

레이저가 치과주조용 비귀금속합금에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

연세대학교 대학원 치의학과

(지도 李 虎 容 교수)

金 璟 南

I. 서 론

1960년대 초 레이저(Laser)가 개발된 이래 오늘날 여러 분야에서 레이저는 직접 또는 간접적인 방법으로 광범위하게 이용되고 있다. 즉 Maiman²⁹⁾에 의하여 루비레이저가 최초로 실용화된 이래 수 년도 안되어 레이저는 순수과학 및 응용과학뿐만 아니라 의학분야^{13, 19, 25)}에도 이용되기 시작하였다. 치의학분야에서도 역시 많은 연구가 진행되어 1964년 Goldman¹⁴⁾ 등이 우식된 치아부위에 레이저를 조사해 본 결과 엔진의 사용없이 치질삭제가 가능한 점을 제시한 이래, 건강한 치아 및 치아주위의 연조직과 치과에서 사용되는 각종 재료에 레이저를 조사해서 그 효과를 연구하기 시작하였다.^{16, 21, 22, 35, 45)}

초기에는 대부분 루비레이저를 이용하였으나 점차 레이저가 다양하게 발견되고 개발됨에 따라 다시 여러가지의 레이저에 대한 효과를 연구하게 되었으며, 치과분야에서는 지속파 탄산가스 레이저가 범랑질과 상아질에 미치는 영향에 대하여 Lobene 등²⁶⁾이, pulsed CO₂ 레이저가 치아에 미치는 영향에 대하여 Brune⁵⁾이 보고한 바 있다. 레이저는 예방치과의학 분야에서도 연구되어 Stern⁴⁶⁾은 CO₂ 레이저를 이용해서, Goodman¹⁵⁾은 Argon 레이저를 이용해서, Yamamoto⁴⁸⁾는 Q-switched Nd:YAG 레이저를 이용해서 치아우식증의 예방효과에 대하여 관찰하였다.

한편 Rydén 등^{39, 40)}은 He-Ne gas 레이저를 치아의 동요도와 치아의 운동을 측정하는데 이용하였다. Clayman 등⁸⁾은 CO₂ 레이저의 골치유 효과에 대하여 실험했으며, Small 등⁴³⁾은 골 절제시 CO₂ 레이저와

bone bur의 효과에 대하여 비교 연구하였으며, Sachs⁴¹⁾은 recurrent papillomatosis의 치유시에 레이저의 효과에 대하여 보고하였다.

치과보철학 분야에서는 주로 보철물 용접에 응용되어서 Gordon¹⁷⁾과 Smith⁴⁴⁾는 금합금의 용접에 Nd-레이저를 이용했고, Preston과 Reisbick³⁷⁾은 pulsed Nd: glass 레이저의 도재소부용 합금의 용접에 대한 효과를 보고하였다. 한편 Eshleman 등¹⁰⁾은 레이저 용접된 금합금의 열처리에 대하여 발표하였다. Huling과 Clark¹⁸⁾은 레이저 용접, 기존납착과 단번 주조를 비교 보고하였으며, 일본의 南理⁵⁰⁻⁵⁴⁾는 여러가지 치과용 합금에 대한 레이저 용접의 효과를 연구 보고하였다.

이상의 연구를 토대로 레이저는 생활치수절단, 근관치료, 치석제거, 종양파괴, 치아절단등의 효과가 있어 치의학 분야에서 무한한 응용 가능성이 있다고 보겠다.

한편 최근 금 대용합금의 사용이 증가함에 따라 비귀금속합금이 임상에 많이 사용하게 되었으나 이 합금은 물리적, 기계적, 및 생물학적으로 개선되어야 할 점이 많이 있다.^{9, 20, 30, 32, 36)} 이에 저자는 레이저가 이 점을 보완하고 좀 더 우수한 재료의 개발과 함께 임상응용의 가능성을 찾기위하여 주조용 비귀금속합금을 선택하여서 레이저가 이 합금에 미치는 물리적 성질의 변화를 실험하였고, 특히 합금 표면의 성분변화와 도재-금속간의 결합에 미치는 영향에 대하여 연구한 결과를 보고하는 바이다.

II. 연구재료 및 방법

가. 연구장치 및 재료

1. 레이저 장치

본 실험에서 사용한 레이저는 CO₂레이저이며 연세대학교 이과대학 물리학과와 공과대학 금속공학과가 공동으로 제작한 것으로 방전관 길이가 250cm이며 지속파(10.6 μm)로서 약 100W이상의 출력을 방출할 수 있으며 laser beam의 직경은 15mm이다. (Fig.1) 여기서 집속장치는 직경 50mm의 Au coating된 평면거울과 더 큰 에너지 밀도를 얻기 위하여 직경이 25mm이고 초점거리가 100mm로서 antireflection coating된 Ge렌즈를 사용하였다.

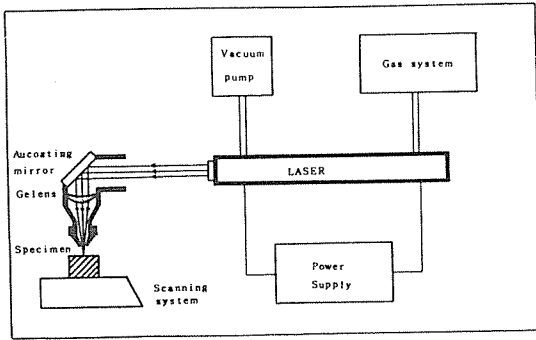


Fig. 1. Schematic diagram of experimental laser system.

Gas system(CO₂, He, Ne의 혼합가스), vacuum pump, power supply에 의하여 방전관에서 생성된 레이저 빔은 평면거울과 집속렌즈를 통하여 시편에 도달하게 되며, 시편의 전면에 레이저 빔을 조사시키기 위하여 이송장치(Scanning system)를 이용하였다.

2. 연구재료

사용된 연구재료는 현재 국내에서 시판되고 있는

Table 1. Composition of experimental alloy

Composition	%
Nickel	74 - 78
Chromium	12 - 15
Molybdenum	4 - 6
Beryllium	1.8
Aluminum	Balance
Titanium	"
Cobalt	"
Silicone	"

도제소부용 비귀금속합금(Rexillum III, Jeneric Gold Co.)을 선택하였으며 Ni과 Cr이 주성분이다.(Table 1) 다만 경도 측정을 위해서는 주조금관용 비귀금속 합금(Sankin CB80, Sankin Industry Co. Ltd.)을 선택하였다.

