

Silicoating이 수지접합 수복물의 결합력에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

연세대학교 치과대학 보철학교실

신현수 · 한동후 · 이근우

I. 서 론

이상적인 보철물은 결손치를 회복하여 기능적이며 심미적인 상태로 수복해주는 것이어야 한다. 그러나 치아 삭제량이 많은 보철물의 경우, 치수에 위해할 가능성이 많게되므로 이러한 단점을 개선하기 위하여 치아 삭제량을 최소한으로 줄이고, 치질을 보존하며, 치료시간을 단축시키고, 경제적이면서, 마취가 필요없는 수지접합 수복물이 개발되었다.^{2,17,25,31,40,41)}

1955년 Buonocore⁷⁾의 연구가 있는 후에 1962년 Bowen에 의해 Bis-GMA를 포함하는 근래 복합레진이 상품화 되어 고정성 보철물에 사용되기 시작했다.

수지접합 수복물은 이제까지 직접법과 간접법으로 제작되어 왔는데, 1973년 Isben^{19,20)}과 Portnoy³⁹⁾는 직접법으로 금속 피착면 없이 복합레진으로 범랑질을 탈회한 후 아크릴릭 인공치아 또는 환자 자신의 치아를 결합시켰고, Rochette⁴⁰⁾는 유지공이 있는 연결 고정 금속 피착면(cast metal splint)을 레진으로 결합시키는 간접법을 기술하였다.

수지접합 수복물의 수명을 증진시키기 위해, Livaditis^{24,25,26)}는 범랑질-레진과 금속-레진 계면의 결합에 대한 응력을 감소시키는 지대치의 삭제방법을 권했다.

금속 피착면의 전기화학적 식각은 수지접합 수복물의 수명을 증진시키지만, 이것은 비귀금속 합금에 국한되어 있고, 어떤 술식은 합금 식각에 상당히

중요하므로,^{1,8,10,12,16,26,41,46,48)} 이러한 제한점을 극복하기 위한 여러 방법이 시도되어왔다.^{3,5,6,15,18,21,29,33,35,36,41,42,50)}

레진 시멘트가 금속피착면에 부착되는 기전에 따라 화학적 결합과 기계적 결합으로 나눌 수 있는데,¹⁴⁾ 기계적 결합중에는 전기 화학적 그리고 화학적 식각법이 현재 많이 사용되고 있다.

Silicoater technique은 1984년 Musil과 Tiller에 의해 소개된 새로운 방법으로, 처음에는 veneer resin을 금속에 결합시키기 위해 개발되었으나 수지접합 수복물에도 적용할 수 있었다.^{4,32)} 이 방법은 beads나 wires와 같은 물리적인 유지력도 필요 없고 veneer와 금속간 microleakage도 없앨 수 있다고 보고하였다.

이에 저자는 Silicoater technique(Silicoating)이 기존의 전기화학적 식각과 비교했을때, 합금-레진 결합에 어떠한 효과가 있는지, thermocycling후의 결합력의 변화, failure의 경향, 그리고 각종 합금에 따른 결합력을 관찰하기 위해 전기화학적으로 식각된 금속시편과 Silicoating한 금속시편을 복합레진계 시멘트인 MBAS으로 접착시킨후 일부 시편은 thermocycling을 하고 Tensilon으로 접착인장강도를 측정하여 얻은 결과를 이에 보고하는 바이다.^{9,13,22,28,38,51,52)}

II. 실험 재료 및 방법

가. 실험 재료

본 실험에서 금속시편을 위한 합금으로는 Rexil-

lium III, NNB, Pors-on 4, Degudent-U를 사용하였고, 접합성 복합레진으로는 MBAS를 사용하였다(Table 1).

나. 실험 방법

1. 금속시편 제작 및 처리

(가) 금속시편의 제작

금속시편은 5×5×2mm 크기의 base plate wax에 14 gauge round wax로 6mm 직경의 고리를 달아 Fig. 1과 같은 모양의 wax pattern을 69쌍 제작하였다.

(Rexillium III 40쌍, NNB 10쌍, Pors-on 4 10쌍, Degudent-U 9쌍)

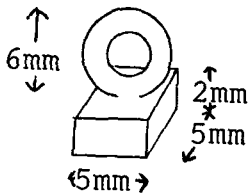


Fig. 1. Schematic representation of metal specimen

Rexillium III, NNB는 인산염 매물체인 Hi-Temp 2(Whip Mix Corp., Louisville, Kentucky)에, Pors-on 4, Degudent-U는 Biovest(Densply, York Division)에 진공매물하여 각각 주조하였다.

금속 피착면을 편평하게 유지시키기 위해 silicone carbide 연마지(grit #120, 180, 220, 320, 400, 800, 1,000)위에서 주수하에 바닥과 평행하도록 연마하고 세척하였다.

(나) 금속시편의 처리

시편은 50um aluminum oxide (Biobond aluminum oxide : Densply International Inc., U.S.A.)를 이용하여 Rexillium III와 NNB는 30초간, Pors-on 4와 Degudent-U는 15초간 blasting하였다.

(1) 전기화학적 식각처리

Rexillium III로 제작된 금속시편 20쌍은 레진이 접착될 면을 Oxy-Etch 식각기(Oxy dental products, Inc. Hillside, New Jersey)를 사용하여 전기화학적 식각처리를 하였다. 10% 황산액에 300mA/m²의 전류로 3분간 처리하였고, 수세한

Table 1. Materials, composition, and manufacturer

Product	Major Element	Manufacturer
Alloys		
Rexillium III	Ni-Cr-Be	Jeneric Industries, Wallingford, Connecticut
NNB	Ni-Cr-Be free	Sankin, Japan
Pors-on 4	Ag-Pd	Degussa AG, Germany
Degudent-U	Ag-Pt-Pd	Degussa AG, Germany
Bonding agent		
Siliflam	SiOx-C	Kulzer, Irvine, Calif.
Silicoup	Silane	Kulzer
Cementing resin		
MBAS	Bis-GMA	Maryland Bridge Adhesive System, Bisco Co., Lombard, Illinois

후 18% 염산액에 10분간 초음파 세척하였다.

(2) Silicoating(Silicoater Procedure)

Rexillum III로 제작된 금속시편 20쌍, NNB 10쌍, Pors-on 4 10쌍, 그리고 Degudent-U 9쌍은 Kulzer Siliclean으로 blasting 한 면을 10분간 초음파 세척하였다. Kulzer Silicoater에 보철물을 위치시켜 flame없이 건조시킨후, Silicoater에서 3-5분간 layer application을 하였다. 냉각후 Silicoup bonding agent로 처리한 면을 도포하고 2-5분간 도포된 면을 건조시켰다.

