

도재소부용 고금함유금합금의 연구

- 도재 결합층을 중심으로 -

이 기 대, 곽 동 주
대구보건대학 치기공과

A Study on Metal-Porcelain Fusing Layer in Porcelain Fused to High Gold Alloy

Kee-Dae Lee, Dong-Ju Kwak
Dept. of Dental Technology, Daegu Health College

[Abstract]

The success of the porcelain fused to gold alloy restoration depends not only on the choice of materials but to a larger degree on the technical skills. The porcelain fused to metal(PFM) alloys containing gold are commonly use for dental purposes in dental laboratory. The gold-colored alloys contain primarily gold, platinum, palladium, and silver, with minimum amounts of such metals as tin, iridium, or titanium.

The purpose of this study is on the metal-porcelain fusing layer in porcelain fused to high gold alloy

Principal results are as follows.

The hardness number(Hv) of PFG is respectively 140.2 ± 12.6 in as-casted, 164.3 ± 14.3 in heat-treated, 186.6 ± 20.4 in fired-treated.

The formation of the fusing(intermediate) layer caused by components fusing the interface of porcelain and gold alloy.

The main components of the fusing(intermediate) layer are Na, Al, Si, K, Zn, Zr and Ce.

The intermediate layer formed by the 2nd firing is more larger than the intermediate layer formed by the 1st firing.

◎ Key words : PFG, Fusing layer, Porcelain fused to metal, Dental gold alloy

교신저자	성명	이 기 대	전화	053-320-1328	E-mail	gvlkd@hanmail.net
	주소	대구광역시 북구 태전동 산7번지, 대구보건대학 치기공과				
논문접수	2009. 8. 21		수정재접수	2009. 9. 17		

I. 서론

구강 내에서 상실된 치아를 대신하여 치과보철물로서 그 기능을 회복할 경우에는 단지 저작기능과 같은 기능적 회복도 중요하지만 심미적 기능의 회복도 매우 중요한 것이다. 이런 심미적 기능 회복에 가장 적합한 치과재료중의 하나가 도재소부용 합금재료를 이용한 도재소부용 보철물이다.

도재소부용 보철물은 비금속의 도재와 금속을 소부용착해서 얻어지는 것으로 도재와 금속의 용착에 관한 치과응용은 metal bonded to porcelain에 관하여 언급한 것이 발달이 되었으며 이후 porcelain jacket crown의 시초이나 도재 자체의 깨지기 쉬운 성질로 인하여 작은 수복물의 파절이 야기되었다(광동주, 2004).

도재소부용금속은 Au가 주성분인 금합금, Pd를 기초로 하는 PD합금과 Ni-Cr, Ni-Cr-Co합금의 비귀금속계합금이 있다. 이들 금속들은 도재와 접합해서 치과임상에 적용되기 때문에 구강 내에 치과보철물로 장착되기 위한 필요 충분 조건을 갖추어야만 사용이 가능한 것이다. 특히 구강내의 저작압과 교합압에 유지될 수 있도록 도재-금속간의 결합력이 중요하지만 주된 농도의 귀금속 및 비귀금속 함량에 따라서도 도재와의 접합성질이 매우 상이할 뿐만 아니라 미량의 첨가원소에 의해서도 접합특성은 매우 상이하게 나타난다. 또한 도재의 종류 및 특성도 제조회사마다 다양한 성질을 가지고 있으므로 특정의 도재와 도재소부용 합금을 호환성 있게 선택해서 사용하는 데에는 많은 어려움을 가지고 있다(이기대, 2008).

대부분의 도재소부용금합금은 50~80wt%Au, 1~13wt%Pt, 3~30wt%Pd, 1~18wt%Ag의 조성범위를 가진 금합금으로서 Fig. 1에서는 Au-Pt 계평형상태도를 나타낸 것으로 고온에서는 α 고용체 단상이 존재하지만 저온에서는 $\alpha_1 + \alpha_2$ 2상공존하는 조성영역이다. 또한 Au측에서는 PtAu₂ 규칙격자 형성되는 것으로 추측된다(Hansen and Anderko, 1982).

