

도재용착구조관용 Co-Cr합금의 주조성 및 결합강도 관찰

정 인 성, 김 치 영, 김 갑 진
부산가톨릭대학교 보건의과학대학 치기공학과

Observation of the Castability and Bonding Strength of a Co-Cr alloy for Porcelain Fused to Metal Crown

In-Sung Chung, Chi-Young Kim, Kap-Jin Kim
Catholic University of Pusan

[Abstract]

Purpose: This study was to analyze the castability, surface oxide characteristic of Co-Cr alloy for porcelain fused to metal crown and the bonding strength of porcelain fused to metal crown. Co-Cr and Ni-Cr alloy for porcelain fused to metal crown was used for tests of the castability and surface oxide state and shear bonding strength by various porcelain. The aim of this study was to suggest the differences of result according to Co-Cr and Ni-Cr alloy.

Methods: The kinds of alloy as test specimen was Co-Cr and Ni-Cr alloy. The castability index on the alloy specimens. The surfaces of two alloys were analyzed by SEM and EDX in order to observe oxide characteristic. And the shear test was performed by MTS.

Results: The castability index of Co-Cr alloy was 96.8% and Ni-Cr alloy was 94.4%. The strongest bonding strength of Co-Cr alloy was shown 67.37MPa.

Conclusion: The shear bonding strength between Co-Cr alloy and EX3 porcelain was the strongest comparing with others. And all of each alloy was indicated as same level about the castability.

○Key words : Co-Cr alloy, Ni-Cr alloy, Castability, Oxide characteristic, Shear bonding strength

교신저자	성명	김 갑 진	전화	051-510-0594	E-mail	smchoi@cup.ac.kr	
	주소	부산광역시 금정구 부곡동 부산가톨릭대학교 치기공학과					
접수일	2013. 4. 18		수정일	2013. 6. 19		확정일	2013. 6. 24

I. 서 론

심미보철의 발전으로 세라믹 소재를 이용한 전부도재관의 사용이 증가하고 있으나 도재용착주조관 또한 꾸준한 수요를 보이고 있다(Azer and Ayash, 2006; Pisani-Proenca et al., 2006). 도재용착주조관의 하부구조는 귀금속계와 비귀금속계로 제작되어진다. 귀금속계는 Au가 모금속인 합금들이며, 비귀금속계는 Ni 또는 Co가 모금속인 합금들이 일반적으로 사용된다.

Ni계 합금은 Ni-Cr합금으로 주조성이 우수하며 기계적 특성이 가공하기에 적합하여 널리 사용하고 있다(Kim, 2009). 하지만 합금화 첨가원소와 표면처리에 따라 이상반응을 유발할 수 있다(Han and Cheon, 2005). Ni-Cr합금의 이상반응은 함유원소인 Ni에 대한 감작성이 있는 사람에게 알레르기 반응을 일으키는 것과 가공시 첨가원소인 Be 미세입자에 의한 발암반응 등이 있다(choi et al., 1999). Co계 합금은 Co-Cr합금으로 기계적 특성이 우수하나 합금화시 산화물 조절이 쉽지 않으며, 생체안전성이 우수하나 조건에 따라 세포독성을 발생할 수 있는 것으로 보고되었다(Han and Cheon, 2005). 이와 같이 도재용착주조관으로 사용되는 비귀금속 합금들은 금속학적 안정성뿐만 아니라 생물학적 안정성도 요구되고 있다. 2008년 식품의약품안전처는 의료가기 기준 규격에서 치과용 합금에서 Be의 생물학적 위험성을 고려하여 함유량을 2%에서 0.02%로 조절하였다(Kim, 2012). 생물학적 안정성을 위하여 첨가원소를 조절은 금속학적인 기능 또한 변하게 한다. Ni-Cr합금에서 Be함유는 합금의 주조성을 향상시키고, 산화물 형성에 영향을 주는 기능을 한다(Chung and Kim, 2010).

