

## Vpliv Cu' in cinka na preoblikovalne lastnosti belega zlata

### The influence of Cu' and Zinc on workability of Nickel containing White Gold Alloys

M. Doberšek, A. Osojnik, *Inštitut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana*

I. Kosovinc, *FNT-Montanistika, Katedra za metalografijo, Ljubljana*

*V proizvodnji nakita iz belega zlata se uporabljajo predzlitine na osnovi baker-nikelj-cink in srebro-baker-paladij, ki se dodajajo čistemu zlatu. Naše raziskave so bile usmerjene v študij vpliva Cu' in cinka na preoblikovalne lastnosti belega zlata iz skupine zlitin zlato-baker-nikelj-cink. 14 ct. bela zlitina je bila izdelana iz doma razvite predzlitine D-8011, njeno uporabnost pa smo preverili na nekaterih značilnih izdelkih iz proizvodnje nakita. Določena je gostota zlitine, temperatura liquidus, solidus ter rekristalizacijska temperatura nove bele zlitine za nakit. Določen je vpliv razmerja bakra in niklja ter vsebnosti cinka na preoblikovalne lastnosti in barvo 14 ct. bele zlitine.*

*Ključne besede: belo nikljevo zlato, novo srebro, plemenite kovine, zlitinski sistemi*

*We study one of main families of White Gold jewellery Alloys - namely nickel containing White Gold. 14 Carat White Gold was made with master alloy D-8011, which verified on some characteristic products of jewellery (rings, chains, pendants and semi-finished metal wire and sheets). Density, temperature of liquidus, solidus and the recrystallization temperature of new white gold was determined.*

*The workability of a jewellery gold alloys, is best reflected by its hardness, and we measured it in correlation of composition. The new 14 Ct. white gold alloy has very good ductility, castability, contrast (to Yellow gold) white colour, good reflectivity and hardness < 150 HV5/20 in casting state. With master alloy D-8011 we made White Gold for producing jewellery castings and products making with cold deformation processes, but we used only one master alloy. With new 14 Ct. White Gold we didn't change the used pouring technology, cold deformation processes and soldering. Due to contrast white colour of 14 Ct. alloy, very complicate and expensive electro-chemical process of Rhodium plating, is not required.*

*Key words: White Gold Alloys, New Silver, Precious Metals, Systems of Alloys*

#### 1 Uvod

V proizvodnji nakita iz belega zlata se uporabljajo predzlitine na osnovi baker-nikelj-cink (nikljevo belo zlato)<sup>1</sup> ter srebro-baker-paladij (paladijevo belo zlato), ki se dodajajo čistemu zlatu. Zlitine iz paladijevega belega zlata so mehkejše in zato lažje preoblikovalne, vendar imajo močan rumenkast odtenek barve, kar zahteva dodatno površinsko obdelavo izdelka z zahtevnim postopkom elektro-kemijskega nanašanja rodija. Naše raziskave so bile usmerjene v iskanje predzlitine, iz sistema baker-nikelj-cink, za proizvodnjo belega zlata, ki bi bila primerna za ulivanje in hladno predelavo ter imela dovolj kontrastno belo barvo.

#### 2 Eksperimentalno delo in analiza rezultatov

Razmešanje v trdnem stanju poznano iz binarnega sistema zlato-nikelj<sup>2</sup>, se širi v ternerni prostor zlitinskega sistema

zlato-baker-nikelj, zato ima razmerje bakra in niklja v zlitinah močan vpliv na barvo in preoblikovalne lastnosti zlitine. Glavni parametri, ki vplivajo na uporabnost zlitine, so poleg čistine še razmerje bakra in niklja

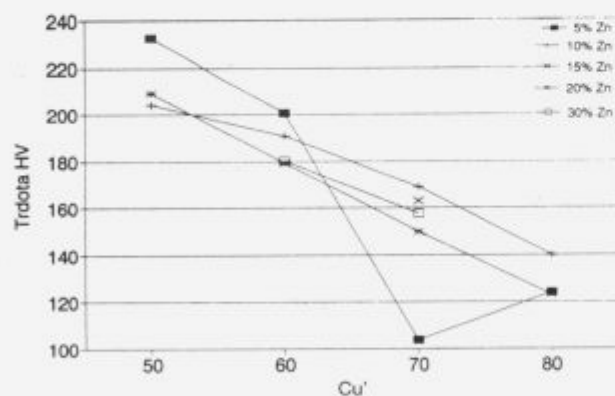
$$Cu' = \frac{m \cdot \% Cu}{m \cdot \% Cu + m \cdot \% Ni} \times 100 / \% /$$