아래의 연구방법에 맞도록 base plate wax를 잘라서 inlay ring에 세우고 고온매몰재(Hi-Temp, Whipmix Corp.)를 사용하여 매몰하였으며 통법에 따라 산소-아세틸렌가스로 조주하였다.

나. 연구방법

직경 15mm의 레이저 빔을 집속장치에 의하여 직경이 약 0.5mm되게 하고 여기에 시편을 위치시켰다. 그리고 시편의 이동속도는 항상 6.67mm/sec가 되도록 시편 이송장치를 조정하고 다음의 실험을 수행하였다.

1. 경도측정

시편을 10×5×3mm되게 만들어 silicone carbide연마지 220번에 연마하고 레이저를 1회 조사하였다. 이 시편을 resin에 mounting하고 다시 1200번 연마지와 Cr₂O₃로 가볍게 연마한 후 미소경도기(Microhardness Tester, Shimadzu Corporation, Japan)로서 레이저가 1회 조사된 부위의 넓이와 깊이의 미소경도를 측정하였다. 미소경도기의 하중을 일정하게 놓고 압력을 가한후 압흔의 깊이를 측정하여 다음의 공식에 의하여 경도를 환산하였다.

$$Hv = 1854.4 \frac{p}{d^2}$$

Hv = Vickers hardness number

p = load

d = mean diagonal of indentation, μm

그리고 금속조직의 변화를 알아보기 위하여 부식액(mixed acid: 10ml HNO₃, 10ml CH₃COOH, 5ml Glycerine, 15ml HCl)을 사용하여 상온에서 3분간 부식시킨 후 금속현미경(Unimat, 7933: Union Co. Japan)으로 관찰하였다.

2. 부식저항성 측정

시편을 10×5×1.5mm되게 만들어서 220번 연마지로 연마하고 앞과 뒤의 전면을 레이저 조사한 후 10% FeCl₃·6H₂O용액에 침적하고 3일간의 부식량을 electric balancer(Ainsworth: W. M. Ainsworth and Sons Inc. U. S. A.)로 측정하였다. 그리고 이 결과를 레이저 조사하지 않은 시편과 비교하였다.

3. 마모도 측정

시편의 단면이 10×2mm되게 제작하여 220번 연마지로 연마하고 마찰되는 전면을 레이저 조사하였

다. Sliding wear tester를 이용하였으며, 마찰상태로 연마저석(底石: 400mesh)을 선택하고, 마찰하중은 $9\text{kg}/\text{cm}^2$, 마찰속도는 $5\text{cm}/\text{sec}$ 로 일정하게 유지하며 무급유전성마모시험을 하였다. 마모량은 일정시간마다 시편의 중량감소를 electric balancer로 측정하여 레이저 조사 안한 시편과 비교 하였다.

4. EDAX에 의한 표면성분검사 및 SEM관찰

시편을 $10 \times 5 \times 0.5\text{mm}$ 되게 만들어 220번 연마지로 연마하고 전면을 레이저 조사하였다. 표면의 성분변화검사는 EDAX(X-선 에너지 분산형 분석기, Energy Dispersive Analysis for X-ray: Kevex, U. S. A.)를 이용하여 측정하였으며, 레이저 조사하지 않은 시편과 비교하였다.

한편 이 시편에 도재를 통법에 따라 2mm 두께로 축성하고 도재-금속간의 결합구조를 알아보기 위하여 1200번까지의 연마지와 Cr_2O_3 로 가볍게 연마하고 부식액으로 부식시켜서 주사전자현미경(Scanning Electron Microscopy: Model H-450, Japan)으로 관찰하였다.

5. 도재-금속간의 결합강도 측정

시편 24개를 $10 \times 5 \times 4\text{mm}$ 되게 만들고, 220번 연마지에 연마하고 시편의 $5 \times 4\text{mm}$ 되는 면만 다시 Al_2O_3 disk로 grinding한 후 12개의 시편만 이 면의 전면을 레이저 조사하였다.

나머지 레이저 조사하지 않은 12개의 시편과 함께 $5 \times 4\text{mm}$ 되는 면에 Ceramco porcelain(Ceramco Inc.)을 Paint-o-Pake opaque, body, enamel의 순서로 두께 2.5mm되게 축성했다. 금속보다 두꺼워진 도재부위는 연마지로 제거하였다.

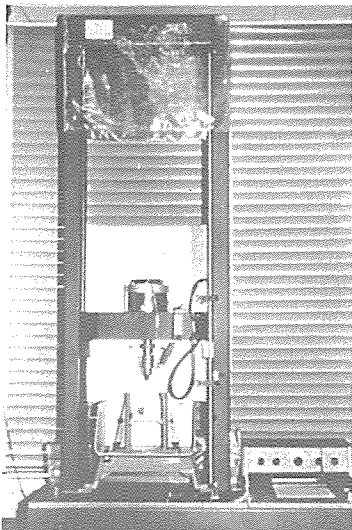


Fig. 2. Instron universal testing machine.

Fig.2는 실험에 사용한 Instron universal testing machine(Model 1132)으로서 시편을 고정시킬 수 있는 Base는 Fig.3과 같이 별도로 제작하여 부착하였다. 실험은 chart speed $100\text{cm}/\text{min}$, Crosshead speed $3.3\text{mm}/\text{sec}$ 하에서 직경 3mm되는 Plunger로도 재부분만 압축시켜서 결합강도를 측정하였다. (push test³⁹) 결합강도는 Fig.4와 같이 금속시편에서 도재부분이 떨어져 질 때 Instron에 부착되어 있는 chart recorder에 기록되는 peak로서 판정하였다.

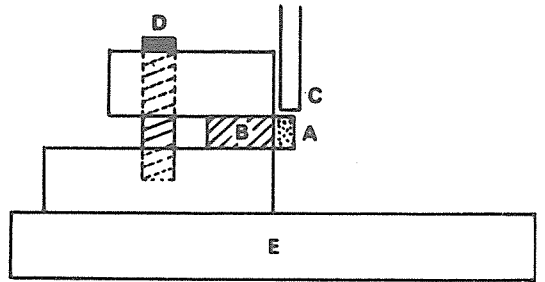


Fig. 3. Porcelain-metal specimen mounted for loading: A, porcelain; B, metal; C, plunger; D, fixation bolt; E, base.

