

# 납착 방법이 치과용 금속의 성상(性狀)에 미치는 영향에 관한 연구

김철형 · 송영균 · 이종혁\*

단국대학교 치과대학 치과보철학교실

**연구 목적:** 본 연구는 치과영역에서 많이 사용되는 비귀금속 합금인 니켈-크롬 합금을 산소-아세틸렌 불꽃 납착법과 적외선 용접법을 이용해 용접하고 용접부 및 그 주변을 광학 현미경과 EPMA (Electron Probe Micro Analyzer, 전자미세현미분석기)를 통해 관찰하여 용접방법이 금속의 성상(性狀)에 미치는 영향을 조사하였다.

**연구 재료 및 방법:** 니켈-크롬 합금을 이용하여 3.0 mm 직경, 30 mm 길이의 시편을 제작하였다. 시편은 산소-아세틸렌 불꽃 납착법, 적외선 용접법의 두 개의 그룹으로 분류하였다(n=4). 시편을 low-speed disc로 자른 후 각각을 산소-아세틸렌 토치와 적외선 용접기를 이용해 용접하였다. 용접과 마무리 후에 시편을 광학현미경으로 용접부, 5 mm 떨어진 지점, 10 mm 떨어진 지점의 3개 부위에서 관찰하고 EPMA를 이용하여 분석하였다.

**결과:** 광학 현미경 관찰 결과 용접부에서는 두 방법 모두 다수의 파절선이 관찰되었고, 10.0 mm 떨어진 거리에서는 두 방법 모두 시편의 표면에서 파절선이 발견되지 않았으나 5.0 mm 떨어진 거리에서는 적외선 용접법에서는 시편의 표면이 다소 거칠기는 했으나 파절선은 발견되지 않았고 산소-아세틸렌 불꽃 납착 표면에서는 다수의 파절선이 관찰되었다. EPMA 분석에서 적외선 용접법에 의한 방법에서는 용접부위, 5.0 mm 떨어진 부위, 10.0 mm 떨어진 부위 모두에서 시편 금속의 구성성분 비율이 제조사의 구성성분 비율과 10.0% 이내의 오차를 나타내었고, 산소-아세틸렌 불꽃 납착법에서는 5.0, 10.0 mm에서는 시편 금속의 구성성분이 10.0% 이내의 오차를 나타내었으나, 납착부 위에서는 Ni만이 검출되어 적외선 용접법과는 차이를 나타내었다. 이와 같은 분석결과를 살펴 볼 때 적외선 용접을 시행한 시편의 구성 성분이 모금속의 성분과 유사한 것을 알 수 있었다.

**결론:** 이상의 결과로 산소-아세틸렌 불꽃 납착법보다 적외선 용접법을 이용할 때, 금속의 결합 및 성분의 변화가 적어서 좀더 우수한 금속 보철물의 제작이 가능할 것으로 사료된다. (대한치과보철학회지 2012;50:53-60)

**주요단어:** 광학현미경; 산소-아세틸렌 불꽃 납착법; 적외선 용접법; EPMA

## 서론

치과 영역에 있어서 보철물 제작 시 구조체의 연결부위의 접합에 대한 중요성은 점차 커져 가고 있다.<sup>1</sup> 요즈음과 같이 임플란트 보철이 대중화 된 시점에서 임플란트와 상부보철물의 정확도는 점점 더 중요시되고 있으며 일체구조법으로 제작 시 길이가 긴 임플란트 지지보철물이 하부 임플란트와 정확한 적합도를 갖기는 매우 어렵다. 이러한 임플란트의 상부구조물과 같은 보철뿐만 아니라 고정성 보철물의 금속구조물 제작과정에서 구조 후의 변형과 오차를 수정하기 위해 보철물을 절단하여 재결합시키거나 파절 등 여러 가지 이유로 금속을 접합시킬 필요가 있을 때 용접을 사용한다. 용접이란 둘 혹은 그 이상의 금속 조각을 열이나 압력 혹은 두 가지 모두를 사용하여 국소적 결합을 일으키는 과정이며 융합이나 재결정화를 통해 얻어지는 것이라 정의되고, 두 금속의 간극에 녹은 온도가 낮은 금속을 침투시켜 연결하는 것을 납착(425℃이하에서 시행되는 것을 soldering, 425℃이상에서 시행되는 것을 brazing), 두 면을 동시에 녹여 연결하는 것을 용해 융합(welding)이라 한다.

구조체를 연결시키는 방법으로 치과영역에서는 납착법을 주로 사용하는데, 납착시킬 모금속보다 낮은 용점을 지닌 납금속이 열원에 의하여 용융된 후, 모금속 사이의 간극에 모세관 작용에 의해 모금속 표면을 침윤하게 되어 결합이 형성된다. 현재까지는 산소-아세틸렌 불꽃을 이용한 납착이 널리 사용되고 있다. 그러나 이러한 방법의 단점은 납착 시 납착연결부에 불가피하게 가스가 유입되어 기포를 남기게 되고 연결부의 강도를 저하시키며 접합되는 금속의 입자 크기를 변화시키는 열영향부(heat affect zone)를 넓게 형성시켜 인장강도가 저하되며 피착금속과 다른 종류의 납착재가 서로 직접 접촉함으로써 부식을 증가시켜 장차 접합부의 강도를 저하시키는 원인이 된다.<sup>2</sup>

