

전해질 농도와 식각시간에 따른 비귀금속합금의 표면조도 변화

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

허재웅 · 전영찬 · 정창모 · 임장섭

I. 서 론

Buonocore¹⁾가 인산으로 탈회시킨 법랑질 표면의 미세구조와 아크릴레진간의 기계적 결합을 보고한 이래, 결손부 인접 지대치의 치질삭제를 최소화하기 위한 레진-유지 고정성 국소의치(Resin-retained Fixed Partial Denture)의 개발과 연구가 지속적으로 이루어져 왔다.

Rochette²⁾는 제 4형 금합금을, Howe와 Denehy³⁾는 도재용 비귀금속합금을 이용하여 천공된 금속판을 제작하고 이를 레진으로 지대치면에 접착시키는 술식을 보고한 바 있으나, 이러한 보철물들은 천공으로 인한 금속구조물의 약화와 노출된 레진의 마모와 변색 등의 결점을 갖고 있었다.

Dunn과 Reisbick⁴⁾이 매식용 금속인 Vitallium에 도재를 피복하기 위하여 금속의 전기화학적인 식각처리방법을 치과계에 소개한 후, Tanaka 등⁵⁾은 이러한 식각처리방법을 이용하여 처음으로 니켈-크롬합금과 전장용 레진간의 유지결합에 관한 보고를 하였다. 또한 1980년대 초반 Livaditis 등⁶⁻⁹⁾이 주조체를 천공시키지 않고 주조체 내면을 식각시켜 레진으로 치면에 접착시키는 식각주조보철물(etched cast restoration)을 고안한 이래 식각주조보철물은 현재 임상에 널리 사용되고 있다.

식각주조보철물은 저작압을 적게 받는 부위의 결손부를 수복, 치주조직의 상태가 불량하여 동요도가 심해진 치아들을 splinting, 또는 교정치료 후의 보정장치 등에 사용될 수 있다^{6,7)}.

식각주조보철물과 지대치면과의 결합은 레진과 식각된 금속의 결합, 레진 자체의 응집결합, 그리고 레진과 탈회된 법랑질의 결합으로 이루어져 있는데, 이 중 레진과 금속의 결합은 식각처리에 의해 형성된 금속표면의 미세 요철과 레진의 기계적인 결합으로서 이러한 금속표면의 미세 요철구조는 접촉면적을 증가시키고 레진이 잘 젖도록 한다.

일반적으로 식각주조보철물 제작에는 다상 구조를 갖는 니켈, 크롬 또는 코발트 등의 비귀금속합금을 사용하며¹⁰⁾, 전해질로는 황산, 질산, 염산 또는 과염소산 등이 주로 이용되고 있다. 식각효과에 영향을 주는 요소로는 합금성분과 결정입의 방향 등과 같은 금속내적인자들과, 전해질의 종류, 농도, 및 온도 그리고 식각 시간과 두 전극사이의 거리, 전류밀도 등의 금속외적인자들이 있다¹⁰⁻¹²⁾. 임상에서는 금속과 레진과의 양호한 결합을 얻기위해 흔히 전류밀도, 전해질 농도, 식각시간 등의 금속외적인자들을 조절하여 비귀금속합금의 적절한 표면조도와 식각깊이를 얻으려하고 있다. 그러나 전해질의 농도와 식각시간에 따른 표면조도나 식각깊이에 대한 기존의 연구는 대부분 주사전자현미경 관찰에 그치고 있어^{6,13-15)} 이에 관한 계속적 보고는 미흡한 실정이다.

이에 본 연구는 Ni-Cr-Be 합금을 효과적으로 식각처리하는데 필요한 전해질 농도와 식각시간 조건 등을 알아보기 위하여 광학식 3차원 표면조도측정기를 이용하여 계측하고 주사전자현미경으로 관찰하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 금속시편제작 및 식각처리

12×10×1.5mm크기의 플라스틱 납형을 통법에 따라 매몰, 소환한 후 Ni-Cr-Be 합금인 Verabond® (Aalba Dent Inc., USA)로 고주파 전기주조기를 이용하여 주조하였다. 주조된 금속시편은 평면연삭기 (Nagase, Japan)를 이용하여 표면조도 0.1 μ m 이하로 연마하여 총 150개의 연마된 시편을 준비하였다.

