

## 인듐, 주석, 동 첨가에 따른 도재소부용 금합금의 기계적 특성 변화

대구보건대학 치기공과  
남 상 용, 곽 동 주, 이 덕 수

=Abstract=

Mechanical properties of porcelain fused gold alloy  
containing indium, tin and copper

**Sang-Yong Nam, Dong-Ju Kwak, Deok-Su Lee**

*Dept. of Dental Laboratory Technology, Taegu Health College*

This study was performed to observe the microhardness change of the surface and the bonding strength between the porcelain and alloy specimens in order to investigate the effects of appended indium, tin and copper on interfacial properties of Au-Pd-Ag alloys. The hardness of castings was measured with a micro-Vicker's hardness tester.

The interfacial shear bonding strength between alloy specimen and fused porcelain was measured with a mechanical testing system(MTS 858.20).

The microhardness of Au-Pd-Ag alloy was increased by adding indium and tin, but not increased by adding copper. The shear bonding strength of Au-Pd-Ag-Sn alloy and Au-Pd-Ag-Cu alloy showed 87MPa, 57MPa. The higher concentration of adding elements showed the higher shear bonding strength.

\* Key words : Microhardness , bonding strength, Au-Pd-Ag-Sn alloy, Au-Pd-Ag-Cu alloy.

---

교신 · 성 명 : 남 상 용 · 전 화 : 053)323-2451 · E-mail : nasayo@mail.taegu-hc.ac.kr  
저자 · 주 소 : 대구광역시 북구 태전동 산 7번지 대구보건대학 치기공과

## I. 서 론

도재관(Porcelain crown)은 치과 보철 분야에서 심미성이 우수하여 특히 전치부 보철에 많이 사용하고 있으며 최근 금속이 없는 도재만의 보철물 제작이 많이 시도되고 있으나 저작력에 대한 저항이 요구되는 길이가 긴(Long-span) 보철물에서는 필수적이며 현재의 도재관 제작에서도 대부분 금속소부도재관이 사용되고 있다.

금속소부도재관의 제작에 사용되는 합금의 가장 중요한 요소는 도재와의 융착정도인 결합 강도인데 1950년대 초 도재를 금합금에 융착하는 방법이 개발되면서 새로운 도재용 합금의 개발과 함께 도재와 합금과의 융착 특성을 개선하기 위하여 많은 연구가 진행되고 있다(Miyagawa, 1978; McLean, 1983; Yamamoto,1985;Bruggers등,1986).

Radnoth등(1969)은 금합금의 표면에 형성된 주석산화물(SnO<sub>2</sub>)이 도재와 금속의 결합력을 증가시킨다고 하였고, Stewart등(1978)은 열처리를 실시할 경우 금속표면에 In과 Sn의 산화물이 형성되어 금합금과 도재의 결합력을 향상시키기 때문에 금속표면에 In 또는 Sn의 산화피막 형성이 필요하다고 하였다. 1983년 Ohno(1982, 1983, 1985)등은 금합금에 미량의 In, Sn, Fe성분이 열처리시 선택적으로 산화물을 형성하여 화학적 결합에 기여한다고 하였다. Sarkar등(1985)은 In과 Ga산화물이 금속-도재 결합에 화학적으로 기여한다고 하였고, 장훈(1989)은 Pd-Ag계, Pd-Co계, Pd-Cu계 등 세 가지 종류의 팔라듐 합금을 제조하여 산화시간에 따르는 산화물 형성정도를 비교하고 도재와의 결합력을 측정할 결과, 도재와 가장 강한 결합을 보인 것은 팔라듐-동합금이고 산화물 형성이 가장 많은 것은 팔라듐-코발트합금이라고 하였다.

선행들의 많은 연구가 있었으나 도재소부용 금-

팔라듐-은합금에 대한 연구 보고는 미흡하고 특히 금함량이 50%정도인 저금함유 금합금에 대한 보고는 더욱 미미하다. 따라서 금-팔라듐-은합금에 In, Sn, Cu을 첨가하여 조성을 변화할 경우, 금속의 미세경도와 금속-도재 계면에서의 결합강도에 미치는 영향에 관하여 연구하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 합금제조

본 연구에 사용되는 합금은 도재용 금합금 중에서 금함량이 50wt% 이고 팔라듐과 은이 2:1 비율로 함유된 합금에 In, Sn, Cu 원소를 첨가하여 시험용 합금을 제조하였다. 시험용 합금의 조성은 표 1과 같이 In, Sn,Cu 첨가량을 3wt% 에서 9wt% 까지 변화를 주었다.<표 1>, <그림 1>, <그림 2>.