가스를 이용하는 납착법 외에 다른 방법으로 적외선 용접(infrared brazing)이 있다. 적외선 용접은 국소적인 열원의 접촉 없이 용접이 가능하고 온도 조절이 용이하다. 적외선 용접을 위해서는 적외선 파장의 전체적인 범위 0.72 - 1000  $\mu\text{m}$  중에서 작은 부분의 범위만이 사용된다. 즉 작은 파장 범위인 0.72 - 1.5  $\mu\text{m}$ , 중간 파장 범위인 1.5 - 5.6  $\mu\text{m}$ , 그리고 큰 파장 범위인 5.6 - 10.0  $\mu\text{m}$

\*교신저자: 이종혁

330-716 충청남도 천안시 신부동 산 7-1 단국대학교 치과대학 보철학교실 041-550-1971; e-mail, hyuk928@chol.com

원고접수일: 2012년 1월 5일 / 원고최종수정일: 2012년 1월 14일 / 원고채택일: 2012년 1월 18일

의 적외선 파장 범위가 사용된다. 용접시의 온도는 적외선 파장의 길이, 복사능 인자 또는 반사율, 조사의 지속 정도, 접합 금속의 크기 등에 의해 결정된다.<sup>3</sup>

이번 연구에서는 용접방법이 치과용 주조체의 상태와 성분에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위하여 광학현미경을 이용한 금속표면 관찰과 성분 분석장비인 EPMA (Electron Probe Micro Analyzer)를 이용하여 성분의 변화 유무를 확인하고자 하였다.

## 연구 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

본 연구에서 모금속은 치과용 비귀금속 합금인 니켈-크롬 합금(REXILLIUM<sup>®</sup>V, Pentron, San Diego, CA, USA)을 사용하였다 (Table 1).

시편은 가스-아세틸렌 불꽃 납작용 4개, 적외선 용접 4개로 2개의 군으로 나누어 제작하였다.

모금속의 납작을 위해서는 납작금속(Vera solder<sup>™</sup>, Aalba Dent Inc., California, CA, USA)을 사용하였다(Table 2).

시편을 고정시키기 위한 석고 블록의 제작을 위해서 초경석고(Die Keen, Heraeus Kulzer INC., NY, USA)를 제조사의 지시대로 혼합하여 사용하였다.

불꽃 납작을 위해 소량의 붕사와 산소-아세틸렌 불꽃을 이용하였으며, 적외선 용접은 적외선 용접기(Quasar Plus, Zhermack S.p.A., Badia Polesine, Italy)를 사용하여 시행하였다.

금속의 성상은 광학 현미경(Axioplan 2, Carl zeiss, Oberkochen, Germany)을 이용한 금속 표면 관찰과 전자미세현미분석기(EPMA-1600, Shimadzu co., Kyoto, Japan)를 이용하여 관찰하였다.

**Table 1.** The composition of REXILLIUM<sup>®</sup>V

Metal element	% by weight	Melting range
Ni	74.00%	1162 - 1232℃
Cr	14.00%	
Mo	9.00%	
Al	2.50%	

**Table 2.** The composition of Vera Solder<sup>™</sup>

Metal element	% by weight	Melting range
Ni	74.00%	954 - 1076℃
Cr	14.00%	
Si	4.50%	
Fe	4.50%	
B	3.00%	