이 중 5개의 시편은 연마된 상태로 두었고, 또 다른 5개의 시편은 sandblaster를 이용하여 50 μ m aluminium oxide로 15초간(방출압력 40psi, 방출거리 10mm) 수직으로 움직이면서 분사한 후, 증류수에서 10분간 초음파세척을 시행하였다.

나머지 140개의 시편은 식각될 부위(10×10mm)를 제외한 나머지 면을 sticky wax로 masking 한 후 금속연마식각기(Polectrol, Struers, Denmark)로 식각처리하였다. 이 140개의 시편은 전해질 과염소산(HClO₄)의 4가지 농도(10, 30, 50, 70%)와 7가지 식각시간(15, 30, 60, 120, 180, 240, 300초)을

조합한 28개군으로 분류하여 각 군당 5개씩 사용하였다(Table 1). 식각될 부위와 전극사이의 거리는 1.5cm를 유지하였고, 전류밀도는 600mA/cm²로 설정하였으며, 식각처리한 후에는 금속산화막을 제거하기 위하여 시편을 18% 염산에서 10분간 초음파 세척하고, 증류수로 수세한 후 건조시켰다.

2. 광학식 3차원 표면조도 및 식각깊이 측정

광학식 3차원 표면조도측정기(Accura 1500M, Intek Engineering Co., Korea)를 이용하여 실시야 크기 450×450 μ m에 대한 표면조도 (R_a , $R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |f(x)| dx$)를 측정하고, 연마부와 식각부의 경계부위에서 연마된 면의 표면조도(R_{a1})와 식각된 면의 표면조도(R_{a2})의 수직거리인 식각깊이(Etching depth)를 구하였다(Fig. 1).

3. 주사전자현미경관찰

금속시편의 식각양상을 주사전자현미경(SEM S-4200, HITACHI, Japan)으로 관찰하였다(1000배율).

Table 1. Testing scheme

Surface treatments	Number of specimen
Polishing	5
Aluminium oxide(50 μ m) blasting	5
Etching (HClO ₄) etching times: 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300(sec.) electrolyte concentrations: 10, 30, 50, 70(%)	7×4×5=14

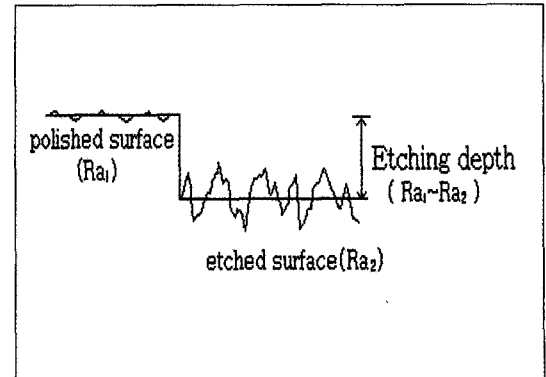
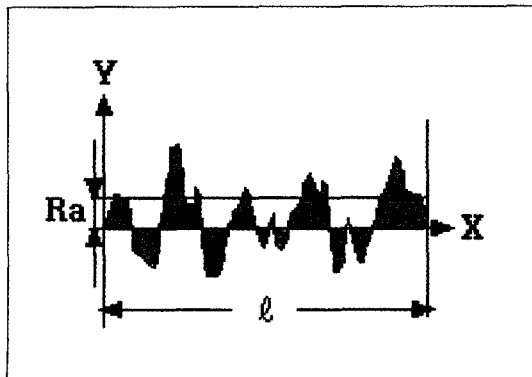


Fig. 1. Surface roughness average(R_a) and etching depth.

III. 연구 성적

1. 광학식 3차원 표면조도 및 식각깊이

광학식 3차원 표면조도측정기로 측정한 각 실험군의 표면조도와 식각깊이는 Table 2와 Fig. 2 및 Fig. 3과 같으며, 금속표면의 3차원적 미세형상은 Fig. 4~Fig. 10과 같았다.