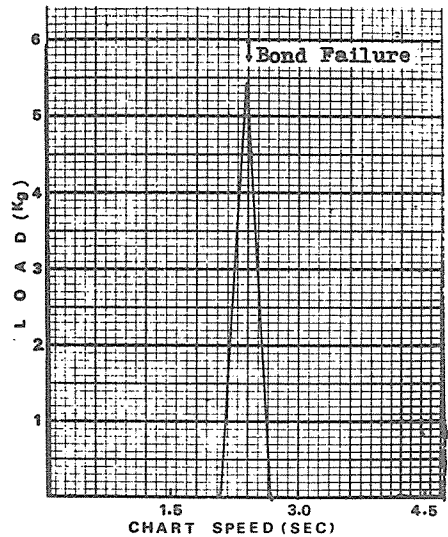


Fig. 4. Instron chart recording showing point of bond failure.

III. 연구 성적

가. 경도측정

레이저를 1회 조사한 후의 금속표면상태의 변화는 Fig.5에서 보는 바와 같이 레이저 조사된 부위(L)와 조사되지 않은 부위(UL)를 명확히 구별할

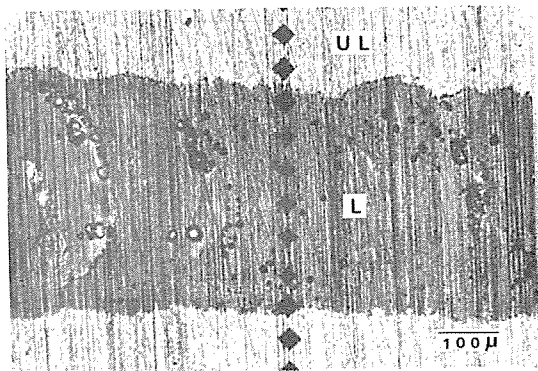


Fig. 5. Appearance of lased area: UL, unlased; L, lased.

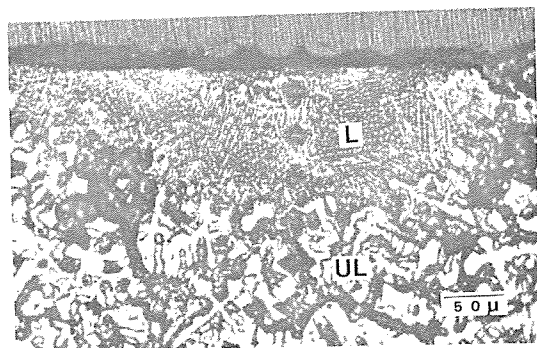


Fig. 7. Microstructure near surface of lased area: UL, unlased; L, lased.

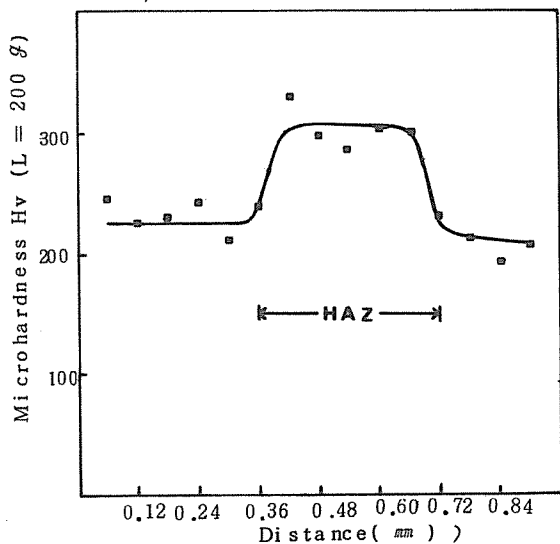


Fig. 6. Hardness distribution curve for distance: HAZ, heat affected zone.

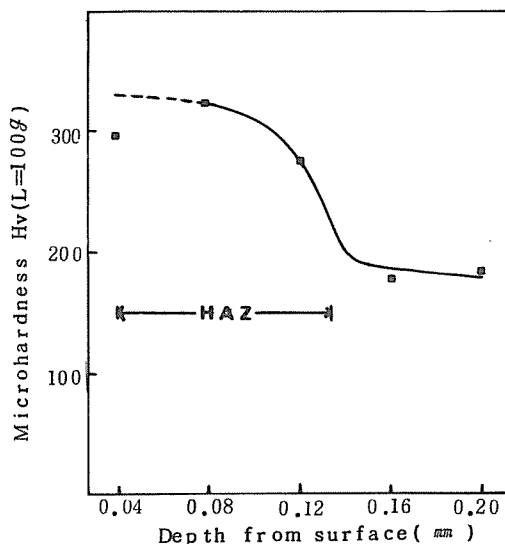


Fig. 8. Hardness distribution curve for depth; HAZ, heat affected zone.

Table 2. Hardness for distance

	Test area	Mean hardness (Hv)	S.D.	t
Unlased	10	225.08	19.69	9.23
Lased	10	306.95	19.67	(S.)

S. : significant at 5% confidence level

Table 3. Hardness for depth

	Test area	Mean hardness (Hv)	S.D.	t
Unlased	10	175.81	11.34	23.25
Lased	10	301.61	12.85	(S.)

S. : significant at 5% confidence level

수 있었다. 그리고 미소경도 측정시 생긴 압흔의 크기를 비교하면, 레이저 조사된 부위에서의 압흔이 조사 안한 부위보다 더 작은 것을 알 수 있었다. 이 미소경도의 측정치는 레이저가 조사되지 않은 부위의 경도가 220정도인데 비하여 레이저가 조사된 부위는 300정도를 나타내어 현저한 증가를 보였다. (Fig. 6, Table 2)

단면을 절단시킨 후 깊이로 본 경우 레이저 조사된 부위의 금속조직은 약 0.15mm정도 깊이까지 영향을 받았으며 (L) 입자가 미세화된 것을 볼 수 있었다. (Fig. 7) 이 부위의 미소경도를 측정한 결과 레이저가 조사되지 않은 부위의 경도가 170 정도인데 비하여 레이저가 조사된 부위의 경도는 300 정도를 나타내어 현저히 큰 증가를 보였다. (Fig. 8, Table 3)

나. 부식저항성 측정

부식저항성에 대한 레이저의 효과를 보기 위하여 시편을 10% FeCl₃·6H₂O 용액에 침적시킨 후 24시간마다 부식량을 측정해 본 결과 레이저를 조사한 시편에서 부식저항이 높은 것을 알 수 있었다. (Fig. 9) 24시간후와 48시간후의 부식량은 레이저 조사한 시편에서 적었으나 72시간 후에는 레이저 조사 안한 시편과 거의 유사한 부식량을 나타내었다.