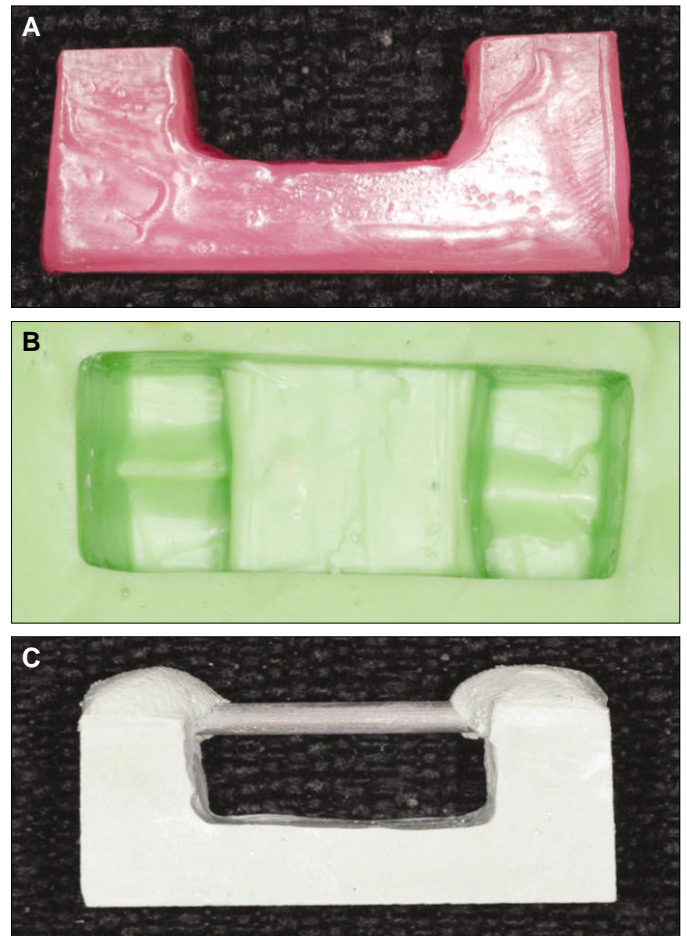
### 2. 실험 방법

#### 1) 석고 블록의 제작

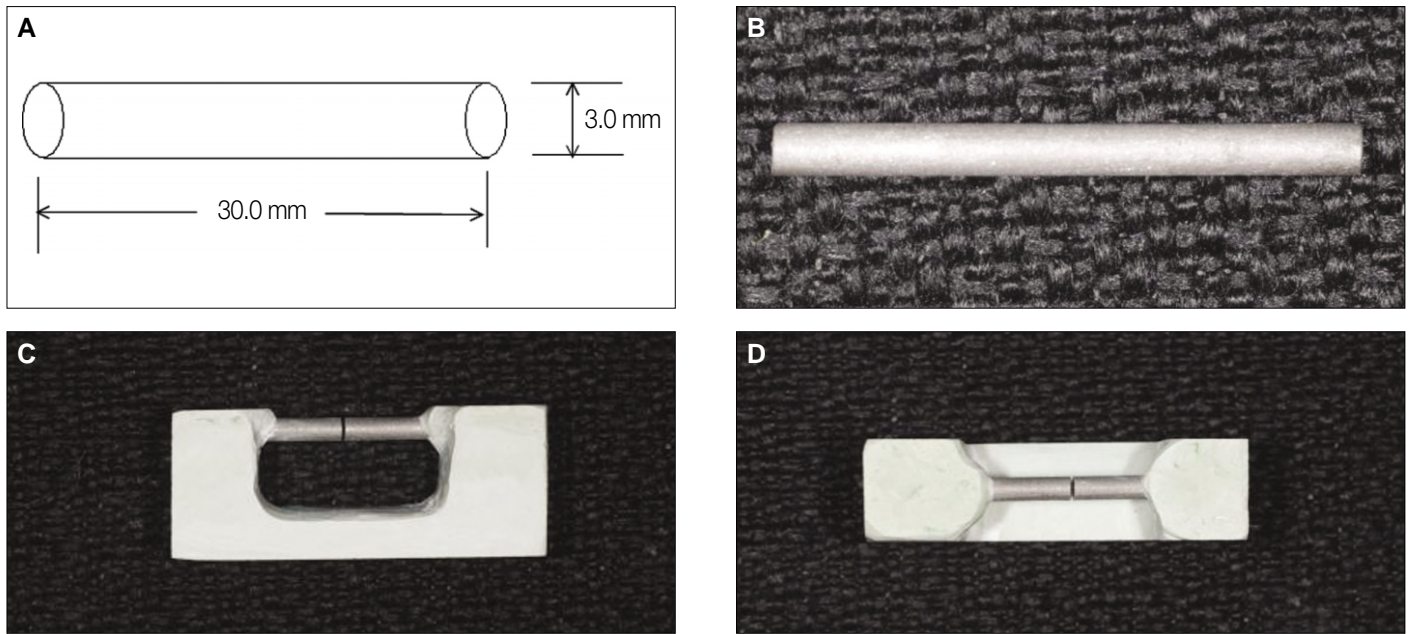
납작 환경을 동일하게 하기 위하여 가로 50 mm, 세로 15 mm, 높이 30 mm의 왁스 블록(Fig. 1A)을 만들었고, 이것을 실리콘 인상재(DUBLISIL, Dreve, Unna, Germany)로 복제하여 몰드를 제작하였다(Fig. 1B). 이 몰드에 초경석고(Die Keen, Heraeus Kulzer INC., NY, USA)를 제조회사의 지시대로 혼합하여 부어 납작용 블록을 만들었고, 그 위에 납작용 시편을 올린 후 양쪽 끝 부분에 적당량의 초경석고를 이용하여 고정하였다(Fig. 1C).

#### 2) 시편의 제작

납작 재료 실험의 국제 규격인 ISO (International Standard Organization)의 규격에 따라 직경 3 mm, 길이 30 mm의 시편을 제작하였다. 3 mm 직경의 wax를 30 mm의 길이로 자른 다음(Fig. 2A) 이를 매몰하고 비귀금속 합금(REXILLIUM<sup>®</sup>V)을 이용하여 제조사의 지시에 따라 주조하였다(Fig. 2B). 비귀금속 합금의



**Fig. 1.** A: Wax block, B: Rubber duplication mold, C: The specimen fixed with super hard die stone.



**Fig. 2.** A: Test specimen according to ISO 9333 for casting alloy, B: The casting specimen, C: The specimen cut with low speed carborundum disc, D: The specimen cut with low speed carborundum disc.

시편은 매몰재(UNIVEST, SHOFU, Tokyo, Japan)를 사용하여 제조사의 지시대로 매몰하고 소환한 다음 원심주조하고, 주조 후에 실온에서 5분간 서냉하고 주조된 시편을 주조 링에서 분리한 후 50  $\mu$ m의 알루미늄으로 모래 분사 후 초음파로 세척하였다. 완성된 시편은 특수하게 고안된 석고 블록을 이용하여 고정시킨 후, 시편의 장축에 수직이 되도록 0.25 mm의 저속 디스크 (SEPARATE DISK, SHOFU, Tokyo, Japan)로 절단하였다(Fig. 2C, 2D). 8개의 시편은 2개의 군으로 나누어 산소-아세틸렌 납착군 4개, 적외선 용접군 4개를 제작하였다. 시편의 절단을 마친 후 초음파세척을 하여 납착 및 용접 준비를 끝냈다.