각 실험군들의 표면조도와 식각깊이의 평균치를 구하고 차이를 Wilcoxon순위합 검정법으로 검정한 결과, 표면조도의 평균치는 연마군 0.08 μ m, sandblasting군 1.14 μ m이었으며, sandblasting군의 표면조도는 전해질 농도 30%, 식각시간 30초를 적용한 식각군과 같았다(P<0.05). 연마후 sandblasting한 면의 평균깊이는 0.86 μ m이었으며, 이는 10%-15초식각군, 30%-15초식각군, 그리고 70%-15초식각군과 같았다(P<0.05)(Table 2).

전해질의 농도와 식각시간에 따른 표면조도와 식각깊이의 유의성 여부를 검정하기 위해 two-way ANOVA를 시행하였다. 통계처리결과 식각시간과 전해질농도에 따라서 표면조도와 식각깊이는 대부분 차이가 있었으며, 전해질농도와 식각시간간에 상호작용이 있었다(P<0.05)(Table 3).

전해질 농도와 식각시간이 표면조도에 영향을 미치는 정도를 Omega-square 공식($\omega^2 = \frac{SS_{x-df}MS_w}{SS_t + MS_w}$)으로 검정한 결과, 식각시간(38%), 전해질농도

(36%), 시간과 농도의 상호작용(21%)순으로 나타났으며, 식각깊이에 영향을 미치는 정도는 식각시간(51%), 전해질농도(28%), 시간과 농도의 상호작용(19%)순으로 나타났다.

식각시간과 농도에 따른 표면조도와 식각깊이에 대한 각 실험군 사이의 유의성을 Duncan's test로 사후비교한 결과는 Table 4, 5와 같았다. 각 전해질농도의 15초 식각시간에서는 전해질농도에 따른 표면조도와 식각깊이의 유의한 차이가 없었고, 10%, 30% 농도에서는 식각시간에 따라 표면조도와 식각깊이가 증가하였으나, 70%농도에서는 식각시간에

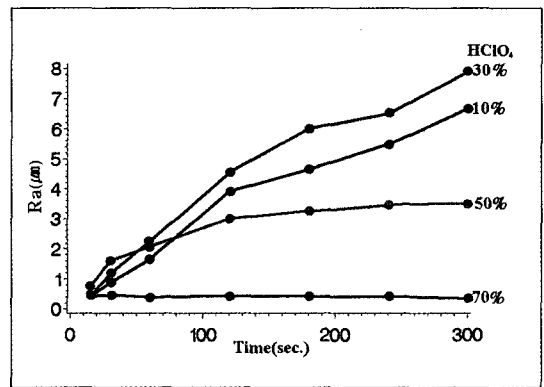


Fig. 2. Surface roughness(Ra) of etched metal surface.

Table 2. Means and SD of surface roughness and etching depth (μ m)

		Surface roughness				Etching depth			
		0.08±0.03				(0.86±0.43)*			
		Polishing				Sandblasting			
Etching Sec.	%	10	30	50	70	10	30	50	70
		15	0.40±0.03	0.44±0.05	0.74±0.07	0.41±0.01	1.25±0.73*	1.19±0.57*	1.90±0.26
30	0.87±0.02	1.16±0.03*	1.59±0.11	0.45±0.03	3.32±0.36	3.30±0.18	2.40±0.31	1.40±0.18	
60	1.66±0.14	2.24±0.45	2.05±0.14	0.38±0.07	5.97±0.72	6.65±0.41	3.38±0.19	1.58±0.21	
120	3.91±0.10	4.55±0.38	2.99±0.28	0.43±0.06	10.25±0.99	14.57±2.36	6.11±1.47	1.61±0.24	
180	4.64±0.11	6.01±0.11	3.25±0.22	0.43±0.05	17.14±1.46	19.82±1.10	12.13±2.44	1.63±0.25	
240	5.49±0.31	6.49±0.29	3.47±0.38	0.42±0.04	23.79±2.49	28.60±1.46	17.61±0.85	1.61±0.22	
300	6.67±0.71	7.90±0.88	3.52±0.12	0.37±0.04	27.47±1.29	33.25±2.00	19.79±0.76	1.68±0.14	

*Result of Wilcoxon test: no significant difference.

+Result of Wilcoxon test: no significant difference.