귀금속(Au, Ag, Pd, Pt) 및 비귀금속(Co, Cr, Ni)함량에 따라서도 도재와의 접합성질이 매우 상이할 뿐만 아니라 미량의 첨가원소(Cu, Zn, Sn, Al, Ti)에 의해서도 특성은 매우 다르게 나타나고 또한 도재의 종류 및 특성도

제조회사마다 다양한 성질을 가지고 있어 그 선택의 폭이 매우 좁아서 치과임상에서 도재소부용 합금을 다양하게 선택해서 사용하는 데에는 많은 어려움을 가지고 있다(日本醫齒藥出版株式會社, 1982).

본 연구에서는 현재 임상기공에서 사용중인 시판 국내산 도재소부용 고금함유금합금을 대상으로 외국산 도재를 접합할 경우에 열처리 방법에 따른 금속-도재 소부층의 성분원소의 거동과 조직변화를 관찰하고 금합금의 경도 특성을 분석하여 치과임상에 적용되는 실용합금재료의 기초 자료를 연구함에 그 목적이 있다.

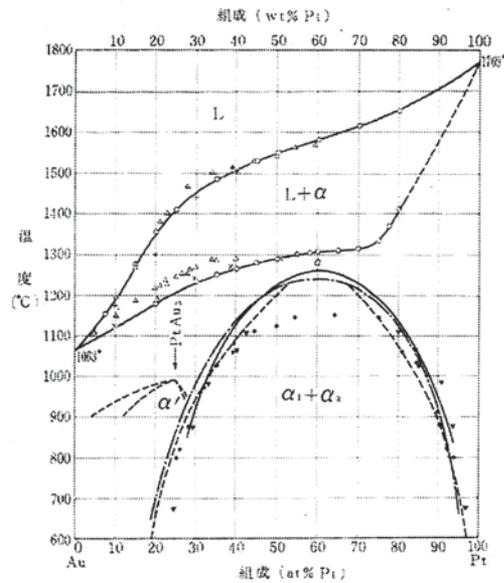


Fig. 1. Phase diagram of Au-Pt alloy

II. 실험방법

1. 시편 제작

시험에 사용된 도재소부용 금합금은 국내산 A회사의 합금시료를 사용하였으며 합금의 제시된 화학적 조성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Chemical composition of porcelain fused to gold(PFG) alloys

Alloy Code	Compositions(wt%)
A	Au(84.3), Pd(5.0), Pt(8.0), Ag(-), Etc(2.7)

사용된 도재는 외국산 Vita회사의 VMK95를 사용하였다. 금속 및 도재의 시험편은 도재소부용 귀금속합금재료의 제작은 아르곤가스 분위기로 치환된 진공 고주파유도로에서 용해하고 횡형 원심주조기(Bego Co., Germany)에서 각각 원심 주조하였다. 이때 일정한 시료의 제작을 위하여 lost-wax법을 이용하였으며, 700℃에서 탈납 처리하면서 석고 매몰재를 소성경화 시킨 후, 용해된 금속 용탕과 함께 즉시 횡형 원심주조기에서 주조하였다.

주조된 시험편(10×10×2mm)은 표면처리 및 후처리를 한 후 산세적 및 초음파 세정한 후 약간의 햄머링으로 주조조직을 파괴하고 750℃의 전기로에서 1시간 유지한 후 공냉 하여 균질화처리를 하였다.

산화열처리하는 치과용 도재로(Vita2500, Vita Co. Germany)를 사용하였으며 990℃에서 5분간 진공상태에서 열처리하였고 온도상승은 648℃에서 분당 26℃로 상승하여 990℃에서 5분 유지하고, 이때 진공도는 10-3torr로 하였으며 1차 소성은 930℃, 2차 소성은 910℃에서 각각 시행하였고 실험방법의 계통도는 Fig. 2와 같다.