Ni-Cr합금의 Be함유량 제한으로 Be의 첨가량을 줄이거나 첨가하지 않은 합금이 요구되었다. 그래서 Nb 약 3%의 함량으로 Be의 기능적 대체가 가능한 Ni-Cr합금이 소개되었으며(김치영, 2004), Ni-Cr합금이 아닌 도재용착주조관용 Co-Cr합금이 개발되어 소개되었다.

도재용착주조관용 Co-Cr합금은 일반적으로 주조온도가 높아 주조성이 떨어지며, 표면의 산화물로 인하여 매몰제 제거 및 산화막 조절이 어려운 것으로 알려져 있다(Ahn et al., 2011). 하지만 근래에는 Ni-Cr합금의 Ni의

알레르기 반응으로 인하여 Co-Cr합금으로 대체하게 되면서 금속학적 기능개선을 통한 도재용착주조관용 Co-Cr합금이 소개되고 있다(Kim and Kim, 2010).

도재용착주조관용 Co-Cr합금의 기능적 개선에도 불구하고 임상현장에서의 사용이 제한적이다. 이러한 이유는 도재용착주조관용 Co-Cr합금 사용을 위한 기술적인 자료 및 연구보고의 부족이 원인인 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 도재용착주조관용 Co-Cr합금의 주조성과 표면산화물 특성 그리고 도재와 결합강도를 분석하기 위해 도재용착주조관용 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금을 이용하여 주조성관찰실험과 표면산화물관찰실험 그리고 수종의 도재를 이용한 전단결합강도관찰실험을 실시하여 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 비교분석결과를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

도재용착주조관용 Co-Cr합금의 주조성관찰과 표면산화물관찰 그리고 전단결합강도관찰 비교분석을 위하여 Ni-Cr합금과 Co-Cr합금 각 1종을 선택하였고, 전단결합강도관찰 실험에 4종의 도재를 사용하였다(Table 1).

2. 시편 제작

1) 주조성관찰시편

Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 주조성관찰을 위한 시편은 격자 간격이 1mm인 mesh type 납형을 이용하였다. 준비된 mesh type 납형을 가로길이 15mm, 세로길이 15mm로 절단하여 격자수가 100개가 되도록 준비하였다. 절단하여 준비된 mesh type 납형을 직경 2.5mm의 round type wax(대동, 한국)를 이용하여 직각으로 부착하여 주입로를 만들고 동일한 직경의 round type wax로 원추대와 5mm 거리로 납형 1개씩 고정하였다. 주조성관찰을 위한 납형은 합금의 분류에 따라 각 5개씩 준비하였다(Fig. 1).

Table 1. Materials of specimens

Type	Name	Manufacturer
Ni-Cr	Verabond 2V	Dentsply
Co-Cr	Aurloy NP	Aurium Reserch
Porcelain	Vintage Halo	Shofu
	EX3	Noritake
	CeramcoIII	Ceramco Inc.
	Creation	Will-Geller

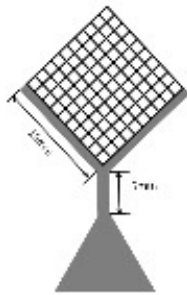


Fig. 1. Shape of specimens

2) 표면산화물관찰시편

표면산화물관찰시편은 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금으로 제작하였다. 표면산화물관찰을 위한 시편은 각 변의 길이가 10mm, 두께가 2mm인 정사각판형태의 납형을 제작하고 합금제조사의 사용법에 따라 매몰 및 소환을 실시하고 고주파주조기(Formax, BEGO, Germany)를 이용하여 주조를 실시하여 금속시편을 제작하였다. 준비된 금속시편의 표면은 #400, #800, #1000, #1200의 사포를 사용하여 순서대로 표면을 경면연마하였다. 그리고 50 μ m 크기의 Al₂O₃로 분사 후 3분 동안 증류수에서 초음파세척을 실시하고 증기 세척하여 준비하였다.

3) 전단결합강도관찰시편

전단결합강도관찰시편은 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금에 4종의 도재를 소성 결합하여 제작하였다(Table 2).

