

## 모래분사법과 불투명 도재의 도포방법이 도재용착구조관의 전단결합강도에 미치는 영향

김 성 민, 최 성 민, 정 인 성  
부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

## The Influence of Surface Treatment and Opaque Application Methods on the Bond Strength of PFM Restorations

Sung-Min Kim, Sung-Min Choi, In-Sung Chung  
College of Health Science, Catholic University of Pusan

### [Abstract]

**Purpose:** This study was investigated the bonding strength of two kinds of Ni-Cr alloy with respect to the condition of surface treatment.

**Methods:** The surface treatment was performed on the two kinds of Ni-Cr alloy (B alloy and R alloy) specimens, which were sandblasted with 50  $\mu\text{m}$ , 110  $\mu\text{m}$ , and 250  $\mu\text{m}$  aluminium oxide and were treated with opaque application (paste and wash opaque). The roughness on the surfaces of the specimens was observed. The metal-ceramic interfaces were analyzed with EPMA in order to ionic diffusion, and the shear test was performed.

**Results:** The BA250 specimen, which has higher surface roughness, showed the highest bonding strength in B specimens. In R specimens, the bonding strength of RA110 specimen was the highest.

**Conclusion:** B specimen formed a mechanical bond between metal-ceramic interfaces; however, in the case of R specimen, a chemical bond was formed between that interfaces. There was no significant statistical difference between the bonding strengths of two types of specimens ( $p>0.05$ ).

◉ **Key words** : surface treatment, opaque material, bond strength, interface analysis

교신저자	성명	정 인 성	전화	051-510-0590	E-mail	ischung@cup.ac.kr	
	주소	부산광역시 금정구 부곡3동 9번지 부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과					
접수일	2011. 11. 7		수정일	2011. 12. 20		확정일	2011. 12. 28

## I. 서 론

심미적인 보철치료를 위한 전부도재관에 관심이 집중되고 있지만 아직도 도재용착주조관의 널리 사용되고 있다 (Azer et al, 2006; Pisani-Proenca, 2006).

도재용착용 합금은 귀금속 합금과 비귀금속 합금으로 대별된다. 비귀금속 합금은 물리적 성질이 우수하여 도재 하부구조물의 두께를 최소화 할 수 있어 심미성을 증대시킬 수 있으며 경제적인 면에서도 유리하다는 장점 때문에 널리 사용되고 있다(Papazoglou et al, 1993; Anusavice, 2003; Papazoglou, 1998).

도재용착주조관의 성공여부는 금속과 도재 간 결합강도에 의해 결정된다(Craig et al, 1996; McCabe, 1994). 금속-도재 간 결합은 van der Waal's forces, 산화층에 의한 화학적 결합, 요철에 의한 기계적 결합, 열팽창계수(CTE)의 차이에 의한 압축력 등에 의해 영향을 받는다(Turan Korkmaz et al, 2009). McLean(1983)은 금속-도재 간 결합력을 높이는 방법으로 화학적 결합력을 증가시키는 degassing 처리와 기계적 결합력을 증가시키는 sandblasting 처리가 결합강도에 많은 영향을 미친다고 보고하였다.

불투명도재는 금속 구조물과 도재층 사이에 위치하여 금속층을 덮어서 빛의 흡수와 반사를 충분하게 하고 금속 구조물과 도재사이에서 결합력을 증가시킨다(Daniela Jo et al, 2010). 불투명 도재는 주로 powder type, paste type이 임상에서 널리 사용되어지고 있다(Paige, 1985).

불투명도재의 처리방법에 따른 도재용착주조관의 결합강도 변화에 관한 연구로 Daniela Jo 등(2010)은 powder opaque과 paste opaque을 사용하여 4점 굽힘 결합강도를 측정된 결과 powder opaque을 사용했을 때 결합강도가 더 크게 나타났으나 통계적 유의차는 없는 것으로 보고했다(Daniela Jo et al, 2010).