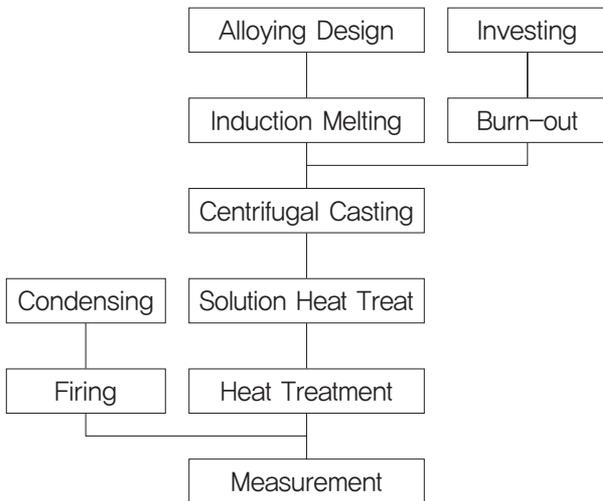


Fig. 2. Schematic diagram of experimental procedure

2. 시험 방법

1) 경도 시험

경도시험은 조연마 및 미세연마한 판상의 시험편을 미소비커스경도기(Matuzawa Co., Japan)로서 500g의 하중으로 측정하였으며, 최종 경도값은 시험값의 오차를 최

소화 하기 위하여 7회 측정한 후 최대 및 최소값을 제외한 후에 평균값으로 하였다.

2) 정성 및 정량분석

정성 및 정량분석은 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)에 의해 사용하였다.

3) 조직관찰

조직관찰용 시편은 조연마 및 미세연마한 후 산화크롬의 rouge로 최종 연마하고 표면을 무수에칠알콜 및 아세톤으로 세정한 후 KCN 및 (NH₄)₂S₂O₈용액에서 전류밀도 0.23A/cm²조건하에서 전해연마 및 10%의 (NH₄)₂S₂O₈ 및 10% KCN 혼합용액에서 부식하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy, JEOL Co., Japan)으로 조직관찰을 하였다.

III. 실험 결과 및 고찰

1. 경도 측정 결과

Table 2는 도재소부용 금합금의 경도값(Hv)을 나타낸 것으로 주조상태에서는 140±12.6이고 열처리 및 소부소성후의 경도값은 각각 164±14.3, 186.6±20.4로서 주조상태의 경도값보다도 전반적으로 높게 나타났다. 이것은 이들 합금원소들이 열처리에 의한 경화특성이 있음을 나타내 주는 것으로 소부 소성 후에 경도값이 전반적으로 가장 높게 나타나는 것은 이차시효경화성을 의미하는 것으로 생각되며 전반적으로 높은 경도값을 나타내는 것은 백금 농도가 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다.

Table 2. Hardness numbers of high PFG alloys(Mean±SD, Hv)

Code	AC	HT	FT
A	140.2±12.6	164.3±14.3	186.6±20.4

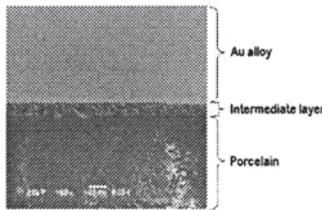
AC(As-cast), HT(Heat-treated), FT(Fired-treated)

2. 정성 및 정량분석

Fig. 3은 도재 및 금속의 소부결합층인 Intermediate layer에서 EDS분석 결과이다. 이들의 정량적인 분석은

금합금 층에서는 Si(7.8%), Zn(2.9%), Pd(6.2%), Pt(7.3%), Au(75.7%) 성분이 함유되어 있고 도재층에서는 Na(17.5%), Al(16.9%), Si(59.7%), K(5.9%)이 함유되어 있고 intermediate layer에서는 Na(15.7%), Al(17.8%), Si(38.1%), K(7.4%), Zn(2.2%), Zr(5.8%), Ce(12.9%)가 각각 나타났다.

EDS analysis



Position	Qualitative	Quantitative [A%]														
Au	Si, Zn, Pd, Pt, Au	<table border="1"> <tr> <th>Si</th> <th>Zn</th> <th>Pd</th> <th>Pt</th> <th>Au</th> </tr> <tr> <td>7.8</td> <td>2.9</td> <td>6.2</td> <td>7.3</td> <td>75.7</td> </tr> </table>	Si	Zn	Pd	Pt	Au	7.8	2.9	6.2	7.3	75.7				
		Si	Zn	Pd	Pt	Au										
7.8	2.9	6.2	7.3	75.7												
Intermediate layer	Na, Al, Si, K, Zn, Zr, Ce, O	<table border="1"> <tr> <th>Na</th> <th>Al</th> <th>Si</th> <th>K</th> <th>Zn</th> <th>Zr</th> <th>Ce</th> </tr> <tr> <td>15.7</td> <td>17.8</td> <td>38.1</td> <td>7.4</td> <td>2.2</td> <td>5.8</td> <td>12.9</td> </tr> </table>	Na	Al	Si	K	Zn	Zr	Ce	15.7	17.8	38.1	7.4	2.2	5.8	12.9
		Na	Al	Si	K	Zn	Zr	Ce								
15.7	17.8	38.1	7.4	2.2	5.8	12.9										
Porcelain	Na, Al, Si, K, O	<table border="1"> <tr> <th>Na</th> <th>Al</th> <th>Si</th> <th>K</th> </tr> <tr> <td>17.5</td> <td>16.9</td> <td>59.7</td> <td>5.9</td> </tr> </table>	Na	Al	Si	K	17.5	16.9	59.7	5.9						
		Na	Al	Si	K											
17.5	16.9	59.7	5.9													

