

Elektrolitičko pozlaćivanje zlatnog nakita od legure 585

Pozlata je metoda tradicionalno korišćena za nanošenje zlata na različite materijale, u prošlosti ponajviše na drvene relikvije u crkvama. Danas, pozlata se ostvaruje primenom hemijskih ili elektrohemijskih postupaka u modernoj industriji (elektronici, poluprovodnicima, štampanim kolima i sl.). Različite boje livenih i deformisanih zlatnih legura zlata su glavni razlog primene pozlate u juvelirstvu.

Ovaj članak se odnosi na elektrolitičko nanošenje čistog zlata na zlatni nakit. Ovde je korišćena legura zlata 585 (58,5%Au, ostatak srebro i bakar u odnosu 1:1). Za juvelirske potrebe je primenljivo nekoliko elektrolitičkih metoda. Ovde je primenjeno elektrolitičko taloženje u približno neutralnom cijanidnom rastvoru. Priprema i taloženje su izvedeni u juvelirskoj radionici. Dobijen je tanak sloj zlata debljine od oko 0,05 μm, koji se može klasifikovati kao meko zlato. Nekoliko primera elektrolitičke pozlate, primenjene na česte oblike nakita, kao što su lančići, narukvice i dr. ovde su prikazana.

Ključne reči: legura zlata 585, elektrolitička prevlaka zlata, estetski izgled

1. UVOD

Pozlata je metoda nanošenja tankog sloja zlata na površinu drugog predmeta. Vekovima unazad je u hrišćanstvu (kako u pravoslavlju tako i u katolicizmu) bila poznata i primenjivana pozlata izvedena "mehaničkim" putem, tako što su na izrezbarene duboreze (uglavnom na oltaru, kakvi se sreću u crkvama i/ili katedralama) nanošene tanke folije od zlata. Svakako svetski najpoznatija pozlaćena kupola je na džamiji Al Aksa, Jerusalim. Sve ovo se i danas, nakon više vekova, može videti u spomenutim objektima. Postojanost zlata prema oksidaciji je tolika da se i predmeti koji su izloženi uticaju atmosferilija pozlaćuju.

Izgleda da su još Stari Egipćani znali za elektrolitičku pozlatu (za elektrolit su koristili sok od grožđa i limuna, ili slično). Danas se pozlata uglavnom izvodi hemijskim ili elektrohemijskim taloženjem [1-3], čak i na predmetima koji nisu minijaturnih dimenzija.

Pozlata u industrijskim uslovima nije tako zastupljena kao ostale tehnologije galvanskog nanošenja neplemenitih metala, kao što su Zn, Cr, Ni, zatim fosfatiranje, anodna oksidacija i tome slično [1,2]. Ranije, kada su se uveliko koristile različite lampe tipa diode, triode i slična elektronska oprema, pozlata

se primenjivala na tankim žicama od volframa ili molibdena. U tim prilikama, svrha nanošenja sloja zlata je bila da omogući termoelektričnu emisiju i smanji električni otpor u navedenim elektronskim komponentama pri visokim frekvencijama [3]. Elektronske lampe su u međuvremenu zamenjene, ali se pozlata i dalje koristi u elektronici, npr. na štampanim kolima, kontaktima i sl. U navedenim elektronskim komponentama tzv. *skin efekat* može da bude prilično izražen, izazivajući gubitke usled povećanja električnog otpora. Talozjenje zlata na takve površine drastično smanjuje spomenute gubitke.

