

금합금과 Ni-Cr 합금의 납착부 인장강도

전북대학교 치과대학 보철학교실

정준오 · 최현미 · 최정호 · 안승근 · 송광엽 · 박찬운

I. 서 론

역사적으로 납착은 귀금속의 세공으로부터 치의학 분야에 도입되었다¹⁾. 치의학 분야에서의 납착은 금속을 연결하는데 있어서 녹는점이 낮은 중간물질인 납의 용융에 의해서 이루어진다. 공업분야에서는 427°C 이상의 온도에서 이루어지는 납착(soldering)을 “brazing”이라 하는데 이러한 구분은 명확하게 이루어지지 않고 납착이라는 용어가 주로 사용된다²⁾.

치과수복의 중요한 두가지 목적은 상실된 기능의 회복과, 더 이상의 기능이 상실되는 것을 방지하는 것이다. 이러한 목적을 달성하기 위해서는 수복물이 매우 정확해야 하는데, 특히 고정성 가공의치 분야에서 매우 높은 정확도를 필요로 한다. 긴 고정성 가공의치를 제작시에는 각 부위가 연결이 되어야 하는데, 이는 금속 구조물을 일체로 주조하거나, 개개의 부위를 납착하는 형태로서 이루어진다. 납착 방법을 사용했을 경우가 지대치에 대해서 개개 유지 장치의 적합도가 우수하다. 변연의 적합이 적절하게 형성된 경우에는 시멘트의 누출을 감소시키고, 부적절하게 형성된 경우에는 미생물 군락의 많은 침착과 수복물의 예후를 나쁘게 한다.

1970년대에 금의 가격상승과 도재 전장주조 관용 비귀금속합금의 계속적인 발달 및 기술의 개발로 인해서 이의 이용이 증가하게 되었다³⁾.

이는 단지 경제적인 이유 뿐만이 아니라 비귀 금속합금이 우수한 물리적 성질을 가지고 있고, 얇은 구조물로 저작압에 충분히 저항할수 있으며, 고온에서의 변형에도 저항성이 강하기 때문이다. 그러나 경도가 높고, 연성이 결여되며, 과도한 산화막의 형성과, 만족할만한 납착기술이 없는 어려운 점도 있다.

납착부는 충분한 강도를 가져야 하고, 구강내 환경에서 변색이나 부식이 없어야 하며, 모금속의 색과 유사하고^{2,4,5)}, 우수한 결합을 위해서 납착면의 산화막 형성을 방지하고, 금속표면에 wetting이 잘되게 하는 것이 중요하다²⁾.

치과용 합금의 납착방법^{6,7,8,9,10,11,12)}에 대한 많은 연구가 있었고, 이¹³⁾, Staffanou¹⁴⁾, Sloan등¹⁵⁾은 합금간 납착부의 납착양상과 납착 강도에 대한 연구보고를 하였다. Bochet¹⁶⁾는 납착부의 인장강도는 가열원의 종류(gas-oxygen vs porcelain oven)에 영향을 받지 않는다고 주장하였으며, gas-oxygen torch에 의한 고온 용융납을 사용하였을 경우가 Ni-Cr alloy에 대해 가장 우수한 결과를 보였다고 하였다. Sloan등¹⁵⁾은 귀금속과 비귀금속을 포함한 납착의 연구에서 비귀금속을 사용하였을 경우에는 금속 표면에서 파절이 일어났으나, 귀금속의 경우에는 주로 납착부에서 파절이 일어났는데, 이러한 파절양상의 차이는 산화막에 의한 것이라고 보고하였다. Richard¹⁷⁾는 귀금속과 비귀금속의 납착시에 산화와 오염의 중요성을

강조하였는데, 이러한 산화막으로 인해서 납과 비귀금속 사이에 물리화학적인 결합을 방해한다는 주장을 하였다. Walters등¹⁸⁾은 그의 연구에서 귀금속과 비귀금속간의 납착은 부적절하다고 보고하였으나, Staffanou등¹⁹⁾은 귀금속, 준귀금속과 비귀금속합금간의 납착강도가 구강 내에서 사용하기에 충분한 강도를 가진다고 보고하였고, 많은 연구가들이 서로 다른 금속간의 납착부 강도에 미치는 영향에 대해서 연구^{11, 12, 14, 19, 20, 21)} 하였다.

