

비귀금속 합금에 적용한 Au Based Bonding Agent가 금속-도재 결합에 미치는 영향

이정환[†] · 안재석¹

광주보건대학 치기공과, ¹고려대학교의료원 안산병원 치과기공실

The Effect of a Au Based Bonding Agent Coating on Non-Precious Metals-Ceramic Bond Strength

Jung-Hwan Lee[†] and Jae-Seok Ahn¹

Department of Dental Laboratory Technology, Gwang-Ju Health college University, Shin chang-dong 683-3, Gwangsan-gu, Gwangju-City 506-701, Korea

¹Dental Laboratory, Korea University Ansan Hospital, Gojan1-Dong, Danwon-GThe Effect u, Ansan-Si, Gyeonggi-Do 152-703, Korea

Abstract The purpose of this study investigated the effect of Au coating on adhesion between porcelain matrix and metal substructure interface. Titanium, Ni-Cr alloy and Co-Cr alloy are well known as proper metal for the dental restorations. The success of a porcelain fused to metal (PFM) restoration depends upon the quality of the porcelain-metal bond. However, adhesion between dental alloys and porcelain is related to diffusion of oxygen during ceramic firing. The excessive oxidized layers make hard adhesion between dental alloy and ceramic. Ni-Cr and Co-Cr specimens were divided into a test and a control group and Titanium specimens were divided into three test groups and a control group. Each group had 20 specimens. The adhesion characteristics of porcelain and metal with Au coating layer and without Au coating layer were observed with scanning electron microscopy(SEM). The adhesion was evaluated by a biaxial flexure test and volume fraction of adherent porcelain was determined by SEM/EDS analysis. Result of this study suggest that Au coating layer is effective barrier to diffuse oxide layer completely protect non-precious alloys from oxidation during the porcelain firing. The SEM photomicrographs of cross-section specimens showed a smooth interface between Au coating layer and metals and porcelain which suggested proper chemical bonding, and no gap, porosity were observed. The mode of failure was mainly adhesive for Ti tested specimens, but mixed failures with adhesive and cohesive were observed in Ni-Cr and Co-Cr specimens. The adhesion between non-precious metals and porcelain would not be improved by Au coating agent. However, It is suggested that the continuous study is required further investigation and development.

Key words Au coating, Titanium, Ni-Cr alloy, Co-Cr alloy, Metal-ceramic bonding

서 론

도재 전장 금관으로 사용되는 치과 구조용 귀금속 합금의 구조성은 매우 좋고, 연성, 전성 및 부식 저항성이 높으나 고가인 반면, 비귀금속 합금은 비교적 낮은 가격과 도재용 합금이 가져야 할 적절한 강도와 경도, 고온에서 변형 저항성 등 우수한 성질을 가지고 있지만, 생체 적합성과 부식 저항성이 낮은 단점을 가지고 있다¹⁻⁴.

그 중 Ti는 우수한 내식성과 생체 적합성, 도재용 합금

이 가져야 할 높은 강도와 미세 경도 및 귀금속 합금에 비해 경제적이다는 장점 때문에 고정 보철물과 가철성 보철물, 그리고 임플란트와 임플란트 상부구조물까지 사용되고 있다⁵⁻⁷). 그러나 Ti는 용융점이 높고 고온에서 산소와 화학적 반응이 크며, 구조 시 고온에서 표면에 형성되는 α -case 층이 금속-도재 결합을 약하게 하고, 반복되는 도재 소성과정에서 생성되는 두꺼운 산화층 또한 도재와 티타늄의 결합력을 저하시키는 원인으로 알려져, 통상적인 금속-도재 결합보다 약하다는 문제가 있다⁸⁻¹¹). 이러한 문제점을 해결하기 위해서 티타늄과 열팽창 계수가 비슷하고, 저온에서 소성이 가능한 전용의 도재와 과도한 산화층의 형성을 억제하기 위하여 전용의 porcelain bond가 개발되었다^{13,32}).

[†]Corresponding author
Tel: 062-958-7696
Fax: 062-958-7693
E-mail: Leejh@ghc.ac.kr

도재용 합금으로 사용되는 귀금속 합금은 산화막 형성이 불충분 하여 Sn이나 In등을 함유시켜 산화막을 형성하지만, 비귀금속 합금의 경우는 소성되는 과정에서 과도한 산화막의 발생으로 산화층이 두꺼워지면서 도재와 합금의 결합실패가 일어나기 쉽다^{12,13)}.

McLean과 Sced는 비귀금속 합금의 chromium oxide가 도재속에 침투하여 열팽창계수를 낮추므로 비귀금속 합금이 귀금속 합금에 비해 결합력이 낮아진다고 주장했다^{14,15)}. 통상적인 도재의 소결온도인 950°C에서 형성되는 과도한 산화막을 막기위한 방법으로 비귀금속 합금의 표면에 코팅하는 방법들이 연구되어 왔다. Isil과 Hakan¹⁶⁾은 금속의 표면에 silicon 코팅하여 결합력의 증진시켰다고 보고하였고, Wang 과 Russell등은 Si₃N₄와 Cr등의 코팅으로 과도한 산화막을 방지하여 금속-도재간의 결합력을 증진 시켰다고 보고하였다^{17,18)}. 금속의 표면에 Au 코팅을 시행한 연구들도 있다. Masayuki와 Xue¹⁹⁾는 Au 코팅을 하여 결합력 증진을 보고하였고, Lee 등⁵⁾의 연구와 HerØ와 Austrheim²⁰⁾의 연구에서도 Au sputter 코팅을 시행한 경우 Ti 표면에 가장 많은 도재가 부착되었음을 보고하였는데 Au 코팅이 Ti의 표면과 화학적 결합을 하여 결합력 증진에 효과적임을 밝혔다.