이와 같이 금속의 표면의 불투명도재를 도포하는 방법이 도재용착주조관의 결합강도에 미치는 영향에 관한 연구가 있었지만 도재와 금속의 결합력에 중요한 영향을 줄 수 있는 불투명도재의 도포방법에 대해서는 아직 확증된 원칙이 없고, 최근 Be이 포함되지 않은 Ni-Cr 합금의 사용으로 금속과 도재사이의 결합력을 높이기 위한 방법에

관심이 증대되고 있으나 표면처리 방법과 불투명도재 도포 방법에 따른 도재용착주조관의 결합강도와 파절양상 그리고 계면특성에 관한 연구가 전무한 상태이다.

이에 본 연구에서는 Be이 포함되지 않은 Ni-Cr 합금인 Bellabond plus, REX 4 등 2종의 금속에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (aluminum oxide)분말의 크기를 다르게 하여 표면처리를 하고 powder opaque, paste opaque 등으로 불투명도재를 도포한 후 전장도재(EX-3, Noritake, Japan)를 사용하여 각 합금 당 60개의 전단결합강도 측정용 시편과 6개의 계면 특성 측정용 시편을 제작하고 비귀금속 합금의 표면처리방법과 불투명도재의 도포 방법이 도재용착주조관의 전단결합강도에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 실험 재료

도재용착용 비귀금속 합금(2종)에 표면처리(3종)를 하여 용착된 불투명도재(2종)의 결합특성을 관찰하기 위하여 <Table 1>과 같이 재료를 선택하였다.

Table 1. Materials of specimens

	name	manufacture
Ni-Cr alloy	Bellabond plus	BEGO, Germany
	REX 4	Pentron, USA
aluminium oxide	Cobra 50 $\mu$ m	Renfert, Germany
	Cobra 110 $\mu$ m	
	Cobra 250 $\mu$ m	
powder opaque		
paste opaque	EX-3	Noritake, Japan
veneer porcelain		

### 2. 실험 방법

#### 1) 시편 형태

시험을 위한 시편은 직경 7mm, 두께 2mm의 disc의 형태로 직경 2.5mm, 길이 10mm의 도재 원기둥이 연결된 형태로 제작했다.

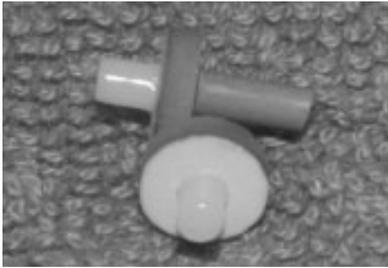


Fig. 1. Shape of specimens

2) 시편 제작

두 종류의 도재용착용 합금을 조도관찰시험, 계면관찰 시험 그리고 전단력시험을 실시하기 위해 (Table 2)와 같이 분류하여 시편을 제작하였다. 각 실험을 위해 pattern resin(pattern resin, GC, Japan)으로 제작된 시편 형태를 통법에 따라 매몰하였다. 매몰된 시편을 고주파주조기 (supercast III, SEIT electronica, Italy)를 사용하여 각 제조사의 지시에 따라 두 종류의 금속을 시편형태로 각각 주조하였다. 금속시편의 일률적인 표면을 부여하기 위해 #400, #800, #1000, #1200의 SiC paper를 사용하여 순서대로 표면을 연마하였고 digital vernier caliper (digital caliper, AURA-DENTAL, Germany)를 사용하여 최종 두께(2mm±0.05)를 확인하였다.

연마를 마친 2종의 금속시편은 50µm, 110µm, 250µm 크기의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 10mm 거리에서 3bar의 압력으로 15초 동안 분사한 후 acetone에 담궈 1분 동안 초음파세척을 실시한 후 증기세척을 실시했다.

조도관찰을 위한 시편은 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자의 크기에 따라 각 합금 당 1개씩 총 6개의 금속시편을 준비하였다. 전단결합강도를 측정하기 위한 시편은 각 그룹 당 10개씩 총 120개의 금속시편을 제작하였다. 계면관찰을 위한 시편은 각 그룹 당 1개씩 총 12개의 금속시편을 제작하였다. 전단결합강도와 계면관찰을 위한 시편은 각 그룹에 따라 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 크기를 다르게 표면처리를 하여 powder opaque (EX-3, Noritake, Japan)과 paste opaque(EX-3, Noritake, Japan)을 각각 도포하고 도재용 소환로 (Multimat Touch, Dentsply, USA)에서 제조사의 지시에 따라 소성하였다.