Sloan¹⁵⁾, Richard¹⁷⁾, Staffanou등¹⁴⁾의 연구를 토대로 납착부 결합강도를 검사하기 위하여, 널리 사용되는 금합금과 Ni-Cr합금을 사용하여, 금합금-금합금, 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-Cr합금간에 납착을 시행하고 인장강도를 검사하였다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험재료

귀금속합금으로 주조용 금합금 type III (ADA. spec. No. 5)인 Stabilor GL(Degussa, A, G, Germany)을 사용하고, 비귀금속 합금으로는 Verabond(Alba dent, Inc. USA)를 사용하였으며, 이러한 금속들을 납착하기 위해 Degular Lot 2 solder(Degussa, A, G, Germany)를 사용하였고, 납착시의 매몰재는 Degussa의 납착용 매몰재를 사용하였다.

2. 실험방법

금속 mold를 제작하여 inlay wax로 납형을

제작하고, sprue를 부착하였다(Fig. 1). 귀금속합금 시편의 경우에는 인레이 매몰재인 Cristobalite(Whip-Mix, Co, USA)를, 비귀금속합금의 시편의 경우에는 고온 인산염 결합 매몰재인 High-temp(Whip-Mix, Co, USA)를 사용하여 제조사의 지시대로 매몰하고 소환한 다음 원심주조하여 시편을 제작하였다. 비귀금속 합금 시편은 도재로에서 도재전장 주조관의 제작과정과 같은 열처리를 하였다. 연마용 mold를 이용하여 400 grit로 연마를 한 다음, 초음파 세척기에서 증류수로 10 분간 세척하였다. 납착 간격을 leaf gauge를 이용해서 0.3 mm로 일정하게 부여하고 납착면이 평행하도록 제작한 mold상에서 sticky wax를 이용하여 고정하였다. 납착 불력을 표준화하기 위해서 가로 15 mm, 세로 55 mm, 높이 15 mm의 stone block을 제작하고, 이것을 고무인상재(Provil, Bayer Dental Co, Germany)로 복제하여 mold를 제작하였다. 납착용 매몰재를 제조사의 지시대로 혼합하여 mold내로 붓고, 시편을 위치시켜서 납착용 불력을 제작하였다. 실온에서

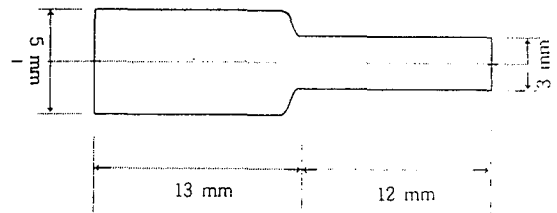


Fig. 1. Specimen size used in this study.

Table 1. Materials used in this study

composition	Au	Ag	Pd	Pt	Cu	Zn	Ni	Cr	Be	melting point °C
alloy										
Stabilor GL	60.0	22.5	3.5		12.0					825-925
Verabond							84.1-86.4	12-14	1.6-1.9	1280 -1344
Degular Lot2	73.0	10.0		1.9	3.0	12.0				745

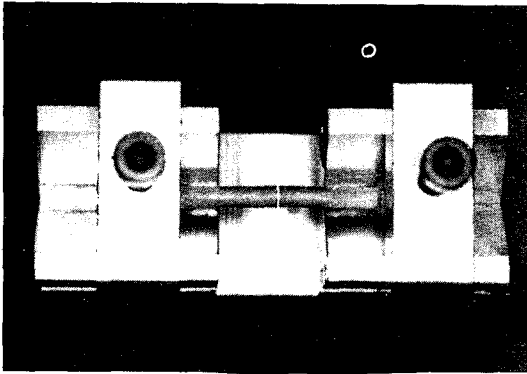


Fig. 2. Special mold to align the specimens.

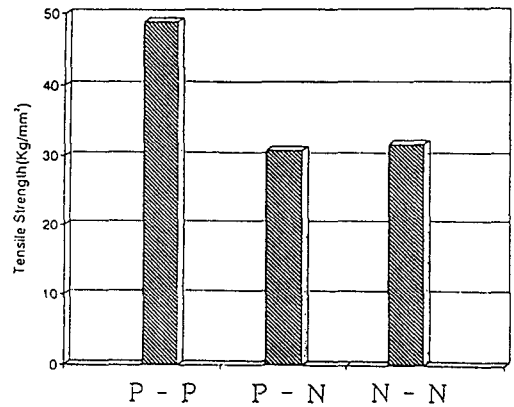


Fig. 3. Mean tensile strength of soldered alloy specimens.