(다) 금속시편의 접착

각 시편을 복합레진계 세멘트인 MBAS으로 접착시키되 Silicoating을 한 시편은 Silicoup bonding agent로 처리한 후 10분 이내에 접착 시켰다. 제조회사의 지시대로 세멘트를 사용하고 두개의 시편이 마주하도록 접착하였고, 주위로 밀려나온 과잉의 세멘트는 제거하고 finger pressure하에서 15분간 유지하였고, 교반으로부터 30분 후 실온의 수조에 넣고 82시간 보관하였다.

(라) Thermocycling

Rexillum III 시편중 전기화학적 식각처리를 한 시편 10쌍과 Silicoating을 한 시편 10쌍을 thermocycling apparatus에서 섭씨 4도와 55도의 수

조 속에 30초 간격으로 1000회 온도 변화를 주어 교대 침수시켰다(Fig. 2, 3 and Table 2.).

2. 접착인장강도 측정

시편은 인장강도 측정기(Tensilon, Toyo DALDWIN Co.)에서 cross head speed 2mm/min, chart speed 50mm/min로 금속시편이 서로 분리될 때의 인장강도를 측정하였다.

3. 주사전자현미경 관찰

금속-레진 계면의 미세구조를 관찰하기 위하여 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope: Model H-400, JAPAN)으로 500배와 2000배로 관찰하였다.

4. 미세전자분석기 관찰

금속-레진 계면의 원소의 변화상태를 관찰하기 위하여 EPMA(Electron Probe Micro Analyzer, JCSA-733, Jeol Co., Japan)로 480배와 2000배로 관찰하였다.

5. 확대관찰

인장강도 측정후, 실패경향을 알아 보기위해 macro lens(Medical-NIKKOR, C, f=200 mm, Nikon, Japan)를 이용하여 2배 확대 관찰하였다.

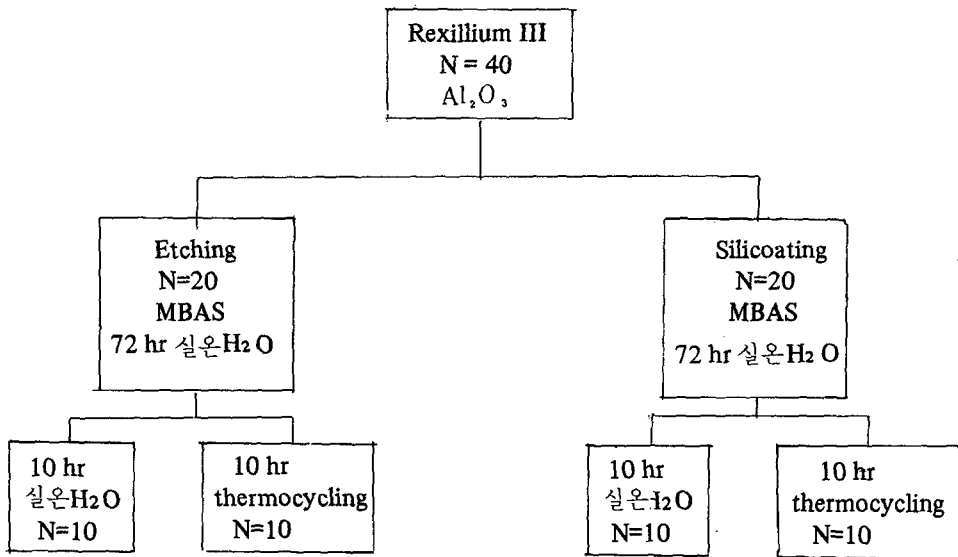


Fig. 2. Testing scheme: Etching vs. Silicoating procedure

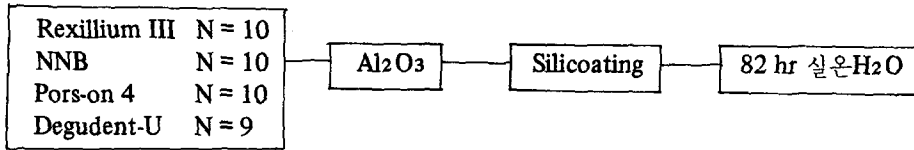


Fig. 3. Testing scheme: Silicoating procedure

Table 2. Alloy and treatment method according to group

Group	Alloy	Treatment method
1	Rexillium III	Etching
2	Rexillium III	Etching & thermocycling
3	Rexillium III	Silicoating
4	Rexillium III	Silicoating & thermocycling
5	NNB	Silicoating
6	Pors-on 4	Silicoating
7	Degudent-U	Silicoating

III. 실험 성적

가. 인장 강도

각 군의 금속시편의 평균인장강도와 표준편차는 Table 3, 4와 Fig. 4, 5와 같다. Rexillium III 시편에서 불때 전기화학적으로 식각한 시편의 접착인장강도는 185.04 kg/cm²이고, Silicoating 한 시편은 239.16 kg/cm²으로 후자가 높게 나타났으며, t 검정 결과 통계학적으로 유의차가 있었다 (P < 0.05).

또한 thermocycling을 한 결과 전기화학적으로

Table 3. Mean tensile bond strength of Rexillium III specimens (Kg/cm²)

Specimen	No.	Mean	S.D.
Etching	10	185.04	35.16
Etching & thermocycling	10	159.32	18.80
Silicoating	10	239.16	44.40
Silicoating & thermocycling	10	221.28	30.09

식각한 시편은 159.32 kg/cm², Silicoating 한 시편은 221.28 kg/cm²으로, thermocycling을 하기 전과 비교할때 접착인장강도는 떨어졌으나, t 검정 결과 전기화학적으로 식각한 시편은 유의차가 있었고 (P < 0.05) Silicoating한 시편은 유의차가 없었다 (P > 0.05).

