

陶材燒付用 Ni-Cr 補綴合金 開發에 관한 研究

이규환* · 신명철* · 최부병**

=Abstract=

A Study on the Development of Porcelain Bonded Ni-Cr Dental Alloy

Kyu-Hwan Lee*, Myung-Chul Shin*, Boo-Byung Choi**

Development of a dental Ni-Cr alloy system for porcelain veneering crown and bridge was studied in this research. The principles of alloy design were

- a) It should not contain toxic beryllium.
- b) It should have low melting point.
- c) It should be easily ground and polished.
- d) It should possess an adequate strength to resist the deformational force in the mouth.
- e) It should be bondable with porcelain by chemically.

After investigating the effect of minor elements such as boron and rare earth metals on the mechanical properties of the Ni-Cr alloy system, the compromised ideal composition for dental use was determined. The composition was 19.6% Cr, 5.6% Mo, 3.4% Si, 1.0% Fe, 0.01% Ti, 0.5~1.0% B, 0.2~0.6% misch metal, balance Ni. To compare the performance of experimental alloy with commercially available alloys, the properties such as strength, melting point, and bond strength were measured. The results were as follows:

- a) Boron increases the strength of the alloy but reduces the elongation.
- b) Misch metal increases the strength when the boron content is low, but does not increase the strength when boron content is high. And it reduces the elongation drastically,
- c) Mechanical strength of the experimental alloy was not superior to commercially available Be containing alloy, but handling performance such as castability, ease of grinding and polishing, and cuttability were superior to the Be containing alloy.

<1985. 5. 30. 접수>

* 한국과학기술원, 정밀금속연구실

* Precision Metals Lab., KAIST

** 경희대학교 치과대학 보철학과

** Dept. of Prosthodontics, Kyung Hee University

1. 서 론

陶材의 審美性과 金屬의 強度 및 加工性을 결합한 陶材燒付 Crown과 Bridge는 가장 이상적인 치과 재료로 평가되고 있다.¹⁻⁴⁾ Brecker⁵⁾가 1956년 최초로 도재를 금속에 올려 치과에서 사용한 이래 도재 소부용 금속은 금, 백금, 팔라듐 등의 합금이 주류를 이루어 왔다. 그러나, 국제 귀금속가격의 상승과 함께 보다 경제적인 합금 개발의 필요가 생겼으며, 귀금속이 전혀 들어 있지 않는 Ni-Cr계 합금들이 치과 분야에 등장하게 되었다.^{6,7)} 원래 Ni-Cr 합금은 고가의 Co-Cr 합금 대체용으로 이미 1955년도 부터 개발되어 부분의치 상용으로 사용되고 있었다. 그러나 정밀한 marginal fitness가 요구되는 Crown과 Bridge에는 구조성에 문제가 있어 사용되지 못하였다.

Ni-Cr 합금에 유독한 베릴륨(Be)⁸⁾을 첨가하여 본 합금의 구조성을 개선한 합금이 개발됨으로써, Ni-Cr 합금은 본격적인 활용이 이루어졌다. Be함유 합금들의 기계적 성질들은 여러 연구⁹⁻¹²⁾에서 밝혀 졌듯이 금합금에 못지않게 우수하지만, 함유된 Be의 인체 독성⁸⁾ 등으로 Be을 배제한 새로운 합금의 개발이 필요하게 되었다. 즉, Be을 타원소로 대체하여 용점을 강하시키고, 강도를 증가시키는 시도들이었다. 시판되고 있는 도재소부용 Ni-Cr합금을 분류하면 표 1과 같다. 이 중 대표적인 합금의 화학조성을 보면 표 2와 같다.

도재 소부용으로 이상적인 합금은 다음과 같은 여러

요건을 갖추는 것이 바람직하다.

- (a) 조직에 이상이 없을 것
- (b) 변색 및 부식에 저항이 클 것
- (c) 유독하지 않을 것
- (d) 도재를 변색시키지 않을 것
- (e) 도재와 화학적으로 결합할 것
- (f) 열팽창계수가 도재와 유사할 것
- (g) 구조성이 뛰어나는 것
- (i) 구강내의 응력에 견딜만한 강도를 지닐 것
- (j) marginal fitness가 좋을 것
- (k) solder로 용접이 가능할 것
- (l) 쉽게 연마 및 정마가 될 것
- (m) 용점이 낮아 쉽게 용해될 것.