본 연구에서는 국내에서 널리 사용되는 Ni-Cr 계 합금과 Co-Cr 계 합금 그리고 주조 Ti에 Au 코팅을 한 실험군으로 Au 코팅이 금속과 도재간의 결합력에 미치는 영향을 관찰하기 위하여 2축 굴곡 시험 후 SEM(Scanning Electron Microscope)과 EDS (Energy-Dispersive X-ray Spectroscopy)방법으로 분석하여 비교하고자 한다²⁷⁻³⁰⁾.

재료 및 방법

1. 금속 시편 제작

금속 시편을 제작하기 위해 13×13×1 mm의 납형을 제작한 뒤 Rematitanplus® (Dentaurum, Germany)로 매몰하여, cp-Ti Grade 2(Kobe still Co, Japan)로 주조하였다. 이때 소환은 furnace의 온도를 실온에서 시작하여 승온 속도 6°C/min로 850°C까지 도달하도록 하였으며, 아크주

조기(Ticast Super R, Selec, Osaka, Japan)에서 주조하였다.

Ni-Cr 및 Co-Cr 시편은 각각 시판중인 Verabond 2V (Aalba Dent. Inc, U,S,A)와 Wirobond®C(Bego, Germany)를 인산염계 매몰제(Univest® Plus, Metalor, Swiss)로 매몰하고, 고주파 주조기(Decatron, Ugin-dentaire, France)에서 주조하였다. 각각의 시편은 bench cooling 한 다음, 매몰제 제거를 위하여 110 µm Al₂O₃ 입자(Korox® Bego, Bremen, Germany)로 sand-blasting하였고, 증류수로 초음파 세척 후 건조시켰다.

2. Au 코팅 및 도재 소성

1) Ni-Cr계 합금군

V1과 V2 실험군은 합금 회사의 지시를 근거로 982°C 진공에서 degassing하여 산화층을 형성하고, V1군은 대조군으로 장식류 도재(Noritake Super Porcelain EX-3, Noritake, Japan)를 사용하여 제조 회사의 추천 방식으로 축성하고, 소성하였다. V2 시편군은 1차 불투명 도재를 소성한 후에, Au 코팅 층과 불투명 도재와 상아질 도재를 축성하였다. gold 코팅 agent(Aurofilm NP, Metalor, Swiss)는 제조회사의 추천 방식으로 1차 불투명 도재 소성 후에 950°C에서 2번 도포하여 소성 하였고 화학적 조성은 Table 1과 같다.

2) Co-Cr계 합금군

합금회사의 지시를 근거로 980°C를 최고 온도로 진공에서 5분 동안 유지하여 degassing 하였으며, 도재 축성과 Au 코팅은 Ni-Cr alloy 군과 동일한 조건으로 시편을 Lee 등⁵⁾의 연구를 참조하여 Fig. 1과 같이 제작하였다. 각 군의 시편 제작 과정은 Table 2와 같다.

3) cp-Ti군

Ti 시편은 전용의 Vita Titankeramik®(Vident, Brea, CA)을 사용하였다. porcelain bonder층과 Au 코팅층을 Ti 시편에 각각 형성한 다음, 전용의 도재를 소성했을 때 금

Table 1. Chemical composition in wt%

	Composition	Specification (weight %)	Note
Paste	Au	90.00	Principal component
	Cu	0.18	
	Terpineol	7.22	Evaporation after firing
	Eucalytol	0.60	
	Ethylcellulose	2.00	
Liquid	Terpineol	95.50	Evaporation after firing
	Eucalytol	1.75	
	Ethylcellulose	2.75	

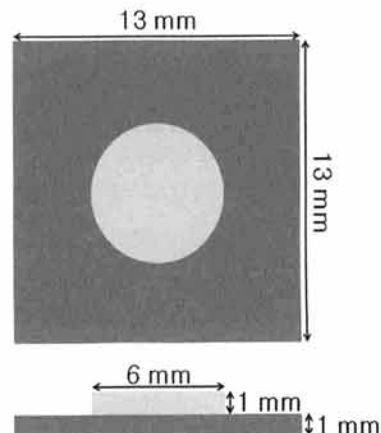


Fig. 1. Dimension of metal-ceramic specimen.

Table 2. Firing schedule applied on Non-precious alloy and cp-Ti used in this study

Specimens		Firing schedule				
V	V1	Degassing	1st opaque	2nd opaque	Dentin firing	
	V2	Degassing	1st opaque	Au-coating	2nd opaque	Dentin firing
C	C1	Degassing	1st opaque	2nd opaque	Dentin firing	
	C2	Degassing	1st opaque	Au-coating	2nd opaque	Dentin firing
T	T1	Porcelain bonder	1st opaque	2nd opaque	Dentin firing	
	T2	Porcelain bonder	1st opaque	Au-coating	2nd opaque	Dentin firing
	T3	Au-coating	1st opaque	2nd opaque	Dentin firing	
	T4	Au-coating	Porcelain bonder	1st opaque	2nd opaque	Dentin firing

V ; Ni-Cr alloy, C ; Co-Cr alloy, T ; cp-Ti

속-도재간의 결합력의 차이를 비교하기 위하여, 1차 불투명 도재와 porcelain bonder 그리고 Au 코팅 층의 적층 순서를 달리하였다(Table 2). gold coating agent는 800°C에서 2번 도포하여 소성 하였고, 도재는 제조회사 지시에 의해서 소성하였다.