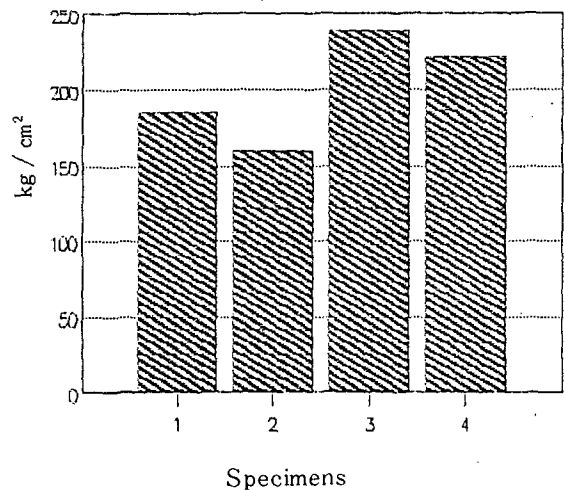


Fig. 4. Graph depicts tensile bond strength of Rexillium III specimens

Table 4. Mean tensile bond strength of Silicoated specimens (Kg/cm²)

Specimen	No.	Mean	S.D.
Rexillium III	10	239.16	44.40
NNB	10	308.68	29.94
Pors-on 4	10	246.52	20.53
Degudent-U	5	166.72	28.87

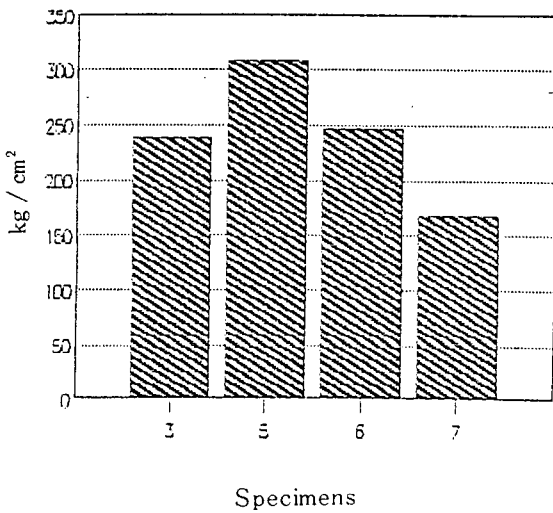


Fig. 5. Graph depicts tensile bond strength of Silicoated specimens

Table 5. Comparisons between each group

Group	t value	P value
1-3	-2.39	.041
1-2	2.40	.040
3-4	1.01	.340
2-4	-5.60	.000
3-5	-5.64	.000
3-6	-.48	.640
3-7	-3.80	.003

금속의 종류를 달리하여 Silicoating한 경우 접착인장강도가 NNB, Pors-on 4, Rexillium III, Degudent-U 순으로 감소하였다. t검정 결과 Rexillium III와 Pors-on 4는 통계학적 유의차가 없었고 Rexillium III와 NNB, Degudent-U 간에는 유의차가 있었다(Table 5).

나. 주사전자현미경 관찰

레진과 금속의 계면을 볼때 전기화학적으로 식각한면에 비해 Silicoating한 면이 편평한 양상을 보였다. 또한 Rexillium III를 전기화학적 식각한 경우와 Silicoating한 경우를 비교했을때, 후자에서 gap이 없었다(Fig. 8, 10).

전기화학적으로 식각한 후 thermocycling한 Rexillium III의 경우 gap이 현저하게 나타났으나(Fig. 9), Silicoating을 하고 thermocycling을 한 경우는 gap의 증가를 보이지 않았다(Fig. 11). Silicoating을 한 경우 특히 NNB에서 Gap free zone을 보였고(Fig. 12), Pors-on 4나 Degudent-U도 gap이 없는 양상을 보였다(Fig. 13, 14). 또한 gap이 적을 수록 높은 인장강도를 보임을 알 수 있었다.

다. 미세전자분석기 관찰

전기화학적 식각을 한 경우 레진-금속 계면에서 Si 원소가 희박하다가 레진세멘트 부위에서 많이 관찰되었고(Fig. 15a, 15b), Silicoating을 한 경우 레진-금속 계면과 레진 세멘트 부위에 Si 원소가 집중되어 있었다(Fig. 16a, 16b). 그러나, Silicoating의 경우 레진 세멘트 부위의 Si 원소 집중이 현저했다.

라. 확대 관찰

인장강도 실험후 단면을 관찰 하였을때, 전반적으로 adhesive & cohesive failure가 동시에 나타났지만, Silicoating한 NNB나 Pors-on 4, Degudent-U, Rexillium III에서 cohesive failure 양상이 컸다(Fig.19, 21, 22, 23). 전기화학적 식각을 한 경우 adhesive failure가 주로 나타났고(Fig. 17), thermocycling을 한 경우에도 동일하였다(Fig. 18). Silicoating을 하고 thermocycling을 한 Rexillium III경우는 cohesive failure와

함께 약간의 adhesive failure가 동반되었다(Fig. 20).

IV. 총괄 및 고찰

1970년대 초반에 silane compound와 같은 chemical adhesives를 레진-금속간 결합재로서 사용하기 위하여 실험이 행해졌다. 금속면에 대한 silanization은 초기 결합력을 증진시켰으나, 6~12개월 수분보관 후, 25~90% 정도의 결합력이 감소되었다.³²⁾

Silicoater technique에서는 silane을 금속면의 glass like film과 veneer resin 또는 보철물의 접착 레진 세멘트 간에 intermediate layer(매개층)로서만 사용되며 어떤 합금에도 도포 될 수 있다.¹⁴⁾ 금속면은 우선 aluminum oxide를 sand blasting 해야 되는데, 50um 내지 250um의 grain 크기를 가지는 aluminum oxide가 주로 사용되며, 귀금속 합금의 경우 4~5bar의 압력으로 10~15초, 비귀금속 합금의 경우 30초 처리하면 화학적으로 활성화가 증가된 표면이 형성된다.

silane으로 sandblasting한 면을 세척한 후, flamepyrolytic procedure를 위해 Silicoater에 위치시킨다.

silane, tetraethoxysilane은 unit의 glass ampule(Siliflam)에 있고, 산소가 이 ampule을 지나며 silane분자를 gas burner에 운반하여 propane과 혼합된다. gas가 점화되면 silane을 분해하여 불꽃 내면에 작은 molecular block을 형성하고, 금속 내면에 분자로 매우 얇은 층을 형성, "SiOx-C layer"를 만든다. 이러한 층의 기본 구조는 유리이고, 탄소 또는 수산화기가 첨가되면 금속 피착면은 덜 단단하고 탄성이 생긴다(Fig.6). 이러한 탄성은 온도 변화로 인한 strain과 구강내에서의 shearing force를 분산시켜 레진과 금속간의 adhesion소실을 막아준다.^{14,32)}

레진 세멘트는 SiOx-C layer에 직접 부착되지 않기 때문에 silane(Silicoup)을 표면에 coupling agent로 도포하면 이러한 층은 SiOx-C layer에 레진 세멘트가 화학적으로 결합하는 것을 돕는다(Fig.7).