### 3) 산소-아세틸렌 불꽃 납착과정

납착용 블록을 시편 고정 후 실온에서 24시간 경화시키고 납착할 부위에 용제를 도포하고 납착용 금속(Vera solder™)을 이용하여 산소-아세틸렌 불꽃 방법으로 납착을 시행하였다. 납착이 끝난 후에는 납착 부위를 carborundum stone point (Dura-Green, Shofu, Tokyo, Japan)과 러버 포인터(GREEN CLASP POLISHERS, Dodeco International Inc., New York, USA)로 마무리 하였다. 이후 초음파 세척기로 5분간 세척을 시행하였다.

### 4) 적외선 용접 과정

적외선 용접을 위해서 석고 블록으로 시편을 고정하고 용접할 부위에 모금속을 개재시켜 적외선 용접기(Quasar Plus)에 있는 전기 용접기를 사용하여 스파크를 일으켜 2-3군데 접합을 시켜 절단된 시편 간의 고정 부위를 얻고 나서 용제를 도포 후

적외선 용접기에 시편을 위치시킨 후 납착용 금속(Vera solder™)을 이용하여 적외선 용접기로 용접을 시행하였다.

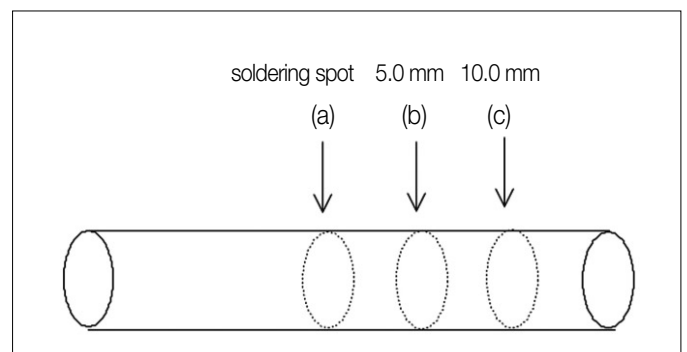
용접 후 carborundum stone point와 러버 포인터로 마무리 하였다. 이후 초음파 세척기로 세척을 5분간 시행하였다.

### 5) 광학 현미경 관찰

시편을 광학 현미경(Axioplan 2)으로 100배의 배율로 용접부위 (a)와 5.0 mm(b), 10.0 mm(c) 떨어진 3부위를 관찰하였다(Fig. 3).

### 6) 정성분석

EPMA (EPMA-1600)를 이용하여 광학 현미경 관찰과 같은 3곳의 부위를 정성분석 하였다.



**Fig. 3.** The observation area.



## 결과

### 1. 광학 현미경 관찰

#### 1) 산소-아세틸렌 불꽃 납작군의 광학 현미경 관찰

산소-아세틸렌 불꽃 납작에서는 (c) 부위의 표면 관찰(Fig. 4A)에서는 뚜렷한 파절선이나 특징적인 양상이 나타나지 않았으나 (b) 부위(Fig. 4B)에서는 화살표로 표시된 바와 같이 파절선이 여러 부위에서 발견되었고 (a) 부위(Fig. 4C)에서는 (b) 부위보다 훨씬 더 많은 곳에서 파절선이 발견되었고 그 크기도 (b) 부위보다는 다소 크게 보였다.

#### 2) 적외선 용접군의 광학 현미경 관찰

적외선 용접의 광학 현미경 관찰에서는 산소-아세틸렌 불꽃 납작과 마찬가지로 (c) 부위(Fig. 5A)에서는 특징적인 모습이 관찰되지 않았고 (b) 부위(Fig. 5B)에서는 (c) 부위보다 표면이 다소 거칠게 보였으나 파절선은 관찰되지 않았고, (a) 부위(Fig. 5C)에서는 일반 납작과 같이 파절선이 다수 관찰되었다.

### 2. 정성분석

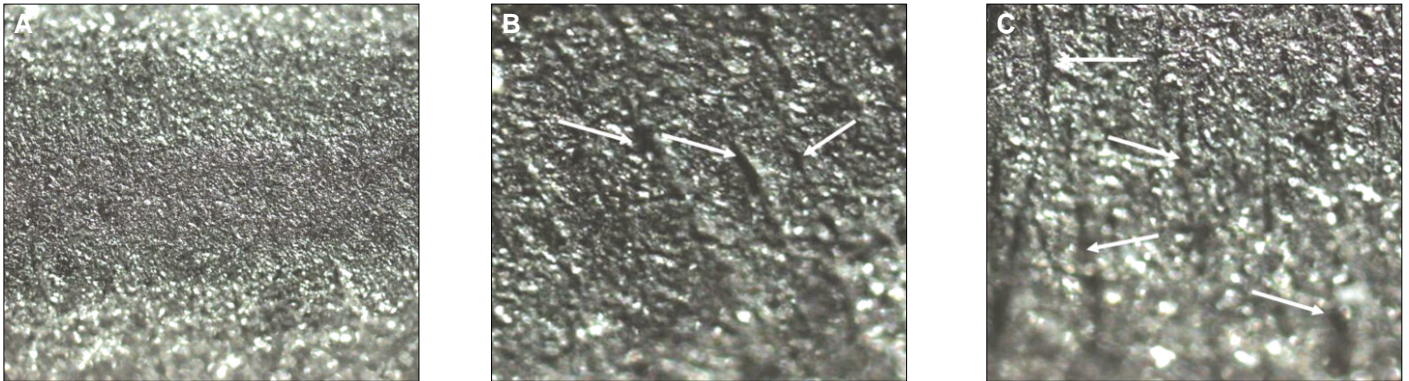
#### 1) 산소-아세틸렌 불꽃 납작군의 EPMA분석

납작 전 Ni-Cr 합금의 EPMA의 분석 결과는 Fig. 6A에 나타나 있다.