불투명도재의 소성이 끝난 후 시편 위에 직경 3mm, 높이 4mm의 전장 도재(EX-3, Noritake, Japan)를 축성하여 소성하였다. 소성 후 금속구조물 위에 소성된 전장 도재의 사이즈는 직경 2.2±0.1mm, 높이 3.1±0.1mm로 측정되었다.

Table 2. Specimens group and testing method

specimens	type of alloys	type of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	type of opaque	n
BA50	Bellabond plus	50µm	Paste	10
BA110		110µm		10
BA250		250µm		10
BW50		50µm	Powder	10
BW110		110µm		10
BW250		250µm		10
RA50	REX4	50µm	Paste	10
RA110		110µm		10
RA250		250µm		10
RW50		50µm	Powder	10
RW110		110µm		10
RW250		250µm		10

3) 표면 조도 관찰

2종의 합금으로 제작된 시편에 각각 50 $\mu$ m, 110 $\mu$ m, 250 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용하여 표면처리를 하고 3D microscope를 사용하여 각 시편의 표면 조도를 관찰하였다.

4) 금속-도재 계면 관찰

2종의 불투명도재와 1종의 전장도재로 조성된 Ni-Cr 합금의 계면을 관찰하기 위해 EPMA(electrone probe X-ray microanalyzer)를 이용하여 도재 조성 시 형성된 산화물의 두께 및 결합 형태를 관찰하고 이온의 확산 양상을 정성분석을 통하여 관찰하였다.

5) 전단결합강도 측정

전단력 관찰 시편을 만능시험기(858 Test System, MTS, USA)의 전단시험용 jig를 이용하여 전단력에 의한 도재의 파절 강도를 측정하고 파절강도를 도재와 합금간의 결합력으로 산출하였다.

6) 통계처리

결합강도 값의 다양성에 대하여 SPSS Ver. 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA analysis)과 Paired Samples Test를 시행하였다. 각 군의 유의성 검증을 95% 유의수준에서 사후검증을 실시하였다.

III. 결 과

1. 표면 평균 조도

각 실험군의 표면 평균 조도를 분석한 결과 B50시편은 1.8( $\pm$ 0.3) $\mu$ m, B110시편은 2.8( $\pm$ 1.0) $\mu$ m, B250시편은 10.9( $\pm$ 0.3) $\mu$ m으로 측정되었으며, R50시편은 2.0( $\pm$ 0.1) $\mu$ m, R110시편은 2.5( $\pm$ 0.3) $\mu$ m, R250시편은 7.3( $\pm$ 1.5) $\mu$ m으로 평균 조도가 측정되었다.

결과를 이용하여 통계 분석한 결과 B시편군에서 B50시편이 B110과 유의차가 나타났으며(p<0.05), B110시편이 B250시편과 유의차가 나타났(p<0.05). 그리고 R시편군에서 R50시편과 R110시편이 R250시편과 유의차가 나타났(p<0.05).

Table 3. Roughness analysis of nonprecious alloys (Unit.  $\mu$ m)

specimens	sand size		
	50	110	250
B	1.8( $\pm$ 0.3)	2.8( $\pm$ 1.0)	10.9( $\pm$ 0.3)
R	2.0( $\pm$ 0.1)	2.5( $\pm$ 0.3)	7.3( $\pm$ 1.5)

그리고 3종의 표면처리로 분류된 시편의 평균 거칠기를 대응표본 T 검정으로 분석한 결과 B250시편과 R250시편이 유의차이가 나타났으나(p<0.05), B110시편과 R110시편, B50시편과 R50시편에서는 유의차가 나타나지 않았다(p>0.05).

