

D. Cerović, S. Zec, B. Djurić, M. Jovanović

Institut za materijale

Institut za nuklearne nauke "Boris Kidrič"-Vinča

## UTICAJ STARENJA NA OSOBINE Ag-Pd-Cu ZUBARSKJE LEGURE

### EFFECT OF AGEING ON PROPERTIES OF Ag-Pd-Cu DENTAL ALLOY

**SADRŽAJ** - Ispitivan je uticaj starenja na promenu strukture i mikrotvrdoće Ag-Pd-Cu zubarske legure sa malim sadržajem zlata. Legura je posle kaljenja starena u području temperatura od 300 do 500°C. Porast mikrotvrdoće tokom starenja verovatno je posledica izdvajanja sredjene CuPd faze.

**ABSTRACT** - The effect of ageing on structure and microhardness of Ag-Pd-Cu dental alloy with small amount of gold has been studied. Following quenching alloy was aged in the temperature range from 300 to 500°C. The increase of microhardness during ageing may be ascribed to precipitation of CuPd ordered phase.

#### 1. UVOD

Nižekaratne zubarske legure počinju više da se primenjuju u stomatološkoj protetici tek poslednjih desetak godina. Istraživanjem su, naime, razvijene takve nižekaratne legure koje po svojim mehaničkim i estetskim osobinama ni malo ne zaostaju za standardnim višekaratnim zubarskim legurama. Uz to, nižekaratne legure su i jeftinije s obzirom da u svom sastavu imaju manje zlata. Uz sve osobine nižekaratne zubarske legure imaju i jednu manu - nešto smanjenu korozionu postojanost u odnosu na višekaratne legure.

Cilj rada je bio da se ispita uticaj termičke obrade na promenu strukture i mikrotvrdoće Ag-Pd-Cu zubarske legure sa malim sadržajem zlata.

#### 2. EKSPERIMENTALNI DEO

Ispitivana legura imala je sledeći hemijski sastav: 10%Au, 54%Ag, 24%Pd, dok su ostatak sačinjavali Cu, Pt i Zn. Do legure se došlo kroz laboratorijski razvoj. Topljenje i livenje obavljani su na način kako se to normalno radi sa

standardnim protetskim radovima /1/. Posle livenja uzorci su žareni 15 minuta na  $800^{\circ}\text{C}$ , a zatim su kaljeni u vodi. Posle kaljenja uzorci su stareni u području od  $300$  do  $500^{\circ}\text{C}$ , a vreme starenja je bilo 15 minuta.

Proces starenja praćen je promenom mikrotvrdoće i strukture.

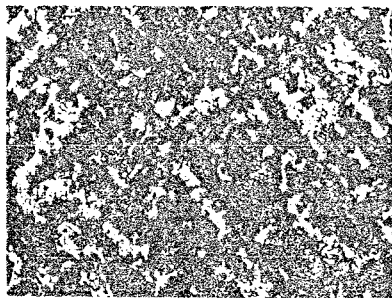
Mikrotvrdoća je merena Vickers-ovim uredjajem uz upotrebu sile od  $0.1\text{N}$ . Za strukturna ispitivanja korišćeni su optički mikroskop i elektronska mikrosonda. Osim toga, izvršena su i neka preliminarna ispitivanja metodom difrakcije X zraka sa filtrovanim  $\text{CuK}\alpha$  zračenjem. Svi uzorci su pre ispitivanja bili brušeni i mehanički polirani, dok su uzorci za optičku mikroskopiju i mikrososondu bili hemijski nagrizani u vodenom rastvoru jednakih delova  $10\%\text{NH}_2\text{S}_2\text{O}_2$  i  $10\%\text{KCN}$ .

### 3. REZULTATI

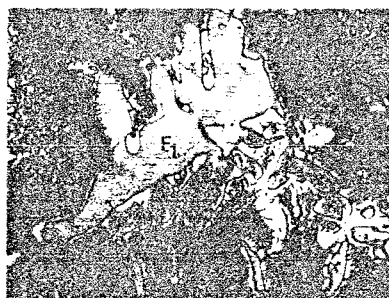
Optička mikroskopija pokazuje da se dendritna struktura, koja je i inače vrlo izražena u livenim uzorcima, javlja i u uzorcima posle kaljenja (sl.1). Pri znatno većem uvećanju u kaljenim uzorcima moguće je razlikovati vrlo krupnu pločastu fazu od sitne lamelarne faze nalik na eutektikum (sl.2). Sama pločasta faza sastoji se od svetlijih ( $F_1$ ) i tamnijih ( $F_2$ ) pločica. Slična struktura javlja se i u svim starenim uzorcima (sl.3). Treba napomenuti da se struktura livenih uzoraka skoro ne razlikuje od kaljenih i starenih uzoraka.

Mikrotvrdoća pločaste faze i faze slične eutektikumu tokom starenja se značajno menja u odnosu na kaljeno stanje (sl.4). Mikrotvrdoća raste sa temperaturom, na  $350^{\circ}\text{C}$  dostiže najveću vrednost, a sa daljim porastom temperature opada. Promena mikrotvrdoće obe faze sa temperaturom ima isti tok, s tim što pločasta faza ima veću tvrdoću.

