

도재용착주조관용 Ni-Cr계 합금의 조성에 따른 표면특성 및 전단결합강도 관찰

김 갑 진, 정 인 성, 최 성 민

부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과

The Surface Property and Shear Bonding Strength according to Composition of Ni-Cr alloy for Porcelain Fused to Metal Crown

Kap-Jin Kim, In-Sung Chung, Sung-min Choi

Catholic University of Pusan

[Abstract]

Purpose: This study was to observe surface property and bonding strength according to composition of Ni-Cr alloy for porcelain fused to metal crown. The two kinds of Ni-Cr alloy with different composition ratio of parent metal were observed general properties and chemical properties of each alloy surface and measured the shear bonding strength between ceramic and each alloys. The aim of study was to suggest the material for design of parent metal's composition ratio to development of alloy for porcelain fused to metal crown.

Methods: The two kinds of alloy as test specimen was Ni(71wt.%)–Cr(12wt.%) and Ni(63wt.%)–Cr(23wt.%) alloy. The oxide on surface was observed by SEM and EDX. And the shear test was performed by MTS.

Results: The surface property and oxide characteristic analysis of oxide layer, weight percentage of Element O within Ni₇₁Cr₁₂ alloy measured 12.74wt.%, but Ni₆₃Cr₂₃ alloy was measured 15.91wt.%. And the maximum shear bonding strength was measured 106.14MPa between Ni₇₁Cr₁₂ alloy and vintage halo (VV group).

Conclusion: The surface property and oxide characteristic of Ni₇₁Cr₁₂ alloy was similar to Ni₆₃Cr₂₃ alloy. And VV group has the strongest shear bonding strength.

○Key words : Ni-Cr alloy, surface property, Oxide characteristic, Shear bonding strength

교신저자	성명	최 성 민	전화	051-510-0594	E-mail	smchoi@cup.ac.kr	
	주소	부산광역시 금정구 부곡동 부산가톨릭대학교 치기공학과					
접수일	2013. 4. 25		수정일	2013. 6. 18		확정일	2013. 6. 26

I. 서 론

심미보철의 심미성을 위하여 세라믹 소재인 전부도재관의 관심은 늘어나고 있으나 보철의 내구성을 위하여 금속 소재인 도재용착주조관의 수요는 지속적이다(Azer and Ayash, 2006; Pisani-Proenca et al., 2006).

도재용착주조관용 합금은 Au계 합금, Ni-Cr계 합금, Co-Cr계 합금, Ti계 합금 등이 사용되고 있다. 이러한 합금에는 모금속 성분을 비롯하여 다양한 첨가원소로 설계되어 개발되었다. 도재용착주조관용 합금의 개발을 위한 설계 시 고려해야 될 사항은 생체친화성 및 도재-금속학적 기능성일 것이다.

기존에 도재용착주조관용 Ni-Cr계 합금의 성분은 독성이 미미하나 조건에 따라 독성을 가지는 것으로 보고되었다(Han and Cheon, 2005). 이는 Ni-Cr계 합금의 Ni성분에 감작성이 있는 사람에게 알레르기 반응을 일으키는 것과 가공 시 첨가원소인 Be 미세입자에 의한 발암반응 등이 있기 때문이다(Choi et al., 1999). Co-Cr계 합금의 성분은 표면의 조건에 따라 세포독성에 영향이 있는 것으로 보고되었다(Naji and Harmand, 1990). 이는 Co-Cr계 합금의 Cr성분이 폐간질의 섬유화와 폐간질염을 일으키고 호흡기 및 피부를 감작시키기 때문이다(Jeong, 1992; Kim and Chung, 2010). 이러한 합금들의 생체친화성에 대한 고려사항으로 인하여 근래 첨가원소에 대한 기준규격이 조정되었다(Kim, 2012).

도재용착주조관용 합금의 생체친화성을 고려하여 기존의 합금들을 대체 또는 개선하여 도재-금속학적 기능성을 가지는 합금들이 개발되었다. Ni-Cr계 합금의 첨가원소인 Be을 대체하기 위하여 Nb을 첨가한 합금이 개발되어 사용되고 있으며(Kim, 2004), Ni-Cr계 합금의 열팽창계수를 조절해주는 Mo을 W으로 대체한 합금도 개발되었다. 그리고 기존 도재용착주조관용 Co-Cr계 합금의 문제인 높은 주조온도와 조절이 어려운 산화물 등을 금속학적 기능개선을 통하여 개발되었다(Kim, 2009; Kim and Kim, 2010).