() : Mean depth after air-abrading with 50 μ m aluminum oxide.

따른 차이를 보이지 않았다($P < 0.05$). 30%-300초 식각군에서 표면조도 $7.9\mu\text{m}$, 식각깊이 $33.25\mu\text{m}$ 로 가장 큰 표면조도와 식각깊이를 나타내었다($P < 0.05$) (Table 2). 식각시간을 120초보다 오래 한 군, 즉 180초, 240초, 300초 군에서는 30%, 10%, 50%, 70% 전해질 농도순으로 표면조도와 식각깊이가 컸었다($P < 0.05$) (Fig. 2, 3).

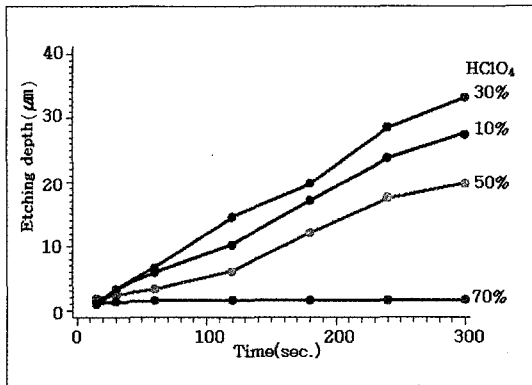


Fig. 3. Etching depth of etched metal surface.

2. 주사전자현미경조건

주사전자현미경조건은 Fig. 11~Fig. 16과 같다. 연마군은 비교적 활택한 표면을 보였고, sandblasting군에서는 결정입과 결정입계의 구분없이 전체적으로 불규칙한 표면을 보였다. 전해질 농도 10%와 30%농도의 각각 15초와 30초 식각시간군에서 결정입계부위를 따라 뚜렷이 식각된 양상을 보였으며, 시간이 경과함에 따라 결정입계 뿐만 아니라 결정입 자체 마저 현저히 식각되어졌다. 전해질 농도 50%의 15초 군과 30초 군에서는 결정입계를 따라 뚜렷이 식각되어졌고, 시간경과에 따라 식각이 심화되었으나 10%와 30% 군보다는 덜 뚜렷하였다. 70%군에서는 시간이 300초까지 경과하더라도 식각이 진행되어지는 것은 거의 없었다.

IV. 총괄 및 고찰

레진-유지 고정성 보철술식은 범랑질층내의 삭제만을 요하는 치질 보존적 술식이며 치경부변연을 치은연상에 위치시키므로 치주학적 관점에서도 매우 유리하다⁶⁾. 이에 반하여 금속투영으로 인한 비심미

Table 3. Result of 2-way ANOVA

Source	Surface roughness			Etching depth		
	DF	F value	P>F	DF	F value	P>F
Etching time(T)	6	635.45	0.0001	6	904.89	0.0001
Electrolyte concentraion(C)	3	1140.44	0.0001	3	998.09	0.0001
T×C	18	112.00	0.0001	18	115.02	0.0001

Table 4. Result of Duncan's test for surface roughness

Sec.	% concentration			
	10	30	50	70
15	M	M	LM	M
30	LK	K	J	M
60	J	I	I	M
120	F	E	H	M
180	E	C	HG	M
240	D	B	G	M
300	B	A	G	M

The surface roughness decreases in alphabetical order.

Table 5. Result of Duncan's test for etching depth

Sec.	% concentration			
	10	30	50	70
15	K	K	JK	K
30	J	J	JK	K
60	I	I	J	K
120	H	F	I	K
180	E	D	G	K
240	C	B	E	K
300	B	A	D	K

The etching depth decreases in alphabetical order.

성과 범랑질과의 결합실패로 인한 2차우식 등의 단점이 지적되어 결합방법에 대한 연구가 지속적으로 이루어져 왔다¹⁶⁾.

1973년 Rochette⁹⁾가 천공된 금속판을 레진으로 지대치면에 접착시키는 술식을 보고한 이래, 1980년 Maryland 대학의 Thompson 등에 의한 니켈-크롬합금의 식각조건에 관한 연구^{6,8,9)}, 유지 및 저항형태를 부여하기 위하여 retention bead를 이용하는 식각주조물¹⁷⁾, 치질삭제의 형태¹⁸⁾, 그리고 치질의 산처리 후 적용하는 bonding agents 및 식각된 금속내면에 적용하는 metal primer 등 식각주조보철물의 유지력 향상을 위해 여러 가지 adhesive system과 금속표면의 처리방법들이 보고되고 있다¹⁹⁾.