전단결합강도관찰을 위한 시편은 각 변의 길이가 10mm, 두께가 2mm인 정사각판형태의 납형을 제작하고 합금제조사의 사용법에 따라 매몰 및 소환을 실시하고 고주파주조기(Formax, BEGO, Germany)를 이용하여 주조를 실시하여 금속시편을 제작하였다. 준비된 금속시편의 표면은

Table 2. Classification of Shear bonding strength Specimens

Code	Porcelain	alloy	N
VV	Vintage Halo		
VE	EX3	Ni-Cr	10
VC	CeramcoIII		
VR	Creation		
AV	Vintage Halo		
AE	EX3	Co-Cr	10
AC	CeramcoIII		
AR	Creation		

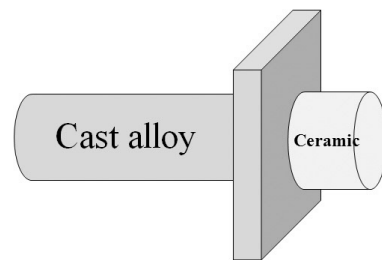


Fig. 2. Shape of specimens

#400, #800, #1000, #1200의 사포를 사용하여 순서대로 표면을 경면연마를 실시하였다. 그리고 50 μ m 크기의 Al₂O₃로 분사 후 3분 동안 증류수에서 초음파세척을 실시하고 증기 세척하였다. 준비된 금속시편에 4종의 도재를 제조사의 제작방법에 따라 전처리 후 불투명 도재를 도포하여 소성하고 전장도재를 직경 3mm 높이 3mm의 원기둥 형태로 축성 후 소성하여 전단결합강도관찰 시편을 제작하였다.

3. 실험 방법

1) 주조성관찰실험

Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 주조성을 관찰하기 위하여 준비한 납형을 합금제조사의 사용법에 따라 매몰 및 소환을 실시하고 고주파주조기(Formax, BEGO, Germany)를 이용하여 주조를 실시하였다. 주조한 주형을 실온에서 냉각 후 매몰재 제거 및 주입선 제거를 실시하여 주조체를 준비하였다. 주조성관찰은 주조성 지수법을 (castability index) 활용하였다. 준비된 주조체에서 주조가 완전한 격자수를 측정하여 전체격자수 대비하여 주조

성 지수로 측정하였다.

2) 표면산화물관찰실험

표면산화물관찰실험의 산화물 생성은 도재소성로 (Vacumat, Vita)에 대기중 조건으로 600℃에서 분당 45℃의 온도상승률로 980℃까지 가온하여 처리하였다. 각 합금의 산화물 생성을 실시한 시편과 산화물 생성을 실시하지 않은 시편을 주사전자현미경(SEM-S3000N, Hitachi, Japan)과 에너지 분산형 X선 측정기(EDS-EMAX, Horiba, Japan)를 이용하여 표면산화물의 형상과 표면산화물성분을 분석하였다.

Table 3. Classification of Surface Oxide layer analysis Specimens

Code	Alloy	Treatment
VN	Ni-Cr	Sandblasting(50μm Al ₂ O ₃)
VF		Sandblasting(50μm Al ₂ O ₃) + Oxidizing(600℃~980℃)
AN	Co-Cr	Sandblasting(50μm Al ₂ O ₃)
AF		Sandblasting(50μm Al ₂ O ₃) + Oxidizing(600℃~980℃)

3) 전단결합강도관찰실험

전단결합강도관찰실험은 만능시험기(MTS 858 Bionix Test system, MTS, USA.)의 전단력 측정 전용 jig를 이용하였다. 전단실험은 전용치구의 상부가 1mm/min의 속도를 하강하여 시편에 전단력을 가하고 전단력에 의하여 도재가 파절되는 파절력을 측정하여 전단결합력으로 산출하였다.

4) 통계분석

실험결과는 SPSS Ver. 19.0(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 유의성 95% 유의수준에서 T-test와 일원배치분산분석(One-way ANOVA analysis), 사후검증을 실시하였다.