Table 4. Roughness analysis of specimens, as analyzed by Paired Samples Test

	paired differences							
	mean	sd	se	95% C.I.		t	df	sig.
				lower	upper			
B50-R50	-.220	.258	.115	-.541	.101	-1.901	4	.130
B110-R110	.220	.311	.139	-.166	.606	1.580	4	.189
B250-R250	3.600	1.347	.602	1.927	5.272	5.975	4	.004

2. 금속-도재 계면특성 관찰

각 실험군의 금속-도재의 계면을 관찰하기 위하여 EPMA의 X-ray dot mapping을 실시하여 계면의 특성을 분석하고 정성적인 결과를 관찰하였다.

금속-도재 계면의 dot mapping 결과에서 불투명도재

두께를 측정된 결과 BA50시편은 43 $\mu$ m, BA110시편은 47 $\mu$ m, BA250시편은 38 $\mu$ m의 두께가 측정되었으며, BW50시편은 83 $\mu$ m, BW110시편은 102 $\mu$ m, BW250시편은 127 $\mu$ m의 두께가 측정되었다. 그리고 RA50시편은 62 $\mu$ m, RA110시편은 58 $\mu$ m, RA250시편은 44 $\mu$ m의 두께가 측정되었으며,

RW50시편은 128 $\mu$ m, RW110시편은 157 $\mu$ m, RW250시편은 146 $\mu$ m의 두께가 측정되었다.

Table 5. Thickness of opaque layer (Unit,  $\mu$ m)

alloy	sand size			paste opaque			wash opaque		
	50	100	250	50	110	250	50	110	250
B	43	47	38	83	102	127			
R	62	58	44	128	157	146			

금속-도재 계면의 dot mapping 결과에서 각 시편의 원소변화를 정성적으로 관찰한 결과를 분석하였다. B시편군의 시편들에서 Cr, Mo이온이 합금체에서 불투명도재층으로 확산되는 것을 관찰할 수 있었으며, paste opaque을 도포한 BA시편군이 Cr 이온의 확산이 많은 것으로 관찰되었으며, 그 중 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 크기가 110 $\mu$ m, 250 $\mu$ m로 표면처리를 실시한 BA110시편과 BA250시편에서 Cr 이온의 확산이 다른 시편들에 비하여 많은 것을 관찰할 수 있었다.

R시편군의 시편들에서 Cr, W 이온이 합금체에서 불투명도재층과 전장도재층까지 확산되는 것을 관찰할 수 있었으며, R시편군에서 paste opaque를 도포한 RA시편군이 Cr 이온과 W 이온의 확산이 많은 것으로 관찰되며, 그 중 50 $\mu$ m, 110 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 실시한 RA50시편과 RA110시편에서 W 이온의 확산이 다른 시편들에 비하여 많은 것을 관찰할 수 있었다.

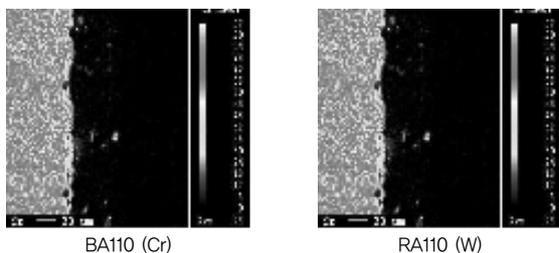


Fig. 2. Opaque layer EPMA image of Cr and W element to specimens

### 3. 전단결합강도

2종의 합금을 3종의 표면처리와 2종의 불투명도재로 처리 후 도재를 소성 결합한 금속-도재의 전단강도를 측정하고 단면적을 이용하여 전단결합강도를 산출하였다. 그

결과 BA50시편이 31.20( $\pm$ 5.76) $\text{MPa}$ , BA110시편이 34.38( $\pm$ 4.03) $\text{MPa}$ , BA250시편이 42.36( $\pm$ 8.03) $\text{MPa}$ 로 산출되었으며, BW50시편이 33.02( $\pm$ 5.89) $\text{MPa}$ , BW110시편이 31.73( $\pm$ 7.30) $\text{MPa}$ , BW250시편이 34.40( $\pm$ 6.21) $\text{MPa}$ 이 산출되었다. RA50시편이 28.99( $\pm$ 7.85) $\text{MPa}$ , RA110시편이 35.39( $\pm$ 6.34) $\text{MPa}$ , RA250시편이 27.38( $\pm$ 7.82) $\text{MPa}$ 로 산출되었으며, RW50시편이 33.51( $\pm$ 3.31) $\text{MPa}$ , RW110시편이 31.16( $\pm$ 7.57) $\text{MPa}$ , RW250시편이 33.56( $\pm$ 5.63) $\text{MPa}$ 이 산출되었다.