P : Gold alloy(Stabilor GL)

N : Ni-Cr alloy(Verabond)

Table 2. Tensile strength of soldered alloy specimens

	Types of Alloy	Number of Specimens	Tensile Strength(kg/mm ²)
Group I	P-P	6	48.83± 2.10
Group II	P-N	6	30.87± 3.04
Group III	N-N	6	31.83± 3.09

24시간동안 유지시킨 후에, 뜨거운 물로 wax를 제거하고 steam cleaner를 이용하여 깨끗하게 세척하였다(Fig.2). 예열하기 전에 미리 용제를 도포한 후에, 소환로에서 650 °C까지 예열하여 미리 가열시킨 석면판위에 놓고, 용제를 묻힌 금납을 사용해서 Propane-Oxygen gas torch로 납착을 시행하였다. 실온에서 서냉시킨뒤 매물재를 제거하고 여분의 금납을 제거하여 납착부의 굵기와 시편의 굵기를 동일하도록 조절하였다. 만능시험기(Instron)를 이용하여 1 mm/min의 속도로 인장강도를 측정하고, 현미경(×12.5)에서 파면을 관찰 하였다.

III. 실험결과

인장강도를 t-test로 검증한 결과: 금합금-금합금과, 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-Cr합금 간에는 유의한 차이가 있었고($P < 0.05$), 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-

Cr합금 간에는 유의한 차이가 없었다($P > 0.05$). 파절양상은 금합금-금합금의 경우에는 4개의 시편에서 동종-이종의 혼합 파절 양상을 보였고, 2개의 시편에서는 동종 파절을 보였다. 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-Cr합금의 경우에는 모두 이종 파절을 보였다.

IV. 총괄 및 고안

납착이란 결합될 금속보다 낮은 용융온도를 갖는 납착용 금속을 이용해서 금속을 결합시키는 것이다. 이 과정에서 납착용 금속이 녹으면 모세관 현상에 의해서 납착될 부위 사이로 흘러들어가게 된다. 이러한 납착은 wetting에 의한 결합이지 금속의 용융이나 확산에 의한 결합은 아니다^{2,4,5,22}.

비귀금속은 귀금속에 비해서 납착시 여러가지 문제점들이 있는데, Townsend등³은 납착시 비귀금속 합금의 과도한 산화, 납착부위의 기포

형성 및 금속의 과열등을 이야기 하였다. 이²³⁾는 비귀금속 원소는 귀금속 원소에 비해 활성이 높기 때문에 비귀금속 합금은 고온에서 표면 산화가 쉽게 일어난다고 하였다. 이렇게 형성된 산화막이 비귀금속 합금에 대한 납착을 불완전하게 만드는 원인이 된다. 본 연구에서는 이러한 산화막의 조절과 효율적인 납착이 이루어지도록 예열시에 충분한 용제를 사용하고, torch의 환원대를 이용하여 짧은 시간 동안에 가열하고, 가열시에는 납착부위에서 불꽃이 떨어지지 않도록 주의하여 비귀금속 합금의 표면산화를 최소한으로 감소시키려고 노력하였다. Walters등¹⁸⁾은 서로 다른 종류의 합금간 납착시 서로 다른 입자 크기와 용점이 문제가 된다고 지적하였고, 이러한 문제점들은 비귀금속 합금을 납착하였을때 납착부의 낮은 강도와 구강내에서 변색, 부식등을 초래하게 된다고 하였다.

납착부의 강도는 납착간격, 기포, 납착부의 기하학적 형태, 모금속 표면의 상태, 용제의 주입, 주조후 열처리 및 냉각방법, 모금속의 강도, 납착방법등 여러가지 인자에 의해 영향을 받는다고 보고되었다. 납착간격이 납착부 강도에 미치는 영향에 대해서 많은 학자들의 연구가 있었는데, Stade등¹¹⁾과 Rasmussen등¹²⁾은 납착간격이 증가할수록 강도도 비례해서 증가한다고 하였고, 기포 발생이 적을수록 강도가 증가한다고 하였다. Nicholls등²⁰⁾과 Willis등²⁴⁾은 0.15 mm의 간격을 추천하였고, Shillingburg등²²⁾은 납착부의 변형을 고려하여 0.25 mm의 간격을 추천하였다. Ryge¹⁾는 0.123 mm 이하의 간격에서는 기포가 많이 형성되고 납착부 강도도 감소한다고 하였으며, 납착전에 납착될 부위를 예열시킨 경우에 기포가 적었다고 보고하였다. Saxton²⁵⁾은 납착간격은 0.3 mm가 이상적이라고 보고하였다. 많은 연구에서 납착간격이 증가할수록 강도는 커지지만, 너무 간격이 큰 경우에는 변형이 크게 발생하고, 모세관 현상을 얻기가 힘들어서 납착이 성공적으로 이루어지기 어렵고, 간격이 너무 작으면 납의 적절한 흐름이 방해되어 불완전하거나 약한 결합부가 형성된다고 보고하였다^{11, 12, 15)}. 본