U industrijskim uslovima pozlata se izvodi, uglavnom, radi zaštite električnih kontakata, kakvi se svakodnevno sreću u telekomunikacionoj opremi (tipa mobilnih telefona), potom računara i slično. Sledeće primene pozlate koje se sreću u dekorativnoj zaštiti su na nerđajućim čelicima [1,4,5], od kojih je običnom čoveku najpoznatija primena na posuđu i priboru za jelo, iz navedene grupe materijala. Još jedno značajno područje primene pozlate je u juvelirskoj proizvodnji. Izgleda neobično ali pozlata zlatnog nakita se pokazala kao svrsishodna. Radi ostvarivanja bezprekornog izgleda, nakit se podvrgava pozlati, čime se postiže izvanredna sjajnost površine. Dekorativni razlozi nanošenja zlatne prevlake su, dakle, osnovni razlog primene nanošenja čistog zlata na leguru zlata. Kod mnogih komponenti iz običnog života se pokazalo da je pozlaćeni sloj otporan i na habanje. Habanje u ovim slučajevima nije adekvatno "mašinskom" habanju.

U juvelirstvu je poznata primena pozlate na srebrnim predmetima. Atomi srebra, slično atomima bakra, difunduju (*protiv naše volje*) u sloj zlata,

Adresa autora: ¹Visoka tehnička škola strukovnih studija, N. Beograd, Bul. Z. Đinđića 152a, ²Perić&Perić & Co. d.o.o., Požarevac, Dunavska 116, ³Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Franše d'Eperea 86, ⁴Univerzitet u Beogradu, Tehničku fakultet u Boru, Bor, V.J. 12

Primljeno za publikovanje: 14. 06. 2013.

Prihvaćeno za publikovanje: 11. 09. 2013.

prouzrokujući laganu promenu boje i stvaranje mrlje. Ovakvi procesi mogu potrajati mesecima i godinama.

2. OSOBINE ZLATA I LEGURE ZLATA 585

Zlato ima odličnu kombinaciju električne provodljivosti i korozione postojanosti i to je razlog da se ovakve prevlake koriste svuda onde gde je potrebna garancija navedenih osobina. Visoku cenu zlata opravdavaju izuzetno kvalitetne fizičko-hemijske osobine. Ipak, čisto zlato, nije prikladno za izradu nakita ili npr. metalnog novca ("zlatnika"). Osnovni razlog tome je veoma mala čvrstoća kao i tvrdoća čistog zlata, tabela 1.

Tabela 1 - Važnije mehaničke osobine čistog zlata [4]

HB,	R_m ,	$R_{p0,2}$	A	Z
N/mm ²			%	
200-250	130	10-25	50	90

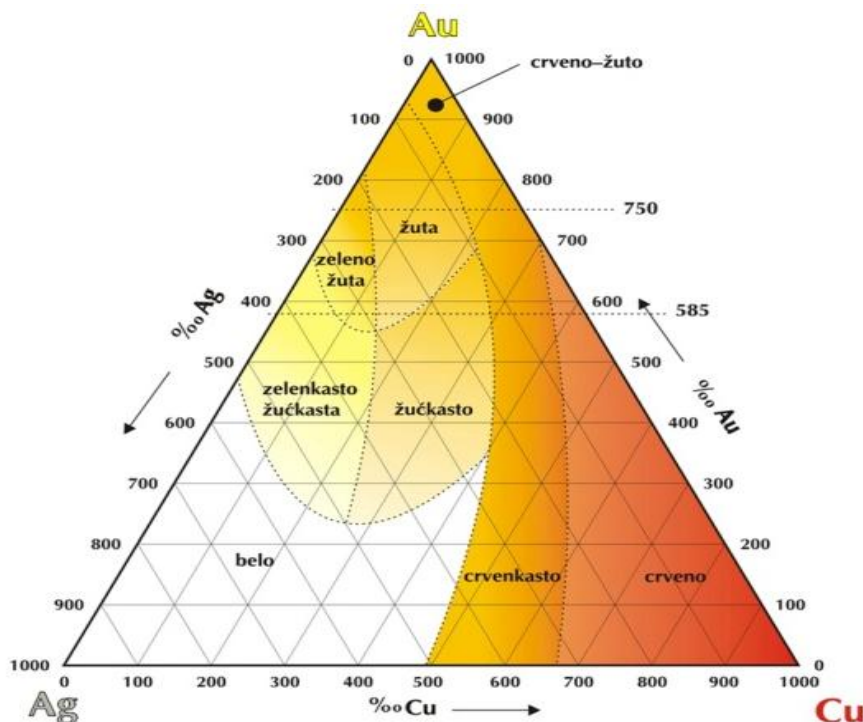
Iako nakit u eksploataciji nije izložen mehaničkim opterećenjima, kao u slučaju velikog broja mašinskim delova, pokazalo se da nakit izrađen od plemenitih metala treba da ima nešto veću čvrstoću, a to se ostvaruje legiranjem. Legiranje se izvodi bilo zbog povećanja mehaničkih osobina (tvrdoće i