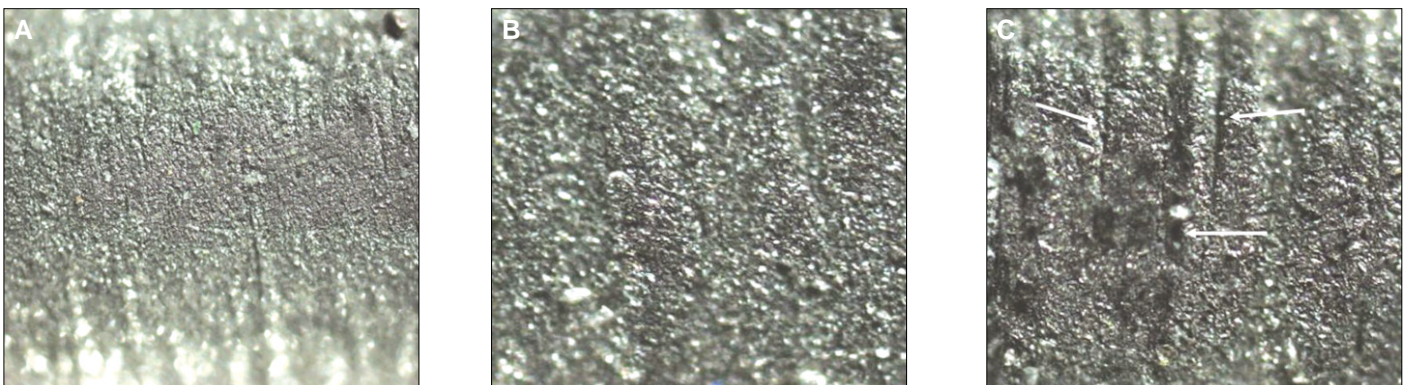
산소-아세틸렌 불꽃 납작군의 (c) 부위의 EPMA분석(Fig. 6B)에서는 Ni이 78.5%, Cr이 21.5%의 성분비로 나타났는데 이를 모금속의 성분과 차이를 비교하면 Ni은 약 4.5%정도 Cr은 약 7.5%정도 더 많은 비율로 검출되었다. (b) 부위(Fig. 6C)에서는 Ni이 67.9%, Cr이 14.0%, Mo이 18.1%의 성분비를 나타내어서 모금속과 비교시 Ni은 6.1%적게 Cr은 동일하게 Mo은 9.0%정도 많은 비율로 검출되었다. (a) 부위(Fig. 6D)에서는 오직 니켈 성분만이 분석되었다.

#### 2) 적외선 용접군의 EPMA분석

적외선 용접군에서는 (c) 부위의 EPMA분석(Fig. 7)에서는 Ni이 83.1%, Cr이 14.4%, Al이 2.5%의 성분비로 나타났는데 이를 일반 납작과 마찬가지로 모금속의 성분 비교시 Ni은 9.1%, Cr은 0.4%



**Fig. 4.** A: Microscopic observation at 10.0 mm distance area from soldering point ( $\times 100$ ), B: Microscopic observation at 5.0 mm distance area from soldering point ( $\times 100$ , White arrows denote crack lines on the specimen), C: Microscopic observation at soldering point ( $\times 100$ , White arrows denote crack lines on the specimen).



**Fig. 5.** A: Microscopic observation at 10.0 mm distance area from soldering point ( $\times 100$ ), B: Microscopic observation at 5.0 mm distance area from soldering point ( $\times 100$ ), C: Microscopic observation at soldering point ( $\times 100$ , White arrows denote crack lines on the specimen).

**A**

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	6356.37	517.38	12.2857	79.427	80.808	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	1184.58	620.64	1.9087	11.111	12.761	Cr
3	Mo La	PET	5.4066	431.27	459.58	0.9405	7.790	4.849	Mo
4	Co Ka	LIF	1.7900	54.27	591.32	0.0913	0.590	0.598	Co
5	Sr La	PET	6.8628	20.53	269.67	0.0761	0.735	0.051	Sr
6	Ti Ka	PET	2.7485	150.15	3905.19	0.0384	0.231	0.288	Ti
7	Cl Ka	PET	4.7278	33.05	1949.35	0.0170	0.116	0.195	Cl
Total	100.000								

**B**

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	79.00	517.38	0.1527	78.499	76.381	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	29.00	620.64	0.0467	21.501	23.619	Cr
Total	100.000								

**C**

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	97.00	517.38	0.1875	67.905	71.658	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	26.00	620.64	0.0419	13.964	16.638	Cr
3	Mo La	PET	5.4066	18.36	458.58	0.0400	18.131	11.707	Mo
Total	100.000								

**D**

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	82.00	517.38	0.1535	100.000	100.000	Ni
Total	100.000								

**Fig. 6.** A: The result of EPMA analysis of Ni-Cr alloy, B: The result of EPMA analysis from 10.0 mm distance area in the gas-oxygen soldering point, C: The result of EPMA analysis from 5.0 mm distance area in the gas-oxygen soldering point, D: The result of EPMA analysis in gas-oxygen soldering spot area.