이상과 같은 많은 조건들 중에서도 도재와 고온에서 소성을 하여야 하므로 무엇보다 소성온도(1000°C정도)에서 변형없이 견딜 수 있는 금속이어야 한다. 그러기 위하여는 Zr, Ti, Ta, Ni, Co, Cr, Fe등과 같이 높은 용점을 갖는 원소중 Zr, Ta, Ti등은 용해시 산화가 잘 되므로 사용될 수 없고, Ni, Co, Cr, Fe만이 우선 기본적인 요건에 맞는 금속으로 된다.¹³⁾ 이중 Ni은 열팽창계수가 Au와 유사하여, 이미 금합금에 맞도록 개발되어 사용되고 있는 기준도재와 열팽창계수가 크게 차이나지 않고, Co보다 가격이 저렴하며, 도재 소성시 깨끗한 산화물이 형성되어 도재를 변색시키지 않으므로 기본 조성으로 가장 적합한 원소이다. 뿐만 아니라 Co-Cr합금과 함께 이미 국부의치상으로 Ni-Cr합금이 사용되어 왔기 때문에 구강 내의 부식, 변색에 대해 임

표 1. 市販되고 있는 陶材燒付用 卑金屬合金
Table 1. Commercially available non-precious Ni-Cr porcelain bonded alloys

합금의 종류	제 품 명	Ni	Cr	그 외 원소	Ni/Cr
高 Ni	Aurotex	82.7	16.0	Co, Mo, Mn, Si, Al.	84/16
	Gemini II	80.5	11.8	Co, Mo, Si.	87/13
	Nobil Ceram	80.1	12.9	Co, Mo, Mn, Si, Al, Be	86/14
	PermaBond	79.4	13.8	Mo, Si, Be.	85/15
	Ultratek	79.4	12.1	Co, Fe, Mo, Si, Al, Be	87/13
中 Ni	DAN Ceramalloy	64.8	18.6	Mo.	78/22
	Euro Ceram	71.3	21.5	Fe, Si.	77/23
	Howmedica	68.3	20.0	Fe, Mo, Mn, Si.	77/23
	Microbond	61.2	22.8	Fe, Mo	73/27
	Ticon	70.8	16.6	Fe, Mo, Mn, Si, Al.	81/19
	Victory	62.6	21.4	Fe, Mo, Si, Al, Nb.	75/25
	Wiron S	66.3	14.5	Co, Fe=8.5, Mo, Si, Al=7	82/18
低 Ni	Negium	51.9	42.8		55/45

표 2. 각종 陶材燒付用 專金屬合金의 分析 結果
Table 2. Chemical compositions of commercially available Ni-Cr torcelain bonded alloys

제품명	원소	Ni	Cr	Fe	Al	Mo	Si	Be	Cu	Mn	Co	Sn	C	Ti	W (Cb, Ta, Zr)	B	합계
☆Nobil Ceram		80.75	12.58	0.34	3.42	1.53	0.29	0.57	0.15	0.13	—	—	—	—	—	—	99.76
☆Microbond 2000		79.67	13.24	0.11	3.87	1.52	0.30	0.65	—	0.12	—	—	—	—	—	—	99.48
☆Qualimet A		78.51	19.41	0.43	0.21	—	1.10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	99.72
☆Wiron S		68.96	16.54	0.37	4.15	5.10	0.83	—	—	3.05	0.42	—	—	—	—	—	99.42
☆Gemini II		80.85	11.93	0.20	2.95	1.87	0.18	1.55	0.13	0.14	—	—	—	—	—	—	99.81
☆Howmet III		68.75	19.57	0.38	—	4.22	2.72	—	1.54	1.24	—	1.25	—	—	—	—	99.67
+Ticon		70.4	16.1	0.75	3.96	3.96	0.42	0.48	0.01	3.77	0.92	—	0.033	0.01	0.65	—	99.91
+Microbond N.P.		76.00	13.80	1.50	2.80	4.55	1.11	—	—	0.09	0.01	—	0.05	—	—	—	99.91
+Wiron S		70.60	15.70	0.23	3.80	4.50	1.54	—	—	3.20	0.19	—	0.12	—	—	—	99.88
×Wiron S		69.16	16.32	0.37	3.96	4.68	0.76	—	—	3.41	0.03	—	—	—	—	—	98.69
○Wiron 77		66.8	19.6	1.45	0.12	5.62	3.37	—	0.043	0.023	—	—	0.06	0.011	—	10 ⁻¹	—

○ : KIST의 分析結果

☆ : S.F. Moffa의 分析結果

+ : E.F. Huget의 分析結果

× : 日本 大藏成 造幣局 分析結果

Ticon : CMP Industries, Albany, N.Y.

Gemini II : Kerr. Mfg. Co., Romulus, Mich.

Howmet III } Howmedica Inc., Chicago, Ill.

Microbond N.P.

Wiron S } William Gold Refining Co., Buffalo, 14214

Wiron 77

상적으로 보증이 가능하다.

한편 Cr은 내식성을 향상 시키는 원소로 널리 알려져 있다. 따라서 Cr과 Ni을 기본 조성으로 하는 합금에 기타 미량의 타원소의 양을 변화시켜 가며 각종 합금들이 개발되었던 것이다. 그러나 내식성 향상을 위하여 첨가한 Cr은 합금의 용접을 상승시켜 일반 기공소에서 propane gas torch로 쉽게 녹일 수 없을 뿐만 아니라, 고온의 매물체를 필요로 한다. 따라서 용접 강하를 위하여 초기에는 독특한 Be을 첨가시켰던 것이다. 또한 Mo은 Ni-Cr합금의 열팽창계수를 적게 하고, 강도를 향상시키며, 입간 부식이나 pitting부식을 억제시킨다. 그외에도 합금의 기계적 성질 즉 강도 증가를 위하여 Al이나 Ti을 첨가한다. 이 두 원소는 이미 Ni계통의 superalloy에서 gamma prime상을 형성시켜 고온 강도 유지에 큰 역할을 한다는 것이 잘 알려져 있다.