연구에서는 Saxton²⁵⁾의 추천과 실제 임상에서와 유사하도록 인장강도의 비교에 중점을 두어 납착간격은 0.3 mm로 선택하였다.

납착부의 강도에 기포가 영향을 미치는데 Stade등¹¹⁾의 연구에 의하면 기포 발생이 적을수록 강도가 증가한다고 하였고, 기포는 과도한 가열이나, 과도한 용제의 사용 및 부적절한 가열등으로 인한 용제의 함입에 의해서 발생한다고 하였다. 금속이 서로 접촉되어 있거나 간격이 매우 작은 경우에 많은 기포가 발생한다고 보고하였다. Ryge¹⁾의 연구에서도 납착간격이 작은 경우에 기포가 많이 형성되고 강도가 감소한다고 하였다. Kriebel등²¹⁾은 기포의 크기와 숫자가 인장강도와 관련이 있다고 하였는데, 기포가 많이 형성될수록 인장강도가 감소하고, 기포의 크기가 작거나 수가 적을 경우에는 높은 인장강도를 나타낸다고 보고하였다.

납착부의 형태도 납착강도에 영향을 미치는데 Moskowitz등²⁶⁾은 일반적인 수직 형태와 서로 겹쳐진 형태의 강도를 비교하였는데, 단축인장시에는 두 형태에서 유사한 강도와 변형을 보였고, 서로 겹쳐진 형태에서 더 많은 기포가 발생하였으나, 접촉면적의 증가와 응력분산의 방향이 달라지는등의 이유로 인해서 기포의 발생으로 인한 강도 감소의 효과가 상쇄된다고 보고하였다.

납착부의 강도는 납착면적에 비례해서 증가하는데 Ferencz²⁷⁾는 인접면 연결 부위의 납착시 가장 약한 강도를 보였고, 가공치 중간 부위의 납착시 더 강한 강도를 나타냈는데, 가공치 중간 납착시에는 수직적인 형태와 사선형태의 결합부 사이에서 강도 차이는 없었다고 보고하였다. Walters등¹⁸⁾은 귀금속과 비귀금속의 납착부를 현미경을 이용하여 관찰하였는데, 비귀금속 부위에서는 물리화학적 결합이 부족한데 반해서 귀금속 부위에서는 충분한 결합이 이루어졌다고 보고하였다. 그리고 이러한 경우에는 납착하기 전에 구미 형태를 형성해서 기계적인 유지 부위를 부여해줄 수 있다고 하였고, 이러한 것은 짧은 부위의 고정성 국소소치의 경우에 적용할 수 있다고 하였다.

용제의 적절한 사용도 납착부의 강도에 영향을 미치는데, 금속간의 납착은 용융된 납착용 합금이 금속면을 침윤하면서 이루어지므로 용제를 이용하여 금속의 산화를 감소시키고, 납착용 합금의 침윤 능력을 증가시켜 유동성을 높임으로서 납착을 용이하게 하고, 강도의 증가도 가져온다^{11, 15, 23)}. Barnard등²⁸⁾은 비귀금속의 납착시에는 산화막 형성을 억제하기 위해서 귀금속에서보다 더 많은 용제를 사용해야 한다고 하였다. 본 실험에서는 비귀금속 합금 시편에 금합금을 납착시켰는데, 비귀금속 합금에 도재를 소성하지 않은 형태였기 때문에 도재로 인한 제한을 받지 않고 용제를 사용하고, 가열함으로써 산화막 생성을 감소시킬수 있고, torch의 환원대를 이용하여 산화막의 생성을 최소화할수 있으며, 적절한 가열로 금납의 wetability를 높일 수 있기 때문에 양 금속간의 양호한 결합이 가능할 것으로 생각하였다.