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	94.00	517.38	0.1817	83.093	79.281	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	22.00	620.64	0.0354	14.395	15.505	Cr
3	Al Ka	RAP	8.3393	13.00	3729.88	0.0035	2.512	5.214	Al
Total	100.000								

**Fig. 7.** The result of EPMA analysis from 10 mm distance area in the infrared welding point.

더 높은 비율로 검출되었고, Al은 동일한 비율로 검출되었다. (b) 부위(Fig. 8)에서는 Ni은 78.7%, Cr은 18.7%, Al은 2.6%로 모금 속과 비교시 Ni은 4.7%, Cr은 4.7% 더 높은 비율로 검출되었고, Al은 0.1%증가로 거의 동일하게 검출되었다. (a) 부위의 EPMA 분석(Fig. 9)에서는 Ni이 82.8%, Cr이 17.2%를 나타내어 모금속과 비교시 Ni은 8.8%, Cr은 8.2% 더 높은 비율로 검출되었다.

위 결과에서 일반 납작군과 적외선 용접군의 성분 비교에서 (a) 부위에서 가장 큰 성분의 차이가 관찰되었다.

## 고찰

납작부의 강도는 납작 간격, 용제의 유입, 침윤, 산화, 주조후 열처리, 납작 방법 등에 의해 결합부의 강도가 달라진다고 보고되었다.<sup>4</sup> 특히 도재용 금속과 같은 비귀금속은 귀금속에 비해 납작 시 활성이 높아 고온에서 표면의 산화가 쉽게 일어나고 산화로 인해 납작부의 강도가 저하된다.<sup>5</sup> 이는 산화로 인해 납작이 불완전하게 되기 때문이다. Townsend 등<sup>6</sup>은 비귀금속은

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	72.00	517.38	0.1392	78.683	74.603	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	23.00	620.64	0.0371	18.719	20.036	Cr
3	Al Ka	RAP	8.3393	11.00	3729.88	0.0029	2.599	5.360	Al
Total	100.000								

Fig. 8. The result of EPMA analysis from 5 mm distance area in the infrared welding point.

*Ratio	Correction = ZAF1								
No.	ELE.	Crystal	W.L.(A)	PKI-B8I	STO (I)	I-Ratio	WT (%)	Mol (%)	ELE.
1	Ni Ka	LIF	1.6579	82.00	517.38	0.1585	82.770	80.972	Ni
2	Cr Ka	LIF	2.2897	23.00	620.64	0.0371	17.230	19.028	Cr
Total	100.000								

Fig. 9. The result of EPMA analysis in welding spot area.

귀금속에 비해 납작 시 여러 가지 문제점들이 있는데 비귀금속합금의 과도한 산화, 납작 부위의 기포, 금속의 과열 등을 이야기 하였다. 이로 인해 본 연구에서는 산화로 인한 문제점을 최소화하기 위해 주조 후 모래분사와 초음파 세척, 납작 후 초음파 세척으로 시편의 표면을 깨끗이 하였다. 그리고 예열시에 충분한 용제를 사용하고, 가열 시에는 납작 부위에서 불꽃이 떨어지지 않도록 주의하여 비귀금속 합금의 표면 산화를 최소화하기 위해 노력하였다.

용제의 적절한 사용도 납작부의 강도에 영향을 미치는데, 금속간의 납작은 용융된 납작용 합금이 금속면을 침윤하면서 이루어지므로 용제를 이용하여 금속의 산화를 감소시키고, 납작용 합금의 침윤 능력을 증가시켜 유동성을 높임으로서 납작을 용이하게 하고, 강도의 증가를 가져온다.<sup>7</sup> Barnard 등<sup>8</sup>은 비귀금속의 납작 시 산화막 형성을 억제하기 위하여 귀금속에서보다 더 많은 용제를 사용해야 한다고 하였다. 본 연구에서는 비귀금속 합금에 도재를 소성하지 않은 형태였기 때문에 도재로 인한 제한 없이 용제를 사용하고 가열함으로써 산화막 생성을 감소시키려고 노력하였으며, 불꽃의 환원대를 이용하여 산화막의 생성을 최소화하려고 하였다.

납작 방법에 대해서 여러 학자들의 많은 연구가 있었는데 Sobieralski 등<sup>9</sup>은 오븐의 환경을 변수로 해서 도재 소성 후의 비귀금속의 납작에 대해 연구를 하였는데, 특정한 오븐의 환경보다는 용제의 효과적인 사용이 강도에 영향을 더 미친다고 보고하였다. Cattaneo 등<sup>10</sup>은 일반적인 납작법과 적외선 용접법을 비교하였는데, 인장강도에서는 유의한 차이가 없었고, 기포의 형성 정도도 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 납작 시간은 일반적인 납작법이 적외선 용접법보다 시간이 더 적게 소모된다고 하였다. Monday와 Asgar<sup>11</sup>에 의하면 불꽃을 이용한 경우가 오븐보다 훨씬 강하나, 불꽃을 조절하기 어렵고, 부적절하고 불규칙한 가열의 가능성이 있고, 불완전한 납

의 흐름과 감소된 연결부의 강도 등의 문제점이 있다고 하였다. Tehini와 Stein<sup>12</sup>은 일반적인 납작법과 적외선 용접법을 사용한 납작에서의 굽힘 강도를 측정하였는데, 두 방법간에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. Lee 등<sup>13</sup>은 인장강도 실험뒤에 차이가 없다고 보고하였다.