ter vsebnost cinka v zlitini. Dodani cink kompenzira barvni učinek bakra in vpliva na livnost zlitine. Prisotnost cinka v zlitinah belega zlata povzroča nagnjenost teh zlitin k vročim razpokam po kristalnih mejah, zlasti v primerih, ko stopnja hladne deformacije pred rekristalizacijskim žarjenjem ne presega 50 %. V naših raziskavah smo študirali vpliv razmerja Cu' ter cinka na trdoto ulitih proizvodov, sposobnost hladnega preoblikovanja ter barvo zlitine.

**Tabela 1:** Sestava predzlitin iz sistema Cu-Ni-Zn  
**Table 1:** The composition of master alloys from system Cu-Ni-Zn

št. vzorca	Sestavina zlitine m%			Kemijska analiza m%			Cu'	HV <sub>5/20</sub> lito stanje	Opombe
	Cu	Ni	Zn	Cu	Ni	Zn			
1	47,5	47,5	5	48,2	46,8	4,9	50	136	
2	57,0	38,0	5				60	146	
3	66,5	28,5	5	67,3	27,7	4,5	70	114,4	
4	76,0	19	5	76,6	18,35	4,48	80	79,6	
5	45	45	10	45,6	44,0	10	50	144,7	
6	54	36	10				60	117,6	
7	63	27	10				70	111,2	
8	72	18	10	72,8	17,1	10	80	113,2	
9	40	40	20	40,5	39,45	19,85	50	78,3	
10	48	32	20				60	78,4	
11	56	24	20				70	140,9	
12	64	16	20	65,3	15,5	19	80	112,2	
13	35	35	30				50	264,6	nepreoblikovalna
14	42	28	30	42,7	27,1	29,9	60	139,6	
15	49	21	30	49,3	20,8	29,8	70	142,4	
16	48,3	30	21,7				60,5	173	za vlivanje
17	63,9	28,9	7,2				68,8	159	za predelavo
18	65	16,9	18,1				79,4	114	mehka za pred.
19	56,3	29	14,4				66,2		Gold Bulletin
20	61	24	15	61,65	23,51	14,78	71,8	114	

Za izdelavo bele zlate zlitine se uporablja cela vrsta predzlitin iz sistema baker-nikelj-cink<sup>3</sup>, ki se uporabljajo posamezno ali največkrat v kombinaciji. Izdelali smo preko dvajset različnih zlitin iz sistema baker-nikelj-cink (tabela 1) z razmerjem Cu' z razmerjem Cu' ter vsebnosti cinka od 5-30 m.%

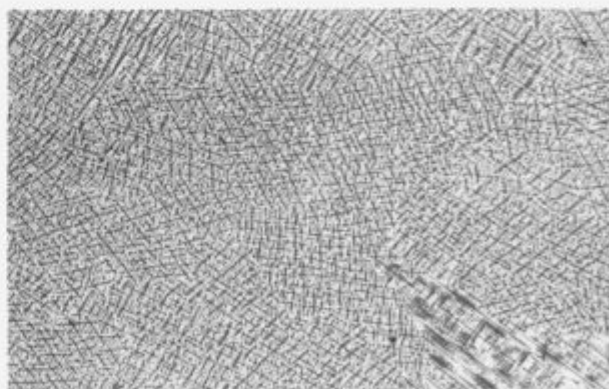


**Slika 1:** Vpliv Cu' in cinka na trdoto 14 ct. belega zlata  
**Figure 1:** Hardness of 14 Carat white gold alloys as a function of Cu' and zinc content

Predzlitine so bile izdelane iz elektrolitskega bakra, čistega niklja, cink pa smo dodajali v obliki zlitine CuZn37. Iz teh predzlitin je bilo izdelano belo zlato ob dodajanju 58,5 m.% čistega zlata (99,95 m.% Au). Sledili smo vplivu spreminjanja razmerja bakra-niklja ter vsebnosti cinka v zlitinah belega zlata na trdoto v litem in hladno deformiranem stanju ter vplivu teh parametrov na barvo zlitine. Vzorčki 14 ct. zlitine

so imeli maso 15 gr. in so bili uliti v ogreto kovinsko kokilo. Izmerjene trdote zlitin v litem stanju so podane v diagramu (slika 1), iz katerega je razvidno, da z naraščajočim Cu' zlitinam pada trdota.