čvrstoće) ili pak ostvarivanja željene boje, odnosno nijanse boje. Poslednji zahtev se retko sreće kod ostalih mašinskim komponenti [6, 7]. Osobine legure variraju zavisno od sastava i primenjenog režima termo-mehaničke obrade [4, 8]. Mehaničke osobine ovde korišćene legure zlata 585 (58,5mas.%Au, ostatak srebro i bakar u odnosu 1:1) su date u tabeli 2.

Tabela 2 - Mehaničke osobine deformisane legure 585 [4]

HB,	R_m ,	$R_{p0,2}$	A	Z
N/mm ²			%	
1700	400	/	30	45

Podloga za nanošenje ovde je legura zlata 585, koja je najčešće trokomponentna legura. Pregled sastava legura zlata, kao i kod svih "običnih" legura, najbolje se vidi na odgovarajućem trojnom dijagramu stanja Au-Ag-Cu, što je u metalurgiji i nauci o materijalima opšte prihvaćeno. Količina legirajućih komponenti utiče na mehaničke osobine ali i na boju legura [9-11], a to je za nakit vrlo važna karakteristika. Boje legura u celom sistema su prikazane na slika 1.



Slika 1 - Trojni dijagram Au-Ag-Cu i oblasti odgovarajućih boja

Na osama ovog dijagrama brojke se odnose na 1/1000 delova (u promilima), jer je to uobičajen način obeležavanja u juvelirstvu, a odnosi se na prisustvo određenog elementa u leguri plemenitog metala. Isprekidane linije i brojke 585 i 750 na osi Au-Cu se odnose na najčešće korišćene legure zlata u juve-

lirstvu, poznatije po oznakama 14kt i 16kt, respektivno.

Međutim, početna boja jedne iste legure se menja u toku primene različitih postupaka prerade/obrade, ili spajanja (lemljenja i varenja), tako da će svi primenjeni postupci obrade imati uticaja na krajnji

estetski izgled proizvedenog nakita. Da bi se izbegao loš estetski izgled već urađenog nakita po zamisli dizajnera (koji je ovde i konstruktor) povremeno se u juvelirskoj praksi primenjuje pozlata. Ovakva pozlata se najčešće izvodi elektrohemijom putem. Sve propisane norme podležu strogoj kontroli kvaliteta [8].

3. EKSPERIMENT

Za nanošenje prevlake zlata izabrani su uobičajeni predmeti kakvi se svakodnevno sreću u zlatarskoj proizvodnji: narukvice, prstenje, lančići i dr. Navedeni proizvodi najčešće su složene geometrije. Priprema za nanošenje je izvedena na uobičajen način: prvo mehaničkim čišćenjem, pranjem u deterdžentu i/ili ultrazvučnoj kadi, uvek uz višestruko i obilno ispiranje. U ovom slučaju je primenjeno još i elektromagnetno poliranje. Nanošenje prevlake zlata na takve komade je izvedeno elektrohemijom putem. Izgled aparature za ovakvu pozlatu je prikazan na slici 2. Vredno je istaći da za ovakvu vrstu obrade ostale legure zlata ne zahtevaju nekakvu posebnu aparaturu od prikazane. Obradivani nakit od predmetne legure zlata je bio katoda, a za anodu je korišćen nerđajući čelik.