Al은 강도 향상 뿐만 아니라 합금 주조시 인산염계 매물체와 합금의 반응을 억제하여 주조제 표면이 조잡해지는 것을 막는 역할이 있다. 그러나 Al의 양이 많으면 주조성이 나빠지고, 경도가 상승하여 취약한 합금으로 된다. 또한 용해시 쉽게 산화하여 용탕표면에 질긴 연속의 막을 형성시키며, 주조물의 개재물로 혼입되어 합금의 연신율을 저하시킨다.

이상과 같은 각원소들의 특성을 파악하고, 일반 기공사들의 임상적인 경험을 토대로 본 연구진은 다음과 같은 합금 개발의 목표를 정하였다.

(a) 독성이 있으며, Ni-Cr 합금의 내식성¹²⁾을 저하시키는 Be을 타 원소로 대체할 것

(b) 용접이 낮아 일반 기공소에서 쉽게 gas oxygen torch로 용해할 수 있을 것

(c) 절삭성 및 연마성이 좋을 것

(d) 도재 소부시 별도의 bonding agent가 필요없을 것.

(e) 도재와의 결합성이 좋을 것

(f) 경제성이 있을 것

이상과 같은 목적에 맞는 합금을 개발하기 위하여 구체적으로

(a) 내식성 향상을 위하여 75% 내외의 Ni, 19% 내외의 Cr을 기본 조성으로 한다.

(b) 강도를 증가시키고, 열팽창계수를 낮추기 위하여 5% 내외의 Mo을 첨가한다.

(c) 주조성 향상과 용접 강하를 위하여 Be 대신 B을 사용한다.

(d) 도재와의 접착성 증진을 위하여 회토류 금속을

이용한다.

상기의 기본 설계를 바탕으로 우선 보론 및 회토류 원소들이 본 합금계의 강도에 미치는 영향을 증진적으로 조사하여 최적의 강도와 그리고 조작성의 타협점이 되는 합금 조성을 개발하고자 하였다.

2. 실험 방법

(1) 합금의 진공 용해

보론 및 회토류 금속류는 산화가 쉬우므로 대기 중에서 합금을 행하면 대부분 산화물로 되어 연신율을 저하시키는 등 합금의 물리적, 화학적 성질에 나쁜 영향을 미친다. 따라서 진공 용해에 의한 합금은 반드시 행하여져야 한다. 본 연구에서는 DELTEC JIM 진공 유도 용해로를 사용하여, 10×10^{-3} Torr이하의 진공 중에서 합금을 용해하였다. 실험합금의 장입 조성은 표 3과 같다. 진공 용해시 보론은 Ni-B의 모합금(15% B)을, misch metal은 Bastnasite derived misch metal을 사용하였다(규격 UNS E21000, 50% Ce, 38% La, 12% Nd, 4% Pr). 니켈은 순도 99.95%의 Carbonyl Nickel ball을, 크롬은 순도 99%의 전해 크롬을, 몰리브덴은 순도 99.8%의 분말을 cylinder 형태로 가압 성형하여 사용하였다. 알루미늄은 직경 4mm의 알루미늄 선(순도 99.9%)을 사용하였다. 실리콘, 망간, 철 및 티타늄은 모합금의 형태로 첨가하였다. 사용된 모합금은 Si-Mn(JIS Si Mn 1종, 18.7% Si, 68.2% Mn, 2% C), Fe-B(20% Boron), Fe-Si(85% Si), Fe-Ti(70% Ti)이다. 용해에 사용한 crucible은 5lb용량의 magnesia였으며, mold는 4각형 형태의 주철체를 사용하였다.

(2) 강도시험

가. 인장 시험

전술한대로 제조한 합금은 15g 정도의 작은 block으로 만들어져 상품으로 된다. 본 연구에서는 1~2개의 block을 프로판-산소로 재용해하여 원심 주조기로 용해 즉시 예열된 investment mold에 주입하여 인장 시험 및 접착성 시험 시편을 제작하였다.