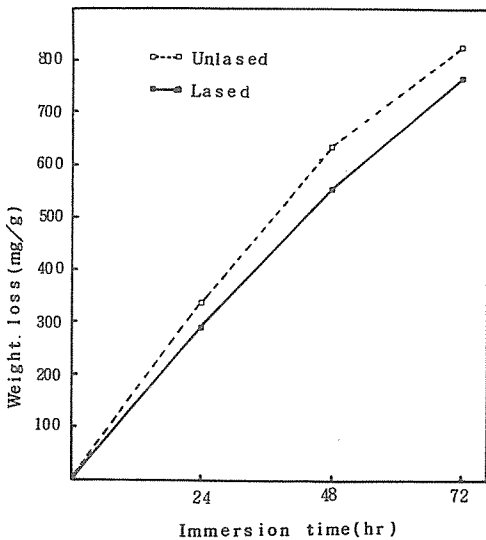


Fig. 9. Corrosion in 10% FeCl₃ · 6H₂O.

부식감량시험이 끝난후 레이저 조사한 시편은 외형을 그대로 갖고 있었으나 레이저 조사 안한 시편은 한 쪽 모서리가 떨어져 나갈 정도로 심하게 부식되어 있는 것을 볼 수 있었다. (Fig. 10)

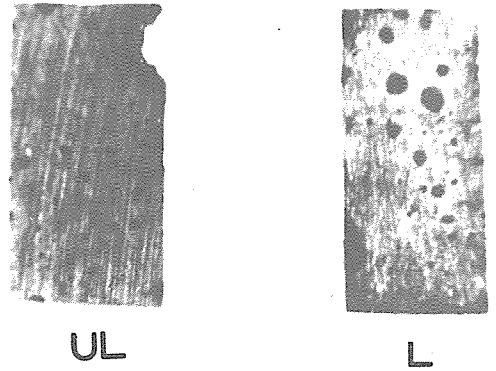


Fig. 10. Appearance of corrosion test specimen after 72 hrs.

다. 마모도 측정

마모저항성에 대한 레이저의 효과를 실험하기 위하여 시편을 Sliding wear tester에 고정시키고 매 1분마다 마모에 의한 시편의 감량을 측정된 결과 레이저 조사한 시편이 레이저 조사 안한 시편보다 마모저항성이 큰 것을 알 수 있었다. (Fig. 11) 처음 1분 후와 2분 후에는 마모의 저항성을 나타냈지만 3분 후부터는 마모에 의한 중량감소가 비슷함을 알 수 있었다.

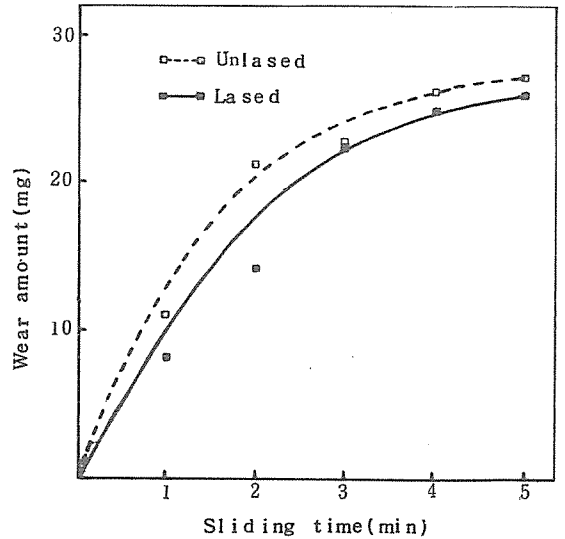


Fig. 11. Comparison of wear amount with sliding time.

라. EDAX에 의한 표면성분검사 및 SEM관찰
EDAX에 의한 표면성분의 변화를 측정된 결과 레이저 조사한 시편에서 Mo, Si, Al의 양이 증가하였지만 (Fig. 12) Ni과 Cr의 양은 레이저 조사 안한 시편과 차이가 없었다. (Fig. 13)

Table 4. Bond strength with unlased and lased specimens

Condition	Sample size	Mean bond strength (kg/cm ²)	S. D	C.V. (%)	t
Unlased	12	27.03	4.03	14.9	1.97
Lased	12	30.05	3.39	11.3	(n.s.)

n.s.: not significant at 5% confidence level.

한편 이 시편에 도재를 축성한 후 도재-금속간의 결합상태를 알아보기 위하여 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig.14와 Fig.15에서 볼수 있다. Fig.14는 레이저 조사하지 않은 시편이며, Fig. 15는 레이저 조사한 시편이다. 두 시편 모두 도재와 금속사이에 brighter filamentous structure를 볼수 있으며 레이저 조사한 시편에서 약간 더 두껍게 나타났다. 또한 레이저 조사한 시편에서는 레이저에 의해 미세화된 조직부위를 볼수 있으며, 레이저 조사되어 영향을 받은 부위(HAZ)와 영향을 받지 않은 부위(MET) 사이에는 또 다른 조직상이 존재하였다.

마. 도재-금속간의 결합강도 측정

레이저 조사한 시편과 조사하지 않은 시편을 각각 12개씩 Instron으로 결합강도를 측정한 결과 그 평균치는 Table 4와 Fig.16과 같다. 레이저 조사한 경우가 조사 안한 경우보다 약 11.2%의 결합강도의 증가를 보였다.

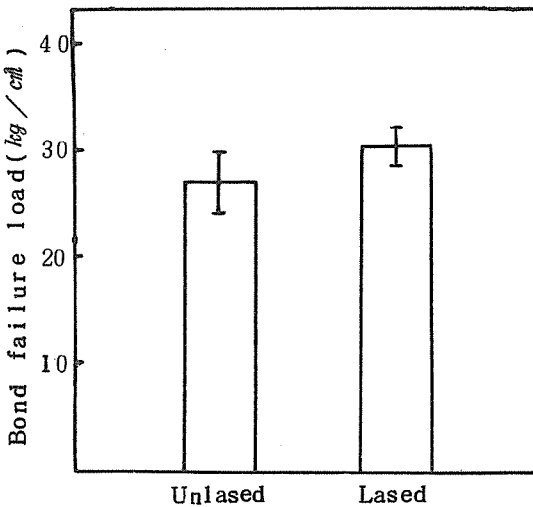


Fig. 16. Bar graph showing means of bond strength with two conditions.