III. 결 과

도재용착주조관용 Co-Cr합금의 주조성관찰과 표면산

화물관찰 그리고 전단결합강도관찰 비교분석을 위하여 Ni-Cr합금과 Co-Cr합금 각 1종을 선택하여 주조성관찰 실험과 표면산화물관찰실험 그리고 전단결합강도관찰 실험을 실시하였다.

1. 주조성관찰

Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 주조성을 주조성 지수법(castability index) 활용하여 측정한 결과 Co-Cr합금의 주조성지수는 96.8%이며 Ni-Cr합금의 주조성 지수는 94.4%로 나타났다(Table 4)(Fig. 3).

Table 4. Castability Index

Alloy	CI(%)
Co-Cr	96.8(±4.6)
Ni-Cr	94.4(±4.4)

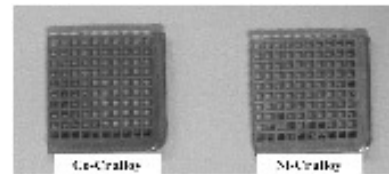


Fig. 3. Castability specimens

2. 표면산화물관찰

Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 표면산화물을 관찰하기 위하여 산화물 생성을 실시한 시편과 산화물 생성을 실시하지 않은 시편을 주사전자현미경(SEM-S3000N, Hitachi, Japan)과 에너지 분산형 X선 측정기(EDS-EMAX, Horiba, Japan)을 이용하여 표면산화물의 형상과 표면산화물성분을 분석하였다(Table 5 and 6)(Fig. 4). 표면산화물을 관찰한 결과 Co-Cr합금의 AN시편과 AF시편을 비교한 결과 산화물 생성을 실시한 AF시편의 표면전체에 산화물이 풍부하게 생성되어 있으며 작고 완만한 산화물 조직들이 산포되어있는 것이 관찰되었다. Ni-Cr합금의 VN시편과 VF시편을 비교한 결과 산화물 생성을 실시한 VF시편의 표면전체에 조대한 산화물조직이 관찰되었다. 산화물 생성을 실시한 각 합금의 AF시편과 VF시편의 산화물을 비교하였을 때 AF시편의 산화물이 풍부하고 작은 산화물 조직들이 산포되어있는 반면

VF시편의 산화물은 조대한 조직형상으로 관찰되었다.

Table 5. Chemical composition of surface on Co-Cr alloy specimens(wt%)

Element	Raw alloy	AN	AF
O	-	3.5	16.11
Co	59.5	45.67	15.38
Cr	31.5	24.42	43.6
Mo	5	-	-
Al	-	3.68	4.01
Si	2.2	2.21	2.99
Mn	0.05	0.72	0.86
Fe	0.1	-	-
C	0.1	-	-
etc.	-	19.8	17.05

Table 6. Chemical composition of surface on Ni-Cr alloy specimens(wt%)

Element	Raw alloy	AN	AF
O	-	4.32	12.74
Ni	71.85	48.94	26.17
Co	-	-	-
Cr	12.8	5.18	21.07
Mo	9	-	-
Al	2.5	5.29	7.46
Nb	4	-	-
Si	0.5	6.37	3.8
Ti	0.35	1.33	2.47
etc.	-	28.67	26.29

표면산화물성분을 관찰한 결과 산화물을 생성하지 않는 AN시편에서 3.5wt%인 O원소가 산화물을 생성을 실시한 AF시편에서 16.11wt%로 증가한 것으로 관찰되었으며, VN시편에서도 4.32wt%인 O원소가 VF시편에서 12.74wt%로 증가하였다. 그리고 Co-Cr합금 시편들에서 모금속인 Co원소가 AN시편에서는 45.67wt%가 AF시편에서 15.38wt%로 감소한 것으로 관찰되었으며, Cr원소는 AN시편에서 24.42wt%가 AF시편에서 43.60wt%로 증가한 것으로 관찰되었다. 그리고 Ni-Cr합금 시편들에서 모금속인 Ni원소가 VN시편에서는 48.94wt%가 VF시

편에서 26.17wt%로 감소한 것으로 관찰되었으며, Cr원소는 VN시편에서 5.18wt%가 AF시편에서 21.07wt%로 증가한 것으로 관찰되었다.