납착방법에 대해 여러 학자들의 많은 연구가 있었는데 John등²⁹⁾은 oven의 환경을 변수로 해서 도재소성후의 비귀금속의 납착에 대하여 연구를 하였는데, 특정한 oven의 환경보다는 용제의 효과적인 사용이 강도에 더 커다란 영향을 미친다고 보고하였다. Cattaneo등³⁰⁾은 conventional torch와 infrared 납착방법을 비교 연구하였는데, 인장강도에서는 유의차가 없었고, 기포의 형성정도도 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 그러나 시간은 torch를 이용한 경우에서 더 적게 소모된다고 하였다. Monday와 Asgar등³¹⁾에 의하면 torch를 이용한 경우가 oven보다 훨씬 강하나, 불꽃을 조절하기가 어렵고, 부적절하고 불규칙한 가열의 가능성이 있고, 불완전한 납의 흐름과 감소된 연결부의 강도등의 문제점이 있다고 보고하였다. Preston등³²⁾은 서로다른 두 금속을 납착시 laser를 이용한 납착이 일반적인 납착보다 더 우수한 결합강도를 보였다고 하였다. Georges와 Tehini등³³⁾은 gas torch와 infrared 방법을 사용한 납착에서의 굽힘강도를 측정하였는데, 두 방법간에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 후납착 방법을 사용하는 경우 납착시 변색의 원인은 고온에서 매물재에서 발생하는 기체

때문이며, 전장도재의 파절은 급속한 온도변화와 용제가 전장도재에 용합되어서 전장도재의 열팽창률을 커다랗게 변화시켰기 때문이다. 그러므로 도재소성후 납착시에는 내열성 매물재를 사용하고, 금속 표면의 산화를 방지하기 위해서 조절된 양의 용제와 진공도재 소성로를 이용함이 바람직하다³⁴⁾. 도재전장주조관의 보철물을 제작시 제작상의 편리성과 정확성 및 전장도재의 파절과 변색등을 방지하기 위해서 후납착법이 사용되므로, 본 연구에서는 비귀금속 시편을 도재전장 주조관 제작시와 동일한 과정으로 열처리를 하였다³⁵⁾. 여러가지 납착방법중 본 연구에서는 gas torch를 사용해서 납착을 시행하였는데, 이는 실제 임상에서 사용되는 납착법중 gas torch 납착의 대중성을 고려했고, 이를 이용하여 납착한 형태를 얻고자 함이었다.

납착후의 열처리도 납착부 강도에 영향을 미치는데 Type III와 Type IV gold casting alloy에서는 납착후 냉각시 갑자기 급랭시키면 열응력의 발생으로 변형이 야기된다. 실온에서 서냉시키면 과도한 재결정과 결정의 성장으로 납착부를 약화시키므로 5 분간 서냉한 후에 급랭하면 변형도 적고 강도도 증진된다^{11, 14, 22)}. 본 실험에서는 모금속 제조회사의 지시에 따라 납착후에 각 군의 시편을 실온에서 서냉시켰다.

고정성 보철물은 점진적인 stress로 인해서 피로파절 형태로 실패를 하게 된다. 이러한 파절은 취성파절과 유사하며, 최대인장강도에서 나타난다. 그러므로 인장강도 실험은 납착부의 강도를 측정하는데 있어서 적절한 평가 방법으로 볼 수 있다³⁵⁾. Lautenschlager등³⁶⁾은 Instron testing machine의 crosshead 속도를 변경시켜도 금납을 사용한 납착부의 강도에 영향을 미치지 않는다고 보고 하였고, 본 실험에서는 1 mm/min의 crosshead 속도를 사용하여 측정하였다.

납착부 인장강도에 있어서는 금합금-금합금간의 납착부 인장강도가 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-Cr합금의 경우에서보다 높게 나타났고, 파절 양상은 금합금간의 경우에서는 동종-이종의 혼합 파절 양상이 4개의