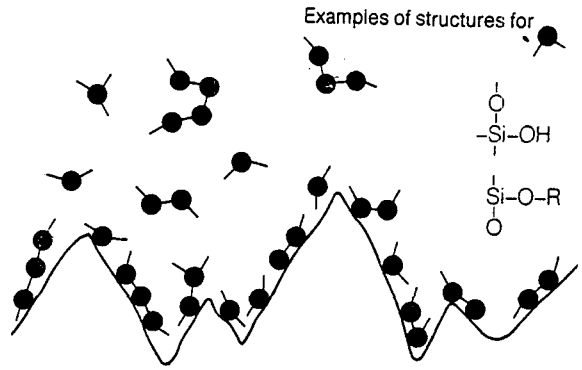


Fig.6. Schematic representation of placing the SiOx-C layer

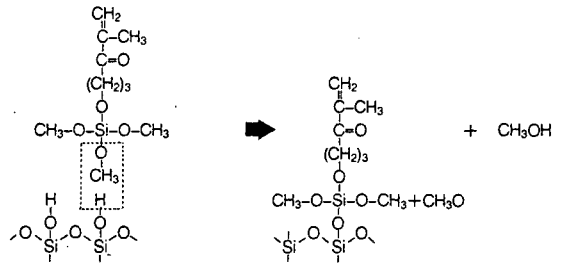


Fig.7. Schematic representation of silanizing the SiOx-C layer

SiOx-C layer는 모든 불규칙한 면에 도포되고 금속면과 밀접한 접촉을 하며 금속과 adhesive bonding이 일어나서 1000~10000 N/cm² 범위의 shear strength를 제공하고 이것은 레진 자체의 결합 강도와 유사하며 좋은 결합을 이루는데 충분하다.^{32,38)}

Laufer 등²³⁾은 Ni-Cr-Be계 합금인 Litecast-B alloy(Williams, Chicago, I11.)에서 표면처리로 전기화학적 식각과 Silicoating을 하여 여러가지 접착성 레진 세멘트를 사용하고 접착후 시간을 달리하여 결합강도를 실험한 결과, 접착 30분후 전기화학적 식각을 한 경우는 4565 psi, Silicoating한 경우는 8199 psi의 결합강도를 보였고, 섭씨 37도 수조에 3일간 보관한 경우 전기화학적 식각을 한

경우는 10633 psi의 결합력을 보였다. Laufer,²³⁾ Nageli³⁴⁾ 등은 Silicoater system과 Lee primer, Gold Link system을 비교한 경우에도 전자가 2배 정도 높은 결합강도를 나타냄을 보고하였다.

즉, 세멘트 종류나 접착후 시간에 관계없이 Silicoater system은 크게는 2배이상까지 높은 결합강도를 보였다.

Peutzfeldt³⁷⁾은 Silicoating한 금속 시편에 대해 thermocycling이 미치는 영향을 실험한 결과, 금속의 종류에 따라 다소 차이는 있지만 대체로 결합강도가 감소한다고 하였다. 그러나 non-Silicoated specimen과 비교할때 후자는 Silicoated specimen에 비해 현저히 낮은 결합강도를 보이는 것으로 나타났다.

본 실험에서는 Ni-Cr-Be계 합금인 Rexillium III에 표면 처리로 전기화학적 식각과 Silicoating을 하고 일부는 thermocycling하였다. 전기화학적 식각만 한 경우 평균접착인장강도는 185.04kg/cm²으로 떨어졌다. t검정결과 전기화학적 식각을 한 경우와 Silicoating을 한 경우에는 통계학적 유의차가 있고, 후자가 약 1.3배 높은 결합강도를 보여 전기화학적 식각처리보다 Silicoating이 높은 결합 강도를 줄 수 있는 표면처리라는 Laufer,²³⁾ Musil,³²⁾ Nageli,³⁴⁾ Peutzfeldt,³⁷⁾ Twesme⁴⁹⁾의 보고와 일치한다. 또한 thermocycling 시, 전기화학적 식각처리한 금속시편은 25.72kg/cm² 결합강도가 떨어지고, Silicoating한 금속시편은 17.88 kg/cm² 떨어져, 원래보다 전자의 경우 86.1%, 후자는 92.5%의 결합강도를 보였다. 검정 결과 전기화학적 식각처리한 경우 통계학적 유의차가 있었으나, Silicoating한 경우는 유의차가 없었다. 온도 변화는 금속과 레진 세멘트 간의 열팽창 계수가 다르기 때문에 그 계면에서 응력을 야기하여 결합강도가 떨어지는 것으로 보인다. 이것은 또한 non-Silicoated specimen과 비교할때 sili-coating한 경우 thermocycling에 저항성이 있고, Musil⁴⁴⁾과 Peutzfeldt³⁷⁾의 보고에 나타난 바와 같이 Silicoater technique이 습한 환경에 잘 견디고 Silicate layer가 수분을 흡수하지 않아 수분에 저항성이 있게 하고 durable bond(내구성 있는 결합)으로 높은 adhesion(결합력)을 얻을 수 있다는

것으로 설명될 수 있다.

Twesme⁴⁹⁾에 의하면 금속의 종류를 달리하여 Silicoating한 경우 레진 세멘트로 Dentacolor system을 사용하였을때 Ni-Cr alloy는 19.8MN/m², Ag-Pd alloy는 13.1MN/m², 그리고 Au alloy는 13.0MN/m²의 결합강도를 보였다. 본 실험의 결과에서 Rexillium III는 239.16kg/cm², NNB는 308.68kg/cm², Pors-on 4는 246.52kg/cm², Degudent-U는 166.72kg/cm²의 결합강도를 보여 Ni-Cr-Be free alloy인 NNB가 가장 높은 결합강도를 나타내고 Degudent-U가 가장 낮은 수치를 보였으며, Rexillium III가 Pors-on 4보다 약간 낮지만 통계학적 유의차는 없는 것으로 나타났다. 이러한 결합력의 차이는 "soft"한 귀금속 합금과 "hard"한 비귀금속 합금에 대한 blasting material의 영향으로, 표면 거칠기가 다르기 때문으로 사료된다.³²⁾ "softer"한 표면을 갖는 귀금속 합금에 비해, "sharper"한 표면을 갖는 비귀금속합금은 많은 결합표면의 증가를 얻을 수 있고, 따라서 큰 결합강도를 가져온 것으로 볼 수 있다.

