulting in the interference-based colors. In such case, the color of the coating is determined not only by the electronic band structure (or optical constants of the materials) but also by the geometry, i.e. by the thickness of the thin film. Another physical mechanism, which is also exploited for generating the color in the thin films, is surface plasmon resonance. Localized surface plasmons are collective oscillations of free electrons confined to metallic nanoparticles embedded in a dielectric matrix. Metallic particles strongly absorb particular wavelengths of a visible spectrum giving rise to specific colors that strongly depend on the material, size and shape of the particles.

All of the above described mechanisms can be used to generate color yet not all of these color designs can be used in the applications where good protective and decorative functionality is required. There is not a single solution: in different circumstances, different coatings should be selected.

In the framework of this project we demonstrated a simple single-layer design where color of commonly used hard coating material AlTiN can be varied over large part of color spectrum. Color is achieved through interference and absorption effect of a thin AlTiN layer deposited over a substrate with high reflectivity. This new approach offers an additional degree of freedom in the color design of protective/decorative coatings without significant color shift with the viewing angle and without sacrificing tribological performance of the coatings.

Using conventional magnetron sputtering a relatively high temperature (about 450°) is needed to obtain optimal functional properties of hard coatings. Such a high temperature cannot be used for the protection of temperature-sensitive materials such as Al-alloys. We have shown that with the pulsed magnetron sputtering the deposition temperature can be reduced below 180°C, while the functional properties of hard coatings remain similar to high temperature ones.

We studied also anodic aluminium oxidation processes in different aluminium alloys. It is well known that hexagonal arrangement of nanopores can be made by anodization process. Such surface has become a popular template system for the synthesis of various functional nanostructures. In our case we applied such nanoporous structure in oxide layer to for generation of a color. We optimized an anodization process of four different Al-alloys (2014, 2017, 7075, 6082) with the final goal to produce colored surfaces by the use of different salts/pigments. We studied the influence of growth parameters (voltage, temperature, type and concentration of electrolyte, anodization time) on the diameter of pores, the average distance between them and oxide layer thickness.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Povečanje obstojnosti orodja orodij pomeni ne samo manj obnov orodja in manj vzdrževalnih del, ampak tudi večjo produktivnost. Ta projekt je bil usmerjen v razvoj novih postopkov inženirstva površin, ter razvoja prevlek z prikrojenimi specifičnimi lastnostmi, ki bodo omogočile povečanje obstojnosti orodja in zagotovili estetski videz. Pri tribološki uporabi trdih prevlek njihova barva nima bistvenega vpliva na njihove funkcionalne lastnosti. Kljub temu pa daje izdelku pomembno dodatno vrednost. Tako npr. operater v proizvodnji hitreje zazna obrabo orodja preden nastanejo večje poškodbe ali lom orodja. Barvne prevleke nam tudi omogočajo lažje ločevanje orodij prekritih z različnimi namenskimi prevlekami. Dekorativne prevleke na različnih izdelkih (ohišja ur, kopalniška oprema). Danes so številni izdelki za avtomobilsko in drugo industrijo narejeni iz temperaturno občutljivih aluminijevih ali magnezijevih zlitin. Zaščita takšnih komponent z trdimi dekorativnimi PVD-prevlekami je zato velik izziv za vse, ki se ukvarjajo z nanašanjem takšnih prevlek. Zaščita različnih komponent iz vsakdanjega življenja z dekorativnimi trdimi prevlekami izbrane barve ne pomeni le povečanja estetske vrednosti izdelka ampak je hkrati tudi njegova zaščitna znamka. Barva zaščitnih prevlek je torej njihova pomembna značilnost tudi v primerih, ko jih ne uporabimo v dekorativne namene. Zato je zelo koristno, če obstaja možnost kreiranja njihove barve.

V okviru tega projekta smo razvili nov postopek kreiranja barve trdih PVD prevlek, ki temelji na izkoriščanju interferenčnega efekta in absorpcije v polprepustni tanki plasti in spodnji plasti z veliko odbojnostjo. Tak način kreiranja barve nam omogoča spreminjanje barve trdih PVD prevlek v širokem spektralnem področju, ne da bi pri tem poslabšali njihove tribološke lastnosti. To je nov način zaščite orodij in komponent z dekorativnimi trdimi prevlekami in zato predstavlja tehnološki izziv za industrijske partnerje. Rezultati tega projekta bodo omogočili sofinancerju, pa tudi širši industrijski panogi v Sloveniji, da ostanejo tudi dolgoročno konkurenčni. Pred nekaj leti smo modro nanoplastno prevleko že vpeljali v proizvodnjo in danes jo uporablja že več kot 20 industrijskih partnerjev.

Podjetje STAMPAL d.o.o. v okviru holdinga Impol (Slovenska Bistrica) se ukvarja s kovanjem izdelkov iz aluminija. Za takšne izdelke je značilna kombinacija dobrih mehanskih lastnosti, dimenzijske natančnosti in kakovosti površine. Klasičen postopek zaščite izdelkov iz aluminijevih zlitin je anodna oksidacija, kjer se z dodatkom različnih pigmentov lahko dosežajo zeleni barvni odtenki. Slabost omenjenega postopka je, da je neprimeren za aluminijeve zlitine s povečano vsebnostjo bakra, ki pa so zaradi sposobnosti preoblikovanja in svojih mehanskih lastnosti ene najbolj primernih za proizvodnjo odkovkov.