3. 연구방법

1) 2축 굴곡 시험

시험은 특별한 die와 plunger(Fig 2)가 장착된 screw driven universal testing machine(Model 1125, instron, Canton, MA)을 사용하여 금속에서 도재가 탈락 될 때까지 0.1mm/min의 cross-head speed로 압축강도를 가하였다. 시험 후 시편상의 부착된 도재 조각들은 nylon bristle brush로 제거하였다.

2) SEM/EDS analysis

시편의 표면은 EDS (Energy-dispersive X-ray Spectroscopy, Horiba, Japan)가 있는 SEM(Scanning electron microscope, S-4700, Hitachi, Japan)으로 관찰하였다. 시험이 끝난 시편 중심원내의 3곳을 임의로 정해서 250배 확대하여 사각형 (420×300 μm)내에서 Si 부착율을 조사하였고, 절단면 시편은 line profile을 하여 산화층의 확산 정도를 관찰하였다. Si Ka X-ray count는 금속 표면에 남

아 부착된 도재를 측정하는데 매우 신뢰할만한 방법이고, Si 함량은 금속-도재 결합강도의 지표로 이용되었다.

결 과

1. SEM line profile

Fig. 3은 V군과 C군, 그리고 T군의 시편에서 Au 코팅 층과 산화층 그리고 도재 층간의 결합 형태와 산화층 확산을 관찰하기 위해 시행한 line profile이다. Au 코팅 층을 형성한 V2, C2군과 Au 코팅 층을 형성하지 않은 V1과 C1 시편의 line profile을 비교해 보면 Au 코팅 층이 산화층 확산을 효과적으로 제어 하고 있는 것으로 관찰되었다. V2군과 C2군에서 Au 코팅 층과 도재 층의 결합은 잘 일어나 보였다.

Ti에 Au 코팅 층을 형성한 Fig. 3의 T2, T3, T4의 절단면 시편에서 불투명 도재, porcelain bonder, Ti, 와 Au 코팅 층간의 결합은 잘 일어나 보였다. Fig. 3의 T1, T2, T4 시편에 도포한 porcelain bonder는 소성 후에 다공성을 구조를 형성하는 것으로 관찰되었는데, 다공성 구조는 도재와 Ti, 그리고 Au 코팅 층과의 결합력을 저하시킬 것으로 생각된다. Au 코팅 층을 형성한 Fig. 3의 V2, C2, T2, T3, T4 시편 line profile에서 Au 코팅 층을 기준으로 산화층 확산이 잘 제어 되고 있는 것으로 관찰되었다.

Fig. 4는 2축 굴곡 시험이 끝난 시편표면 사진이다. 시편표면에 Au 코팅 층과 상아질 도재와 불투명 도재, 그리고 porcelain bonder로 보이는 물질이 관찰되었다. Fig. 4의 V1, V2, C1, C2 시편에서 금속-도재간의 결합실패 형태는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상이 관찰되었고, T1, T2, T3, T4 시편에서는 전형적인 adhesive failure의 양상이 관찰되었다. T1, T2, 시편에서는 porcelain bonder 층과 Ti 계면에서의 박리가 되었고, T3 시편에서는 Au 코팅 층과 Ti 계면에서의 박리를 관찰할 수 있었다. T4 시편에서는 T3 시편과 달리 Au 코팅 층과 porcelain bonder 층 계면에서 박리를 관찰할 수 있었는데 porcelain bonder 층의 다공성 구조가 결합력을 저하시킨 것으로 여겨진다.

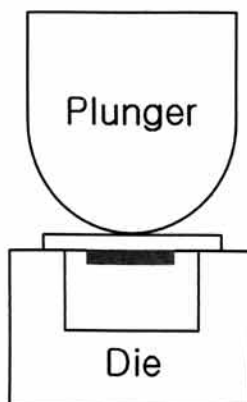


Fig. 2. Schematic diagram of a special die and plunger.