Slika 2 - Izgled elektrolitičke ćelije za izvođenje pozlate zlatnog nakita u firmi Perić&Perić

Pre potapanja mehanički ispoliranih predmeta u elektrolitičku ćeliju, komadi se obavezno odmašćuju i čiste, za šta se (u firmi „PERIĆ&PERIĆ“&Co.d.o.o., Požarevac) redovno koristi ultrazvučna obrada.

Elektrohemijski nanete prevlake zlata mogu biti sjajne ili mat [6]. Elektrolit je fabrički već imao dodatak za sjaj. Priprema i obrada delova za pozlatu su izvedeni u preduzeću „PERIĆ&PERIĆ“& Co. d.o.o., Požarevac. Rađeno je sa cijanidnim elektrolitom sledećeg sastava: 2,5g/l $\text{KAu}(\text{CN})_2$, 7g/l KCN; 2,5g/l Na_2HPO_4 uz $\text{pH}=6,5$. Istaložena prevlaka je od čistog zlata (24kt). Ostali tehnološki uslovi izvođenja ovakve pozlate su dati u tabeli 3.

Tabela 3 - Tehnološki uslovi dekorativnog nanošenja zlata

Temperatura, $^{\circ}\text{C}$	Napon, V	Gustina struje, A/dm^2
max. 65	8	2,4

Elektrohemijsko taloženje za dobijanje tanke prevlake zlata je izvedeno u trajanju od svega par sekundi. Treba istaći da, shodno izvršenim eksperimentima na leguri zlata 585, primena napona u intervalu od 6-10V nije izazvala vidljive promene u estetskom izgledu (misli se na boju) prevlake zlata. Brzina taloženja zlata se verovatno nešto menjala u spomenutom intervalu napona, ali to nije bio predmet ovog eksperimenta [12-14]. Mehaničke osobine prevlake od zlata su date u tabeli 4.

Tabela 4 - Važnije mehaničke osobine prevlake od čistog zlata [12]

Zatezna čvrstoća, MPa	Tvrdoća, HV MPa	Izduženje, %
130	400-600	50

Izgled obrađivanih proizvoda pre i posle nanošenja zlatne prevlake prikazan je na slici 3. Veličina elektrolitičke kade, kao uvek, diktira dimenzije predmeta koji se obrađuju u njoj.



Slika 3 - Predmeti od legure zlata 585: a) pre i b) posle nanošenja prevlake čistog zlata; rađeno u preduzeću „PERIĆ&PERIĆ“&Co.d.o.o., Požarevac, Srbija

Debljina istaložene prevlake je bila na nivou od 0,05 μ m, kako je izmereno na kontrolnom uzorku primenom metalografskog mikroskopa.

4. DISKUSIJA

Zlato pripada grupi metala, koji se tehnološki posmatrano, lako taloži na neku od podloga, ali galvansko nanošenje prevlake čistog zlata bročano nije tako zastupljeno u industriji kao što je to slučaj sa prevlakama "konstrukcionih" metala Zn, Cr, Ni i dr. na čeliku i/ili gvožđu. Nanošenje prevlake zlata na podlogu od zlatne legure još manje je zastupljeno, odatle još manje poznato i izučavano. Juvelirstvo samo po sebi spada u specifičnu i komplikovanu tehnologiju izrade delova od različitih materijala i oblika (dizajna). Što se veličine nakita tiče, poznato je da se radi o delovima uglavnom minijaturnih dimenzija. Ono što se kod ostalih proizvoda "na tone" ne susreće i ne zahteva, u juvelirstvu je veoma izraženo - estetski izgled. Količina plemenitog metala u nakitu je u svakom slučaju zagarantovana [4,5,8] i to treba imati na umu.

U cilju izrade željenog proizvoda, ovde je to nakit, moraju se primeniti različiti tehnološki postupci, u kojima se nekada često znatno smanjuje blještavost obrađivane legure, iako je dotična legura izrađena na osnovi zlata. Radi povećanja blještavosti, pristupa se nanošenju sjajne prevlake zlata na podlogu od legure zlata, ovde je rađeno sa legurom zlata kvaliteta 585 (14kt).