Investment mold는 A.D.A.¹¹⁾의 Co-Cr 합금의 시험규격에 따라 제작하였다. 인장시험 형태의 wax pattern은 방전가공으로 제작된 stainless steel로 된 metal split mold에 주사기를 이용하여 치과용 inlay wax를 가압 주입하여 제작하였다. 이때 wax pattern의 이형제로는 치과용 varnish(Shofu super varnish)

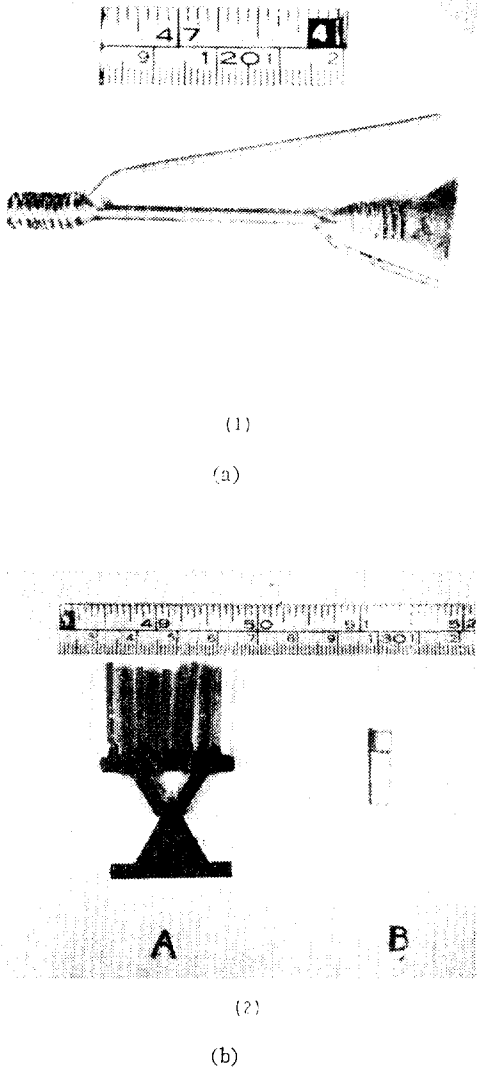


그림 1. 본 연구에 사용된 시편들의 모양

- (a) 인장시험편
- (b) 결합강도 시험편

Fig. 1. View of testing specimens used in this study

- (a) Tensile test specimen
- (b) Bond strength test specimen

를 사용하였다. 제작된 wax pattern을 crucible former에 올려놓고 그림 1(a)과 같이 air bent를 단 후 surface tension reducing agent(Shofu Surcast)를 붓으로 도포한 다음 hair drier를 이용하여 건조시켰다.

건조된 wax pattern에 asbestos로 lining된 metal

cylinder를 씌운 다음 인산염 제동의 그은 매물제로 진공 매물하였다. 매물제는 미국의 Whip-Mix사의 carbon free phosphate investment인 HITEMP를 사용하였다. wax의 연소는 2단계 연소법을 채택하여 250°C까지 mold를 가열하여 30분간 유지시키고, 다시 900°C까지 가열하였다. mold의 온도가 900°C에 이르면, 예열시켜두었던 마그네시아 crucible에 합금 block을 놓고 푸로판-산소 torch로 단시간에 합금을 용해한 후 mold를 회전시켜 원심주조하였다. 이때 적정 주조 온도는 합금에 따라 다르나, 외국 제품들은 제조회사의 지시서대로 행했고, 본 실험 합금들은 용해시 sagging이 일어나지 않고 용탕이 보이는 합금들은 합금들의 도시리가 토치의 화염에 의하여 내려앉을 때를, sagging이 일어나는 합금은 sagging이 일어날 때를 주조시기로 하였다. 주조된 시편은 5분간 bench cooling시킨 후 물에 급냉하였다. 매물제는 쇠술과 sand blast로 제거하였으며, air bent와 sprue button은 치과용 cutter를 이용하여 절단하였다. 이와 같이 제조된 시편은 인장시험기(10 ton용량, Instron社)로 강도를 측정하였다. 이때 cross head speed는 0.5mm/min으로 하였으며, 항복 강도를 측정하기 위하여 gage length 25mm의 strain gage를 사용하였다. 본 시험에서는 매 합금마다 3개씩 시험하여 그 평균치를 결과치로 하였다.

나. 도재와 접착성 시험

도재와 금속간의 결합력 측정을 위한 규격화된 시험 방법은 아직 제정되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 합금과 도재와의 결합력을 조사하기 위하여 실제 임상시의 접촉 면적과 유사한 면적을 가지는 크기로 주조한후 여기에 도재를 입혀 도재와 금속간의 접촉부위에 전단 응력을 작용시켜 도재와 합금의 분리가 일어나는 응력을 측정하였다. 이때 인장시험기의 cross head speed는 0.5mm/min으로 하였다. 도재의 결합력은 도재를 합금에 올리는 기술에 따라 그 결합력의 차이가 심하므로, 숙련된 기공사에 도재 소부를 의뢰하여 시편을 제작하였다. 동일 조건의 시편을 5개 시험하여 그 평균값을 도재 결합력으로 삼았다.

다. 금속조직시험

금속 조직은 ingot에서는 비금속 개재물의 분포를 주안점으로 하여 관찰하였으며, 단장 시편에서는 결정립의 크기 및 금속상의 형태와 크기를 주안점으로 관찰하였다. 이때 부식은 10% H₂SO₄용액중에서 전해 부식하였다.

3. 실험 결과 및 검토

가. 보론이 강도에 미치는 영향

본 연구의 개발 목표인 Be이 함유되지 않은 Ni-Cr 합금의 경우 기계적인 성질 즉 강도 및 연신율이 낮기 때문에 이를 적정 수준으로 조절하여야 한다. 보론은 경화를 위하여 효과적인 합금 원소이나 그 영향이 구체적으로 밝혀 있지 않았다.