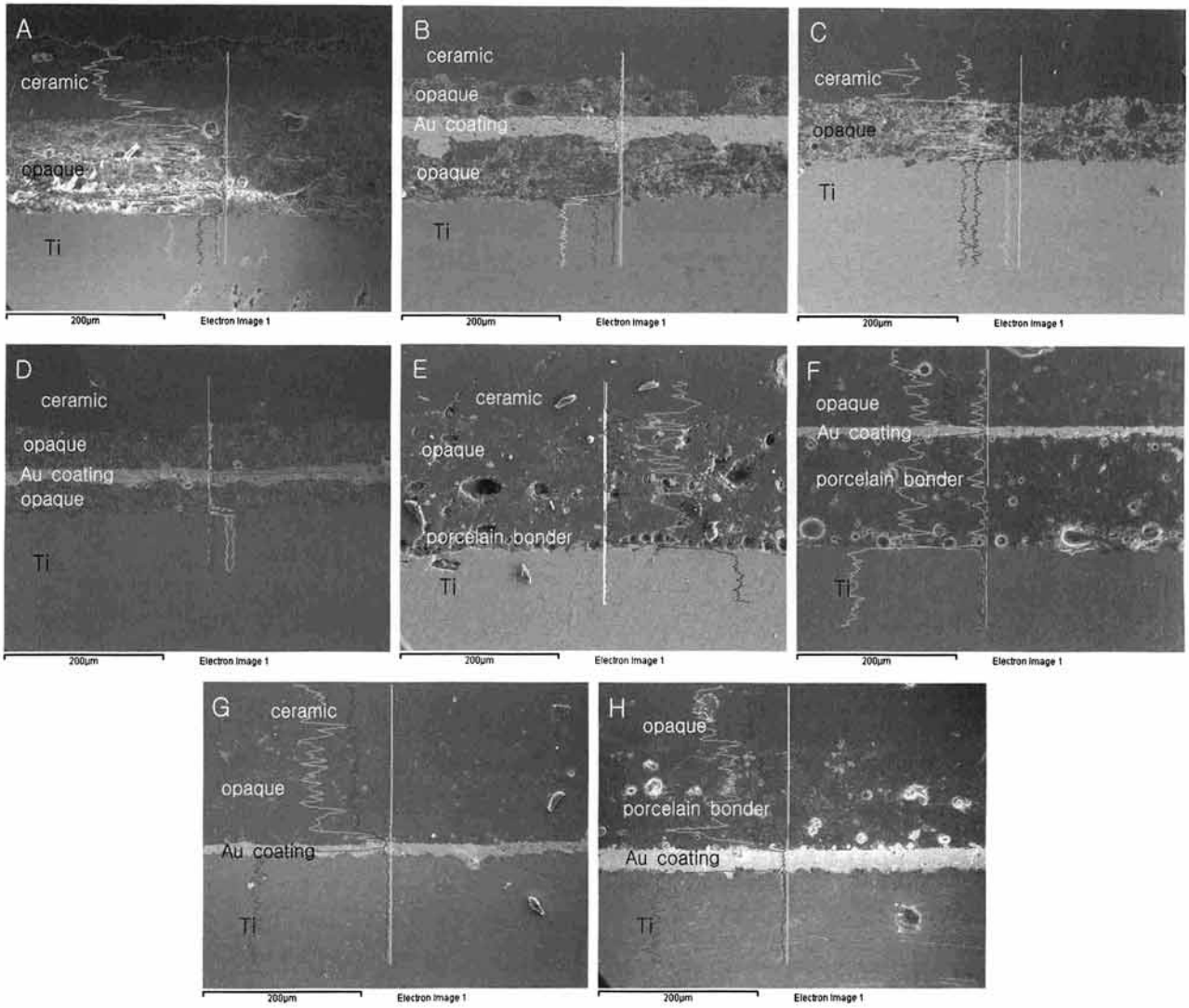


Fig. 3. EDS line profile on cross section of specimens. (A) V1, (B) V2, (C) C1, (D) C2, (E) T1, (F) T2, (G) T3, (H) T4.

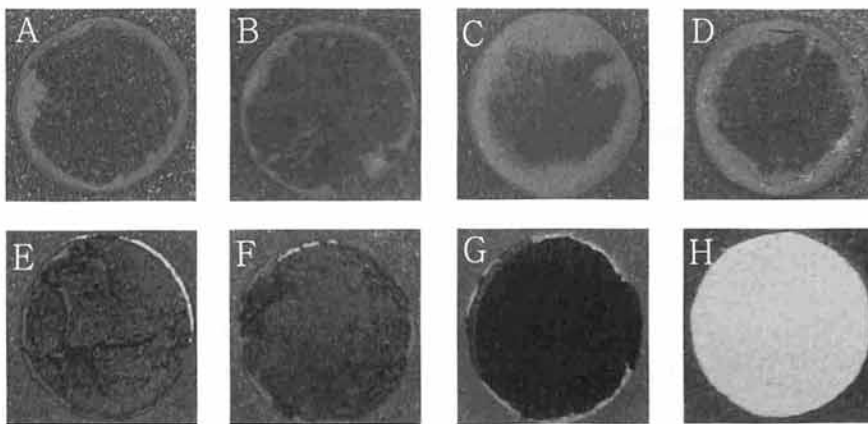


Fig. 4. Specimens surface after biaxial flexure test. (A) V1, (B) V2, (C) C1, (D) C2, (E) T1, (F) T2, (G) T3, (H) T4.

Fig. 5는 도재 탈락 시험 후에 금속 표면을 관찰한 사진이다. 백색의 밝은 부분은 잔존하는 porcelain 이고, 회색과 검은 부분은 산화층과 금속의 부분이다. V 군과 C 군에서 Au 코팅 층을 형성한 Fig. 5의 V2, C2 시편과 Au

코팅 층을 형성하지 않은 V1, C1 시편표면에 잔존하는 Si의 부착율은 비슷한 정도로 관찰되었다(Table 3). T 군의 T1, T2 시편표면에서는 다공성의 porcelain bonder가 관찰 되었고, Fig. 4의 T4 시편에서는 Au 코팅 층이 관찰