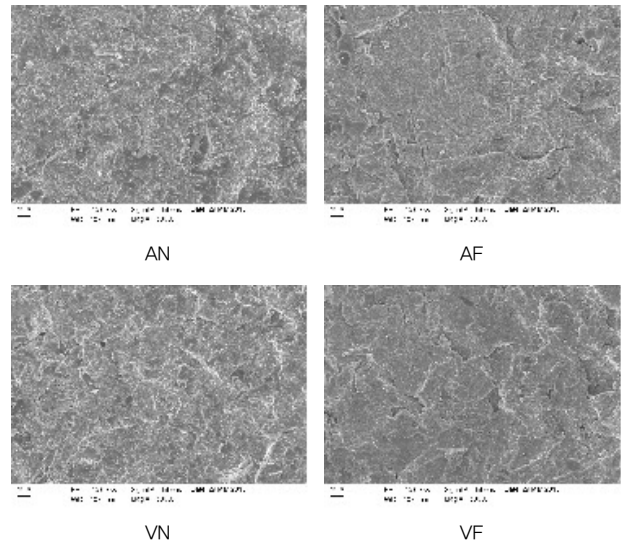


Fig. 4. SEM Image of oxide surface on specimens

3. 전단결합강도관찰

Co-Cr합금과 Ni-Cr합금에 4종의 도재를 소성결합 후 전단결합강도를 관찰하였다. 그 결과 Co-Cr합금인 AV시편에서 47.61MPa, AE시편에서 67.37MPa, AC시편에서 38.54MPa, AR시편에서 36.62MPa의 전단결합강도가 산출되었으며, Ni-Cr합금인 VV시편에서 106.14MPa, VE시편에서 38.69MPa, VC시편에서 59.18MPa, VR시편에서 45.29MPa의 전단결합강도가 산출되었다.

Table 7. Shear bonding strength of specimens (Unit. MPa)

Specimen	Shear Bonding Strength	Specimen	Shear Bonding Strength
AV	47.61 (±7.91)	VV	106.14 (±17.92)
AE	67.37 (±7.20)	VE	38.69 (±10.37)
AC	38.54 (±5.42)	VC	59.18 (±16.96)
AR	36.62 (±5.84)	VR	45.29 (±6.07)