이상의 선행연구들을 분석한 결과 기존의 도재용착주조용 합금의 대체 및 개발을 위하여 Ni-Cr계 합금(Ni 60-70wt%, Cr 10-25wt%)과 Co-Cr계 합금(Co 40-

55wt%, Cr 15-30wt%)이 이용되었으며, 합금들의 첨가원소(10wt% 이하 원소)에 따른 합금의 생체친화성 또는 도재-금속학적 기능성에 대한 보고들이 대부분이다. 하지만 합금 설계를 위한 중요한 요소인 모금속의 성분에 따른 연구결과가 없는 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 도재용착주조관용 Ni-Cr계 합금의 모금속 조성에 따른 변화를 관찰하고자 한다. 연구를 위하여 모금속의 조성의 비율이 다른 2종의 Ni-Cr 계 합금을 이용하여 각 합금의 표면의 일반특성을 관찰하고 표면과 계면의 화학적 특성을 관찰하고 수종의 도재를 결합하여 결합강도를 관찰하고자 한다. 연구 결과는 도재용착주조용 합금 개발의 모금속 조성비 설계를 위한 자료로 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 실험 재료

도재용착주조관용 Ni-Cr계합금의 모금속 조성에 따른 표면특성 및 결합강도를 관찰하기 위하여 2종의 Ni-Cr계합금을 선택하여 표면산화물관찰시험과 도재-금속계면관찰시험 그리고 전단결합강도관찰시험을 실시하였다.(Table 1) 도재-금속계면관찰시험과 전단결합강도관찰시험에는 4종의 도재를 소성하여 사용하였다(Table 2).

Table 1. Components of alloy specimens

Rate(wt%)	Name/Manufacturer
Ni(71)-Cr(12)	Verabond 2V/Dentsply
Ni(63)-Cr(23)	Cerazen/Taejung Medis

Table 2. Materials of porcelain specimens

Type	Name	Manufacturer
Porcelain	Vintage Halo	Shofu
	EX3	Noritake
	CeramcoIII	Ceramco Inc.
	Creation	Will-Geller

2. 시편 제작

1) 표면산화물관찰시편

표면산화물관찰시편은 각 변의 길이가 10mm, 두께가 2mm인 정사각판형태의 납형을 제작하고 합금제조사의 사용법에 따라 매몰 및 소환을 실시하고 고주파주조기(Formax, BEGO)를 이용하여 주조를 실시하여 금속시편을 제작하였다. 준비된 금속시편의 표면은 #400, #800, #1000, #1200의 SiC paper를 사용하여 순서대로 표면을 경면연마를 실시하였다. 그리고 50µm 크기의 Al₂O₃로 분사 후 3분 동안 증류수에서 초음파세척을 실시하고 증기 세척하여 준비하였다.

2) 도재-금속계면관찰시편

도재-금속계면관찰시편은 각 변의 길이가 10mm, 두께가 2mm인 정사각판형태로 주조하여 제작하여 준비하였다. 그리고 50µm 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 두께 1mm로 축성하여 소성하여 시편을 제작하였다.

3) 전단결합강도관찰시편

전단결합강도관찰을 위한 시편은 각 변의 길이가 10mm, 두께가 2mm인 정사각판형태로 주조하여 제작하였다. 그리고 시편에 4종의 도재를 제조사의 제작방법에 따라 전처리 후 불투명 도재를 도포하여 소성하고 전장도재를 직경 3mm 높이 3mm의 원기둥 형태로 축성하여 소성하여 전단결합강도관찰 시편을 제작하였다(Fig. 1).

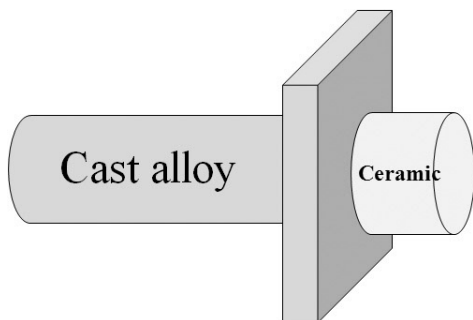


Fig. 1. Shape of specimens

3. 실험 방법

1) 표면산화물관찰실험

표면산화물관찰실험의 산화물 생성은 도재소성로(Vacumat, Vita)에 대기중 조건으로 600°C에서 분당 45°C의 온도상승률로 980°C까지 가온하여 처리하였다. 산화처리가 된 시편들의 표면산화물을 관찰하기 위하여 각 합금의 산화물 생성을 실시한 시편과 산화물 생성을 실시하지 않은 시편을 주사전자현미경(SEM-S3000N, Hitachi)과 에너지 분산형 X선 측정기(EDS-EMAX, Horiba)을 이용하여 표면산화물의 형상과 표면산화물성분을 분석하였다(Table 3).