전단결합강도 결과를 국제표준규격(ISO 9693: 치과용 금속-세라믹 수복재)의 금속-도재간의 결합력인 25 $\text{MPa}$ 을 이용하여 일원배치 분산분석과 사후검정을 실시한 결과 B시편군에서 BA50시편과 BA110시편이 BA250시편에 대하여 유의차가 나타났으며( $p < 0.05$ ), ISO규격이 BA50시편, BA110시편, BA250시편과 유의차가 나타났다( $p < 0.05$ ). 그리고 BW시편군에서 ISO규격이 BW50시편, BW110시편, BW250시편과 유의차가 나타났다( $p < 0.05$ ). 그리고 R시편군에서 ISO규격이 RA50시편, RA110시편, RA250시편, RW50시편, RW110시편, RW250시편과 유의차가 나타났다( $p < 0.05$ ).

Table 6. Shear bonding strength of specimens (Unit,  $\text{MPa}$ )

specimen	shear bonding strength	specimen	shear bonding strength
BA50	31.20( $\pm$ 5.76)	RA50	28.99( $\pm$ 7.85)
BA110	34.38( $\pm$ 4.03)	RA110	35.39( $\pm$ 6.34)
BA250	42.36( $\pm$ 8.03)	RA250	27.38( $\pm$ 7.82)
BW50	33.02( $\pm$ 5.89)	RW50	33.51( $\pm$ 3.31)
BW110	31.73( $\pm$ 7.30)	RW110	31.16( $\pm$ 7.57)
BW250	34.40( $\pm$ 6.21)	RW250	33.56( $\pm$ 5.63)

### 4. 파절면 분석

두 종류의 비귀금속 합금에 50 $\mu$ m, 110 $\mu$ m, 250 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 각각 sandblasting하고 powder opaque과 paste opaque을 도포한 후 전장도재를 축성하였다. 전단결합강도를 측정 후 파절면을 분석한 결과 모든 군에서의 파절양상은 복합파절로 나타났다.

## IV. 고찰

현재까지 알려진 금속과 도재 사이의 결합은 금속 표면의 요철에 의한 기계적 결합, 금속과 도재의 열팽창계수(CTE)차이에 의한 압축력에 의한 결합, 금속과 도재 계면의 산화물에 의한 화학적 결합, 그리고 분자간 인력(Van der Waals force)에 의한 결합 등으로 보고되었다(정인성 등, 2000). 이 외에도 도재를 축성하거나 소성하는 방법 및 도재 하부 구조물의 디자인 등이 금속과 도재의 결합에 영향을 미치는 요소들이다(McLean, 1979; McLean, 1980).

금속과 도재 사이의 기계적 결합은 금속의 표면 거칠기와 밀접한 관련이 있다. 금속 표면에 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 하면 금속의 표면에너지는 높아지고 금속과 불투명도재 사이의 젖음성 향상으로 인해 금속과 도재 사이의 기계적 결합력이 증가한다(Tolga et al, 2011). 본 연구에서는 기계적 결합을 평가하기 위해 실험에 사용된 구성 원소가 다른 2종의 금속-도재용 비귀금속 합금 표면에 서로 다른 3가지 크기의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 실시한 시편의 평균 표면조도를 측정하였다. 그 결과 Bellabond plus 합금을 사용한 B군에서의 평균 조도는 B50, B110, B250 순으로 B250군이 가장 높게 나타났으며, REX 4 합금을 사용한 R군에서는 R50, R110, R250 순으로 R250군이 가장 높게 나타났다. 이 결과는 Park 등(2011)이 보고한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 입자가 커질수록 금속의 표면 조도가 증가한다는 결과와 일치한다.