실험을 하는 과정에서 특히 Degudent-U는 금속 시편 사이에서 실패가 일어나기전 고리부분에서 먼저 실패를 보이는 경우가 있었는데, 이것은 ultimate tensile strength가 낮은 것과 시편제작시 고리부분의 보강이 미흡한 것으로 사료된다. Musil²²⁾의 보고에 의하면 SiOx-C layer는 SEM에서 보일 만큼 충분한 두께를 갖지않으며(1~0.1um) 미세 전자분석기를 통해서만 Si가 보이고, 과정상 필요하지 않지만 큰 두께의 SiOx-C layer 형성시 ground section에서 직접 관찰이 가능하다고 한다.

본 실험에서는 금속과 레진 세멘트 계면을 SEM으로 관찰하고자, 관찰하려는 부위를 silicone carbide 연마지에서 연마하고, gold plating한 후 500배와 2000배로 관찰하였다. 전기화학적 식각처리한 경우에 비해 Silicoating을 한 경우 계면을 비교적 편평하고 규칙적인 양상을 보였으며, Gap도 거의 보이지 않아 특히 NNB의 경우는 "Gap-free zone" 양상을 보였다. 이것은 전기화학적 식각처리 경우 blasting과 etching를 모두 했고, Silicoating의 경우 blasting만을 했기 때문에 전자에서 기

계적 요철 구조가 현저한 것으로 볼 수 있다. 그리고 금속과 레진 세멘트 계면에 gap를 거의 보이지 않는 Silicoating 처리군에서 높은 접착인장강도를 보여, "Gap-free zone"과 높은 결합력 사이에 밀접한 연관성이 있음을 알 수 있다. thermocycling을 한 경우 전기화학적 식각 처리한 Rexillium III는 gap이 증가함이 현저하였고, Silicoating을 한 Rexillium III는 큰 변화를 보이지 않았다.

EPMA 관찰시 Silicoating과 전기화학적 식각 처리시 모두 레진 세멘트가 매개된 부위에서 Si 원소가 집중되어 나타남을 관찰할 수 있었고, 전자의 경우 더욱 강하게 집중되어 있었다.³²⁾ 전기 화학적 식각 처리시 금속과 레진 세멘트 계면에 Si가 약간 희박하게 보이는데, 이것은 경계면에 gap이 형성되어 생긴 결과로 설명될 수 있고 레진 세멘트 부위에서 Si 원소가 많이 관찰되는 것은 레진 자체의 재료적인 성질로 볼 수 있다. 반면 Silicoating 시는 금속면에 대한 Siliflam 처리로 SiOx-C layer가 형성되고, silane coupling agent인 Silicoup 도포로 Si가 집중된 후, 마지막으로 레진 세멘트를 사용하여 Si 원소가 고밀도로 나타난 것으로 사료된다.

인장강도실험후 단면을 2배로 확대 관찰한 결과, 접착인장강도가 큰 Silicoating을 한 시편들에서는 cohesive failure를 보여 양 금속면에 레진 세멘트가 남아 있었고,^{23,34,37)} 전기화학적 식각처리군은 adhesive failure를 주로 보여 금속면이 직접 노출되는 경향을 보였다. Silicoating을 한 Rexillium III, NNB, Pors-on 4, Degudent-U는 레진 세멘트 사이에서 실패가 나타나 레진간의 결합력보다 금속과 레진간의 결합력이 큼을 알 수 있고, 전기화학적 식각처리한 Rexillium III의 경우 시편의 일부에는 레진이 남아 있고, 일부에는 금속면이 노출되어 전자의 경우보다 금속-레진간의 결합력이 떨어짐을 알 수 있다. 또한 thermocycling시 Silicoating을 한 Rexillium III에서 cohesive failure와 함께 약간의 adhesive failure가 동반되어 일부 금속면이 노출되었다.

이와 같이 Silicoating이 기존의 전기화학적 식각법에 비해 높은 결합강도를 가지며 여러 종류의 금속에 사용될 수 있는 믿을 만한 방법임을 알 수 있었으나, 수지접합 수복물 뿐만 아니라 치과 보철

물에서 가장 중요하다고 할 수 있는 적합성을 위해서는 반귀금속 합금을 포함한 귀금속 합금에 대한 Silicoating 술식의 지속적인 연구와 개발이 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 Silicoating이 수지접합 수복물의 결합력에 미치는 영향을 관찰하기 위해 Rexillium III, NNB, Pors-on 4, Degudent-U에 Silicoating을 하고 처리방법에 따른 비교를 위하여 Rexillium III는 전기화학적 식각과 Silicoating을 한 후 복합 레진계 세멘트인 MBAS으로 접착시켰다. 또한 Rexillium III에서는 thermocycling군과 하지않은 군을 비교하였다.

금속시편은 Tensilon으로 접착인장강도를 측정하고, 주사전자현미경(SEM)과 미세전자분석기(Electron Probe Micro Analyzer), 그리고 2배 확대관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Rexillium III의 Silicoating 처리군이 전기화학적 식각 처리군보다 접착인장 강도의 증가를 보였고, 통계학적으로 유의차가 있었다($P < 0.05$).
2. Rexillium III의 전기화학적 식각 처리군에서 thermocycling시 접착 인장강도의 통계학적인 유의차가 있었으나($P < 0.05$), Silicoating 처리군에서는 유의차가 없었다($P > 0.05$).
3. Silicoating 처리시 접착 인장강도가 NNB, Pors-on 4, Rexillium III, Degudent-U 순으로 감소하였다.
4. SEM 관찰시 전기화학적 식각에 비해 Silicoating은 gap이 없는 금속-레진계면이 관찰되었다.
5. EPMA 관찰시 Silicoating은 전기화학적 식각보다 금속-레진 계면과 레진 세멘트 부위에서 Si 원소가 집중되어 나타났다.
6. 2배 확대 관찰시 Silicoating은 주로 cohesive failure를, 전기화학적 식각 처리시에는 adhesive failure를 보였다.