경우에서 나타났고, 2 개에서 동종파절을 나타냈다. Ni-Cr합금을 포함한 납착의 경우에는 모두 이종파절이 나타났다. 이는 Sloan¹⁵⁾, Richard¹⁷⁾, Staffanou등¹⁴⁾의 연구에서 나타난 경우와 마찬가지로 Ni-Cr합금 표면의 과도한 산화막 때문에 발생된다고 생각된다. 이의 해결을 위해서는 적절한 용제의 사용과 납착방법의 개선등 납착부위의 산화막 조절에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각된다. 금합금과 Ni-Cr합금의 경계부 파절에 있어서 인장강도가 이¹³⁾의 연구에서는 31.3 kg/mm² 진³⁴⁾의 연구에서는 43.68 kg/mm², 본 연구에서는 30.9 kg/mm²였기 때문에, 실제 임상에 적용하기 위해서는 저작압에 견딜수 있도록 납착부위의 형태나 면적을 적절히 조절하는 과정이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결 론

금합금과 비귀금속 합금간에 금납을 이용하여 납착을 시행하고, 납착부에 대한 인장강도 및 파절 양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 금합금-금합금, 금합금-Ni-Cr합금, Ni-Cr합금-Ni-Cr합금간의 납착부 평균 인장강도는 48.8 kg/mm², 30.9 kg/mm², 31.8 kg/mm²로 금합금간의 경우에서 가장 높게 나타났다(P<0.05).
2. 파절부의 현미경(×12.5) 관찰 결과는 금합금-금합금의 경우에는 4개의 경우에서 동종-이종 혼합 파절, 2개의 경우에는 동종파절, Ni-Cr합금을 포함한 경우에는 이종파절을 보였다.

REFERENCE

1. Ryge, G. : Dental soldering procedures., Dent Clin North Am 1958 : 43 : 592.
2. Phillips, R.W. : Skinner's science of dental materials. 8th ed., W.B. Saunders Co., 1982 : 534.
3. Townsend, L.W.A., Vermilyea, S.G., Gris-

wold, W.H. : Soldering nonnoble alloys., J Prosthet Dent 1983 : 50 : 51.

4. O'Brien, W.J. : Dental Materials : Properties and Selection., p.419, Quintessence publishing, Co., 1989.
5. Craig, R.G. : Restorative dental materials. 7th ed., p.373, The C. V. Mosby Co., 1985.
6. Stakhouse, J.A. : Assembly of dental units by soldering., J Prosthet Dent 1967 : 18 : 131.
7. Blustein, R. : A reliable technique of post soldering of nonprecious ceramic units., J Prosthet Dent 1976 : 36 : 112.
8. Chalidler, H.T., Brudvik, J.S. : Soldering porcelain fused-to-metal fixed partial dentures., J Prosthet Dent 1973 : 30 : 918.
9. Presswood, R.G. : Soldering ceramic metal restorations., J Prosthet Dent 1975 : 34 : 352.
10. Pruden II, W.H. : Solder connections with porcelain fused to gold., J Prosthet Dent 1969 : 22 : 679.
11. Stade, E.H., Reisbick, M.H., Preston, J.D. : Pre-ceramic and post-ceramic solder joints., J Prosthet Dent 1975 : 34 : 527.
12. Rasmussen, E.J., Goodkind, R.J., Gerberich, W.W. : An Investigation of tensile strength of dental solder joints., J Prosthet Dent 1979 : 41 : 418.
13. 이선형 : 금합금과 도재소부전장 구조관용 비귀금속 합금간의 납착에 관한 연구., 대한치과의사협회지 1977 : 15 : 969.
14. Staffanou, R.S., Radke, R.A., Jendresen, M. D. : Strength properties of soldered joints from various ceramic metal combinations., J Prosthet Dent 1980 : 43 : 31.
15. Sloan, R.M., Reisbick, M.H., Preston, J.D. : Post-ceramic soldering of various alloys., J Prosthet Dent 1982 : 48 : 686.
16. Bochet, G. : Optimum soldering of nickel-chromium alloys., J Dent Res 1979 : 58D : 2263, abstr No. 59.