Zato se proizvajalci odkovkov na osnovi aluminijevih zlitin vse bolj zanimajo tudi za PVD prevleke. Interes družbe je, da bi trgu ponudil izdelke z višjo stopnjo dodelave - torej Al-odkovke s funkcionalno in estetsko obdelano površino, kar bi jim povečalo dodano vrednost in Impolu omogočilo, da se na področju kovanja uveljavi kot razvojni dobavitelj.

Še enega aspekta ne smemo pozabiti. PVD-tehnologije so po vseh kriterijih ekološko kompatibilne. Ne puščajo strupenih odpadkov, tekočih kemikalij, aerosolov ali prahu. Poraba vhodnih materialov je minimalna, voda pa se uporablja le za hlajenje, pa še to je minimalno, če uporabljamo zaprt tokokrog. Z zamenjavo ekološko problematičnih kemijskih tehnologij za nanašanje prevlek in uvajanjem PVD-postopkov dosežemo širši pomen za družbo.

ANG

Prolonged tool lifetime reduces repair and maintenance, which has a substantial impact on costs and productivity. The project was proposed to meet these challenges by development of a variety of tool surface modifications and coatings that will be tailored for specific surface properties to extended tool lifetime and to enable the premium esthetic appearance. In tribological applications the color of the protective coating is not an essential feature, however, it adds significant value to the product. For example, in the manufacturing process, the color of a coated tool indicates when the coating has been worn out. Thus one can stop the machining before larger damages occur. From a practical perspective, the color can be also used to distinguish between the coated tools of similar shape and size. Decorative coating on components also adds to the economic value of the product (e.g. bathroom appliances). Today many new products in the automotive and other industries are made from temperature sensitive Al- or Mg-alloys. A protection of components with decorative hard PVD coatings is a big challenge for job coaters. A product with a specific color can be a recognizable brand of a manufacturer and its esthetic appearance will more likely attract the attention of a consumer. Hence, the color of protective coatings is important feature even in the cases when the coatings are not exclusively used for the decorative purpose. It is therefore very useful to have flexibility over the design of the color.

In the framework of this project a new concept of color design of PVD hard coatings by exploiting the interference effect through the use of semi-transparent thin film and reflective substrate has been proposed. This approach offers an additional degree of freedom in the color design of protective/decorative coatings without sacrificing tribological performance of the coatings. This is a new approach in the protection of tools and components. The results of this project will enable the beneficiary and broader industrial branch in Slovenia to stay competitive for a long term. Some years ago we implemented blue nanolayer hard coatings (AlTiN/TiN) in industrial production and is now used in more than 20 customers in Slovenia.

Company Stampal SB associated companies in the holding Impol Group is an aluminum forging company that produces forging parts. Typical characteristic of such products is a combination of good mechanical properties, dimensional accuracy and surface finish. Besides appropriate

mechanical properties the wear and corrosion resistance and esthetic appearance are very important. Conventional technique for protection of aluminum parts is the anodic oxidation with an addition of various pigments which provide the desired color. Its principle disadvantage is that it is not applicable for Al-alloys with a high percentage of copper. These alloys are due to their machinability and mechanical properties one of the most appropriate for production of forging products.

In order to achieve additional advantages both the producers aluminum forging products are looking for PVD coatings. These coatings should offer a much higher level of protection and durability, variation of color hues. Impol has an interest to offer on market surface treated Al-products with higher add value. This will enable Impol to be a developmental supplier.

Ecological aspect should not be forgotten. The PVD technologies are ecologically acceptable. They do not leave any hazardous waste, no wet chemicals, no aerosols or dust. The consumption of raw materials is minimal, and water is needed only for cooling and even this is minimal by using a closed loop. By scrapping the ecologically problematic chemical coating techniques and implementing PVD techniques instead the broader society benefits substantially. It is expected that the technologies and products emerging from the project will be in future exploited commercially.

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	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen <input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	V celoti <input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="Delno"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>

F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value=""/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value=""/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text" value="Dosežen"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text" value="V celoti"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

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	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.09.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

Komentar

--

12.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹¹

	Sofinancer			
1.	Naziv	IMPOL d.o.o.		
	Naslov	Slovenska Bistrica, Partizanska 30		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	90.417	EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	25	%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja		Šifra	
	1.	izboljšanje estetskega videza in funkcionalnih lastnosti (odpornost na razenje + in korozijo)	F.07	
	2.	razvoj puznega postopka magnetronskega naprševanja trdih PVD prevlek pri nizki temperaturi podlag	F.09	
	3.	zaščita kovanih izdelkov iz Al-zlitine z nizkotemperaturnimi CrN in TiN trdimi PVD- prevlekami	F.04	
	4.			
	5.			
	Komentar			
		Raziskovalci Instituta "Jožef Stefan" in Kemijskega instituta, ki so sodelovali na aplikativnem projektu L2-4249, so večkrat obiskali naše podjetje in predstavili rezultate raziskav. V okviru raziskovalnega		