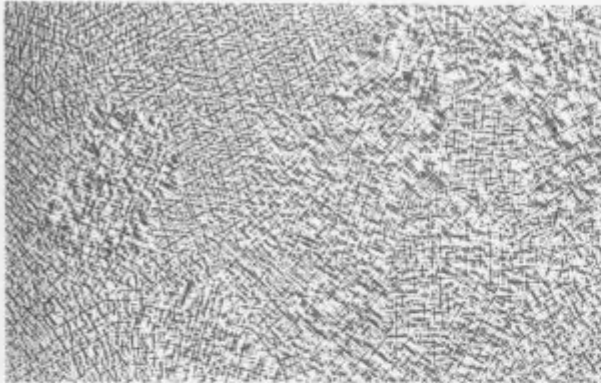
Z naraščanjem cinka pri konstantnem razmerju Cu' prav tako pada trdota 14 ct. belim zlitinam. Zlitine so monofazne, z naraščajočo vsebnostjo cinka in padajočo vsebnostjo niklja pada velikost kristalnih zrn, kar potrjujeta mikrostrukturi zlitine s 15 m.% niklja in 4 m.% Zn (slika 2) ter zlitine z 10 m.% niklja in 6 m.% Zn (slika 3).



**Slika 2:** Belo zlato s 15 m.% Ni  
**Figure 2:** Microstructure of 14 Carat White Gold Alloy with 15 wt % Ni

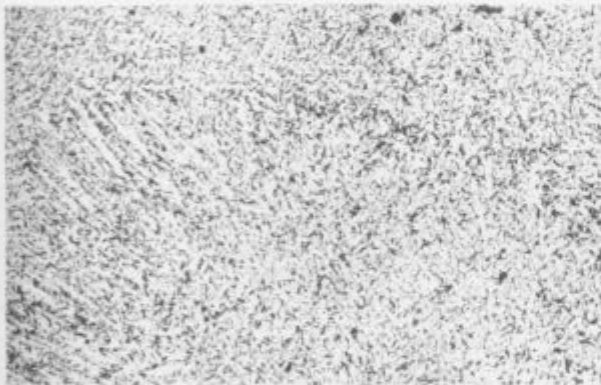
To je tudi v skladu z izmerjenimi vrednostmi trdote (slika 1). Ugotovili smo, da imajo 14 ct. zlitine z 2 m.% Zn modificirane

lite strukture. Mikrostruktura zlitine z 20 m.% niklja (slika 4) ima drobnozrnato strukturo Widmanstättsekega tipa, medtem ko je zlitina s 16 m.% niklja drobnozrnata enofazna z močnimi izcejami plemenite kovine na robu dendritnih zrn (slika 5).



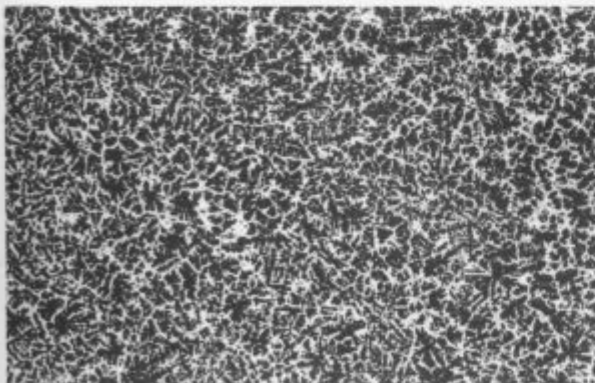
Slika 3: Belo zlato z 10 m.% Ni

Figure 3: Microstructure of 14 Carat White Gold Alloy with 10 wt % Ni



Slika 4: Belo zlato z 20 m.% Ni

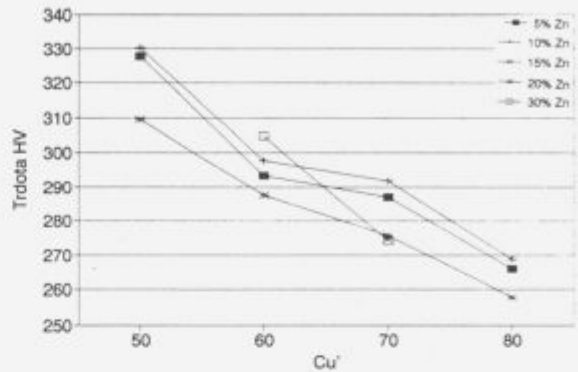
Figure 4: Microstructure of 14 Carat White Gold Alloy with 20 wt % Ni