보론의 함량 변화에 따른 경도값을 조사한 결과 그림 2와 같았다. 그림 3은 항복 및 인장 강도를, 그림 4는 연신율을 조사한 것이다. 그림들에서 알 수 있듯이 보론이 첨가되면 강도는 증가하나 연신율은 저하하고 있다. 구강내의 응력에 견디고, 얇은 margin을 가지는 crown을 제작하기 위하여는 적어도 경도는 HRC 25이상, 항복 강도 50kg/mm²이상, 연신율은 2%이상 이 되어야 한다. 이와 같은 조건을 만족시키기 위하여는 보론을 0.5~1.0%사이로 첨가하여야 한다는 것을 알 수 있었다.

나. 희토류 원소의 영향

희토류 원소가 도재의 결합력 및 접착성에 영향을 미

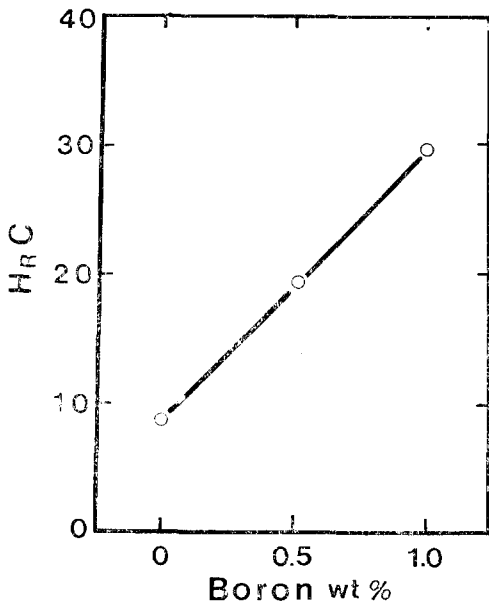


그림 2. 보론 함량이 경도에 미치는 영향
Fig. 2. Effect of boron content on the hardness of the porcelain bonded Ni-Cr alloy

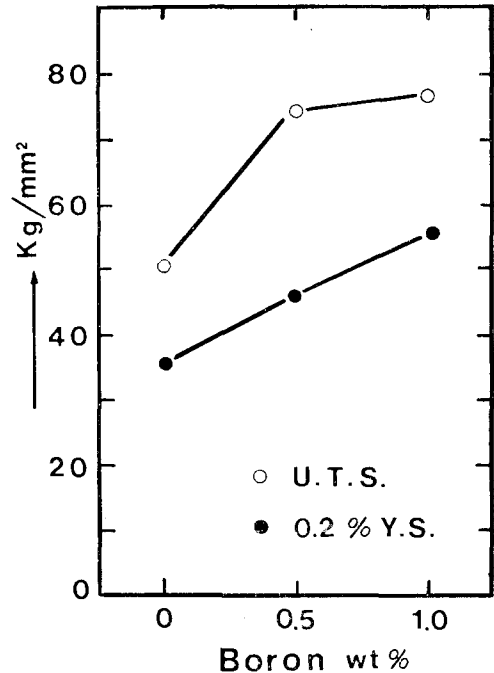


그림 3. 보론 함량이 항복 및 인장강도에 미치는 영향
Fig. 3. Effect of boron content on the yield and ultimate tensile strength of the porcelain bonded Ni-Cr alloy

친다는 구체적인 mechanism은 아직 밝혀지지 않고 있으나, 특히나 체험적으로 잘 알려져 있다. 본 연구에서는 희토류 원소의 복합체로 구성된 misch metal을 사용하였다. 첨가되는 희토류 원소들이 합금의 기계적 성질에 미치는 영향을 조사하기 위하여 우선 앞의 실험에서 결정된 보론의 양을 0.3%와 1.0%로 고정하고, misch metal의 양만 변화시켜 그 성질을 조사한 결과 그림 5, 6, 7, 8과 같았다. 보론이 0.5%일때 경도 및 항복 강도는 misch metal의 양에 따라 약간 증가하는 경향이 보였으나, 보론이 1.0%일때는 misch metal의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 인장강도 및 연신율은 misch metal의 함량 증가에 따라 급격히 감소하였다.