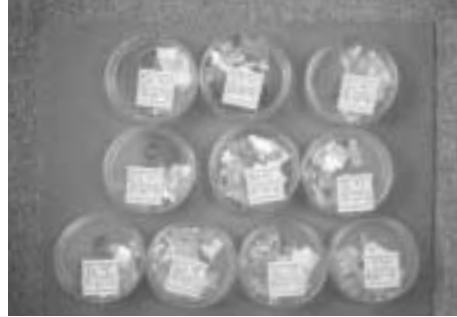
<표 1> Specimen groups and chemical compositions of specimens

Specimen Group	Composition(wt%)						Remarks
	Au	Pd	Ag	In	Sn	Cu	
Control	50	33.3	16.7	-	-	-	
In-3	50	31.3	15.7	3	-	-	
In-6	50	29.4	14.7	6	-	-	
In-9	50	27.3	13.7	9	-	-	
Sn-3	50	31.3	15.7	-	3	-	
Sn-6	50	29.4	14.7	-	6	-	
Sn-9	50	27.3	13.7	-	9	-	
Cu-3	50	31.3	15.7	-	-	3	
Cu-6	50	29.4	14.7	-	-	6	
Cu-9	50	27.3	13.7	-	-	9	

남상용, 광동주, 이덕수:인듐, 주석, 동 첨가에 따른 도재소부용 금합금의 기계적 특성 변화



〈그림 1〉 진공압력주조기



〈그림 2〉 용해전의 합금성분

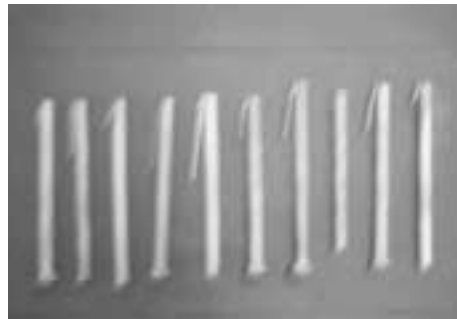
### 2. 시편제작

시편은 아르곤가스 분위기의 진공고주파유도로에서 용해하고, Inlay wax로  $\phi 5 \times 150\text{mm}$ 의 원통형 납원형을 제작하여 인산염계 매몰제인 Hi-Temp<sup>®</sup>(Whip Mix Corp., USA)로 매몰 및 소환하

여 그림1과 같이 대조군 1개, In 첨가군 3개, Sn 첨가군 3개, Cu 첨가군 3개 총 10개를 진공압력주조기(Bego Co., Germany)로 주조하여 제작하였다(그림 3) 〈그림 4〉.



〈그림 3〉 납형 제작



〈그림 4〉 주조된 합금군

### 3. 경도측정

경도측정용 시편은 다이아몬드 휠 절단기(Isomet 2000, Buehler<sup>®</sup>, USA)를 사용하여 2mm 두께로 절단하여 polymer로 몰딩하고 SiC 연마지 1200번, 1500번, 2000번까지 연마한 후  $0.05\mu\text{m}$

alumina powder로 면경 연마하여 제작하였다. 경도측정은 비커스경도기(MVK-HI, Mitutoyo Co., Japan)를 사용하였으며, 500g, 15sec 조건하에서 측정하였다(그림 5), 〈그림 6〉.



〈그림 5〉 자동연마기

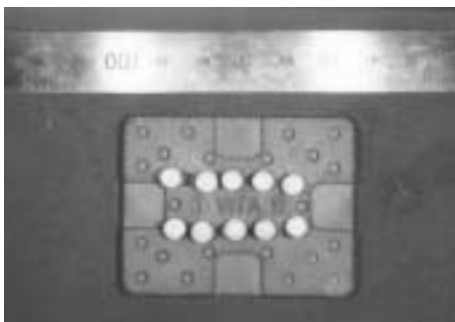


〈그림 6〉 몰딩된 시편

#### 4. 전단결합강도 시험

In, Sn, Cu의 함량증가에 따른 금속-도재 계면의 결합강도를 측정하고자 1,000°C에서 10분간 공기중 열처리된 시편에 opaque도재 0.2mm 두께, dentin도재 4mm 두께로 축성하여 Vita사의 통법에 따라 소

성하여 planar test용 시편을 제작하였다(그림 7). 시편 고정장치를 고안 제작하여(그림 8), 〈그림 9〉 MTS 858 Material System(MTS, Bionix 858,20)으로 전단결합강도를 측정하였다(그림10).