REFERENCES

1. Aksu, M.N., and Powers, J.M.: Variables affecting bond strength of resin-bonded bridge cements, *Dent. Mater.*, 3:26, 1987.
2. Barrack, G.: Recent advances in etched cast restorations, *J. Prosthet. Dent.*, 52:619, 1984.
3. Barzilay, I., et al.: Bond strength of 4-META containing materials to different alloys, *J. Dent. Res.*, 67:129, 1988 (Abstr. No.135).
4. Barzilay, I., et al.: Mechanical and chemical retention of laboratory cured composite to metal surfaces, *J. Prosthet. Dent.*, 59:131, 1988.
5. Belser, U., Bugnon, M., and Meyer, J-M.: Shear strength of resin bonded retainers using different retention adhesion techniques, *J. Dent. Res.*, 67:130, 1988 (Abstr. No. 137).
6. Bowen, R.L.: Synthesis of a silica-resin direct filling material, *J. Prosthet. Dent.*, 37:90, 1958.
7. Buonocore, M.G.: A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surface, *J. Dent. Res.*, 34:849, 1955.
8. Cassidy, A.J., and Storie, D.Q.: Saliva contamination and resin bonding of etched metal restoration, *J. Prosthet. Dent.*, 57:29, 1987.
9. Craig, R.G.: Chemistry, composition, and properties of composite resins, *Dental Clinics of North America*, 25:219, 1981.
10. Dilorenzo, S.C., Duke, E.S., and Noring, B.K.: Influence of laboratory variables on chrome-cobalt alloy, *J. Prosthet. Dent.*, 55:27, 1986.
11. El-Sherif, M.H., Shillingburg, H.T., Jr., and Duncanson, M.G., Jr.: Comparison of the bond strength of resin-bonded retainers using two metal etching techniques, *Quintessence International*, 20:385, 1989.
12. Eshleman, J.R., Moon, P.C., and Barnes, R.F.: Clinical evaluation of cast metal resin-bonded anterior fixed partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 51:751, 1984.
13. Eshleman, J.R., et al.: Retentive strength of acid-etched fixed prostheses, *J. Dent. Res.*, 60:349, 1981.
14. Hansson, O.: The Silicoater technique for resin-bonded prostheses: Clinical and laboratory procedures, *Quintessence International*, 20:85, 1989.
15. Haywood, V.P., Lundeen, T.F., and Taylor, D.F.: Tensile bond strengths of comspan to electrolytically etched metal with and without enamel bonding agent, *Dent. Mater.*, 3:29, 1987.
16. Hill, G.L., Zidan, O., and Gomez-Marin, O.: Bond strengths of etched base metals: Effects of errors in surface area estimation, *J. Prosthet. Dent.*, 56:41, 1986.
17. Howe, H.F., and Denehy, G.E.: Anterior fixed partial dentures utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework, *J. Prosthet. Dent.*, 37:28, 1977.
18. Hudgins, J.L., Moon, P.C., and Knap, F.J.: Particle-roughened resin-bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 53:471, 1985.
19. Isben, R.L.: Fixed prosthetics with a natural crown pontic using an adhesive composite, *J. South. Calif. Dent. Assoc.*, 41:100, 1973.
20. Isben, R.L.: One-appointment technique using an adhesive composite, *Dent. Surv.*, 49:30, 1973.
21. La Barre, E.E., and Ward, H.E.: An alternative resin-bonded restoration, *J. Prosthet. Dent.*, 52:247, 1984.

22. Lambrechts, P., Ameye, C., and Vanherle, G.: Conventional and microfilled composite resins. Part II: Chip fractures, *J. Prosthet. Dent.*, 48:527, 1982.
23. Laufer, B.Z., Nicholls, J.I., and Townsend, J.D.: SiO_x-C Coating: A composite-to-metal bonding mechanism, *J. Prosthet. Dent.*, 60:320, 1988.
24. Livaditis, G.J.: A chemical etching system for creating micromechanical retention in resin-bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 56:181, 1986.
25. Livaditis, G.J.: Cast metal resin-bonded retainers for posterior teeth, *J.A.D.A.*, 101:926, 1980.
26. Livaditis, G.J.: Etched castings: An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 47:52, 1982.
27. Love, L.D., and Breitman, J.B.: Resin retention by immersion-etched alloy, *J. Prosthet. Dent.*, 53:623, 1985.
28. Lutz, F., and Phillips, R.W.: A classification and evaluation of composite resin systems, *J. Prosthet. Dent.*, 50:480, 1983.
29. Matsumura, H. and Nakabayashi, N.: Adhesive 4-META/MMA-TBB opaque resin with poly (methyl methacrylate)-coated titanium dioxide, *J. Dent. Res.*, 67:29, 1988.
30. Meiers, J.C., Jensen, M.E., and Mayclin, T.: Effect of surface treatments on the bond strength of etched-metal resin-bonded retainers, *J. Prosthet. Dent.*, 53:185, 1985.
31. Moon, P.C.: Resin bonded bridge tensile bond strength utilizing porous patterns, *J. Dent. Res.*, 63:320, 1984 (Abstr. No. 265).
32. Musil, R., and Tiller, H-J.: The adhesion of dental resins to metal surface. *The Kulzer Silicoater Technique*, ed. 1. 6393 Wehrheim/Ts, Kulzer & Co. GmbH, 1984.
33. Myers, M.L., et al.: Comparison of electrochemical etched and adhesive resins for bonded retainers, *J. Dent. Res.*, 66:198, 1987 (Abstr. No.736).
34. Naegeli, D.G., et al.: Adhesive bonding of composites to a casting alloy, *J. Prosthet. Dent.*, 60:279, 1988.
35. Omura, I., et al.: Adhesive and mechanical properties of a new dental adhesive, *J. Dent. Res.*, 63:233, 1984 (Abstr. No. 561).
36. O'Sullivan, B.P., et al.: Bond strength of a luting composite to dentin with different bonding systems, *J. Prosthet. Dent.*, 58:171, 1987.
37. Peutzfeldt, A., and Asmussen, E.: Silicoating: evaluation of a new method of bonding composite resin to metal, *Scand. J. Dent. Res.*, 96:171, 1988.
38. Phillips, R.W.: *Skinner's science of dental materials*, 8th ed. Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1982.
39. Portnoy, L.L.: Constructing a composite pontic in a single visit, *Dent. Surv.*, 49:20, 1973.
40. Rochette, A.L.: Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth, *J. Prosthet. Dent.*, 30:418, 1973.
41. Schutt, N.L., et al.: Effect of storage time and temperature on the setting times of two composite resins, *J. Prosthet. Dent.*, 47:407, 1982.
42. Tanaka, T., et al.: 4-META Opaque Resin—A new resin strongly adhesive to nickel-chromium alloy, *J. Dent. Res.*, 60:1697, 1981.
43. Tanaka, T., et al.: Surface treatment of gold alloys for adhesion, *J. Prosthet. Dent.*, 60:271, 1988.
44. Tanaka, T., et al.: Surface treatment of non-precious alloys for adhesion-fixed partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 55:456, 1986.
45. Thompson, V.P., Grolman, K.M., and Liao, R.: Bonding of adhesive resins to nonprecious alloys, *J. Dent. Res.*, 64:314, 1985