이상의 결과로 부터 misch metal을 이용한 합금의 경화는 기대할 수 없음을 알 수 있고, 오히려 연신율 저하로 인한 구강 내에서 파손의 위험이 따른다는 것을 알 수 있었다. 따라서 misch metal은 도재와의 결

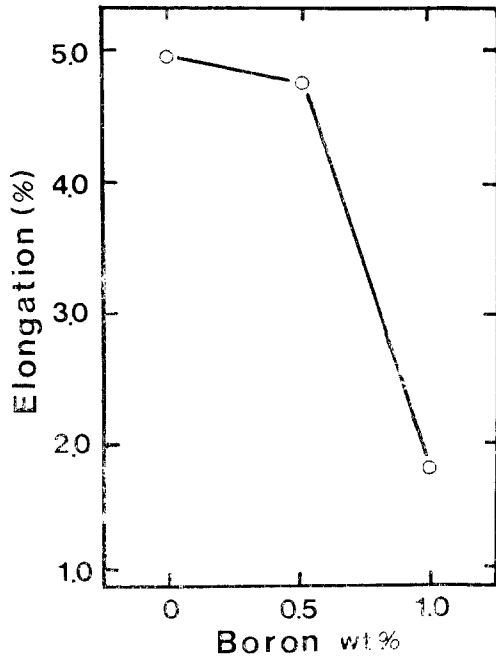


그림 4. 보론 함량이 열신율에 미치는 영향
Fig. 4. Effect of boron content on the elongation of the porcelain bonded Ni-Cr alloy

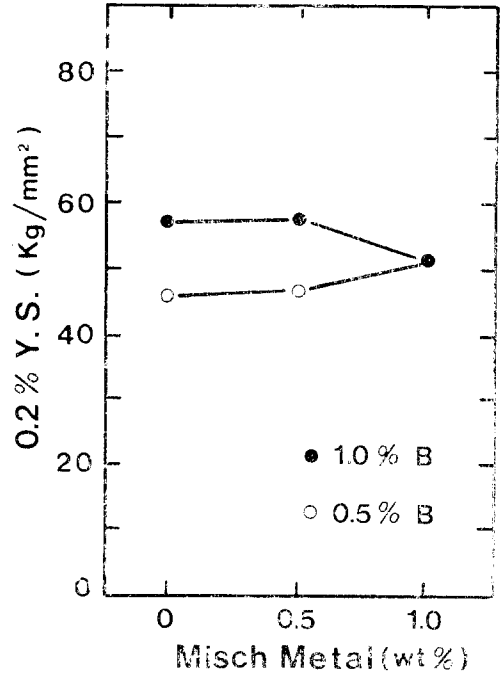


그림 6. Misch metal이 항복강도에 미치는 영향
Fig. 6. Effect of Misch metal content on the yield strength of the Ni-Cr-B alloy

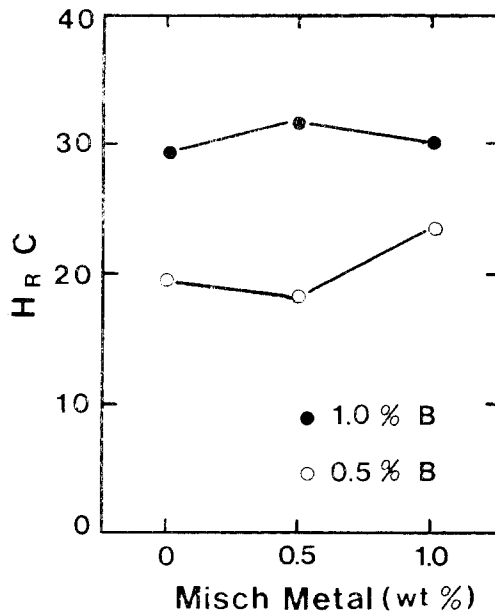


그림 5. Misch metal이 경도에 미치는 영향
Fig. 5. Effect of Misch metal content on the hardness of the porcelain bonded Ni-Cr alloy

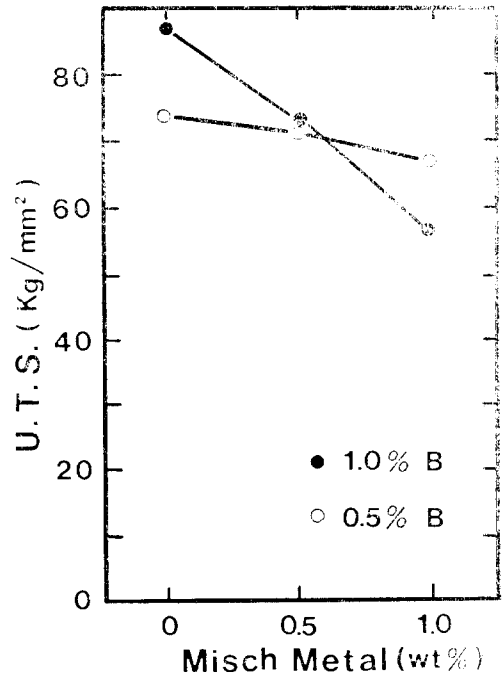


그림 7. Misch metal이 인장강도에 미치는 영향
Fig. 7. Effect of Misch metal content on the ultimate tensile strength of the Ni-Cr-B alloy