〈그림 7〉 결합강도 시편



〈그림 8〉 시편고정 zig



〈그림 9〉 결합강도 측정 zig



〈그림 10〉 MTS Material System

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 경도측정

인듐과 주석의 경우에는 함량이 증가할 수록 경도값이 급격하게 증가하였지만, 동의 경우에는 함량이 증가함에 따라 완만하게 증가하였다(표 2). 인듐 성분이 6wt% 첨가된 In-6시편의 경도값은 Hv 170, In성분이 9wt% 첨가된 In-9시편의 경도값은 Hv 250를 나타내었다.

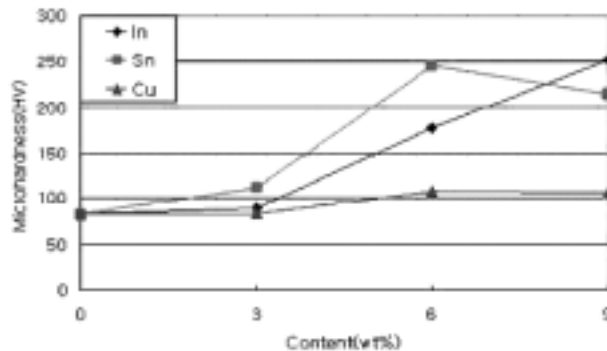
주석의 경우는 Sn-9에서는 경도값이 오히려 감소하였다. 그러나 대조군과 비교해보면 Sn첨가로 경도가 증가하였음을 알 수가 있으며 Sn-3(HV 114)과 Sn-6(HV 244)을 In-3(HV 82) In-6(HV 170)을 비교하면 전반적으로 In의 첨가보다 Sn의 첨가가 금-팔라듐-은합금에서 경도값이 증가되었다. 동을 첨가한 경우에는 경도값의 변화는 아주 미약했다.

〈표 2〉 Microhardness of Au-Pd-Ag alloys.

Micro hardness (HV)	Control	Au-Pd-Ag-In			Au-Pd-Ag-Sn			Au-Pd-Ag-Cu		
		In-3	In-6	In-9	Sn-3	Sn-6	Sn-9	Cu-3	Cu-6	Cu-9
Average	93	82	170	250	114	244	214	83	106	104
Min	85	79	96	220	74	203	191	75	82	56
Max	10	86	184	266	128	277	248	92	122	134
표준편차	35.9	2.7	26.5	13.0	15.0	20.8	17.8	5.8	10.5	24.3

인듐과 주석을 함유한 합금의 경우에는 첨가량이 많아지면서 포정반응과 공석반응에 의하여 새로운 미세조직이 석출되어 미세 경도값이 증가한 것으로 사료되며 동을 첨가한 합금에서는 전율고용체를 형성하기 때문에 경도값이 약간 증가한 것

으로 보여진다. 또한 인듐 첨가 경우 초기에는 전율고용체를 형성하기 때문에 경도값이 증가하지 않았고 주석이 9wt% 첨가된 경우에는 새로운 미세조직의 석출이 억제되어 경도값이 증가하지 않은 것으로 생각된다(그림 11).



〈그림 11〉 Microhardness changes of Au-Pd-Ag alloy containing In, Sn and Cu.

2. 전단결합강도

인듐, 주석, 동의 함량증가와 열처리에 따른 도재와 금합금 계면간의 전단결합강도 시험결과를 <표 3>에 나타내었다.

<표 3> Bonding Shear strength of heat-treated Au-Pd-Ag alloy. (MPa)

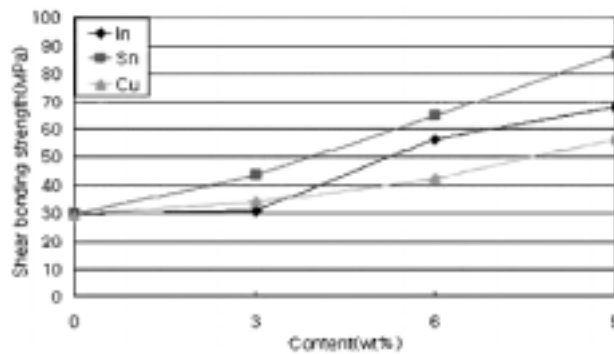
sample alloying elements	No heat treatment	heat treatment at 1,000°C, 10min (in Air)
Control	34.1	29.5
In(3%)	26.5	30.6
In(6%)	41.4	56.6
In(9%)	48.7	67.8
Sn(3%)	29.1	43.7
Sn(6%)	42.7	64.8
Sn(9%)	54.9	86.8
Cu(3%)	40.6	34.1
Cu(6%)	49.0	42.3
Cu(9%)	47.5	56.7

In(3%)의 경우는 열처리를 하지 않은 군의 결합강도가 26.5MPa인데 비해 열처리를 한 경우의 결합강도가 30.6MPa로 증가하였으며 In(6%)의 경우는 열처리 후 결합강도가 56.5MPa이고 In(9%)의 경우는 열처리 후 67.8MPa로 증가하였다.