- (Abstr. No. 1238).
46. Thompson, V.P., and Wood, M.: Etched casting bonded retainers recalls: Results at 3-5 years, *J. Dent. Res.*, 65:748, 1986 (Abstr. No. 205).
 47. Thompson, V.P., Livaditis, G.J., and Del Castillo, E.: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys to resin-bonded prostheses, *J. Dent. Res.*, 60:377, 1981 (Abstr. No. 265).
 48. Thompson, V.P., Del Castillo, E., and Livaditis, G.J.: Resin-bonded retainers. Part I: Resin bond to electrolytically etched non-precious alloys, *J. Prosthet. Dent.*, 50:771, 1983.
 49. Twesme, D.A., Lacefield, W.R., and O'Neal, S.J.: Effect of Silicoating and etching on alloy-composite bonding, *J. Dent. Res.*, 65:314, 1986. (Abstr. No. 1304).
 50. Watanabe, F., Powers, J.M., and Lorey, R.E.: In vitro bonding of prosthodontic adhesive to dental alloys, *J. Dent. Res.*, 67: 479, 1988.
 51. 山丁敦: 齒科 接着性 Resin의 基礎와 臨床 (下卷), Quintessence出版株式會社, Tokyo, 1983.
 52. 박현석, 이성현, 양재호, 장완식: 식각된 비귀금속 합금과 법랑질을 복합레진계 세멘트로 접착시킨 경우의 접착인장강도에 관한 연구, *대한치과보철학회지*, 24: 85, 1985.

— Abstract —

AN EXPERIMENTAL STUDY ON BOND STRENGTH OF SILICOATED RESIN BONDED RESTORATION

Hyeon Soo Shin, D.D.S. Keun Woo Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D., Ho Yong Lee., D.D.S., M.S.D., Ph.D

Department of Prosthodontics, College of Dentistry Yonsei University

This study investigated the effects of Silicoating procedure on the tensile bond strength of resin-bonded prostheses.

The Rexillum III specimens were treated with electrochemical etching and Silicoating procedure, followed by thermocycling and the NNB, Pors-on 4, and Degudent-U specimens were treated with Silicoating procedure.

The specimens were debonded in tension with a Tensilon machine. Also, all specimens were observed with SEM, concentration of Si elements was analyzed with EPMA, and the mode of failure was recorded.

The results of this study were obtained as follows:

1. In the Rexillum III specimens, the tensile bond strength of the Silicoated specimens was higher than that of the electrochemically etched specimens, and significant differences were observed ($P < 0.05$).
2. The tensile bond strength of electrochemically etched Rexillum III specimens, significant differences were observed between the thermocycled and nonthermocycled specimens ($P < 0.05$), but no significant differences were observed in the Silicoated specimens ($P > 0.05$).
3. The tensile bond strength of the Silicoated specimens decreased NNB, Pors-on 4, Rexillum III, and Degudent-U in that order named.
4. Unlike the electrochemically etched specimens, the Silicoated specimens showed gap-free metal-resin interfaces with SEM.
5. Compared to the electrochemically etched specimens, the Silicoated specimens showed higher concentration of Si elements at the metal-resin interfaces and resin cement.
6. Photographic evaluation (X2) of the fractured sites revealed mainly cohesive failures with the Silicoated specimens, and adhesive failures with the electrochemically etched specimens.

EXPLANATION OF FIGURES

- Fig. 8.** SEM photomicrograph showing etched Rexillum III specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 9.** SEM photomicrograph showing etched and thermocycled Rexillum III specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 10.** SEM photomicrograph showing Silicoated Rexillum III specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 11.** SEM photomicrograph showing Silicoated and thermocycled Rexillum III specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 12.** SEM photomicrograph showing Silicoated NNB specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 13.** SEM photomicrograph showing Silicoated Pors-on 4 specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 14.** SEM photomicrograph showing Silicoated Degudent-U specimen
a. X500
b. X2000.
- Fig. 15.** X-Ray image of etched specimen
a. X480
b. X2000.
- Fig. 16.** X-Ray image of Silicoated specimen
a. X480
b. X2000.
- Fig. 17.** Photograph showing etched Rexillum III specimen
- Fig. 18.** Photograph showing etched and thermocycled Rexillum III specimen
- Fig. 19.** Photograph showing Silicoated Rexillum III specimen .
- Fig. 20.** Photograph showing Silicoated and thermocycled Rexillum III specimen
- Fig. 21.** Photograph showing Silicoated NNB specimen .
- Fig. 22.** Photograph showing Silicoated Pors-on 4 specimen
- Fig. 23.** Photograph showing Silicoated Degudent-U specimen