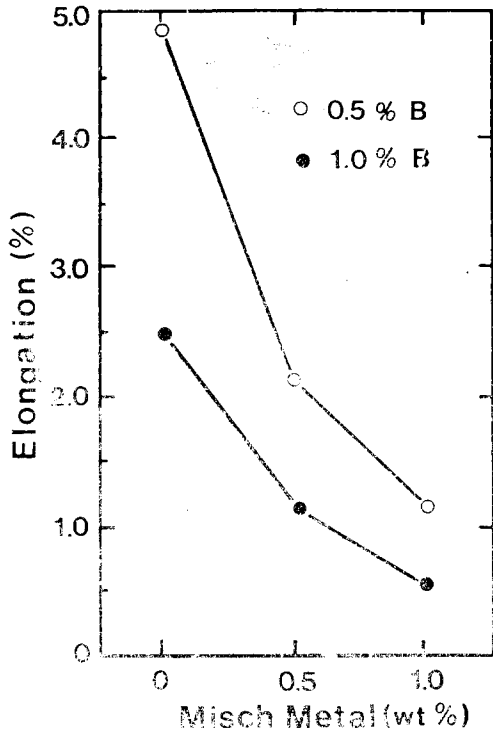


그림 8. Misch metal이 연신율에 미치는 영향
 Fig. 8. Effect of Misch metal content on the elongation on the Ni-Cr-B alloy

합성을 개선시키기 위하여 첨가되지만 과잉으로 첨가 되면 오히려 기계적 성질을 저하시켜 구강내에서 사용하기 어렵게 함으로 그 사용은 극히 주의하여야 함을 알 수 있었다.

다. 개발합금과 외국제품의 성능비교

본 실험 합금 중 그 성질이 가장 적당하더라고 사려

되는 표 3의 6번 합금과 외국 제품과의 성능을 비교 측정한 결과 표 4와 같았다.

표에서 알 수 있듯이 Be이 함유된 Verabond의 강도가 가장 우수하였으며, 강도 순서로 이들 합금을 나열하면 Unitbond, KAIST, Wiron 77, Microbond N.P. 순이었다.

Microbond N.P.의 경우 Be free 합금이나, 용점이 높고 기계적 강도가 낮은 것은 Boron을 합금 원소로 사용하고 있지 않기 때문이다. 그러나 본 합금의 절삭성은 우수한 편이었다. 도재와 결합력도 Verabond가 가장 높았으며, 다음으로 Unit bond, KAIST, Wiron 77의 순서였다. 회도류 금속을 사용하고 있는 Wiron 77이나 KAIST 개발합금은 도재와의 결합강도는 약간 낮은 편이나 실제 기공사들의 feeling으로는 도재가 잘 wetting되어 도재부착이 가장 용이하다는 평이었다. 본 개발합금과 Wiron 77의 성질을 비교하면, 경도, 항복강도, 도재 결합 강도등은 본 개발합금이 양호하였으나 연신율은 Wiron 77이 조금 있다. 두 합금 공히 용점이 낮아 torch로 쉽게 용해할 수 있었으며, 용해상의 특징으로 산화물에 의한 sagging이 나타나지 않고 순간적으로 응탕이 형성되었다. 이들 합금의 금속 조직을 조사한 결과 그림 9와 같았다.

Be이 함유되어 있는 Verabond와 Unitbond의 경우 dendrite를 형성하고 있는 gamma상 matrix 내부에 합금의 강화상(strengthening phase)인 gamma prime (Ni₃Al, 혹은 Ni₃Ti)상들이 미세한 입자로 석출되어 있었다. 따라서 이들 합금은 강도를 높일때 초점을 맞추고 있음을 알 수 있다. 그러나 최근에 개발된 Wiron 77의 경우, 조직의 모양이 전혀 다르다. dendrite내부에는 앞에서 관찰되었던 gamma prime상이 관

표 3. 각 합금의 장입 조성

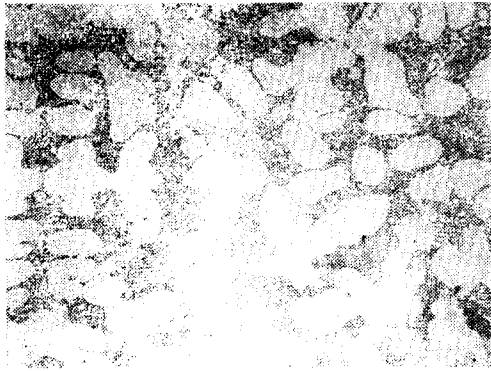
Table 3. Chemical compositions of experimental alloys

	Ni	Cr	Mo	Si	Fe	Ti	B	Misch	Y
1	70.4	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0	0	0
2	69.9	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0.5	0	0
3	69.4	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	1.0	0	0
4	69.4	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0.5	0.5	0
5	68.9	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0.5	1.0	0
6	68.9	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	1.0	0.5	0
7	68.4	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	1.0	1.0	0
8	69.6	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0.5	0	0.25
9	69.4	19.6	5.6	3.4	1.0	0.01	0.5	0	0.5