IV. 총괄 및 고찰

레이저(LASER)는 Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation의 첫머리 글자를 따서 명명한 것으로 그 종류는 매우 다양하다. 레이저의 파장은 자외선, 가시광선, 적외선 구역에 걸쳐 있으며, 그 에너지는 수 μ W에서 TW에 걸쳐 있다. 레이저 매체에 의한 분류는 기체레이저(He-Ne, CO₂, Ar, N₂,...) , 고체레이저(Ruby, Nd:YAG, Nd:Glass), 기타레이저(반도체, Dye)로 분류된다. 그러나 이들 레이저의 공통적인 특징은coherent하고 monochromatic(단색성)하며 렌즈에 의하여 먼거리에서도 효과적인 집광이 가능하여 매우 큰 에너지를 얻을 수 있다.⁴⁾

레이저의 응용은 레이저의 특성 자체를 직접 이용하는 방법과 레이저에 의한 열을 이용하는 방법으로 구분할 수 있다. 치과용 금속재료에서 레이저를 이용하는 방법은 후자에 속한다.

레이저가 금속에 조사되면 많은 부분이 반사되고 일부는 흡수되어 금속을 가열시키게 된다. 이때 레이저 에너지가 열로 전환되는 구역은 표면근방에 제한되어 레이저를 표면열원으로 간주할 수 있다. 일단 레이저에 의한 표면의 열에너지는 내부로 침투하게 됨으로 표면직하부분에서 금속조직의 변화를 주게 된다. 레이저 에너지가 너무 크면 금속이 고체상태에서 변화되어 용융이 일어나게 됨으로 표면경화를 위한 경우에는 레이저 에너지가 너무 높지 않아야 한다. 레이저는 렌즈등 광학부품에 의하여 조절이 용이함으로 국부적인 부분에만 집중시킬 수 있고 또한 깨끗한 열원을 제공하여 줌으로 이용에 편리한 점이 많다. 치과보철용 금속재료에 사용하는 방법은 레이저에 의한 재료가공의 범주에 속함으로 Ruby laser, CO₂레이저, Nd:YAG 레이저 및 Nd:Glass레이저등의 고출력의 레이저가 주로 사용된다.^{55, 56)}

경도측정실험에서, 레이저를 금속표면에 조사시키면 표면 근방의 온도가 급격히 증가하게 되며 그 후 레이저를 이동시키면 thin layer에 deposit된 열은 곧 내부로 전달되어 가열된 지역이 급속도로 냉각되고, 이러한 self-quenching은 정상적인 상태를 억제하여 금속의 내부에서는 변화가 없고 표면층만 조직이 미세화되어 표면경도를 증가시키게 된다.⁵⁶⁾ 본 실험에서 측정된 경도치도 위의 이론에 일치하게 나타나서 레이저 1회 조사시의 경도도 증가되었고 조사부위의 조직도 미세화 된 것을 알 수 있었다. 그리고 Fig. 8에서 표면의 가장 가까운 곳에서 경도가 그 내부보다 약간 감소된 것으로 나타나 있으나 이것은 조직이 내부보다 약한 것이 아니고 경도기의 diamond pyramid indenter가 너무 표면에 가까움으로 일부 물러난 때문이다.⁵⁷⁾

부식저항성 실험에서, 여러가지 부식형태 중에서 특히 구강내에서는 균일부식(Uniform corrosion), 전지부식(Galvanic corrosion), 틈부식(Crevice corrosion), 핏팅형부식(Pitting corrosion) 등이 많이 일어난다.⁵⁹⁾ 이 중 핏팅형부식만을 관찰하여 레이저의 효과를 실험하였다. 사용한 시약은 산화성염으로서 비귀금속합금에 부식작용이 강하여 금속의 부식저항성을 판단하는데 적절하기 때문에 선택하였다.³¹⁾ 레이저 조사한 시편에서 부식저항성이 높은 것은 레이저 조사에 의해 금속조직이 미세화되고 minor components의 재분포로 인한 chemical potential의 차이로 인하여 부식용액에 대한 저항성이 높아졌기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 양⁵⁸⁾의 저술에서 Ni에 Mo를 넣으면 염산에 대한 부식저항성이 높아진다는 점을 토대로, 본 실험의 EDAX에 의한 표면성분 분석에서 Mo의 양이 증가한 점을 생각하면 합금의 표면에 Mo의 양이 증가했기 때문에 레이저 조사 시편에서 부식저항성이 높아졌다고 사료된다. 또한 다른 가능성으로서는 표면으로부터 수백 A°정도의 두께의 비정형구조가 형성되어 부식저항성이 증가되었다고 볼 수 있겠다.

한편 시약이 주황색에서 검은 녹색으로 변화했는데, 이것은 금속과 용액이 반응하여 녹색을 띠는 $NiCl_2 \cdot 6H_2O$, $[Cr(OH)_2Cl]^{2+}$, $[Cr(H_2O)_4Cl_2]^+$ 등의 착이온이 생성되었기 때문이라고 보겠다.⁴⁹⁾

마모도 측정에서 레이저 조사한 시편에서 마모저항성이 높은 것으로 나타났다. 마모에 대한 이론은 여러가지가 있으나 치과와 관련된 마모에는 주로 Frictional wear, Adhesive wear, Abrasive wear 등 3가지로 들 수 있다. 이 중 Frictional wear는 mi-

croscopic irregularity의 상호작용에 의해 야기되는 것으로서 도재로 보철물을 해 준 경우 쉽게 야기될 수 있겠다.²⁸⁾ 본 연구에서는 이점을 감안하여 마찰 상대로 연마저석을 사용하였다. Tillitson⁴⁷⁾은 여러 가지 치과재료의 마모도를 측정된 결과 경도가 높은 재료가 마모저항성이 높았음을 보고했고, 양⁵⁸⁾은 마모에 대한 저항은 경도와 일치한다고 했듯이 레이저 조사에 의해 표면경도가 증가하였으므로 마모저항성 역시 증가했다고 볼 수 있다. 레이저 조사시편에서 처음 3분까지는 마모저항이 있다가 3분후부터는 마모도가 조사 안한 시편과 비슷한 것은 처음 2분 이내에 최외각의 경화된 부분이 마모에 의해 제거되고 그 이후부터는 내부 조직이 마모되었기 때문인 것으로 사료된다.