B시편군과 R시편군의 평균 표면조도를 비교한 결과 B군의 평균조도가 높게 나타났는데 그 이유는 REX 4 합금에 첨가된 W 원소가 합금의 경도를 향상시켜 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자가 합금 표면의 깊은 부위까지 침투하지 못한 것으로 생각된다.

금속과 불투명도재 사이의 화학적 결합은 금속과 도재와의 결합에 가장 큰 역할을 한다. 합금을 열처리 하면 산소와의 친화력이 크고 확산 속도가 빠른 원소들이 표면으로 이동하여 산화물을 형성하고 그 결과, 금속 표면에 생성된 산화막이 도재에 함유되어 있는 산화물과 이온 결합하여 금속-도재 사이의 결합력을 증진시키는 결합이 화학적 결합이며 이를 좌우하는 산화막은 사전 열처리 기법

에 따라 생성되는 양태가 달라져 도재-금속간의 결합 강도에 영향을 미친다(김치영 등, 2002).

불투명도재는 금속층을 덮어서 빛의 반사 및 흡수를 충분하게하고 금속 구조물과 도재사이에 결합력을 향상시킨다(Daniela Jo et al, 2010).

Daniela Jo 등(2011)은 불투명도재의 도포방법에 따른 금속과의 결합강도를 4점 굽힘강도를 통하여 분석한 결과 powder opaque, paste opaque, spray opaque 들 사이에 유의한 차이는 없다고 보고했다(p>0.05).

본 연구에서 금속-도재의 계면을 관찰하기 위하여 EPMA의 X-ray dot mapping을 실시하여 계면의 특성을 분석하고 정성적인 결과를 관찰하였다.

금속-도재 계면의 dot mapping 결과로 불투명도재의 도포방법에 따른 두께를 분석한 결과 두 금속군에서의 평균 두께는 powder opaque을 사용한 BW(104 $\mu$ m), RW(143 $\mu$ m)실험군이 paste opaque을 사용한 BA(42 $\mu$ m), RA(54 $\mu$ m)실험군에 비해 불투명도재의 두께가 두껍게 측정되었다. paste opaque의 경우 혼합에 사용되는 기름성분의 혼합액으로 혼합된 불투명도재의 점도가 높아져서 적용이 쉬웠기 때문에 두께가 얇게 나타났고, powder opaque은 1차적으로 wash baking 단계를 거쳤고 paste opaque에 비해 점도가 낮아서 산화막 차단을 위해 불투명도재의 두께가 두껍게 적용되어 나타난 것으로 생각된다. 그리고 B군과 R군의 불투명도재의 두께를 비교한 결과 B군의 평균 두께는 73 $\mu$ m, R군의 평균 두께는 98 $\mu$ m로 R군에 적용된 불투명도재의 두께가 더 두껍게 나타났다. McLean(1979)은 금속과 용액 사이의 접촉각은 젖음성에 의해 결정되고 접촉각이 작을수록 용융 도재는 금속에 잘 젖는다고 보고했고, Park 등(2011)은 금속면에 대한 도재의 젖음성을 관찰한 연구에서 금속 표면에 분사된 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 입자가 클수록 금속과 도재 사이의 접촉각이 작아진다고 보고했다. 이 결과로 미루어 볼 때 B군에서의 금속-도재 간 젖음성이 R군에 비해 더 큰 것으로 생각된다.

본 연구에서 Ni-Cr-Mo 합금으로 이루어진 R군과 Ni-Cr-W 합금으로 이루어진 B군에 대해서 EPMA를 이용한 X-ray dot mapping 분석하여 원소의 확산 양상에 대해 관찰했다. Bellabond plus 합금에 입자의 크기가 다른 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 하여 각각 paste opaque과

powder opaque을 도포한 BA군과 BW군에서 합금층의 이온 분포는 비슷한 양상을 보이며 B군에서 모금속인 Ni을 중심으로 Cr, Mo 이온이 도재층으로 확산된 형상을 관찰할 수 있었다. REX 4 합금에 입자의 크기가 다른 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 하여 각각 paste opaque과 powder opaque을 도포한 RA군과 RW군에서 합금층의 이온 분포는 모금속인 Ni을 중심으로 Cr과 W 이온이 도재층으로 분산된 형상을 관찰할 수 있었으며, 특히 텅스텐 원소가 불투명 도재층을 지나 전장 도재층 까지 고르게 확산된 형상을 관찰할 수 있었다.