Fig. 3. EDS analysis of porcelain-gold alloy

3. 조직관찰

Fig. 4는 금합금-도재를 소부 결합할 경우의 전형적인 조직사진이다. 그림에서 상단은 금합금이고 하단은 도재이며 이들 사이에 형성된 소부층(중간층)이 현저하게 잘 나타내고 있다. 이들 형성된 소부층의 두께는 통상 약 50~70 μ m범위로 나타났다. 또한 금합금과 소부층의 계면

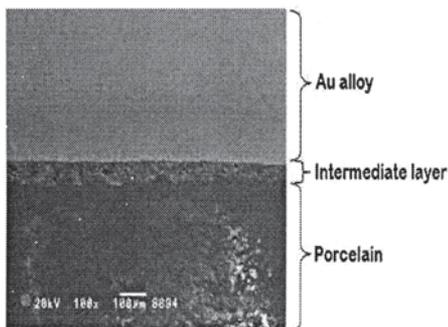


Fig. 4. Microstructure of intermediate layer of PFG alloys

은 비교적 평활한 면을 나타내지만 도재와 소부층의 계면은 상당한 요철을 나타내고 있었다. 이는 금합금은 평활한데 반해 계면층은 도재층과 유사한 거칠기를 보이는데 금합금의 성분이 도재 성분과 산화층을 형성하였기 때문으로 사료된다.

Fig. 5는 금합금-도재를 소부 결합할 경우의 금합금 층의 조직 사진이다. 도재소부용 금합금의 주성분을 이루고 있는 금성분이 전체 합금에서 균일하게 형성되어 있음을 나타내고 있다.

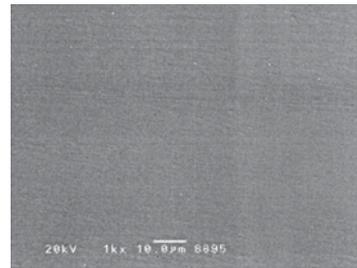
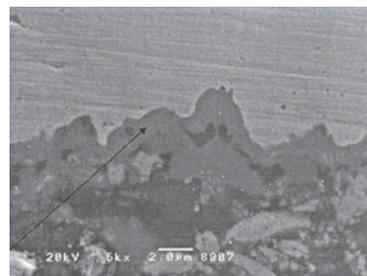


Fig. 5. Microstructure of gold concentration profile of PFG

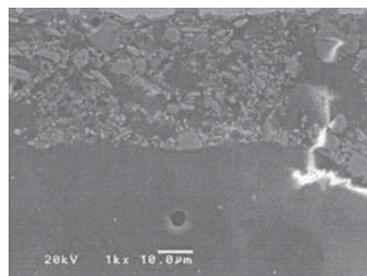


(A)

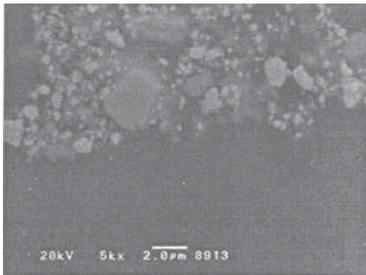


(B)

Fig. 6. Microstructures of intermediate layer for 1st fired

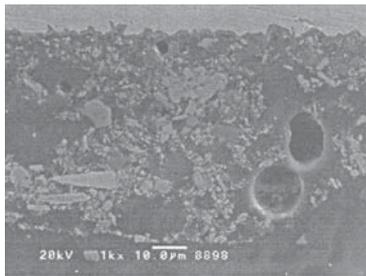


(A)