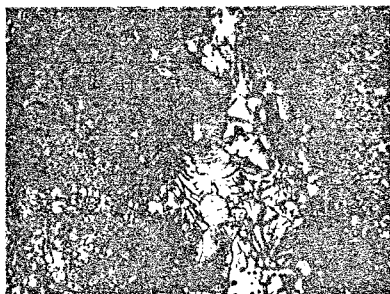
Elektronska slika kaljene strukture snimljena mikroskodom pokazuje da je pored pločaste faze prisutna i sitna lamelarna faza. Pri većem uvećanju i kontrastu mogu se na elektronskom snimku razlikovati dve pločaste faze pošto je jedna faza svetlija od druge. Svetlija ( $F_1$ ) i tamnija ( $F_2$ ) faza mogu se javiti odvojeno, ali mogu biti i zajedno kao što se to vidi na slici 5a. Na slikama 5 (b-g) prikazana je raspodela pojedinih elemenata u fazama  $F_1$  i  $F_2$ , dok je na slikama 5 (h-j) data raspodela elemenata po liniji L označenoj na sl.5a. Na osnovu semikvantitativnih merenja ustanovljeno je da je sadržaj cinka i paladijuma u fazi  $F_1$  znatno veći nego u fazi  $F_2$ . S druge strane, faza  $F_2$  bogatija je bakrom, dok je u obe faze sadržaj srebra umanjen. Sadržaj zlata i platine ravnomerno je raspoređen. Kada je u pitanju eutektička faza, rezultati pokazuju da je lamelarni mikrokonstituent po sastavu sličan  $F_2$  fazi, dok je svetla faza bogata srebrom.