Table 3. Classification of Surface Oxide layer analysis Specimens

Code	Rate	Treatment
VN	Ni(71)	Sandblasting(50µm Al ₂ O ₃)
VF	Cr(12)	Sandblasting(50µm Al ₂ O ₃) + Oxidizing(600°C~980°C)
CN	Ni(63)	Sandblasting(50µm Al ₂ O ₃)
CF	Cr(23)	Sandblasting(50µm Al ₂ O ₃) + Oxidizing(600°C ~ 980°C)

2) 도재-금속계면관찰실험

도재-금속계면관찰실험은 전자현미경분석기(Electron Probe Micro Analyzer, SX 100)를 이용하여 X-ray dot mapping analysis를 실시하였다. dot mapping analysis 결과를 이용하여 합금표면에 형성된 산화물과 결합된 도재 간에 형성된 산화물과 산화물의 확산을 정성적으로 관찰하였다(Table 4).

3) 전단결합강도관찰실험

전단결합강도관찰시편은 만능시험기(MTS 858 Bionix Test system, USA.)의 전단력 측정 전용 jig를 이용하였다. 전단시험은 전용 jig의 상부가 1mm/min의 속도를 하강하여 시편에 전단력을 가하고 전단력에 의하여 도재가 파절되는 파절력을 측정하여 전단결합력으로 산출하였다(Table 4).

Table 4. Classification of EPMA specimens and shear bonding strength specimens

Code	Porcelain	Rate	N
VV	Vintage Halo		
VE	EX3	Ni(71)	10
VC	CeramcoIII	Cr(12)	
VR	Creation		
CV	Vintage Halo		
CE	EX3	Ni(63)	10
CC	CeramcoIII	Cr(23)	
CR	Creation		

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 Ni-Cr계합금의 모금속 조성에 따른 표면특성 및 결합강도를 관찰하기 위하여 2종의 Ni-Cr계합금을 선택하여 표면산화물관찰시험과 도재-금속계면관찰시험 그리고 전단결합강도관찰시험을 실시하였다.

1. 표면산화물관찰

굽힘 시험은 시편을 일정한 거리만큼 떨어져 있는 두개 표면산화물을 관찰한 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 조성의 VN시편과 VF시편을 비교한 결과 산화물 생성을 실시한 VF시편의 표면전체에 조대한 산화물조직이 관찰되었다. 그리고 Ni₆₃Cr₂₃ 조성의 CN시편과 CF시편을 비교한 결과 산화물 생성을 실시한 CF시편의 표면전체에 산화물 조직과 석출조직이 관찰되었다. 산화물 생성을 실시한 각 합금의 VF시편과 CF시편의 산화물을 비교하였을 때 VF시편의 산화물은 조대한 조직형상이며, CF시편의 산화물은 석출조직이 관찰되었다(Fig. 2).

표면산화물성분을 관찰한 결과 산화물을 생성하지 않는 VN시편에서도 4.32wt%인 O원소가 VF시편에서

12.74wt%로 증가한 것으로 관찰되었으며, CN시편에서 2.82wt%인 O원소가 산화물을 생성을 실시한 CF시편에서 15.91wt%로 증가하였다.

Ni₇₁Cr₁₂ 조성시편의 Ni원소는 VN시편에서 48.94wt%가 VF시편에서 26.17wt%로 감소한 것으로 관찰되었으며, Cr원소는 VN시편에서 5.18wt%가 VF시편에서 21.07wt%로 증가한 것으로 관찰되었다. 그리고 Ni₆₃Cr₂₃ 조성시편의 Ni원소는 CN시편에서 51.81wt%가 CF시편에서 14.48wt%로 감소한 것으로 관찰되었으며, Cr원소는 CN시편에서 14.16wt%가 CF시편에서 34.29wt%로 증가한 것으로 관찰되었다(Table 5, Table 6).