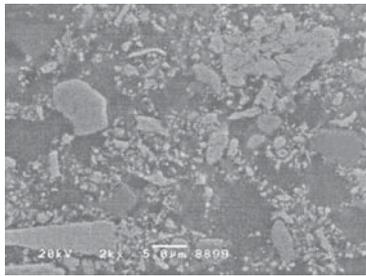


(B)

Fig. 7. Microstructures of intermediate layer for 1st fired

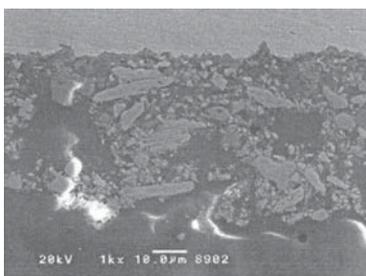


(A)

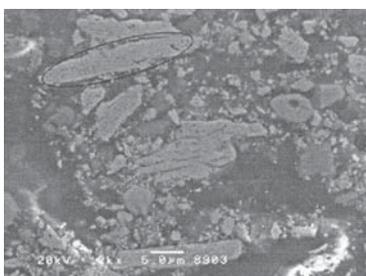


(B)

Fig. 8. Microstructures of intermediate layer for 2nd fired



(A)



(B)

Fig. 9. Microstructures of intermediate layer for 2nd fired

4. 조직 관찰 결과

Fig. 6 및 Fig. 7은 1차 소성열처리후의 도재소부용금합금과 도재의 결합소부된 중간결합층의 전자현미경조직 사진으로 중간결합층이 현저하게 나타났다. 금합금 측에서의 성분원소와 도재 측의 성분원소와의 전형적인 혼합층을 이루고 있으며 도재계면쪽으로 Zn농도 분포가 크게 나타나는 것은 금합금 성분중의 Zn원소가 도재와의 중간층을 형성하는데 크게 기여하는 것으로 사료된다.

Fig. 8 및 Fig. 9는 2차 소성열처리후의 도재소부용금합금과 도재의 결합소부된 중간결합층의 전자현미경조직 사진으로 중간결합층이 현저하게 나타났다. 금합금측에서의 성분원소와 도재측의 성분원소와의 혼합층을 이루고 있으며 중간결합층의 형성은 소부열처리 효과에 큰 지배를 받는 것으로 생각된다.

2차 소성열처리후의 중간층의 형성 양상은 1차 소성열처리후의 중간층의 형성 양상과 유사하게 나타나지만 중간층의 형성 두께가 전반적으로 다소 크게 나타나는 것은 성분원소들에 의한 중간층의 형성은 처리온도의 시간에 의존된다고 생각되며 성분원소의 농도차이에는 크게 의존하지 않는다고 사료된다.

IV. 결론

현재 임상기공에서 사용중인 시판 도재소부용 고금함유금합금을 대상으로 국내산 도재를 접합할 경우에 열처리 방법에 따른 금속-도재 소부층의 성분원소의 거동과 조직변화를 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시판용 도재소부용 금합금의 경도값(Hv)은 주조상태에서 140.2 ± 12.6 , 열처리상태에서 164.3 ± 14.3 , 소성열처리상태에서 186.6 ± 20.4 로 각각 나타나며 경도값의 크기는 소성열처리, 열처리, 주조상태 순으로 나타났다.

2. 도재와 금합금의 결합중간층을 형성하 intermediate layer에서는 Na, Al, Si, K, Zn, Zr, Ce 등의 성분원소가 각각 나타났다.

3. 1차소성열처리에서 중간결합층을 형성하는데에는 Zn, 2차소성열처리에서는 Zr,Ce이 각각 중간결합층의 형성에 기여하는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 광동주. 치과도재기공학. 지성출판사, 2004.
- 이기대. 도재소부용 18K 금합금의 미량원소의 첨가에 따른 물리적 성질의 변화에 관한 연구. 대한치과공학회지, 30:31, 2008.
- 日本醫齒藥出版株式會社. 金屬燒付Porcelain. 日本醫齒藥出版株式會社, 40, 1982.
- Hansen M and Anderko K. Constitution of binary alloys. McGraw Hill Co, 1982.