식각주조 보철물의 유지력은 전해부식한 금속과 인산으로 탈회한 범랑질, 그리고 그 사이에 개재된 레진과의 결합으로 얻어진다. 이 중 금속표면의 식각은 다상구조의 합금에서 일부 상(phase)들이 빠져나감으로서 이루어지는 것이기 때문에 금속을 식각시켜 결합력을 얻기에 적당한 표면구조를 만들려면 비귀금속합금이 적절한 것으로 보고^{10,15)}되고 있으며, 본 실험에서는 Ni-Cr-Be계 비귀금속합금인 Verabond를 사용하였다.

니켈, 크롬, 그리고 코발트 등의 비귀금속합금을 식각처리하기 위하여 사용하는 전해질은 황산, 질산, 염산, 그리고 과염소산 등이 있으며, 선학들의 보고에서는 니켈-크롬-베릴륨계 비귀금속합금은 주로 10% 황산을 이용하여 300mA/cm²의 전류밀도로 3분간 식각처리하는 것을 일반적으로 추천하고 있다^{8,9,20)}.

그러나 본 실험에서 사용한 금속연마식각기 제조사는 전해질로 과염소산을 추천하였으며, 추천농도는 40%~60%이었다. 과염소산을 사용한 식각에 관한 연구는 매우 희소하여 저자는 제조사의 추천농도인 50%를 포함한 10%, 30%, 70%농도를 적용하고, 식각시간은 15초~300초 범위에서 7가지 시간조건을 각각 적용하여 전기화학적 식각처리를 시행한 후, 전해질 농도와 식각시간에 따른 금속의 표면조도와 식각깊이의 변화를 비교하여 가장 적절한 식각조건을 알아보고자 하였다.

본 실험에서 사용된 과염소산에 관한 적절한 전류밀도를 구하기 위해 정전위장치를 이용한 전기화학적 부식실험을 행하였으며, 10%, 30%, 50%농도의

전해질에서 염화은 전극(Ag/AgCl)을 표준전극(reference electrode)으로 하는 양극분극곡선을 구하였고, 식각영역인 break down potential⁵⁾을 상회하는 600mA/cm²의 전류밀도를 설정하였다.

실험과정에서 10%, 30%, 50% 전해질농도에서는 식각시간동안 600mA/cm²의 안정된 전류밀도를 보였지만, 70%농도에서는 수 초가 지나면서 전압이 곧 상승하여 식각기의 초기 전압인 6V에 근접하였고 전류는 50mA/cm²이하로 내려가 더 이상 식각반응이 일어나지 않았다. 이는 고농도인 70%에서는 초기 수 초동안에만 식각반응이 일어나고 시간이 경과하면서 비공질 피막이 생겨 전류가 급격히 감소하게 되는 부동태현상¹¹⁾이 생긴 것으로 설명될 수 있다.

한편, 식각된 금속 표면에 관한 기존의 연구들은 주사전자현미경관찰이 대부분을 차지하고 있으며^{6,13-15)}, 표면조도나 식각깊이에 대한 계측학적인 보고는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 백색광의 제한 간섭성을 이용한 광학식 3차원 표면조도 측정기로, 식각처리된 금속표면의 3차원적 표면형상을 계측분석 하고자 하였다.

광학식 3차원 표면조도 측정기는 중심파장이 약 600nm 이며, 파장의 간섭길이(coherence)는 약 1.8 μ m 정도가 되는 백색광을 사용하여 렌즈를 Z축 방향으로 100 μ m 범위 내에서 정밀구동 시켜주는 PZT (Piezoelectric Transducer)를 통해 기준면을 이송시키면서 간섭무늬의 가시성이 최대가 되는 점을 찾는 방식으로 표면조도 측정, 3차원 형상측정, 단차측정 기능은 물론, 기하학적 2차원 치수 측정까지 구현할 수 있는 다기능의 복합 첨단 측정장비이다²¹⁾.