Ringle^{등³⁸⁾}은 몇가지 도재소부용 비귀금속합금의 도재와 금속간의 성분을 분석하고 도재-금속간의 결합구조를 SEM을 통하여 연구한 결과 합금의 종류에 따라 성분의 변화도 달라지고 결합구조도 상이함을 보고했다. 본 실험에서 얻은 결과와 마찬가지로 Ringle의 보고에서도 어떤 합금에서는 brighter filamentous structure를 이루고 있으며 여기에 Mo이 많이 들어 있음을 보고했다. 본 실험 금속에서는 레이저를 합금표면에 조사함으로써 Ringle의 보고와 유사한 결과를 얻었다. 또한 Anusavice^{등²⁾}의 보고에서도 filamentous structure를 가진 일종의 합금을 성분분석해 본 결과 여기에 Sn이 많이 있음을 알았다.

이상의 선현들의 보고와 본 실험의 성적을 통하여 볼 때 도재소부용 비귀금속합금에 열을 가하면 합금표면의 minor components에 많은 변화가 초래되며 이런 성분의 변화는 합금상의 안정에 기여하기도 하지만⁴⁾ 오히려 도재의 작용을 저해할 수 있다고 했으나^{1, 2)} 아직 논란의 여지가 많이 남아 있다.

주사전자현미경 관찰에서 레이저 조사에 의해 열을 받은 부위(HAZ)는 조직이 상당히 미세화되어 있는 것을 볼 수 있으며 HAZ와 열을 받지않은 부위(MET) 사이의 특이한 조직은 레이저에 의한 열의 전달이 충분하지 못했기 때문으로 생각된다. 그러나 이 점에 대해서는 차후 좀 더 깊게 연구되어야 할 것이다.

도재와 금속간의 결합강도를 측정하고 결정하는데 여러가지 계측방법이 있는 것은 그 만큼 도재-금속간의 결합이 매우 복잡한 기전을 내포하고 있음을 의미한다.⁹⁾ 결합강도 측정에는 Shell-Nielsen

test⁴²⁾와 McLean test³⁰⁾가 있으며, 이밖에 Lavine²³⁾, Caputo⁶⁾ 등은 flexural method를 고안했으며, Fairhurst¹¹⁾는 shear stress method를 고안했고, Oilo³³⁾는 Cube/cube-push test를 고안했다. 본 실험에서는 이 중에서 응용이 가능한 Oilo의 Cube/cube-push test를 이용해서 Instron에 맞게 변형시켜 레이저의 효과를 실험했다. 실험결과 이 실험방법이 레이저 조사한 시편과 조사 안한 시편의 결합강도를 측정하는 데 만족할만 하다고 판단되었다.

도재-금속간의 결합강도는 선현들의 연구에서 atmosphere²⁴⁾, coating agent¹²⁾, 합금의 종류²⁷⁾, 표면의 거칠기⁷⁾, 합금의 성분⁴²⁾ 등에 많은 영향을 받는 것으로 밝혀졌다. 따라서 본 실험에서는 레이저 조사가 결합강도에 미치는 영향에 대하여 실험하였던 바 결합강도가 약간 증가하였으나 t-test 결과 유의의 차가 없는 것으로 나타났다. 그러나 레이저를 조사함으로써 표면성분에 영향을 미치는 점등을 고려할 때 레이저의 조사조건을 변화시키면 본 실험에서 사용한 비귀금속 합금뿐만 아니라 준귀금속 합금과 귀금속합금에서도 도재-금속간의 결합력에 영향을 줄 것으로 생각한다.

이상에서 본 바와 같이 레이저를 금속표면에 조사시킴으로써 경도의 증가, 부식저항성의 증가, 마모저항성의 증가, minor components의 변화등의 효과를 얻을 수 있어서, 보철치로서 높은 경도가 필요한 부위나 부식저항성이 요구되는 재료에 또는 마모저항성이 요구되는 부위에서는 효과적으로 이용할 수 있을 것으로 기대되며, 특히 도재-금속간의 결합상태에 관한 연구에 발전 가능성이 보였으므로 더 연구할 가치가 있다고 생각한다.

V. 결 론

최근 수요가 급증하고 있는 치과주조용 비귀금속 합금은 임상에서 물리적, 기계적 및 생물학적으로 개선되어야 할 점이 많아 이에 레이저의 응용가능성을 찾기 위하여, 경도실험, 부식저항성 실험, 마모도실험을 하였으며, 레이저 조사부위의 표면성분의 변화 및 도재-금속간의 결합력을 측정된 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 레이저 조사한 부위의 경도는 조사하지 않은 부위보다 높았다.
2. 레이저 조사한 시편에서 부식저항성이 높았다.

3. 마모저항성 역시 레이저 조사한 시편이 높았다.
4. EDAX에 의한 표면성분분석 결과 레이저를 조사함으로써 Ni와 Cr은 변화가 없었으나, Mo, Si, Al은 증가하였다.
5. 주사전자현미경 관찰 결과 레이저 조사 부위는 특이한 미세구조를 보였다.
6. 레이저 조사한 시편에서 결합강도가 약간 증가하였다.

참 고 문 헌

1. Anusavice, K.J., Horner, J.A., and Fairhurst, C.W.: Adherence controlling elements in ceramic-metal systems. I. Precious alloys, J. Dent. Res., 56: 1045, 1977.
2. _____: Adherence controlling elements in ceramic-metal systems. II. Nonprecious alloys, J. Dent. Res., 56: 1053, 1977.
3. Ayers, J.D., Schaefer, R.J., and Robey, W.P.: A laser processing technique for improving the wear resistance of metals, J. Metals, Aug.: 19, 1981.
4. Baran, G.R.: Phase changes in base metal alloys along metal-porcelain interfaces, J. Dent. Res., 58: 1987, 1979.
5. Brune, D.: Interaction of pulsed carbon dioxide laser beams with teeth in vitro, Scand. J. Dent. Res., 88: 301, 1980.
6. Caputo, A.A., Dunn, B., and Reisbick, M.H.: A flexural method for evaluation of metal-ceramic bond strengths, J. Dent. Res., 56: 1501, 1977.
7. Carpenter, M.A. and Goodkind, R.J.: Effect of varying surface texture on bond strength of one semiprecious and one non-precious ceramo-alloy, J. Prosth. Dent., 42: 86, 1979.
8. Clayman, L., Fuller, T., and Beckman, H.: Healing of continuous-wave and rapid superpulsed, carbon dioxide, laser-induced bone defects, J. oral Surg., 36: 932, 1978.
9. Council on dental materials, instruments, and equipment: Porcelain metal alloy