	Ocena	<p>simpozija, ki ga IMPOL organizira vsako leto, sta dr. Peter Panjan, ki je nosilec tega projekta in dr. Kristina Žagar (sodelavka na projektu) imela vabljeni predavanji z naslovom "Barvne, absorpcijske in zaščitne nanoplastne prevleke za aluminijeve zlitine" in "Anodna oksidacija in barvanje aluminijevih zlitin". V času trajanja tega projekta so vsako leto organizirali več delovnih srečanj na Institutu "Jožef Stefan". Skupaj z našimi tehnologi so naredili tudi nekaj uspešnih preizkusov zaščite kovanih izdelkov iz Al-zlitin s nizkotemperaturnimi CrN in TiN prevlekami. Za štiri različne aluminijeve zlitine (2014, 2017, 7075, 6082) po našem izboru, pa so optimizirali postopek anodne oksidacije in absorptivnega barvanja (na osnovi bakrovih soli). Ocenjujemo, da smo si v okviru projekta pridobili potrebna teoretična in praktična znanja tako s področja dekorativnih trdih zaščitnih prevlek, kot tudi s področja anodne oksidacije. Ta znanja nam bodo pomagala pri iskanju alternativnih postopkov dodalave aluminijevih polizdelkov, ki naj bi nadomestili klasične (eloksacija, praškasto lakiranje), ki so okolju in zdravju škodljivi.</p>
--	-------	---

13. Izjemni dosežek v letu 2014¹²

13.1. Izjemni znanstveni dosežek

V reviji Surface and Coating Technology, ki je vodilna na področju trdih zaščitnih prevlek, smo objavili obsežen članek z naslovom "Designing the color of AlTiN hard coating through interference effect"

13.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

V letu 2014 smo nanoplastno modro prevleko uspešno vpeljali še na dve industrijsko pomembni področji:

- zaščita pestičev, ki se v farmacevtski industriji uporabljajo za izdelavo trdih tablet; modra prevleka je v primerjavi s klasičnimi (CrN, TiN) bistveno bolj učinkovita pri zaščiti pestičev za stiskanje najbolj abrazivnih prahov. V podjetju Krka (Novo mesto) so v lanskem letu pričeli takšne pestiče uporabljati v redni proizvodnji.
- zaščita žagic iz karbidne trdine, ki jih v podjetju Kolektor uporabljajo za razrez komutatorjev; testi so pokazali, da se obstojnost žagic poveča za več kot dvakrat v primerjavi z neprekritimi.

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:

Institut "Jožef Stefan"

Peter Panjan

ŽIG

Kraj in datum:

Ljubljana	9.3.2015
-----------	----------

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2015/72

- 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 / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)
 - 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
D8-CE-8F-87-B3-5D-BD-06-E3-AA-94-15-24-D7-D1-A8-5D-AE-38-9F

Priloga 1

Dosezek v okviru raziskovalnega projekta L2-4249:

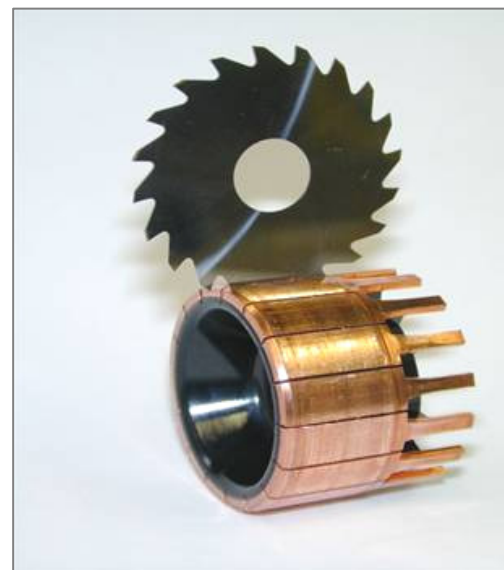
Barvne, absorpcijske in zaščitne nanoplastne prevleke za Al-zlitine

V letu 2014 smo nanoplastno modro prevleko uspešno vpeljali na dve industrijsko pomembni področji:

- a) **zaščita pestičev, ki se v farmacevtski industriji uporabljajo za izdelavo trdih tablet;** modra prevleka je v primerjavi s klasičnimi (CrN, TiN) bistveno bolj učinkovita pri zaščiti pestičev za stiskanje najbolj abrazivnih prahov. V podjetju Krka (Novo mesto) so v lanskem letu pričeli takšne pestiče uporabljati v redni proizvodnji.
- b) **zaščita žagic iz karbidne trdine, ki jih v podjetju Kolektor uporabljajo za razrez komutatorjev;** testi so pokazali, da se obstojnost žagic poveča za več kot dvakrat v primerjavi z neprekritimi.



Pestiči za stiskanje prahov v tablete. Pestiči so izdelani v podjetju PHOS (Sečovelje), uporabnik pa je Krka (Novo mesto);



Žagice iz karbidne trdine za razrez bakrenih kolektorjev