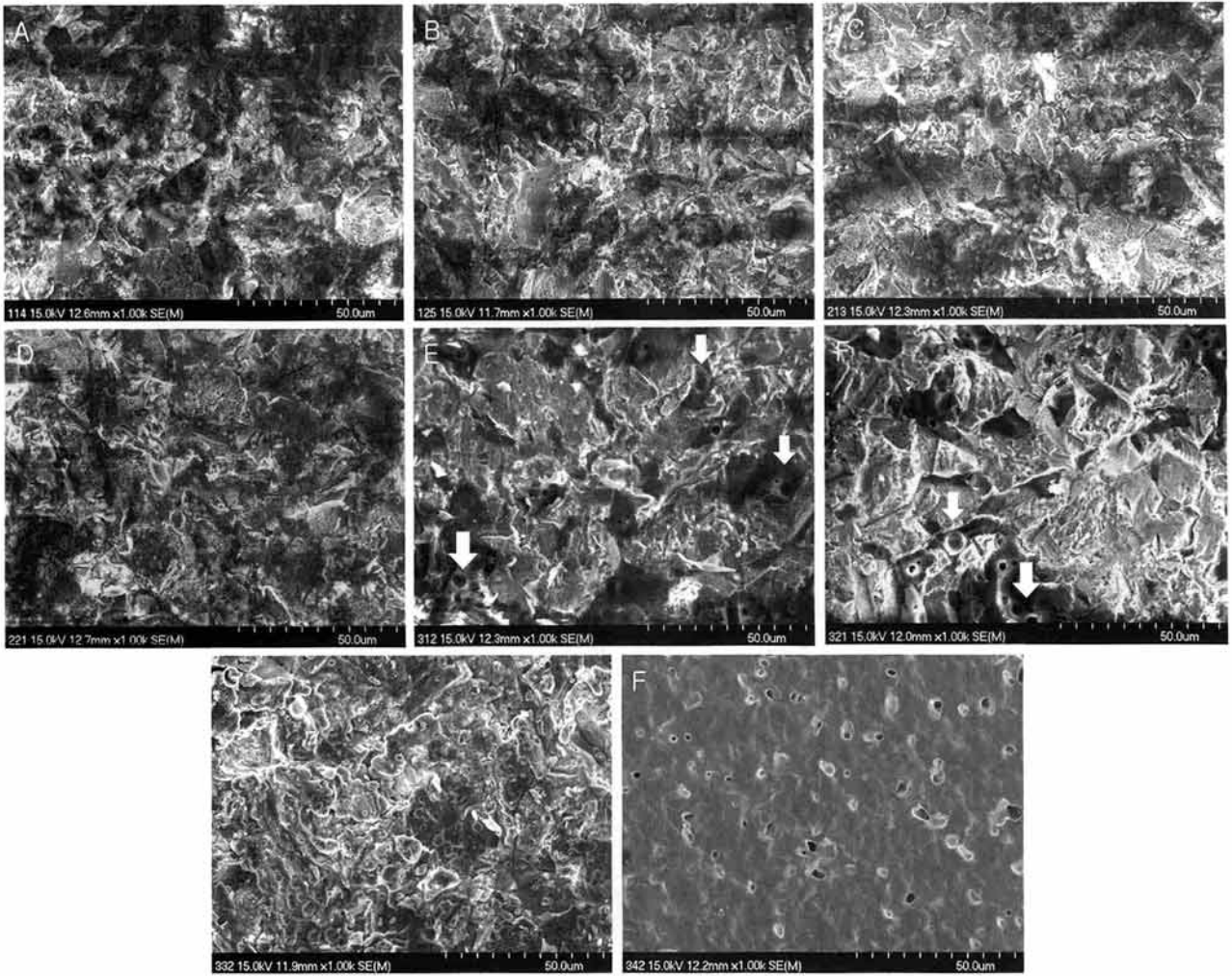


Fig. 5. SEM photomicrographs specimens after porcelain debonding. (A) V1, (B) V2, (C) C1, (D) C2, (E) T1, (F) T2, (G) T3, (H) T4.

되었는데, 이것은 porcelain bonder와 Au 코팅 층간의 cohesive failure 결합실패 형태로 생각된다.

2. EDS analysis

Table 3는 도재 탈락 시험이 끝난 시편의 표면의 중심 원내를 각 시편 마다 임의의 3곳을 250배 확대하여 사각형(420×300 μm) 안의 성분을 조사하고, 각 시편에서 검출되는 성분들을 나타내었다. Si 함량을 비교하기 위하여, V군과 C군은 degassing 과정을 거친 시편표면과, Au 코팅 층을 형성한 시편을 조사하였다. T군은 Au 코팅 층과 porcelain bonder 층 소성 전·후에 각각 조사하였다.

V군의 시편에서 도재 탈락 후 EDS 분석 결과 V1과 V2 군의 시편표면에 남아있는 Si 함량은 많은 차이가 없는 것으로 나타났다. Au 코팅 층을 형성한 V2군에서 도재 탈락 시험 후 Au가 검출되지 않았는데, 이것은 Au 코팅 층이 금속 보다는 도재에 더 강하게 결합되어 금속 표면에서부터 탈락이 된 것으로 생각된다. C군 시편의 분석 결과 C1과 C2군 시편의 표면에 남아있는 Si 함량은 V군과 마찬가지로 거의 차이가 없는 것으로 나타나, Au 코팅

층이 금속-도재 간의 결합강도에 미치는 효과는 미미하다고 생각된다.