- compatibility: criteria and test methods, *J. Am. Dent. Assoc.*, 102: 71, 1981.
10. Eshleman, J.R., Switzer, J.R., and Moon, P.C.: Heat treatment of laser-welded gold alloys, *J. Prosth. Dent.*, 36: 655, 1976.
 11. Fairhurst, C.W.: Metal surface preparation and bonding agents in porcelain-metal systems. In: *Alternatives to gold alloys in dentistry, conference proceedings N.I.H.*: 255, 1977.
 12. Goeller, I., Meyer, J.M., and Nally, J.N.: Comparative study of three coating agents and their influence on bond strength of porcelain-fused-to-gold alloys, *J. Prosth. Dent.*, 28: 504, 1972.
 13. Goldman, L., et al: The biological aspects of lasers, *J. Am. Med. Assoc.*, 188: 302, 1964.
 14. Goldman, L., et al: Impact of the laser on dental caries, *Nature*, 203: 417, 1964.
 15. Goodman, B.D. and Kaufman, H.W.: Effects of an argon laser on the crystalline properties and rate of dissolution in acid of tooth enamel in the presence of sodium fluoride, *J. Dent. Res.*, 56: 1201, 1977.
 16. Gordon, Jr. T.E.: Some effects of laser impacts on extracted teeth, *J. Dent. Res.*, 45: 372, 1966.
 17. Gordon, T.E. and Smith, D.L.: Laser welding of prostheses — an initial report, *J. Prosth. Dent.*, 24: 472, 1970.
 18. Huling, J.S. and Clark, R.E.: Comparative distortion in three-unit fixed prostheses joined by laser welding, conventional soldering, or casting in one piece, *J. Dent. Res.*, 56: 128, 1977.
 19. Kapany, N.S., et al: Retinal photocoagulation by laser, *Nature*, 199: 146, 1963.
 20. Kelly, J.R. and Rose, T.C.: Nonprecious alloys for use in fixed prosthodontics: A literature review, *J. Prosth. Dent.*, 49: 363, 1983.
 21. Kinersly, T., et al: Laser effects on tissue and materials related to dentistry, *J. Am. Dent. Assoc.*, 70: 593, 1965.
 22. Kinersly, T., et al: Laser and teeth, *New York Dent. J.*, 32: 56, 1966.
 23. Lavine, M.H. and Custer, F.: Variables affecting the strength of bond between porcelain and gold, *J. Dent. Res.*, 45: 32, 1966.
 24. Leone, E.F. and Fairhurst, C.W.: Bond strength and mechanical properties of dental porcelain enamels, *J. Prosth. Dent.*, 18: 155, 1967.
 25. Litwin, M.S. and Glew, D.H.: The biological effects of laser radiation, *J. Am. Med. Assoc.*, 187: 842, 1964.
 26. Lobene, R.R., Bhussry, B.R., and Fine, S.: Interaction of carbon dioxide laser radiation with enamel and dentin, *J. Dent. Res.*, 47: 311, 1968.
 27. Lubovich, R.P. and Goodkind, R.J.: Bond strength studies of precious, semiprecious, and nonprecious ceramic-metal alloys with two porcelains, *J. Prosth. Dent.*, 37: 288, 1977.
 28. Mahalick, J.A., Knap, F.J., and Weiter, E.J.: Occlusal wear in prosthodontics, *J. Am. Dent. Assoc.*, 82: 154, 1971.
 29. Maiman, T.H.: Stimulated optical radiation in ruby, *Nature*, 187: 493, 1960.
 30. McLean, J.W.: The science and art of dental ceramics, Quintessence publishing Co., p. 72, 1979.
 31. *Metal handbook*, 8ed, ASM. Metal park Ohio, 1: 1115, 1961.
 32. O'brien, W.J. and Ryge, G.: An outline of dental materials and their selection, Philadelphia, W.B. Saunders Co., p. 328, 1978.
 33. Oilo, G., Johansson, B., and Syverud, M.: Bond strength of porcelain to dental alloys— an evaluation of two test methods, *Scand. J. Dent.*, 89: 289, 1981.
 34. O'shea, D.C., Callen, W.R., and Rhodes, W.T.: Introduction to laser and their ap-