표 4. 외국제품의 기계적 성질과 개발품과의 비교

Table 4. Mechanical properties of experimental alloys

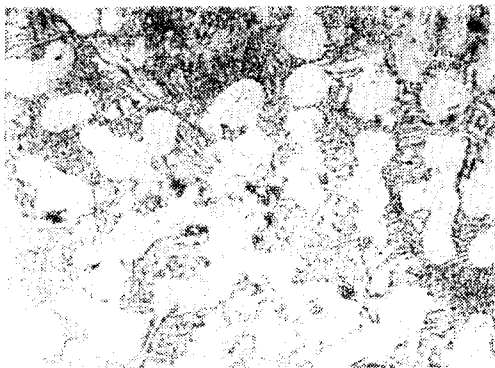
제 품	기계적 성질	경도 (Rc)	0.2% (kg/mm ²) 항복강도	(kg/mm ²) 인장강도	연신율 (%)	Be 유무	용점	인장력 (kg/mm ²)
Verabond		45	100.0	115	5.0	有	1345°C	1.7 ± 0.3
Unitbond		40	85.6	99	3.0	有	1315°C	1.4 ± 0.2
Microbond N.E.		8.5	44.0	47.9	3.0	無	~1400°C	-
Wiron 77		28	52.4	74.4	2.0	無	1235°C	0.9 ± 0.3
Kaist		22	57.5	73.8	1.2	無	1245°C	1.2 ± 0.2



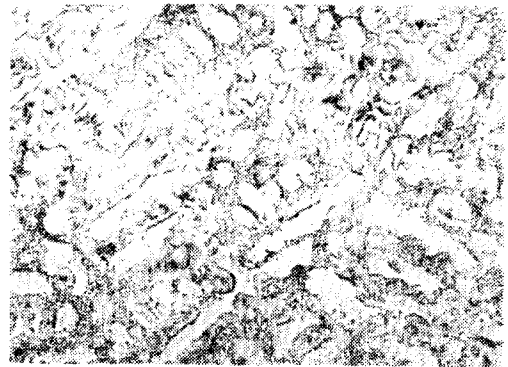
(a) Verabond ×400



(b) Unitbond ×400



(c) Wiron 77 ×400



(d) KAIST ×400

그림 9. 상용 합금들과 KAIST 개발품의 미세조직들(부식액 10% H₂SO₄, 전해부식)

Fig. 9. Microstructures of various commercial products and KAIST experimental alloy.
(etchant; 10% H₂SO₄ electrolytic etching)

찰되지 않고, lamellar의 형태도 다르다. 본 합금에서는 보론의 금속간 화합물이 gamma상과 공정을 이루고 있음을 알 수 있다. 따라서 본 합금은 응전저하 및 강도의 적장 수준 유지에 초점을 둔 합금임을 알 수 있다. 본 개발품도 Wiron 77과 같은 형태의 조직을 가지고 있으며, dendrite가 미세한 특징을 가지고 있었다.

4. 결 론

치과 금속 재료중 금대용 비귀금속제로 최근 광광을 받고 있는 합금인 Ni-Cr합금을 개발하기 위한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 인체에 해로운 베릴륨(Be) 대신 보론(B)을 첨가한 결과, 용점이 낮고, 취금성이 뛰어난 합금을 개발할 수 있었다.

(2) 합금 원소 중 보론은 합금의 용점을 저하시킬 뿐만 아니라, 기계적 강도를 증가시켰다. 그러나 연신율은 저하시켰다. misch metal은 보론 함량이 낮을 경우 강도 증가에 이바지하나, 보론 함량이 높을 때는 영향이 없었다. 그러나 연신율은 급격히 저하시켰다.

(3) 개발합금의 강도는 Be함유 기준제품보다 떨어졌으나, 주조성, 가공성, 연마성 등 일반적인 취금 특성은 오히려 좋았다.

參 考 文 獻

1) W.J. O'Brien: *Evolution of Dental Castings, Alternatives to gold alloys in dentistry, Conference proceedings*, 2~9(1977).

2) J.J. Tuccillo: *Composition and Functional Characteristics of Precious Metal Alloys for Dental Restoration, ibid*, 40~67(1977).

3) 川原春幸 등: *齒科用 Co-Cr 合金鑄造法*, 1(1979).

4) K. Asgar: *Alternatives to gold alloys in dentistry*, 94(1977).

5) S.C. Brecker: *Porcelain baked to gold-a new medium in prosthodontics, J.P.D.* 6, 801, (1956).

6) J.P. Moffa: *An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneers. Part I. Physical properties, J.P.D.* 30(4), 424~431(1973).

7) *ibid: Part II. Industrial safety and biocompatibility*, 432~441(1973).

8) E.F. Huget: *Dental alloys: Biological considerations, Alternatives to gold alloys in dentistry*, 139~157(1977).

9) 中村健吾, *齒科用陶材燒付用合金, 金屬* 29~33(1980).

10) J.P. Moffa: *Physical and mechanical properties of gold and base metal alloys, Alternatives to gold alloys in dentistry*, 81~93(1977)

11) E.F. Huget 등: *Properties of two nickel-chromium crown and bridge alloys for porcelain veneering, J. A.D.A.* 94, 87~90(1977).

12) J.A. Tesk: *Selection and characteristic-Nickel and base metals, Alternatives to gold alloys in dentistry*, 68~69(1977).

13) R.J. Hodges: *The corrosion resistance of gold and base metal alloys, ibid*, 106~138(1977).