Visok sjaj na ukrasnim predmetima od bilo koje legure zlata se uobičajeno postiže prvo mehaničkim poliranjem, a poslednjih godina i obradom u magnetnom polju. Ipak, poliranje u magnetnom polju nije primenljivo za sve vrste zlatnih proizvoda, npr. za lančiće i slične predmete izrađene od tanke žice. Galvansko nanošenje je izvedeno pod navedenim tehnološkim uslovima, preračunato na čisto zlato u elektrolitu je bilo oko 2 g/l Au, i dobijena je sjajna prevlaka, uporediti njihove izgled pre i posle obrade, slika 3a) i b). u sloju debljine od oko 0,05 μ m. Promena estetskog izgleda pre i posle nanošenja više je uočljiva golim okom nego sa fotografija, slika 3.

S obzirom da je ovde rađeno sa nakitom, isti principi galvanskog nanošenja i osobine nanetog sloja se mogu primeniti i na druge predmete od zlata, dakle na bilo koje ukrasne predmete od identičnog materijala – legure zlata 585. Legiranje nekim drugim elementima, čak iako sadržaj zlata bude isti, dovodi do promene uticajnih veličina, time i do dobijenih rezultata [14-17]. Cilj izvršenih ispitivanja je bio uvođenje tehnologije elektrohemijaskog taloženja zlata na zlatni nakit od legure 585, u okviru redovnog proizvodnog programa i ciklusa.

Kod zlatnog nakita mogu da se jave različite nijanse na elementima, usled primene različitih tehnologija, a kada materijali takvih elemenata nisu identičnog sastava, nijanse lako mogu biti uočljive golim okom. Da se to ne bi desilo, pristupa se primeniti pozlate [18].

Napomena: Pozlata se lako izvodi na osnovnom materijalu od mesinga, srebra i slično, što treba razlikovati od legure zlata, dakle tu su moguće podvale koje običan kupac, ipak, treba da ima u vidu prilikom kupovine nakita: spolja se uvek vidi sjajna prevlaka ali se ne zna podloga.

ZAKLJUČAK

Izvedeni eksperimenti nanošenja prevlake čistog zlata na nakit od legure zlata 585 omogućili su izvođenje sledećih zaključaka:

- Visok sjaj ili boja na zlatnom nakitu se ne može uvek ostvariti mehaničkim poliranjem;
- Nanošenje prevlake od čistog zlata je posebno potrebno kada se na jednom istom proizvodu, ovde nakitu, primenjuju različite tehnologije obrade i proizvedeni elementi nakita pokazuju različite nijanse boja;
- Elektrohemijasko taloženje čistog (24kt) zlata je izvedeno na nakitu od legure zlata 585;
- Tehnološki uslovi rada (temperature kupatila 65 $^{\circ}$ C, napon od 8V i gustina struje od 2,4A/dm 2 , uz primenjeni elektrolit (na bazi auricijanida) u trajanju od par sekundi, omogućili su dobijanje prevlake debljine od oko 0,05 μ m;
- Naneta prevlaka kod nakita ima dekorativnu namenu, ali se ne isključuje i antikorodivna zaštita;
- Razlike u boji nakita pre i posle nanošenja pozlate jasnije su vidljive golim okom nego sa fotografije.

LITERATURA

- [1] D.R. Gabe: Principles of Metal Surface Treatment and Protection, Oxford 1972, Pergamon Press, str.29-34.
- [2] M. Pavlović, D. Stanojević, S. Mladenović: Korozija i zaštita materijala, Zvornik, 2012, Tehnološki fakultet, str. 427-451.
- [3] В. Еспе: Технологија електровакуумних материјалов, Москва 1962, Госнегиздат, стр. 128-135; 340.
- [4] В. М. Малишев, Д.В. Румјанцев: Золото, Москва 1979, Металлургија, стр. 127-130.
- [5] В. П. Новиков: Почти все о ювелирных изделиях, Санкт Петербург 1995, Континент, стр. 6-17.