Sn(3%)의 경우는 열처리를 하지 않은 군의 결합강도가 29.1MPa인데 비해 열처리를 한 경우의 결합강도가 43.7MPa로 증가하였으며 Sn(6%)의 경우는 열처리한 경우 결합강도가 64.8MPa이고 Sn(9%)의 경우는 열처리 후 86.8MPa로 증가하였다.

Cu(3%)와 Cu(6%) 경우는 열처리를 하지 않은 군의 결합강도가 각각 40.6MPa, 49.0MPa인데 비해 열처리를 한 경우의 결합강도가 각각 34.1MPa, 42.3MPa로 오히려 감소하였으며 Cu(9%)의 경우는 47.5MPa에 비해 열처리한 경우 결합강도가 56.7MPa로 증가하였다. 동의 함량 증가에 따라서는 비례적으로 결합강도는 증가하였다.

전단결합 강도는 인듐과 주석을 첨가시에는 함량증가에 따라 결합력이 증가되었지만 동을 첨가한 경우에는 함량증가에 따른 결합력의 증가는 뚜렷하게 나타나지 않았다(그림 12). 인듐과 주석을 첨가한 시편의 경우는 사전 열처리로 인하여 결정립 경계에 석출된 산화물이 도재와의 화학적 결합에 기여하여 전단결합 강도가 상승되었고, 동을 첨가한 경우는 진울고용체를 형성하여 석출물 형성이 상대적으로 적었으며 사전 열처리에 다른 산화물 형성이 어려워 화학적 결합이 적어 전단결합강도가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 생각된다.



<그림 12> Shear bonding strength of Au-Pd-Ag alloy containing In, Sn and Cu

#### IV. 결 론

도재소부용 금-팔라듐-은합금에서 인듐,주석, 동을 첨가하여 함량 변화에 따른 미세경도변화와 금속-도재간 전단결합강도 측정 시험을 하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

금합금 주조체의 경도값은 인듐과 주석의 조성이 높을수록 증가하였으나, 동의 증가는 경도 증가에 큰 영향을 미치지 않았다

전단결합 강도 실험 결과 인듐과 주석의 함량이 많을수록 결합강도가 증가하였으며 동을 첨가한 경우는 함량 증가에 따른 결합강도는 상대적으로 적게 변화되었다.

#### 참 고 문 헌

장 훈. 도재소부용 합금의 도재 결합양상에 관한 연구. 경희대학교 대학원 박사논문, 1989

Miyagawa Y. Radiographic diffraction at the interface of metal ceramics. Surface oxides of 88% Au alloys containing Fe, In, Sn for porcelain fusing. Shika Rikogaku Zasshi, 19(45), 15, 1978.

McLean JW. The Metal ceramic restoration. Dent Clin North Am, 27, 747, 1983.

Ohno H, Miyakawa O, Watanabe K. The structure of oxide formed by high temperature oxidation of commercial gold alloys for porcelain-metal bonding. J Dent Res, 61(11), 1255, 1982.

Ohno H, Kanazawa Y, Kawashima I. Structure of high-temperature oxidation zones of gold alloys for metal-porcelain bonding containing small amounts of In and Sn, J Dent Res, 62

: 774, 1983.

Ohno H, Kazawa Y. Structural changes in the oxidation zones of gold alloys for porcelain bonding containing small amounts of Fe and Sn, J Dent Res, 64, 67, 1985.

Stewart GP, Maroso D, Schmidt JR. Topography and distribution of trace metals (Sn, In) on alloys for porcelain-metal restoration. J Dent Res, 57, 237, 1978.

Sarkar NK, Verrat MM, Jeansonne EE. Role of gallium in porcelain-noble alloy bonding. J Dent Res, 60, 517, 1981.

Von Radnoth MS, Lautenschlager EP. Metal surface changes during porcelain firing. J Dent Res, 48, 321, 1969.

Yamamoto M. Metal-Ceramics : Principle and methods of Makoto-Yamamoto. Quintessence Publishing Co., 110, 483, 1985.