두 종류의 비귀금속 합금과 도재 사이의 전단결합강도 분석결과는 Bellabond plus 합금에 paste opaque을 도포한 BA군에서 250 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 처리한 BA250군의 결합강도가 가장 높게 나타났으며, Bellabond plus 합금에 powder opaque을 도포한 BW군에서는 250 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 처리한 BW250군의 결합강도가 가장 높게 나타났다. 이 결과는 Lavin 등(1966)이 표면의 조도가 증가되면 도재와 결합하는 표면적이 넓어지기 때문에 결합력이 증가한다는 연구와 일치하나 McLean(1983)의 표면조도가 도재와 금속의 결합력에 큰 영향을 주지 않는다는 보고와 일치하지 않는다. 그리고 Daniela Jo 등(2011)의 불투명 도재의 도포방법에 따른 금속과의 결합강도를 분석한 결과 유의한 차이는 없다고 보고한 것과 일치한다.

REX4 합금에 paste opaque을 도포한 RA군에서는 110 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 처리한 RA110군의 결합강도가 가장 높게 나타났으며, REX4 합금에 powder opaque을 도포한 RW군에서는 110 $\mu$ m의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 처리한 BW110군의 결합강도가 가장 낮게 나타났고 RW50, RW250군의 결합강도는 비슷하게 나타났다. 이 결과는 McLean (1983)의 표면조도가 도재와 금속의 결합력에 큰 영향을 주지 않는다는 보고와 같으며 불투명도재의 도포방법에 따른 금속과의 결합강도를 분석한 결과 유의한 차이는 없다고 보고한 것과 일치한다.

각 실험군 간 결합강도 값의 유의차는 없었으나 국제표준규격(ISO 9693: 치과용 금속-세라믹 수복재)의 금속-도재간의 결합력인 25Mn보다 결합강도가 높게 나타났고 통계분석 결과 B시편군과 R시편군이 ISO규격과 유의차가 나타났다(p<0.05). 이 결과를 통해 두 합금 모두 화학

적 결합에 관여하는 Be이 포함되지 않은 합금이지만 임상에서 충분히 사용할 수 있는 결합강도를 가지는 것을 확인했다.

본 연구에서는 두 가지 불투명도재 축성 방법과 도재 하부 구조물에 기계적 결합력을 높이기 위해 처리되는 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 크기에 따른 복합적인 방법을 결합력의 측면에서 비교하고자 하였다. 실험에 사용된 두 합금의 조성이 다르고 조도 및 도재 소성 후의 불투명도재의 두께가 다르게 나타났음에도 두 합금의 결합강도에 차이가 나타나지 않은 것은 여러 변수의 영향인 것으로 보인다. REX 4 합금이 Bellabond plus 합금에 비해 평균 조도가 낮고 불투명 도재층의 두께가 두꺼운데도 불구하고 결합력에 차이가 보이지 않는 이유는 Bellabond 합금에 첨가된 Cr 이온의 확산량은 REX4 합금과 큰 차이가 없음에도 REX4 합금에 첨가된 W 이온의 확산량이 Bellabond 합금의 원소인 Mo 이온의 확산량보다 현저히 많이 나타난 것으로 보아 도재 내에서 더 많은 화학적 결합을 유도하여 기계적 결합력을 보강했을 것으로 생각된다.

본 실험 결과 도재 하부 금속의 표면 처리와 불투명도재의 적용법이 금속-도재 간 결합강도에 미치는 영향은 일률적이지 않음을 알 수 있다. 금속의 표면 조도와 불투명도재의 도포방법이 금속-도재 간 결합력을 평가하는 중요한 요인임에도 불구하고 다음의 요인이 부가적으로 고려되어야 할 것이다. 먼저 성질이 다른 불투명도재의 비교를 위해 금속 표면에 적용되는 불투명도재의 두께를 동일하게 부여하여야 할 것이며 금속과의 젖음성에 관한 연구가 추가적으로 시행되어야 할 것이다. 그리고 조성이 다른 합금에서 열처리를 하는 동안 발생하는 산화막의 질(quality)을 평가하기 위한 방법 등이 연구되어야 할 것이다.