17. Richard, L., Bellgamba. : The effects of prewetting on postsoldering of base metal alloy., J Prosthet Dent 1985 : 54 : 355.
18. Walters, R.A. : A photomicroscopic evaluation of the soldered joint between precious & nonprecious metal., J Prosthet Dent 1976 : 35 : 689.
19. Lautenschlager E.P., Marker B.C., Moore, B.K. : Strength mechanisms of dental solder joints., J Dent Res 1974 : 53 : 1361.
20. Nicholls, J.I., Lemm, R.W. : Tensile strength of pre- and postsoldered joints., J Prosthet Dent 1985 : 53 : 476.
21. Kriebel, R., Morre, B.k., Goodacre, C.I., Dykema, R.W. : A comparison of the strength of base metal and gold solder joints., J Prosthet Dent 1984 : 51 : 60.
22. Shillingburg, H.T., Hobo, S., Whitwett, L.D. : Fundamentals of fixed prosthodontics., Quintessence Co., 1981,P.401.
23. 이선형 : 구조용 귀금속 합금과 비귀금속 합금간 납착부의 인장강도., 대한치과의사 협회지 1978 : 16 : 953.
24. Willis, L.M., Nicholls, J.I. : Distortion in dental soldering as a affected by gap distance., J Prosthet Dent 1980 : 43 : 272.
25. Paul L. Saxton : Post-soldering of nonprecious alloys. J Prosthet Dent 1980 : 43 : 592.
26. Moskovitz, H., Janus, C.E. : Tensile strength of an alternative soldered connectors., J Prosthet Dent 1987 : 57 : 301.
27. Ferencz, J.L. : Tensile strength analysis of midpontic soldering., J Prosthet Dent 1987 : 57 : 696.
28. Barnard, C., Moon, P.C. : Strength of PFM solder joints with and without gold plating., J Dent Res 1982 : 61 : 245, IADR Abstract 1302.
29. John, A., Sobieralski : Tensile strength and microscopic analysis of nickel-chromium base metal postceramic solder joints., J Prosthet Dent 1987 : 58 : 35.
30. Georgio Cattaneo., Galen Wagnild. : Comparison of tendile strength of solder joints by infrared and conventional torch technique., J Prosthet Dent 1992 : 68 : 33.
31. Monday, J.J.L., Asgar, K. : Tensile strength comparison of presoldered and post soldered joints., J Prosthet Dent 1986 : 55 : 23-7.
32. Preston, J.D., Reisbeck, M.H. : Laser fusion of dental casting alloys., J Dent Res 1975 : 54 : 232.
33. Georges, E., Tehini. : Comparative analysis of two techniques for soldered connectors., J Prosthet Dent 1993 : 69 : 16.
34. 진태호, 김기환. : 구조용 합금과 납착부의 인장강도에 관한 실험적 연구., 대한치과의사 협회지 1984 : Vol.22, No.6.
35. Allan, G., Marshall, : An investigation of the tensile strength of nickel-chromium alloy dental solder joint. J Prosthet Dent 1984 : 52 : 666.
36. Lautenschlager, E.P., Marker, B.C. : Strength mechanisms of dental solder joints., J Dent Res 1974 : 55 : 1361.

Abstract

TENSILE BOND STRENGTH OF SOLDER JOINT BETWEEN GOLD ALLOY AND NICKEL-CHROMIUM ALLOY

Jun-Oh Jeong, D. D. S., Hyeon-Mi Choi, D. D. S., M. S. D.,
Jeong-Ho Choi, D. D. S., M. S. D., Seung-Geun Ahn, D. D. S., M. S. D.,
Kwang-Yeob Song, D. D. S., Ph. D., Charn-Woon Park, D. D. S., Ph. D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chonbuk National University

The purpose of this study was to evaluate the tensile strength of solder joint between gold alloy and nickel-chromium alloy.

The specimens were made with type III gold alloys and Ni-Cr-Be alloy and Degular Lot 2 solder.

Eighteen paired specimens were made, and subdivided into three groups. Group I specimens were gold alloy-gold alloy combination, Group II specimens were gold alloy-Ni-Cr alloy combination, Group III specimens were Ni-Cr alloy-Ni-Cr alloy combination.

Solder block were made with solder investment (Degussa A.G, Germany) and stored in room temperature for 24 hours. To reduce the formation of metallic oxide and increase wetting properties, flux was used before preheating and soldering procedure. The specimens were preheated at 650 °C and flux were applied again and gas-oxygen torch was used to solder the specimen.

All soldered specimens were subjected to a tensile force in the Instron universal testing machine : the crosshead speed was 1 mm/min.

Tensile strength values of three soldered joint groups were

1. Gold alloy-Gold alloy solder joint : 48.8 kg/mm²
2. Gold alloy-Ni-Cr alloy solder joint : 30.9 kg/mm²
3. Ni-Cr alloy-Ni-Cr alloy solder joint : 31.8 kg/mm²

The microscopic examination of fracture site showed cohesive and combination fracture modes in gold alloy specimens, but showed all adhesive fracture modes in Ni-Cr alloy containing specimens.