》 논문사진부도 ① 《



Fig. 8a



Fig. 8b



Fig. 9a



Fig. 9b

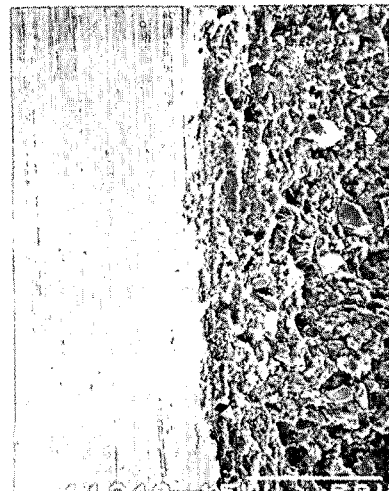


Fig. 10a



Fig. 10b

》 논문사진부도 ② 《



Fig. 11a



Fig. 11b

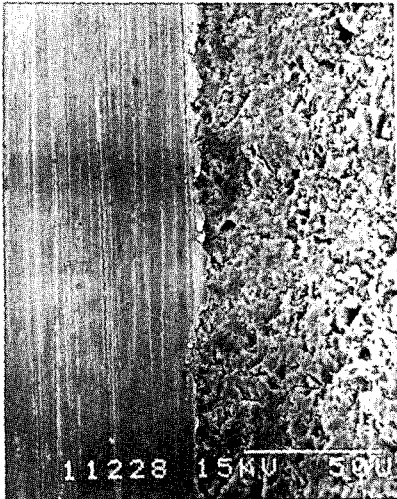


Fig. 12a



Fig. 12b



Fig. 13a



Fig. 13b

》 논문사진부도 ③ 《

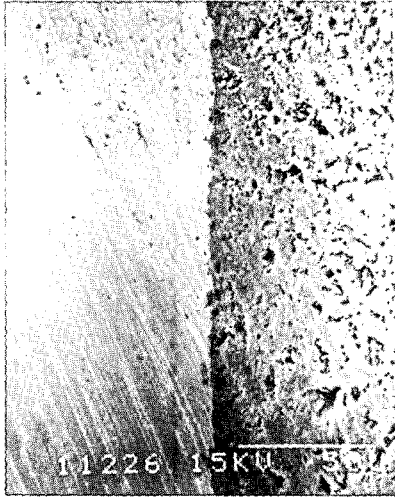


Fig. 14a

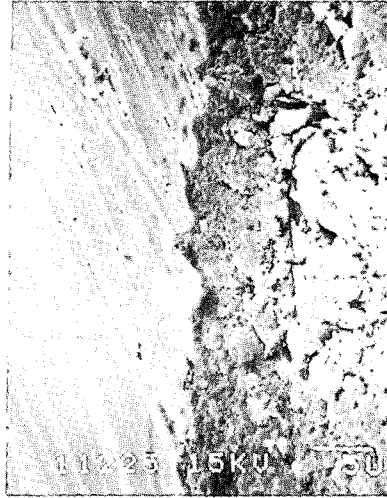


Fig. 14b

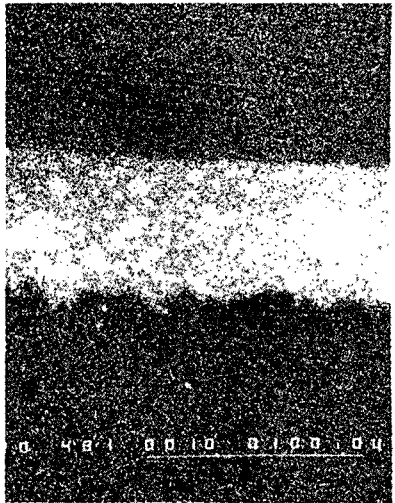


Fig. 15a



Fig. 15b

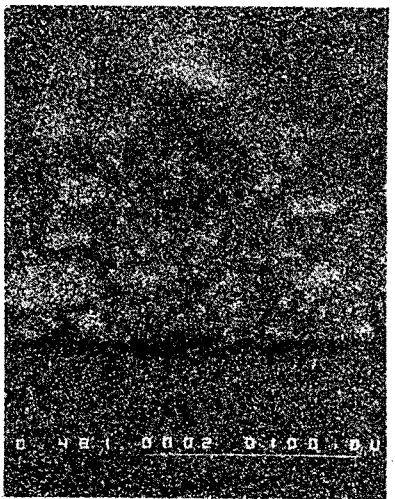


Fig. 16a



Fig. 16b

》 논문사진부도 ④ 《



Fig. 17

Fig. 18

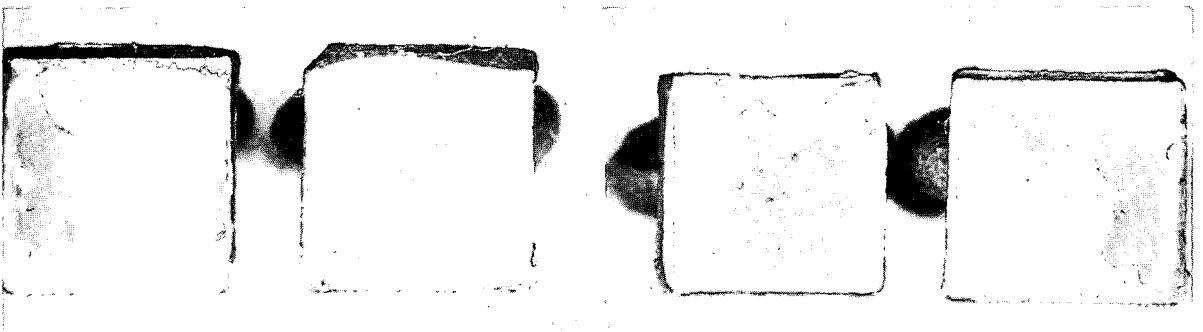


Fig. 19

Fig. 20

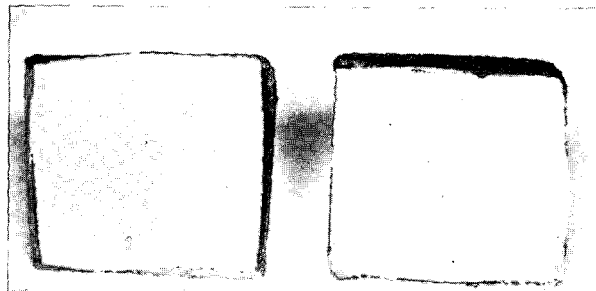


Fig. 21

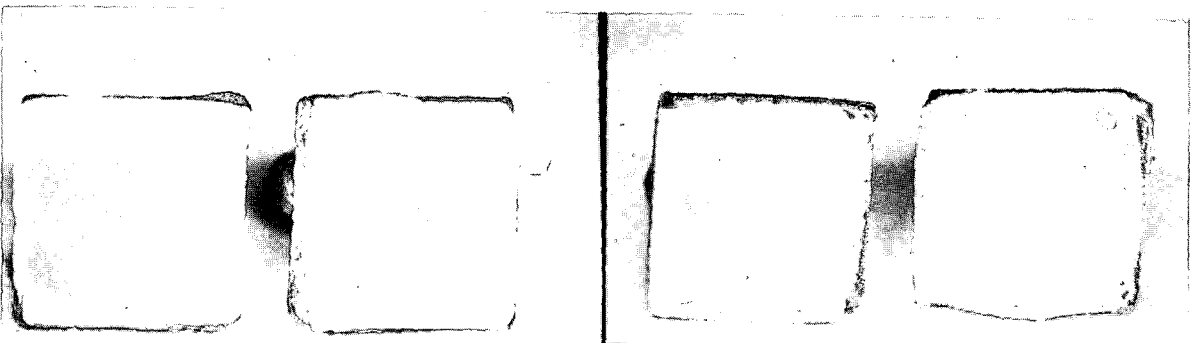


Fig. 22

Fig. 23