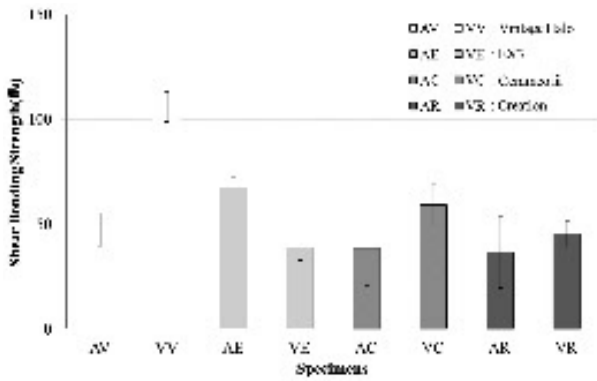


Fig. 4. Shear bonding strength of specimens

IV. 고 찰

현재 국내 비귀금속계 합금을 이용한 도재용착 구조관의 수요는 지속적이다. 하지만 Be를 첨가한 Ni-Cr합금의 생물학적 안정성의 문제로 이를 대체하기 위한 합금들이 개발되어 사용되고 있다. 그중에 대표적인 합금이 Co-Cr합금이다. 하지만 과거의 도재용착구조관용 Co-Cr합금의 성능을 경험한 임상현장에서는 Co-Cr합금의 사용에 거리를 두고 있다. 이는 현재 성능 및 기능이 개선된 도재용착구조관용 Co-Cr합금의 기술적 자료 및 연구보고가 부족한 것으로 판단된다. 그래서 본 연구에서는 현재 개발되어 사용되고 있는 Co-Cr합금의 성능개선에 관한 자료를 제시하고자 하였다. 기존의 Co-Cr합금의 단점으로 알려진 낮은 구조성과 조절이 어려운 산화물과 산화물로 인한 결합강도 저하 등의 평가실험으로 구조성관찰실험과 표면산화물관찰실험 그리고 전단결합강도관찰실험을 실시하였다. 그리고 비교를 위한 비교시편으로 Ni-Cr합금을 이용하여 비교분석을 실시하였다.

구조성관찰결과 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 구조성 지수가 수치적으로 유사한 것으로 나타났으며, 통계적 유의차도 없는 것으로 분석되었다($p > 0.05$). 이러한 결과는 Co-Cr합금의 Cr으로 인하여 구조가 어렵다는 보고와 다른 결과이다. 이는 기존의 사용하던 Co-Cr합금에 비하여 도재용착구조관용 Co-Cr합금의 구조성이 개선되어 도재용착구조관용 Ni-Cr합금과 유사한 구조성을 가지는 것으로 판단된다.

표면산화물을 관찰한 결과 Co-Cr합금인 AN시편과

AF시편에서 O원소가 약 13wt%의 증가가 측정되었으며 Ni-Cr합금인 VN시편과 VF시편에서 O원소가 약 8wt%의 증가가 측정되었다. 이러한 O원소의 증가는 표면의 산화물의 증가를 나타내는 것이다. 그리고 Co-Cr합금의 Cr원소가 약 19wt% 증가하였고, Ni-Cr합금의 Cr원소가 약 16wt% 증가하여 두 합금 모두 Cr성분의 산화물이 생성된 것으로 판단된다. 이상의 표면산화물관찰결과는 Ni-Cr합금과 Co-Cr합금의 표면의 산화물은 Ni계 또는 Cr계 산화물이 생성이 된다는 보고와(Yamamoto, 1985), Ni-Cr합금인 경우 산화물의 외층에 NiO와 내층에 Cr₂O₃이 화합된 NiCr₂O₄이 생성되는 것으로 보고와 유사하나 실험에 사용된 Ni-Cr합금에서는 Ni계 산화물의 생성이 적은 것으로 판단된다(Mclean JW, 1973; Baran GR, 1983). 표면의 산화물을 관찰한 결과 표면성분으로는 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금 차이를 보이지 않으나 표면 산화물의 형상을 관찰하였을 때 다소 차이를 보인다. 이는 산화물의 형상이 산화물의 표면의 조도와 접촉각에 영향을 주어 도재와 젖음성에 영향을 미치게 되며 결과적으로 도재와 결합력에 영향을 미친다는 보고를 감안하였을 때 표면산화물의 형상에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

전단결합강도를 관찰한 결과 Co-Cr합금에서는 EX3 도재를 소성결합한 시편인 AE시편의 결합력이 가장 높았으며, AV시편, AC시편, AR시편과 통계적 유의차가 있는 것으로 나타났($p < 0.05$). Ni-Cr합금에서는 Vintage Halo도재를 소성결합한 시편인 VV시편의 결합력이 가장 높았으며, VE시편, VC시편, VR시편과 통계적 유의차가 있는 것으로 나타났($p < 0.05$). 이상의 분석결과 Vintage Halo 도재에서는 Ni-Cr합금의 결합력이 Co-Cr합금에 비하여 높으며, EX3 도재에서는 Co-Cr합금의 결합력이 Ni-Cr합금에 비하여 높은 것으로 나타났. 그리고 Ceramco III 도재와 Creation 도재에서는 결합력의 차이를 보이나 통계적 유의차는 없을 것으로 나타났($p > 0.05$).