표면조도를 표시하는 방법에는 Ra(Roughness average, 중심선 평균 거칠기), Rq(Root mean square, 자승 평균 평방근 거칠기), Rmax(단위길이의 최대높이), Rz(Ten point height of irregularities, 10점 평균 거칠기), Rt(꼭지점과 골까지의 최대수직 거리) 등이 있는데 본 실험에서는 가장 많이 사용되고 있고 안정적이며 쉽게 적용할 수 있는 Ra값을 사용하였다.

본 실험의 결과에 의하면 표면조도와 식각깊이에 가장 크게 영향을 미치는 인자는 식각시간이었으며, 농도, 상호작용(시간과 농도)순으로 나타났고, 50 μ m aluminum oxide를 이용한 sandblasting²²⁾의 평균조도와 식각깊이는 식각군들중 낮은 평균조도와 식

각깊이를 갖는 군들과 유사하게 나타났다. 30%와 10% 농도에서는 식각시간의 증가에 따라 조도 및 식각깊이가 비례적으로 증가되었는데, 접촉되는 레진의 이상적인 두께를 감안할 때, 금속표면의 적당한 식각깊이²³⁾와 주사전자현미경 관찰에서 적절한 표면조도¹⁹⁾를 갖는 전해질농도는 30%와 식각시간 300초 조건임을 알 수 있으나, 레진 결합력에 가장 유리한 식각표면형태를 검증하는 연구가 보완되어야 할 것으로 생각된다.

금속식각술은 금속의 결정구조를 알아보기나 성분 분석을 위한 방법의 하나로 사용되어 왔는데¹⁵⁾, 주사전자현미경 관찰에서 10%, 30%, 50% 농도의 15초와 30초 식각시간 조건에서는 결정입계 부위를 따라 뚜렷이 식각되는 양상으로 결정구조를 알아볼 수 있었으며, 시간이 경과함에 따라 결정입계 뿐만 아니라 결정입 자체도 뚜렷이 식각되는 양상을 관찰할 수 있었고, 10%와 30%의 농도에서는 시간이 경과할수록 식각양상이 비슷하여 구별하기 어려웠다. 반면에 70% 농도에서는 표면조도에서와 같이 식각시간경과에 따라 변화가 거의 일어나지 않았다.

Simonsen⁹⁾은 니켈-크롬-베릴륨계통의 금속과 레진과의 결합력은 수지상 결정구조내에 생기는 gamma prime phase relief보다는 수지상 결정구조 사이에 존재하는 lamellar phase가 빠져나감으로써 생기게 되며, 이러한 결합력은 미세구조의 기계적 undercut 보다는 전체적으로 넓혀진 표면적에 기인할 것이라고 하였고 이를 뒷받침하는 연구결과도 있었다¹³⁾.

치과 보철학적으로 금속표면을 전기화학적으로 식각처리하는 목적은 가장 효율적인 미세유지력을 얻는 데 있다. 이런 식각표면은 자연치의 법랑질상의 식각표면과 비교해볼 수 있는데 식각 법랑질에서 미세유지력을 담당하는 것은 macrotag와 microtag이다. prism사이에서 관찰되는 macrotag는 길이가 2 μ m에서 5 μ m이고, prism 내에서 관찰되는 microtag는 macrotag으로부터의 섬유성 돌기형태(filamentous projection)로 나타나는데 길이가 1 μ m에서 10 μ m이며 0.05 μ m의 직경을 가지고있다. 각 prism마다 80에서 250개의 밀도를 보여주는 microtag는 많은 수로 인해 레진과 접촉되는 면적이 macrotag보다 더 넓기 때문에 중요시되어진다^{24,25)}. 따라서 본 실험에서 측정된 표면조도가 크다고 하여 레진과의 결합력이 크다고는 할 수 없겠고, 보다 나은 결합력을 얻기 위해

식각된 금속면과 치아면의 미세 형태구조에 대한 레진 결합력의 연구가 지속되어야 할 것으로 생각된다.