Ti 군에서는 porcelain bonder를 적층한 T1, T2 군과 Au 코팅 층을 적층한 T3, T4 군 시편의 EDS 결과를 보면 T1, T2 군에서 Si 부착율은 porcelain bonder 소성 전에 비해서 증가하였고, 결합실패의 형태는 adhesive failure로 관찰되었다. T3 시편에서는 2축 굴곡 시험 후 조사한 Si 부착율은 거의 차이가 없었고, Au가 검출되지 않았다. 이것은 Au 코팅 층이 도재층에 부착되어 탈락이 된 것으로, Au 코팅 층이 Ti와의 결합력 보다 도재와 결합력이 상대적으로 더 높다는 것을 나타낸다. T4의 시편에서도 Si 부착율 차이는 거의 없었고, adhesive failure의 결합실패 양상이 관찰되었다. T4 시편표면에서는 Au 코팅 층이 관찰되었는데, T3 시편과는 달리 Au 코팅 층과 porcelain bonder 층의 결합력이 상대적으로 약하다는 것을 의미한다. Ti 군에서 금속-도재 결합실패의 형태는 대체적으로 adhesive failure가 많이 관찰 되었으며 Si의 부착율의 결과로 미루어 보면 층간에 적층된 Au 코팅 층은 도재와 Ti 간의 결합에 거의 영향을 미치지 않는다고 생

Table 3. EDS analysis results(at%) on specimens surfaces before & after the porcelain debonding

(n=5)

Group	Specimens	Elements (at%)						
		Ni	Co	Cr	Ti	O	Si	Au
V	V _d	36.81	0	13.21	0	48.78	1.41	0
	Debonded V1	10.35	0	2.2	0	70.94	16.70	0
	V _d	36.81	0	13.21	0	48.78	1.41	0
	Au coated on V2	0.35	0	0.2	0	15.54	0.19	83.72
	Debonded V2	19.05	0	4.64	0	62.45	14.36	0
C	C _d	0	20.13	22.63	0	54.43	3.18	0
	Debonded C1	0	9.46	5.13	0	68.78	17.28	0
	C _d	0	20.13	22.63	0	54.43	3.18	0
	Au coated on C2	0	1.02	0.38	0	21.85	0.07	76.68
	Debonded C2	0	14.82	7.59	0	63.11	14.95	0
T	T _{nd}				95.63	3.64	0.74	
	Porcelain bonder on T1	0	0	0	0.13	79.63	20.25	0
	Debonded T1	0	0	0	22.86	69.33	7.79	0
	T _{nd}				95.63	3.64	0.74	
	Porcelain bonder on T2	0	0	0	0.13	79.63	20.25	0
	Debonded T2	0	0	0	24.12	68.15	7.75	0.1
	T _{nd}				95.63	3.64	0.74	
	Au coated on T3	0	0	0	0.05	18.53	0	81.17
	Debonded T3	0	0	0	25.75	73.29	0.63	0.3
	T _{nd}				95.63	3.64	0.74	
Au coated on T4	0	0	0	0.05	18.53	0	81.17	
Debonded T4	0	0	0	0.17	20.98	1.33	77.65	

V_d: Ni-Cr alloy after degassing, C_d: Co-Cr alloy after degassing, T_{nd}: non-degassing Ti

각된다. 도재 탈락 시험 후에 도재-금속간의 결합실패 양상은 Ni-Cr alloy군과 Co-Cr alloy군 보다 Ti 군에서 adhesive failure 양상이 두드러지게 관찰되었다.

고찰

도재전장금속관에서 도재와 금속의 결합력 증진을 위한 많은 연구들이 보고되고 있다¹⁷⁻²²⁾. 기계적 결합이 효과적이지만 제한적이며, 많은 연구들에서 화학적 결합을 가장 주요한 요소로 보고하고 있다. 화학적 결합은 금속 표면에 형성된 산화물이 금속과 도재로 확산되어 공유결합이나 이온결합을 하는 것으로 알려져 있고³¹⁾, 화학적 결합을 이루게 하는 금속 계면의 산화층이 너무 과도하게 형성되었을 경우 얇은 산화층에 비해 접착 실패의 경향이 더 큰 것으로 보고되고 있다³⁾. 특히 Ti 경우 800°C 이상의 온도에서 두껍고 분리가 쉽게 되는 산화층을 형성하기 때문에 degassing 과정을 거치지 않아야 한다고 보고되고 있고, Ti와 도재의 결합은 일반적으로 Ni-Cr alloy와 Co-Cr alloy보다 결합강도가 더 낮다고 알려져 있다^{24,25)}. Adachi등²³⁾은 온도에 따른 순수 티타늄의 부착성 산화막 형성능력을 보고하였는데, 1000°C에서는 약 1 μm의 두꺼운 산화막을 형성하여 부착성 산화막이 전체 표면의 1%

미만에서 형성되었고, 750°C에서는 약 32 nm의 얇은 산화층으로 가장 많은 부착성 산화막이 형성되었다고 하였다. Ti 소성과정에서 발생하는 과도한 TiO₂ 산화층을 억제하기 위해 사용하는 porcelain bonder는 Ti와 porcelain간의 결합력을 증진시키는데 목적이 있다³²⁾. 산화막 형성에 관한 보고에서 Lee등⁵⁾은 금 박막층을 sputtering 방식으로 코팅하고, 금 박막층이 도재 소성 후 새로운 금속간 화합물 Au₂Ti를 형성하여 도재와 티타늄 산화층에 영향을 주어 도재와 결합을 용이하게 한다고 보고하였다. Yamamoto¹¹⁾는 합금의 표면에 gold bonding agent등을 사용하는 것이 심미적으로 우수하고 소성 과정에서 발생하는 기포를 억제하지만 도재와 금속의 결합강도에 미치는 영향은 적다고 하였다. Vickery²⁶⁾등은 Au 코팅만으로는 결합력에 영향을 주지는 않지만 표면 요철을 만드는 고용점의 금속 가루나 도재 입자를 포함하는 Au 코팅제는 도재와의 결합 강도를 높일 수 있다고 하였다.