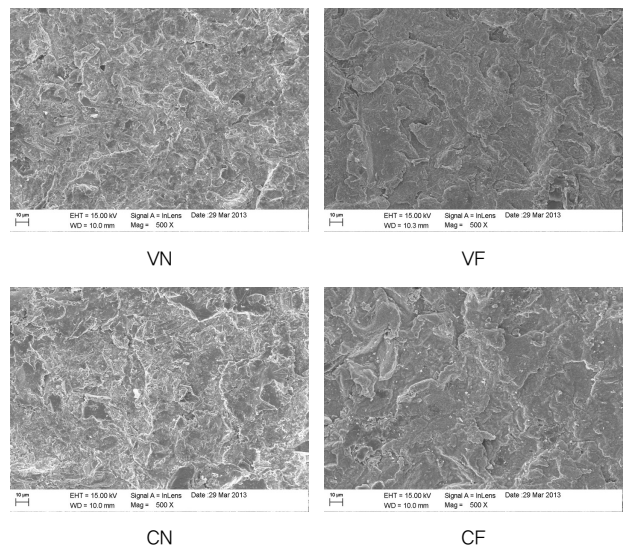


Fig. 2. SEM Image of oxide surface on specimens. VN: Verabond 2V, Sandblasting, VF: Verabond 2V, Sandblasting+Oxidizing, CN: Cerazen, Sandblasting, CF: Cerazen, Sandblasting

Table 5. Chemical composition of surface on VN, VF specimens (wt%)

Element	Raw alloy	VN	VF
O	-	4.32	12.74
Ni	71.85	48.94	26.17
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

Table 6. Chemical composition of surface on CN, CF specimens (wt%)

Element	Raw alloy	CN	CF
O	-	2.82	15.91
Ni	63.00	51.81	14.48
Cr	23.00	14.16	34.29
Mo	9.00		
Al	2.00	4.31	4.94
Nb	0.80		
Si	2.00	2.88	3.13
Mn	0.20	1.03	8.77
etc.		22.99	18.48

2. 도재-금속계면관찰시험

도재-금속계면을 관찰한 결과 VV시편, VC시편, VR시편에서 Cr원소와 Ti원소가 합금층에서 도재층으로 확산이 되어있는 것이 관찰되었으며, VE시편에서는 첨가원소들의 확산은 관찰되지 않았다. 그리고 VV시편의 Ti원소의 최대 측정수치가 다른 시편들에 비하여 가장 높은 것으로 관찰되었다. 그리고 CV시편, CE시편, CC시편에서 Cr원소가 합금층에서 도재층으로 확산이 되어있는 것이 관찰되었으며, CR시편에서는 Cr원소와 Nb원소가 합금층에서 도재층으로 확산이 되어있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 3).

3. 전단결합강도관찰

전단결합강도를 관찰한 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 조성의 VV시편에서 106.14MPa, VE시편에서 38.69MPa, VC시편에서 59.18

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

Specimen	Shear Bonding Strength	Specimen	Shear Bonding Strength
VV	106.14 (±17.92)	CV	38.10 (±11.87)
VE	38.69 (±10.37)	CE	44.45 (±8.04)
VC	59.18 (±16.96)	CC	33.10 (±8.17)
VR	45.29 (±6.07)	CR	54.27 (±18.74)