이외에 강도에 영향을 주는 다른 요인도 고려될 수 있다. Chai와 Chou<sup>14</sup>는 용접부의 기계적 성질이 용접 시 들어가는 불순물의 영향을 받는다고 하였고, Lancaster<sup>15</sup>는 열영향부의 크기가 접합부의 강도에 큰 영향을 준다고 하였다. 열원에 의해 용접이 일어나는 부위에 인접한 금속은 간접적으로 영향을 받아 구조적인 변화가 일어나 입자가 커지고, 입자의 크기 증가는 인장강도의 감소를 가져오게 된다고 하였다.

적외선 용접은 통상적인 납작법에 비하여 술자에 의한 숙련이 필요치 않다 하겠으나, 금속의 종류와 두께 등에 따른 적절한 온도 조절의 설정이 중요하며, 이에 대한 이해와 적외선 용접의 기전에 대한 숙지가 필요하다.

본 연구에서는 통상적인 산소-아세틸렌 불꽃 납작법과 적외선 용접부와 그 주변부의 100배의 광학 현미경 관찰과 EPMA 분석을 시행하였다. 광학 현미경 관찰에서 산소-아세틸렌 불꽃 납작법이 적외선 용접을 시행했을 때보다 더 넓은 범위에서 시편의 표면이 거칠게 나타나 열원에 의한 영향을 더 많이 미친다고 사료된다.

정성분석에서는 (b) 부위에서는 산소-아세틸렌 불꽃 납작에서 몰리브덴의 비율이 제조사의 비율보다 높게 나타났고 (a) 부위에서는 산소-아세틸렌 납작에서 니켈성분만 나타났고 적외선 용접에서는 니켈과 크롬의 비율이 제조사의 비율보다 다소 높게 나타났지만 산소-아세틸렌 납작에 비해서는 비교적 제조사의 비율과 유사하게 나타났다. EPMA 분석 결과를 보면 적외선 용접이 일반 납작에 비해 금속의 구성성분의 변화를 적게 일으킨다고 볼 수 있다. 이러한 결과가 나타난 이유는 산

소-아세틸렌 납작법이 적외선 용접에 비해 산소-아세틸렌 비울을 납작할 때마다 균일하게 유지하기가 어렵고, 이로 인해 용제와 납작 금속이 모금속 사이로 침투하는 상황의 변화가 훨씬 심하므로 용접 부위의 모금속 구성성분의 비율에 영향을 더 많이 미쳤을 것이라 사료된다.

본 실험에서는 적외선 용접이 일반 납작에 비해 우수한 결과를 나타내었지만 이 결과가 반드시 적외선 용접이 모든 치과 보철물의 용접 시 일반 납작에 비해 우수하다는 것을 나타낸다고는 단정지을 수 없다. 따라서 이에 따른 보다 폭 넓은 연구가 행하여져야 할 것으로 사료되며, 치과 보철물의 용접부위와 두께, 면적 그리고 금속의 종류에 따른 적절한 용접이 이루어질 수 있도록 보다 폭 넓은 연구가 이루어져야 할 것이다.

## 결론

본 연구는 니켈-크롬 합금에 있어서 산소-아세틸렌 불꽃 납작을 이용한 일반적인 납작과 적외선 용접의 차이점을 알아보기 위해 용접부와 그 주변을 광학 현미경 관찰과 EPMA분석을 통해 비교 연구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 통상적인 산소-아세틸렌 불꽃 납작법의 비교에서 10.0 mm 떨어진 거리에서는 두 시편 모두 표면에 별다른 특이점이 없었으나 5.0 mm 떨어진 거리에서는 적외선 용접의 시편 표면은 거칠기는 했으나 파절선은 발견되지 않은 반면 산소-아세틸렌 불꽃 납작의 시편표면에서는 다수의 파절선이 관찰되었다. 그리고 용접 부위에서는 두 방법 모두 다수의 파절선이 관찰되었다.
2. EPMA분석하에서 적외선 용접과 산소-아세틸렌 불꽃 납작법의 비교에서 10.0 mm 떨어진 거리, 5.0 mm 떨어진 거리 두 곳에서는 시편 금속의 구성성분이 제조사의 구성성분 비율과 10%이내의 오차를 보였지만 용접부위의 비교에서는 적외선 용접부위는 10%이내의 오차를 보인 반면 산소-아세틸렌 불꽃 납작부위에서는 오직 니켈성분만이 검출되어 실제 모금속 구성 성분과 16%의 오차를 보여서 적외선 용접시의 시편의 구성성분이 통상적인 산소-아세틸렌 납작법에 비해 비율이 제조사의 구성 성분 비율과 유사하게 측정되었다.