Slika 5: Belo zlato s 16 m.% Ni

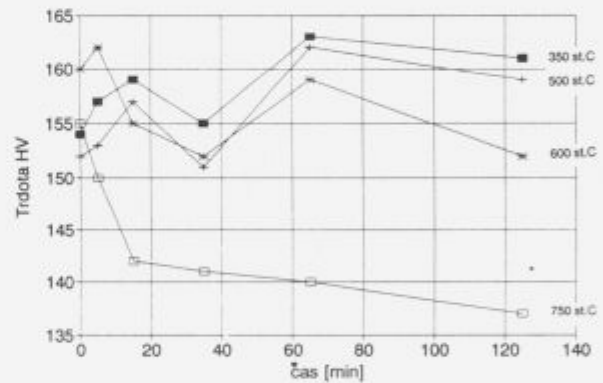
Figure 5: Microstructure of 14 Carat White Gold Alloy with 16 wt % Ni

Ulite plošče 14 ct. belega zlata smo hladno prevaljali s stopnjo redukcije preseka 70 %. Iz diagrama (slika 6) je razvidno, da z naraščanjem razmerja Cu' trdota zlitinam pri hladni deformaciji pade za 15-20 %. Iz tega sklepamo, da z naraščajočo vrednostjo Cu' preoblikovalna sposobnost teh zlitin narašča.



Slika 6: Vpliv Cu' in cinka na trdoto 14 ct. belega zlata (70 % R)

Figure 6: Hardness of 14 Carat White Gold Alloys after 70% cold deformation vs. of Cu' and Zinc content



Slika 7: Vpliv časa in temperature na trdoto belega zlata

Figure 7: Hardness of 14 Carat White Gold Alloy in dependence on the time and temperature of process annealing

Pri zlitini z razmerjem Cu' = 70 % ter vsebnostjo cinka med 10 in 20 m.% smo sledili vpliv časa žarjenja in temperature na trdoto zlitine. Zlitina je bila predhodno hladno prevaljana s stopnjo redukcije 70 %. Iz diagrama 7 je razvidno naraščanje trdote v prvih 15 min. žarjenja pri temperaturah 350-600°C, kjer gre za določene procese urejanja v trdni raztopini ali celo procese spinodalne reakcije. Pri navedenih temperaturah dosežejo te zlitine minimalne trdote po 35 min. žarjenja. Trdote zlitin so še vedno nad 150 HV, torej previsoke za ponovno hladno predelavo ali ročno preoblikovanje. Pri temperaturi žarjenja 750°C pričnejo procesi popuščenja - mehčanja zlitine takoj in je 90 % rekristalizacija dosežena že po 20 min. Dosežena trdota zlitine 140 HV je zadovoljiva za nadaljno preoblikovanje, pa tudi čas rekristalizacijskega žarjenja je tehnološko sprejemljiv.

#### 4 Zaključek

Z našimi raziskavami in rezultati smo ugotovili vpliv razmerja bakra in niklja (Cu') ter vsebnosti cinka na trdoto nikljevega belega zlata v litem in hladno deformiranem stanju, kot tudi na livne in preoblikovalne sposobnosti 14 ct. bele zlitine. Določili smo temperaturo liquidus (1000°C) in solidus (935°C) ter gostoto 14 ct. bele zlitine za nakit, ki je 13,8 gr./cm<sup>3</sup>. Nova 14 ct. bela zlitina iz sistema zlato-baker-nikelj-cink ima kontrastno belo barvo, zaradi tega v proizvodnji belega nakita odpade drag in zahteven postopek rodiniranja. Zlitina je primerna tako za ulite proizvode, kot za izdelke, ki so izdelani s hladnim preoblikovanjem. Nova 14 ct. bela zlitina ima željene lastnosti, kot so trdota, plastičnost, obdelovalnost, livnost ter barvo, kar so potrdili rezultati naših preiskav ter tehnološki poskusi izdelave nekaterih karakterističnih izdelkov iz proizvodnje nakita.

#### 5 Literatura

- <sup>1</sup> A.S. McDonald and G.H. Sistare: The Metallurgy of some carat Gold Jewellery alloys, Gold Bulletin, 1978, No. 4, p. 128-131
- <sup>2</sup> Hansen, Anderko: Constitution of binary alloys (p. 601, 649, 1059)
- <sup>3</sup> K. Dies: Kupfer u. Kupferlegierungen in der Technik, Springer Verlag, (Heidelberg), New York, 1967