전단결합강도관찰결과 Co-Cr합금인 경우 EX3 도재를 사용하였을 때 최대의 결합력을 가지며 Ni-Cr합금인 경우 Vintage Halo도재를 사용하였을 때 최대의 결합력을 가지는 것으로 판단된다. 그리고 금속-도재간에 요구되

는 국제표준규격(ISO 9693)의 결합력인 25MPa와 통계분석을 실시한 결과 모든 시편의 결합력이 높게 나타났고 유의차가 있는 것으로 나타나(p<0.05) 모든 시편은 도재용착주조관용 합금으로 적합한 것으로 판단된다.

본 실험결과 기존의 Ni-Cr합금의 대체를 위하여 성능 및 기능이 개선된 도재용착주조관용 Co-Cr합금 성능개선에 관한 자료를 제시하고자 하였다. 그 결과를 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금과 비교분석하여 Co-Cr합금의 구조성과 표면산화물 그리고 결합강도에 대한 자료를 제시하였다. 향후 Co-Cr합금의 표면 산화물 형상에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

V. 결 론

도재용착주조관용 Co-Cr합금의 구조성과 표면산화물의 특성 그리고 도재와 결합강도분석을 위하여 구조성관찰실험과 표면산화물관찰실험 그리고 수종의 도재를 이용한 전단결합강도관찰실험을 실시하여 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 비교분석결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 도재용착주조관용 Co-Cr합금과 Ni-Cr합금의 구조성은 동일하게 우수한 것으로 나타났다(p>0.05).
2. Co-Cr합금은 Ni-Cr합금의 표면의 산화물 형상은 다르나 성분은 유사한 것으로 나타났다.
3. Co-Cr합금에서는 EX3 도재가 결합력이 우수한 것으로 나타났다.

REFERENCES

Ahn JS, Ko EK., Joo KJ. Comparlson of shear bond strength of ceramic fused to Ni-Cr and Co-Cr alloy by heat treatment. The journal of korean academy of dental technology, 33(3), 185-192, 2011.

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

Baran GR. Oxidation kinetics of some Ni-Cr alloys. J Dent Res, 62, 51-55, 1983.

Chong IS, Kim CY. Shear bond strength and interfacial characterization of ceramic to Beryllium free Nonprecious alloys for porcelain fused to metal crown. The korea contents society, 10(1), 229-234, 2010.

Choi YJ, Yook JI, Chung MK. Cytotoxicity of dental cast base metal alloys on human oral keratinocytes. The journal of korean academy of prosthodontic society, 37(6), 717-729, 1999.

Han CS, Chun GS. A cytotoxic study of dental casting gold alloy on normal human gingival fibroblast. The korean journal of oral and maxillofacial pathology, 29(4), 271-282, 2005.

ISO 9693: Dental metal-ceramin restoration material, ISO.

Kim KW. Comparison of Shear Bond Strength of Ceramics Fused to Co-Cr and Ni-Cr Alloy for Porcelain Fused Metal Crown. Major of Dental Laboratory Science, Graduated School, Catholic University of Pusan, 2009.

Kim MJ. The Influence of Bonding Agent and Veneer Ceramics on the Bond Strength of Metal-Ceramic Restorations. Major of Dental Laboratory Science, Graduated School, Catholic University of Pusan., 2012.

Kim CY. The effect of Nb on interfacial characteristics of Ni-Cr alloy for porcelain fused to metal crown,. Department of Biomedical Engineering, Graduate school Inje university, 2004.

Kim HJ and Kim BS. The study on comparison evaluation of shear bond strength of Co-Cr

base alloy using for porcelain fused metal.
The journal of korean academy of dental
technology , 32(3), 195-207, 2010.

Naji A, Harmand MF. Study of the effect of the
surface state on the cytocompatibility of a
Co-Cr alloy using human osteoblasts and
fibroblasts. J Biomed. Mater. Res., 24(7),
861-871, 1990.

McLean JW. Dental ceramics proceedings of the
first international symposium on ceramics.
467, 1973.

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

Yamamoto M, Metal-ceramics, Quintessence Pub.
Co., Tokyo, 1985.