## V. 결 론

조성이 다른 두 가지 금속-도재관용 합금의 표면처리와 불투명도재의 도포방법이 전장 도재와의 결합력을 평가하기 위해 Be이 포함되지 않은 2종의 금속-도재관용 합금에 3종의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 표면처리를 하고 2종의 불투명도재와 1종의 전장도재를 용착시킨 시편에 대한 전단 시험을

시행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Bellabond plus 합금의 표면거칠기가 REX4 합금보다 거친 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ).
2. 불투명도재 두께는 paste opaque이 powder opaque보다 두께가 얇게 나타났다.
3. Bellabond plus 합금은 250 $\mu$ m sandblasting 처리 후 paste opaque를 도포하였을 때 결합강도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).
4. REX4 합금은 110 $\mu$ m sandblasting 처리 후 paste opaque를 도포하였을 때 결합강도가 높게 나타났다( $p < 0.05$ ).

## 참 고 문 헌

김치영, 김영근, 조현설. 도재-금속의 결합 강도에 미치는 비금속 합금의 열처리 효과. 대한치과기공학회지, 24, 1, 33-41, 2002.

정인성, 김치영. 베릴륨이 포함되지 않은 도재용착용 비귀금속 합금과 세라믹간의 전단결합강도와 계면특성. 한국콘텐츠학회논문지, 제 10권 제11호, 228-234, 2010.

Anusavice KJ. Phillips' science of dental materials. 11th ed, Philadelphia Saunders, 562-563, 2003.

Azer SS, Ayash GM, Johnston WM, Khalil MF, Rosenstiel SF. Effect of esthetic core shade on the final color of IPS Epress all-ceramic crowns. J Prosthet Dent, 96, 397-401, 2006.

Craig RG, Ward ML. Restorative dental materials. 10th ed, St. Louis, Mosby-year Books, Inc, 489-99, 1997.

Daniela JO, Waddell JN, Michael VS. The influence of opaque application methods on the bond

strength and final shade of PFM restorations. J Dent, 38, 43-49, 2011.

McCabe JF. Applied dental materials. 7th ed, Mass Publishing Co, 71-78, 1994.

McLean JW. The science and art of dental ceramics: volume I. The nature of dental ceramics and their clinical use. Chicago: Quintessence, 66-5, 1979.

McLean JW. The science and art of dental ceramics. Quintessence publishing Co. Inc, vol I, 189-192, 1980.

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

Paige GF. Spray opaquing. a new method for an old technique. Perspectives in dental ceramics. Proceeding of the fourth international symposium on ceramics. 1985.

Papazoglou E, Brantley WA, Johnstone WM, Carr AB. Effects of dental laboratory processing variables and in vitro testing medium on the porcelain adherence of high-palladium casting alloys. J Prosthet Dent, 79, 514-519, 1998.

Papazoglou E, Brantley WA, Carr AB, Jhonston WM. Porcelain adherence to high-palladium alloys. J Prosthet Dent, 70, 386-894, 1993.

Park JS, Kim HS, Kim HSL, Son MK, Choe HC. Interfacial Bonding and Fracture Phenomena between Porcelain and Metal Coping. Procedia Engineering, 10, 1567-1572, 2011.

Pisani-Proenca J, Erhardt MC, Valandro G, Guitierrez-Aceves G, Bolanos-Carmona MV, DelCastillo-Salmeron R, Bottino MA. Influence of ceramic surface conditioning and resin cements on microtensil bond strength to a glass ceramic. J Prosthet Dent, 94, 412-417, 2006.

Tolga K, Murat K, Cagri U, Safak K, Seniha B.

Effect of different air-abrasion particles on metal-ceramic bond strength. J Dent Sci, 6, 140-146, 2011.

Turan K, Volkan A. Comparative evaluation of bond strength of various metal-ceramic restorations. Mat Des, 30, 445-451, 2009.