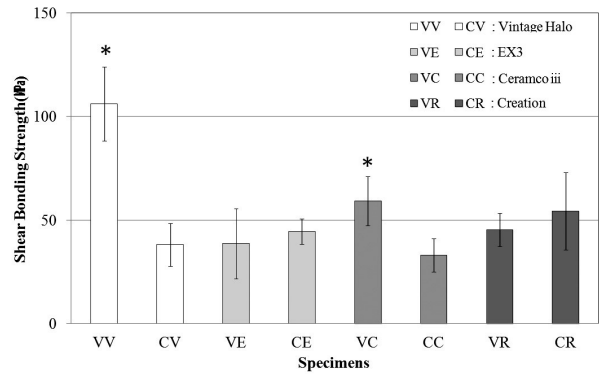


Fig. 4. Shear bonding strength of specimens. V: Verabond 2V, C: Cerazen

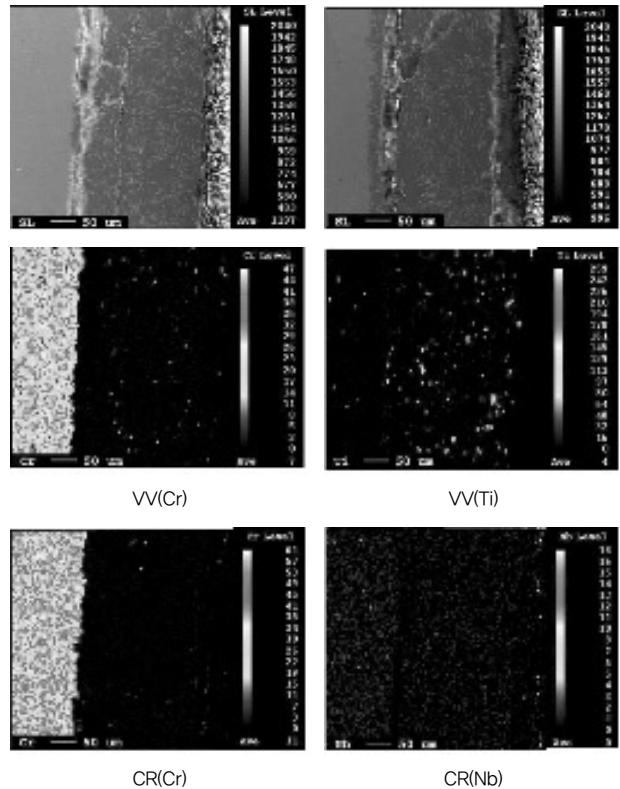


Fig. 3. EPMA image of element to alloy specimens

MPa, VR시편에서 45.29MPa의 전단결합강도가 산출되었으며, Ni₆₃Cr₂₃ 조성의 CV시편에서 38.10MPa, CE시편에서 44.45MPa, CC시편에서 33.10MPa, CR시편에서 54.27MPa의 전단결합강도가 산출되었다(Table 7, Fig. 4).

IV. 고찰

도재용착주조관용 합금으로 Ni-Cr계합금을 널리 사용하였다. 하지만 근래 생체친화성의 문제와 기능개선을 위하여 기존의 합금을 대체하기 위한 합금 또는 새로운 합금을 개발하여 소개하고 있다. 현재 국내에서 사용되고 있는 도재용착주조관용 합금의 대부분은 Ni-Cr계 합금(Ni 60-70wt%, Cr 10-25wt%)과 Co-Cr계 합금(Co 40-55wt%, Cr 15-30wt%)이 이용된다. 이러한 조성을 기본으로 하여 첨가원소(10wt% 이하)에 조절하여 개발된 합금을 사용하고 있다. 이상의 합금들에 관한 연구의 대부분은 첨가원소의 변화에 따른 생체친화성 또는 도재-금속학적 기능성에 대한 보고들이다. 하지만 합금 설계를 위한 중요한 요소인 모금속의 성분에 따른 연구결과가 없는 것으로 사료된다. 그래서 본 연구에서는 도재용착주조관용 Ni-Cr계 합금의 모금속 조성에 따른 변화를 관찰하고자 한다.

표면산화물을 관찰한 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 합금인 VN시편과 VF시편에서 O원소가 약 8wt%의 증가가 측정되었으며, Ni₆₃Cr₂₃ 합금인 CN시편과 CF시편에서 O원소가 약 13wt%의 증가가 측정되었다. 이러한 O원소의 증가는 표면의 산화물의 증가를 나타내는 것이다. 그리고 Ni₇₁Cr₁₂ 합금의 VF시편에서 Cr원소가 약 16wt% 증가하였고, Ni₆₃Cr₂₃ 합금의 CF시편에서 Cr원소가 약 20wt% 증가하여 두 합금 모두 Cr성분의 산화물이 생성된 것으로 판단된다. 이상의 표면산화물관찰결과와 Ni-Cr계합금의 표면의 산화물은 Cr계 산화물이 생성이 된다는 보고와(Yamamoto, 1985), Ni-Cr계합금인 경우 산화물의 외층에 NiO와 내층에 Cr₂O₃이 화합된 NiCr₂O₄이 생성되는 것으로 보고와 유사하나 시험에 사용된 Ni-Cr계합금에서는 Ni계 산화물의 생성이 적은 것으로 판단된다(Mclean JW, 1973; Baran GR, 1983). 각 시편의 표면의 산화물을 관찰한 결과 Ni₆₃Cr₂₃ 합금의 CF시편에서 석출조직이 관찰되었다. 이는 산화물의 형상이 산화물의 표면의 화학적 특성에 영향을 주어 도재와 결합력에 영향을 미친다는 보고를 감안하였을 때 표면산화물의 형상에 대한 추가연구가 필요할 것으로 판단된다.