이상의 결과로 적외선 용접의 이용으로 기존의 통상적인 산소-아세틸렌 불꽃 납작법의 문제점을 개선할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. Lorenzana RE, Staffanou RS, Marker VA, Okabe T. Strength properties of soldered joints for a gold-palladium alloy and a palladium alloy. *J Prosthet Dent* 1987;57:450-4.
2. Bergman M. Combinations of gold alloys in soldered joints. *Swed Dent J* 1977;1:99-106.
3. Lanin VL. Infrared heating in the technology of soldering components in electronics. *Surf Engineer Appl Electrochem* 2007;43:381-6.
4. Bellagamba RL. The effects of pretinning on postsoldering of base metal alloys. *J Prosthet Dent* 1985;54:355-8.
5. Tambasco J, Anthony T, Sandven O. Laser welding in the dental laboratory: an alternative to soldering. *J Dent Technol* 1996; 13:23-31.
6. Townsend LW, Vermilyea SG, Griswold WH. Soldering nonnoble alloys. *J Prosthet Dent* 1983;50:51-3.
7. Stade EH, Reisbick MH, Preston JD. Preceramic and postceramic solder joints. *J Prosthet Dent* 1975;34:527-32.
8. Bernard C, Moon PC, Knap F. Strength of PFM solder connectors, with and without gold plating. *J Dent Res* 1982;61:245-8.
9. Sobieralski JA, Brukl CE, Smith NK. Tensile strengths and microscopic analysis of nickel-chromium base metal postceramic solder joints. *J Prosthet Dent* 1987;58:35-42.
10. Cattaneo G, Wagnild G, Marshall G, Watanabe L. Comparison of tensile strength of solder joints by infrared and conventional torch technique. *J Prosthet Dent* 1992;68:33-7.
11. Monday JJ, Asgar K. Tensile strength comparison of presoldered and postsoldered joints. *J Prosthet Dent* 1986;55:23-7.
12. Tehini GE, Stein RS. Comparative analysis of two techniques for soldered connectors. *J Prosthet Dent* 1993;69:16-9.
13. Lee SY, Lee JH. Effect of soldering techniques and gap distance on tensile strength of soldered Ni-Cr alloy joint. *J Adv Prosthodont* 2010;2:117-21.
14. Chai T, Chou CK. Mechanical properties of laser-welded cast titanium joints under different conditions. *J Prosthet Dent* 1998; 79:477-83.
15. Lancaster JF. Metallurgy of welding. 5<sup>th</sup> ed. London; Chapman and Hall; 1993.

## Study on the effect of soldering methods on the characteristics of the Ni-Cr alloy

Chul-Hyung Kim, DDS, Young-Gyun Song, DDS, MSD, Jong-Hyuk Lee\*, DDS, MSD, PhD

*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Korea*

**Purpose:** The purpose of this study was to compare Ni-Cr alloy property of gas-oxygen torch soldering and infrared welding using optical microscope and Electron Probe Micro Analyzer (EPMA). **Materials and methods:** Ni-Cr alloys were casted for specimens. Specimens had 3.0 mm diameter, 30.0 mm length and were divided into two groups. Each group had 4 specimens. One group was for gas-oxygen torch soldering and the other was infrared welding. Specimens were cut with low-speed disc and soldered each other with gas-oxygen torch and infrared machine. After soldering and polishing, specimens were observed at 3 points (soldering point, 5 mm distance point, 10 mm distance point) with optical microscope and analyzed 3 points (soldering point, 5 mm distance point, 10 mm distance point with EPMA). **Results:** The results of this study were as follows: 1. The observation of gas-oxygen torch soldering at 10 mm distance point under the optical microscope was not founded any specific surface properties, but some crack lines were observed at 5 mm distance and soldering point. 2. There were no crack lines were founded at the observation of infrared welding at 10 mm distance and 5 mm distance points under the optical microscope. However, at the 5 mm distance, the surface was not smooth enough compared with at 10 mm distance point. Some crack lines were observed at the welding point as well. 3. In the EPMA analysis of the gas-oxygen torch soldering, the component of Ni was increased by 4.5%, Cr was increased by 7.5% than that of the Ni-Cr alloy at the 10.0 mm distance. At the 5 mm distance, the component of Ni was decreased by 6.1%, Mo was increased by 9.0% than that of the Ni-Cr alloy but Cr was equally shown at the 5.0 mm distance. Only Ni was shown at the soldering point. 4. In the EPMA analysis of the infrared welding, the component of Ni was increased by 9.1%, Cr was increased by 0.4% than that of the Ni-Cr alloy but Al was equal at the 10.0 mm distance. At the 5 mm distance, the component of Ni was increased by 4.7%, Cr was increased by 4.7% and Al was increased by 0.1% than that of the Ni-Cr alloy. At the welding point, the component of Ni was increased by 8.8%, Cr was increased by 8.2% than that of the Ni-Cr alloy. **Conclusion:** From these results, at the 5 mm distance from the soldering point, the surface of the infrared welding was more smoother than that of the gas-oxygen torch soldering. On the EPMA analysis, the component of the specimens with infrared welding was more similar than that of the gas-oxygen torch soldering compared with the component of the Ni-Cr alloy. (*J Korean Acad Prosthodont 2012;50:53-60*)

**Key words:** Gas-oxygen torch soldering; infrared welding; Optical microscope; EPMA

\*Corresponding Author: **Jong-Hyuk Lee**

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Dankook University, San 7-1, Shinboo-dong, Cheonan, 330-716, Korea*

+82 41 550 1971; e-mail, [hyuk928@chol.com](mailto:hyuk928@chol.com)

*Article history*

*Received January 5, 2012 / Last Revision January 14, 2012 / Accepted January 18, 2012*