본 연구에서는 도재소부용 비귀금속 합금의 도재 소성 과정 중에 발생하는 과도한 산화층을 효과적으로 억제하고 금속 표면의 색을 개선하여 심미적으로 우수한 만족도를 줄 수 있는 Au 코팅 층을 형성하고 도재를 소성하였다. Au 코팅 층이 도재와 금속의 결합강도에 미치는 영향을 설명하기 위해 SEM/EDS 분석과 병행된 2축 굴곡 강

도 시험을 하였고,

도재 탈락 시험 후 금속의 표면을 EDS 분석하여 Si 부착율을 결합력의 지표로 삼았다. 금속과 도재 사이의 결합력을 측정하는 여러 방법들이 제시되고 있지만 가장 이상적인 방법에 대한 논란은 계속되고 있다. 그 중 2축 굴곡 시험 전·후 Si 원자량에 대한 변화량을 측정하는 방법도 훌륭한 대안이라고 여겨진다²⁸⁻³⁰⁾.

연구 결과를 종합해 보면 Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군, 그리고 Ti 군의 절단면 시편 전자현미경 소견으로는 Au 코팅 층은 산화층의 확산을 효과적으로 제어하고 있는 것으로 관찰되었다. Ni-Cr alloy와 Co-Cr alloy 군의 결합 실패 형태는 adhesive failure와 cohesive failure가 혼재된 양상으로 관찰되었고, Au 코팅층을 형성한 군에서 도재 탈락 시험 후 Si 부착율이 조금 줄어들기는 하였지만, 금속-도재의 결합력에 미치는 영향은 크지 않을 것이라고 생각된다. 이것은 Yamamoto¹¹⁾의 보고와 일치하였다.

Au 코팅 층과 Ti 전용의 porcelain bonder 층을 각각 형성한 Ti 군에서는 금속-도재의 결합 실패 형태는 adhesive failure 양상이 두드러지게 관찰되었다. Au 코팅 층을 형성한 T3, T4 군에서 Si 부착율은 거의 차이가 없었고, porcelain bonder 층을 형성한 T1, T2 군에서는 도재 탈락 시험 후 Si 부착율이 약간 증가한 것으로 관찰되었는데 이것은 porcelain bonder의 주요 성분 때문이라 생각된다. Ti 군에서는 Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군에 비해 도재 탈락 시험 후 Si 부착율이 매우 낮은 것으로 관찰되었는데, 이것은 porcelain의 반복 소성과정 중에 두껍고 분리가 쉽게 되는 TiO₂ 산화층이 과도하게 형성되기 때문이라 여겨진다. Si 부착율로 미루어 보면, Ti 군에 Au 코팅 층이 금속-도재 결합에 미치는 영향은 매우 적은 것으로 나타났고, 결합실패의 양상은 adhesive failure 형태로 나타났는데 sputtering 방식으로 Au 코팅한 Ti의 Si 부착율에 대한 Lee등³⁾의 보고와는 일치하지는 않았지만, Vickery²⁶⁾등과 Dand와 Her⁷⁾의 보고와는 일치하였다.

도재소부용 비귀금속 합금의 도재 소성과정에서 발생하는 과도한 산화층의 제어와 금속과의 결합력을 증진시키려는 많은 연구들이 보고되고 있다. 다른 코팅 방법에 비해 Au base bonding agent를 이용하는 Au 코팅은 임상에서 쉽게 사용할 수 있는 방법이지만, 금속과 Au 코팅 층 그리고 도재와의 결합력을 증진시킬 수 있는 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 도재소부용 비귀금속에 Au 코팅 층을 형성하고, Au 코팅 층이 금속-도재의 결합력에 미치는 영향을 알아보기로 2축 굴곡 시험 후에 SEM/EDS 방법으로 조사하여 비교하였다.

1. Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군, 그리고 Ti 군의 절단면 시편의 전자현미경 사진에서 Au 코팅 층은 산화층의 확산을 제어하는 것으로 관찰되었다.
2. 2축 굴곡 시험 후에 EDS 분석 결과 Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군에서 Si 함량은 Au 코팅 층을 형성한 시편에서 약간 감소하였고, 결합실패의 형태는 cohesive failure와 adhesive failure가 혼재된 양상으로 관찰되었다.
3. Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군에서 Au 코팅 층은 도재-금속 결합력에 미치는 영향은 미미하였다.
4. Ti 군의 결합실패 형태는 Ni-Cr alloy 군과 Co-Cr alloy 군에 비해서 adhesive failure 양상이 두드러지게 관찰되었고, Au 코팅 층은 도재-금속 결합력에 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과 비귀금속에 적용한 Au 코팅은 산화층의 확산을 제어 하는 것으로 관찰 되었으나, 금속-도재 간의 결합력 증진에 미치는 효과는 미미하였다. Au 코팅을 이용하여 금속-도재 간의 결합력 증진을 위해서는 많은 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Moffa JP et al.: An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I: Physical properties. J Prosthet Dent 30: 424-31, 1973.
2. Bagby M, Marshall SJ, Marshall GW: Metal ceramic compatibility: A review of the literature. J Prosthet Dent 63: 21-5, 1990.
3. Robert KJ, Thomas CR: Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics; A literature review. J Prosthet Dent 49: 363-370, 1983.
4. Dent RJ, Preston JD, Moffa JP: Effect of oxidation on ceramometal bond strength. J Prosthet Dent 47: 59-62, 1982.
5. Lee KM et al.: SEM/EDS evaluation of porcelain adherence to gold-coated cast titanium. J Biomed Mater Res PartB: Appl Biomater 68B: 165-173, 2004.
6. Sadeq A et al.: Effects of interfacial variables on ceramic adherence to cast and machined commercially pure titanium. J Prosthet Dent 90: 10-17, 2003.
7. Dand T, Her^Ø: Bond strength of porcelain on cast vs. wrought titanium. Scand J Dent Res 100: 184-8, 1992.
8. Cai z et al.: Porcelain adherence to dental cast CP titanium: effects of surface modifications. Biomaterials 22(9): 979-986, 2001.
9. Togaya T et al.: An application of pure titanium to the metal porcelain system. Dent Mater J 2: 210-9, 1983.
10. Kononen M, Kivilahti J: Bonding of lowfusing dental porcelain to commercially pure titanium. J Biomed Mater Res 28: 1027-35, 1994.
11. Yamamoto M: The metal-ceramics. Quintessence, 110, 438, 1985.
12. Ohno H et al.: Structure of high temperature oxidation zone of gold alloys for metal-porcelain bonding containing small amount of In and Sn. J Dent Res 62: 774-9, 1983.
13. McLean JW: Letter to the editor in reader's round table. J Prosthet Dent 31: 691-2, 1974.

14. McLean JW: The Metal-ceramic restoration. *Dent Clin North Am* 27: 747-61, 1983.
15. McLean JW, Sced IR: The strength of metal ceramic bonds with base metal containing Cr. *Brit Dent J* 132: 232-4, 1973.
16. Isil zcan, Hakan Uysal: Effects of silicon coating on bond strength of two different titanium ceramic to titanium. *Dent Mater* 21: 773-779, 2005.
17. Russell R et al.: Silicon nitride coating on titanium to enable titanium-ceramic bonding. *J Biomed Mater Res* 46: 262-270, 1999.
18. Russell R et al.: Oxidation behavior of surface-modified titanium for titanium-ceramic restorations. *J Prosthet Dent* 77: 423-434, 1997.
19. Masayuki Okazaki, Xue Wang, Marcia S: Improvement of bond strength in metal ceramic systems using a gold intermediate layer. *J Dent Mater* 17: 163-173, 1998.
20. HerØ, Austrheim E: Gold-based bonding agents between palladium-alloys and ceramic veneer. *Dent Mater* 3: 168-175, 1987.
21. Knap FJ, Ryge G: Study of bond strength of dental porcelain fused to metal. *J Prosthet Dent* 45: 1047-51, 1966.
22. Ciftci Y, Canay S, Hersek N: Shear bond strength evaluation of different veneering systems on Ni-Cr alloys. *J Prosthodont* 16: 31-36, 2007.
23. Adachi M et al.: Oxide adherence and porcelain bonding to titanium and Ti-6Al-4V alloy. *J Dent Res* 69: 1230-1235, 1990.
24. Prbster L, Maiwald U, Weber H: Threepoint bending strength of ceramics fused to cast titanium. *Eur J Oral Sci* 104: 313-9, 1996.
25. Saadet A, Semih B: Bond strength of three porcelains to two forms of titanium using two firing atmosphere. *J Prosthet Dent* 84: 567-74, 2000.
26. Vickery RC, Badinelli LA: Nature of attachment forces in porcelain-gold systems. *J Dent Res* 47: 683-9, 1968.
27. Papazoglou E et al.: Porcelain adherence to high-palladium alloys. *J Prosthet Dent* 70: 386-394, 1993.
28. Papazoglou E et al.: Effects of dental laboratory processing variables and in vitro testing medium on the porcelain adherence of high-palladium casting alloys. *J Prosthet Dent* 79: 514-9, 1998.
29. Mackert JR et al.: The Relationship Between Oxide Adherence and Porcelain-Metal Bonding. *J Dent Res* 67(2): 474-478, 1988.
30. Park SY, Jeon YC, Jeong CM: Comparison of the bond strength of ceramics fused to titanium and Ni-Cr alloy. *J Korean Acad Prosthodont* 41(1): 89-98, 2003.
31. Shell JS, Nielsen JP: Study of the bond between gold alloys and porcelain. *J Dent Res* 41: 1424-37, 1962.
32. Vsquez VZC, zcan M, Kimpara ET: Evaluation of interface characterization and adhesion of glass ceramics to commercially pure titanium and gold alloy after thermal- and mechanical-loading. *Dent Mater* 25: 221-31, 2009.

(Received August 14, 2009; Revised October 8, 2009;
Accepted October 19, 2009)