도재-금속 계면을 관찰한 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 합금과

Ni₆₃Cr₂₃ 합금 모두 Cr이온의 확산이 관찰되었다. 그리고 Ni₇₁Cr₁₂ 합금의 VV시편에서는 Ti이온의 확산이 활발한 것을 관찰되었다. 이는 Ti 0.35wt% 함유한 합금에서 도재소성 시 이온의 확산이 이루어진 것으로 판단된다. 그리고 Ni₆₃Cr₂₃ 합금의 CR시편에서 Nb이온의 확산이 관찰되었다. 이는 Nb 0.8wt% 함유한 합금에서 도재소성 시 이온의 확산이 이루어진 것으로 판단된다.

전단결합강도를 관찰한 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 합금에서는 Vintage Halo도재를 소성결합한 시편인 VV시편의 결합력이 가장 높았으며, VE시편, VC시편, VR시편과 통계적 유의차가 있는 것으로 나타났다(p<0.05). Ni₆₃Cr₂₃ 합금에서는 Creation도재를 소성결합한 시편인 CR시편의 결합력이 가장 높았지만, CV시편, CE시편, CC시편과 통계적 유의차는 없는 것으로 나타났다(p>0.05). 이상의 분석결과와 Vintage Halo도재에서는 Ni₇₁Cr₁₂ 합금의 결합력이 Ni₆₃Cr₂₃ 합금에 비하여 높으며(p<0.05), EX3도재에서는 Ni₆₃Cr₂₃ 합금의 결합력이 Ni₇₁Cr₁₂ 합금에 비하여 높은 것으로 나타났다(p>0.05). 그리고 CerancoⅢ 도재에서는 Ni₇₁Cr₁₂ 합금의 결합력이 Ni₆₃Cr₂₃ 합금에 비하여 높으며(p<0.05), Creation 도재에서는 Ni₆₃Cr₂₃ 합금의 결합력이 Ni₇₁Cr₁₂ 합금에 비하여 높은 것으로 나타났다(p>0.05).

전단결합강도관찰결과 Ni₇₁Cr₁₂ 합금인 경우 Vintage Halo도재를 사용하였을 때 최대의 결합력을 가지며 Ni₆₃Cr₂₃ 합금인 경우 Creation 도재를 사용하였을 때 최대의 결합력을 가지는 것으로 판단된다. 그리고 금속-도재간에 요구되는 국제표준규격(ISO 9693)의 결합력인 25MPa과 통계분석을 실시한 결과 모든 시편의 결합력이 높게 나타났고 유의차가 있는 것으로 나타나(p<0.05) 모든 시편은 도재용착주조관용 합금으로 적합한 것으로 판단된다.

본 실험결과 도재용착주조관용 합금개발의 모금속 조성비 설계를 위한 자료를 제시하고자 하였다. 그 결과를 모금속의 조성비가 다른 Ni₇₁Cr₁₂ 합금과 Ni₆₃Cr₂₃ 합금을 비교분석하여 Ni-Cr계 합금의 모금속 조성에 따른 표면의 특성 및 전단결합강도에 대한 자료를 제시하였다.

V. 결 론

도재용착주조관용 Ni-Cr계 합금의 모금속 조성에 따른 변화를 관찰하기 위하여 각 합금의 표면특성관찰시험 및 수종의 도재를 이용한 전단결합강도관찰실험을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면산화물 관찰한 결과 3종의 합금 모두 Cr의 산화물이 주를 이루며 Ni₇₁Cr₁₂ 합금은 12.8wt%에서 24.07wt%로 Ni₆₃Cr₂₃ 합금은 23.00wt%에서 34.29wt%로 첨가비 보다 증가하는 것으로 나타났다.

2. 결합강도관찰 결과 Ni₇₁Cr₁₂ 합금은 Vintaage Halo 도재를 사용한 VV시편(106.14MPa)이 가장 높게 나타났으며, Ni₆₃Cr₂₃ 합금은 Creation도재를 사용한 CR시편(54.27MPa) 순으로 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(11), 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.
- Jung KC, Handbook of industrial poisoning, shingwang, Inc., 1995
- 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.