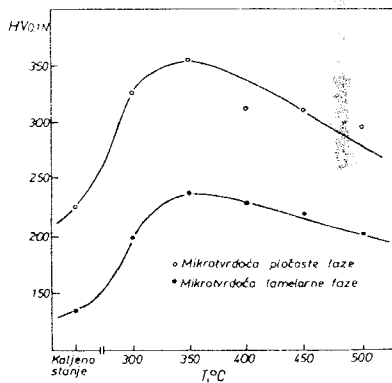
S1.1. Kaljeno stanje, x 150



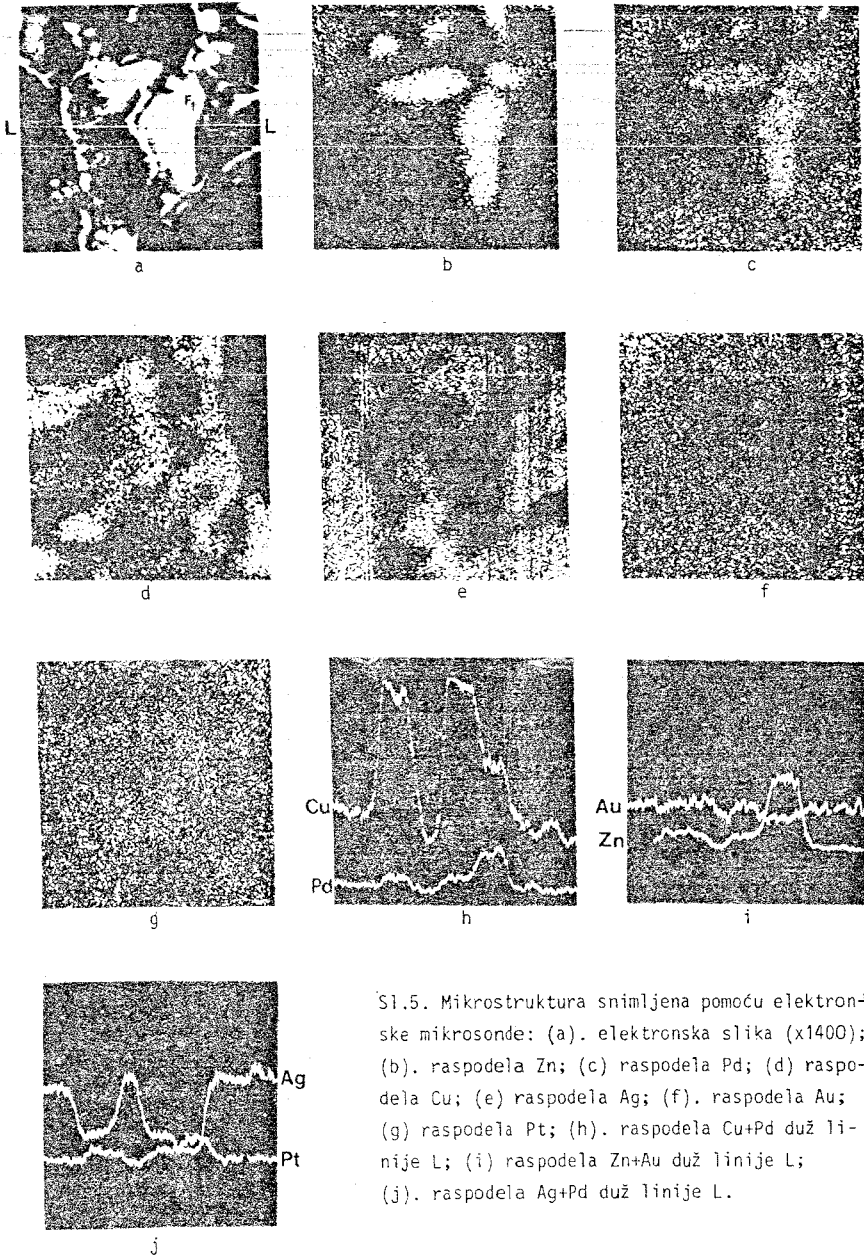
S1.2. Kaljeno stanje, x 1180



S1.3. Stareno stanje (15 min na 350°C). x1180



S1.4. Promena mikrotvrdoće sa temperaturom starenja.



Sl.5. Mikrostruktura snimljena pomoću elektronske mikroskopske sonda: (a). elektronska slika (x1400); (b). raspodjela Zn; (c) raspodjela Pd; (d) raspodjela Cu; (e) raspodjela Ag; (f). raspodjela Au; (g) raspodjela Pt; (h). raspodjela Cu+Pd duž linije L; (i) raspodjela Zn+Au duž linije L; (j). raspodjela Ag+Pd duž linije L.

## 4. DISKUSIJA

Rezultati dobijeni pomoću elektronske mikroskopske sonde pokazuju da su u livenim, kaljenim i starenim uzorcima identifikovane faze koje se po sastavu malo razlikuju. Metalografskim ispitivanjima ustanovljeno je da su strukturne razlike između livenih, kaljenih i starenih uzoraka male. Imajući u vidu svu složenost Ag-Pd-Cu sistema rezultati ispitivanja pomoću mikroskopske sonde mogu se objasniti samo na osnovu nekih pretpostavki. Izgleda, naime, da se proces očvršćavanja legure odvija tako što se iz rastopa prvo izdvaja faza bogata cinkom i paladijumom ( $F_1$  faza). Dalje očvršćavanje vrši se kao da se radi o sistemu Cu-Ag i to u oblasti dijagrama stanja koji leži između čvrstog rastvora Cu i eutektikuma. Faza bogatija bakrom ( $F_2$  faza) izdvaja se proeutektički iz rastopa ili kao posebna faza ili na već prethodno izdvojenu  $F_1$  fazu. Na eutektičkoj temperaturi preostali rastop očvršćava kao eutektikum, koji predstavlja smešu faze koja je po sastavu slična  $F_2$  fazi i faze bogate srebrom. Pošto rezultati optičke mikroskopije i elektronske mikroskopske sonde ukazuju da u strukturi između livenog, kaljenog i starenog stanja nema bitne razlike može se pretpostaviti da dendritna struktura koja je stvorena za vreme očvršćavanja nije uklonjena rastvarajućim žarenjem. Da bi se dendritna struktura uklonila potrebno je znatno duže vreme (desetak sati) rastvarajućeg žarenja, što je sa gledišta stomatološke prakse krajnje neekonomično.

Medjutim, činjenica da tokom starenja mikrotvrdoća značajno raste svedoči da se u leguri dešavaju promene koje se ne mogu registrovati pomoću optičkog mikroskopa i elektronske mikroskopske sonde. Preliminarna ispitivanja kaljenih i starenih uzoraka metodom difrakcije X zraka ukazuju na prisustvo sredjene CuPd faze u uzorcima starenim na 300 i 350°C. Sredjena faza ima pov.-c.-tetragonalnu rešetku tipa CuAuI ( $L1_0$ ). Ovaj tip sredjene strukture javlja se u još nekim sistemima Ag-Pd-Cu i to na temperaturama starenja pri kojima se postiže najveća tvrdoća /2,3/. U prestarelom stanju, medjutim, pored faze bogate srebrom prisutna je još jedna faza koja nije mogla biti identifikovana.

## 5. ZAKLJUČAK

1. Mikrostruktura zubne Ag-Pd-Cu legure sastoji se iz više faza. Sastav ovih faza bitno se ne menja tokom starenja.

2. Izraženi porast mikrotvrdoće tokom starenja može se, verovatno, pripisati izdvajanju sredjene CuPd faze.

LITERATURA

1. M.Jovanović, B.Lukić, M.Gligić, A.Mance i D.Trifunović, Uticaj termičke obrade na mehaničke osobine i koroziono ponašanje nekih nižekaratnih zubarskih legura, Zbornik radova III Jugoslovenski simpozijum o metalurgiji, pp. 701-704, Beograd 1984.
2. M.Ohta, K.Hisatsune and M.Yamane, Age Hardening of Ag-Pd-Cu Dental Alloy, J.of The Less-Common Metals, Vol. 65, pp. 11-21, 1979.
3. K.Hisatsune, M.Ohta, T.Shiraishi and M.Yamane, Ageing Reactions in Low Gold, White Dental Alloy, Vol. 61, pp. 805-807, 1982.