- [6] М.И. Голјдштејн, В.С. Литвинов, В.М. Бронфин: *Металлофизика високопрочних сплавов*, Москва 1986, *Металлургија*, стр. 12-76.
- [7] I. Esih, Z. Dugi: *Tehnologija zaštite od korozije*, Zagreb 1990, str. 209-211.
- [8] *Zakon o kontroli predmeta od dragocenih metala*, Sl.glasnik R.S., br.36/ 2011;
- [9] H. Okamoto, D.J. Chacrabarti, D.E. Janghlin & Massalski, *THE Au-Cu (GOLD – COOPER) SYSTEM*, *Bulletin of Alloy Phase Diagrams*, Vol.8, No. 5, (1987), p.p.454-473;
- [10] R. Perić, Z. Karastojković, Z. Kovačević, D. Gusković, *Starenje legura zlata za proizvodnju nakita*, *Zbornik radova, D-HTM, Požarevac*, (2012), p.p. 86-94;
- [11] R. Reed-Hill: *Physical Metallurgy Principles*, New York 1973, D. van Nostrand Co, pp. 534-539; 568-607.
- [12] И.Н. Бородин: *Порошковаја гальванотехника*, Москва 1990, *Машиностроение*, стр. 9-17.
- [13] P. Gertik, *Plemeniti metali*, Beograd 1997, *autorsko izdanje*, str. 167-227.
- [14] R. Stüss, E.v.d. Lingen and L. Glaner, *18 Carat yellow gold alloy with increased hardness*, *Gold Bulletin*, (2004), 3713-4, p.p. 196-207;
- [15] R. Perić, Z. Karastojković, Z. Kovačević, D. Gusković, *The age-hardening mechanism of Au585Ag90Cu264Zn61 gold alloy for jewelry production*, III Int. Kongres, Jahorina 2013, R. Srpska, *Proceedings; CD izdanje*, rad M-33, str. 1130-1137.
- [16] P. Gertik: *Umetnička obrada metala – nakit i ukrasni predmeti*, *Muzej primenjene umetnosti*, Beograd 2004, str. 241-251.
- [17] Z. Karastojković, R. Perić, M. Srećković, Z. Janjušević, S. Jakovljević, Z. Kovačević: *Korozioni lom u leguri zlata 585 usled faznih transformacija*, *Zaštita materijala* 2/2008, 71-78.
- [18] M. Schlesinger, M. Paunović: *Modern electroplating*, New York 2000, J. Wiley&Sons, Inc, str. 201-223.

ABSTRACT

ELECTROLITIC GOLD PLATING ON GOLDEN JEWELS MADE FROM 585 ALLOY

Gold plating is a method traditionally employed for gold coating on different materials, in past almost on wooden relics in churches. Now days, gold plating is applied by chemicaly or electrochemicaly deposition methods on metals in the modern industry (in electronics, semiconductors, circuit boards, etc.). Different colors of as-casted and deformed gold alloy are main reasons for applying the gold plating in jewelry production.

This article covers electroplating of pure gold onto golden jewels. Here is used gold alloy 585 (58,5wt%Au, rest silver and copper in ratio 1:1). Several gold electroplating methods are available for jewel purposes. Here is provided gold electroplating at nearly neutral cyanide solution. Preparing and deposition is provided in a jewel shop. The obtained thin gold layer was 0,05µm in thickness, which could be classified as a soft gold. Some examples for gold electroplating, which belong to common jewels, as chains, bracelets, etc. here are represented.

Key words: *gold alloy 585, electrochemical gold coating, aesthetic appearance*

Scientific paper

Received for Publication: 14. 06. 2013.

Accepted for Publication: 11. 09. 2013.