- plications, 2ed: 5, Addison-wesley publishing Co., 1978.
35. Peck, S. and Peck, H.: Laser radiation: Some specific dental effects and an evaluation of its potential in dentistry, *J. Prosth. Dent.*, 17: 195, 1967.
 36. Phillips, R.W.: Skinner's science of dental materials, 8ed, Philadelphia, W.B. Saunders Co., p. 542, 1982.
 37. Preston, J.D. and Reisbick, M.H.: Laser fusion of selected dental casting alloys, *J. Dent. Res.*, 54: 232, 1975.
 38. Ringle, R.D., Fairhurst, C.W., and Anusavice, K.J.: Microstructures in non-precious alloys near the porcelain-metal interaction zone, *J. Dent. Res.*, 58: 1987, 1979.
 39. Rydén, H., Bjelkhagen, H., and Sandström, U.: A laser instrument for measuring tooth movements, *J. Perio.*, 50: 265, 1979.
 40. Rydén, H., Bjelkhagen, H., and Söder, P.: The use of laser beams for measuring tooth mobility and tooth movement, *J. Perio.*, 46: 421, 1975.
 41. Sachs, S.A. and Borden, G.E.: The utilization of the carbon dioxide laser in the treatment of recurrent papillomatosis: report of case, *J. Oral Surg.* 39: 299, 1981.
 42. Shell, J.S. and Nielsen, J.P.: Study of the bond between gold alloys and porcelain, *J. Dent. Res.*, 41: 1424, 1962.
 43. Small, I.A., et al: Observation of carbon dioxide laser and bone bur in the osteotomy of the rabbit tibia, *J. Oral Surg.*, 37: 159, 1979.
 44. Smith, D.L., Burnett, A.P., and Gordon, Jr. T.E.: Laser welding of gold alloys, *J. Dent. Res.*, 51: 161, 1972.
 45. Stern, R.H. and Sognaes, R.F.: Laser beam effect on dental hard tissues, *J. Dent. Res.*, 43: 873, 1964.
 46. _____: Laser inhibition of dental caries suggested by first tests in vivo, *J. Am. Dent. Assoc.*, 85: 1087, 1972.
 47. Tillitson, E.W., Craig, R.G., and Peyton, F.A.: Friction and wear of restorative dental materials, *J. Dent. Res.*, 50: 149, 1971.
 48. Yamamoto, H. and Sato, K.: Prevention of dental caries by acousto-optically Q-switched Nd: YAG laser irradiation, *J. Dent. Res.*, 59: 137, 1980.
 49. 龜水忠茂 : A study on physical properties of dental nickel-chromium casting alloys, *日本補綴齒科學會雜誌*, 22: 135, 1978.
 50. 南理嶽仁 : The use of laser welding in prosthodontics. The first report: Basic study on laser welding of dental materials, *日本補綴齒科學會雜誌*, 17: 524, 1974.
 51. _____ : The use of laser welding in prosthodontics. The second report: Basic study on laser welding of dental materials, *日本補綴齒科學會雜誌*, 19: 633, 1976.
 52. _____ : The use of laser welding in prosthodontics. The third report: Basic study on laser welding of dental materials-bending test, *日本補綴齒科學會雜誌*, 21: 276, 1977.
 53. _____ : The use of laser welding in prosthodontics. The fourth report: Basic study on laser welding of dental materials-an atmosphere and problem of laser welding, *日本補綴齒科學會雜誌*, 21: 282, 1977.
 54. _____ : The use of laser welding in prosthodontics. The fifth report: Clinical investigation of laser welding, *日本補綴齒科學會雜誌*, 21: 291, 1977.
 55. 김도훈 : Laser에 의한 재료가공(I), *대한금속학회지*, 20: 544, 1982.
 56. _____ : Laser에 의한 재료가공(II), *대한금속학회지*, 20: 621, 1982.
 57. 김도훈 외 : CO₂레이저에 의한 고탄소강의 표면강화, *대한금속학회지*, 21: 365, 1982.
 58. 양훈영, 김수영 : 금속재료학, p.144, 문연당, 1983.
 59. 이호용, 김경남 : 비귀금속합금의 용융방법과주조방법에 따른 변색 및 부식에 관한 실험적 연구, *대한치과기재학회지*, 7: 19, 1980.

— ABSTRACT —

AN EXPERIMENTAL STUDY OF LASER EFFECTS ON A
BASE METAL ALLOY FOR DENTAL CASTING

Kyoung Nam Kim, D.D.S., M.S.D.

*Department of Dental Science, The Graduate School, Yonsei University
(Directed by Prof. Ho Yong Lee, D.D.S., M.S.D., Ph. D.)*

The purpose of this experiment was to study the effects of laser on a base metal alloy for dental casting.

In this study, microhardness, corrosion resistance, wear resistance, interaction behavior of metal-ceramic interface, and bond strength were tested before and after the laser treatment for metal-ceramic alloy.

The conclusion arised from this study are as follows:

1. The hardness of lased area was higher than that of unlased area.
2. The corrosion resistance was higher in lased specimen than in unlased specimen.
3. The wear resistance was higher in lased specimen than in unlased specimen.
4. The EDAX showed that Mo, Si, and Al were increased in lased surface but Ni and Cr not increased.
5. The SEM of lased area revealed a typical microstructure.
6. The bond strength of lased specimen was increased in 11.2% than of unlased specimen.

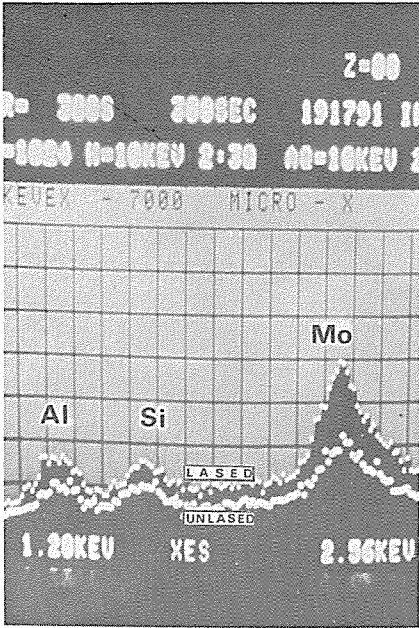


Fig. 12. Energy dispersive analysis of Mo, Si, and Al.

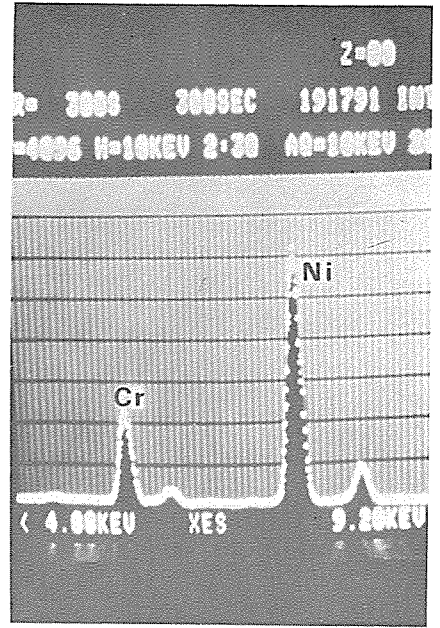


Fig. 13. Energy dispersive analysis of Ni and Cr.

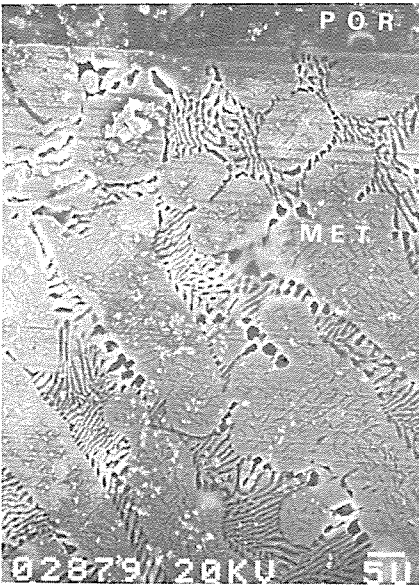


Fig. 14. Scanning electron microscopy of porcelain and alloy without lasing: POR, porcelain; MET, metal.



Fig. 15. Scanning electron microscopy of porcelain and alloy with lasing: POR, porcelain; HAZ, heat affected zone; MET, metal.