V. 결 론

니켈-크롬-베릴륨 합금(Verabond[®], Aalba Dent Inc., USA)으로 주조된 12×10×1.5mm의 금속시편을 표면조도 0.1 μ m이하로 연마하여, 연마군 5개, sandblasting군 5개, 식각군 140개로 구성된 총 150개의 시편을 준비하였다. Sandblasting군은 50 μ m Al₂O₃를 사용하였으며, 식각군은 과염소산(HClO₄)을 사용하여 10, 30, 50, 70%의 전해질농도와 15, 30, 60, 120, 180, 240, 300초의 식각시간으로 금속연마기인 Pollectrol을 이용하여 식각처리 하였다. 이후 주사전자현미경과 광학식 3차원 표면조도측정기(Accura 1500M, Intek Engineering Co., Korea)로 각 실험군의 표면조도와 식각깊이를 측정하였다. 본 실험조건하에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 식각시간, 전해질 농도, 시간과 농도상호작용 순으로 식각된 금속시편의 표면조도와 식각깊이에 영향을 미쳤다(P<0.05).
2. 10%와 30%농도에서는 식각시간의 증가에 따라 표면조도와 식각깊이가 증가하였으나 70%농도에서는 식각시간에 따른 유의한 차이는 나타나지 않았다(P<0.05).
3. 식각시간 120초 이후에서는 30, 10, 50, 70% 전해질 농도순으로 표면조도와 식각깊이가 컸었다(P<0.05).
4. 10%, 30%농도의 15초와 30초 식각시간에서 결정입계부위를 따라 뚜렷한 식각양상을 관찰할 수 있었고 시간경과에 따라 결정입계 뿐만 아니라 결정입 부위에서도 뚜렷이 식각되는 양상을 관찰할 수 있었다. 50%농도에서도 시간경과에 따라 식각이 심화되나 10%, 30%농도보다는 덜 뚜렷하였다. 70%농도에서는 식각시간에 따른 식각양상의 변화는 뚜렷하지 않았다.
5. 50 μ m aluminium oxide로 sandblasting한 표면조도(1.14±0.09 μ m)는 30%-30초 식각군(1.16±0.03 μ m)과 같았다(P<0.05).

참고 문헌

1. Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic resin filling materials to enamel surface. *J Dent Res* 1955;34:840-53.
2. Rochette AL. Attachment of a splint to enamel of lower anterior teeth. *J Prosthet Dent* 1973;30:418-23.
3. Howe DF, Denehy GE. Anterior fixed partial dentures utilizing the acid-etch technique and a cast metal framework. *J Prosthet Dent* 1977;37:28-31.
4. Dunn B, Reisbick MH. Adherence of ceramic coating on chromium-cobalt structures. *J Dent Res* 1976;55:328-32.
5. Tanaka T, Atsuta M, Uchiyama Y, Kawashima I. Pitting corrosion for retaining acrylic resin facings. *J Prosthet Dent* 1979;42:282-91.
6. Livaditis GJ, Thompson VP. Etched casting : An improved retentive mechanism for resin-bonded retainers. *J Prosthet Dent* 1982;47:52-9.
7. Livaditis GJ. Cast metal resin-bonded retainers for posterior teeth. *J Am Dent Assoc* 1980; 101:926-9.
8. Simonsen RJ, Thompson V, Barrack G. Etched cast restorations: clinical and laboratory technique. Chicago: Quintessence 1983.
9. Thompson VP, Del Castillo E, Livaditis GJ. Resin-bonded retainers. Part I: Resin bond to electrolytically etched nonprecious alloys. *J Prosthet Dent* 1983;50: 771-9.
10. 염희택, 여운관. 최신 금속표면처리. 동명사 1985. pp. 25-37, 347-58.
11. 박용수. 금속부식. 민음사 1988. pp. 181-200, 137-80.
12. Sch ffer H. Determination of the etching surface of metal frameworks in resin-bonded prostheses. *J Prosthet Dent* 1991;65:51-3.
13. Doo-Joong Yoon. Bond strength of bisphenol A and glycidyl methacrylate based resin to Ni-Cr alloys. *The Journal of the Korean Dental Association* 1984;22(8):705-14.
14. Jackson TR, Healay KW. Chairside electrolytic etching of cast alloys for resin bonding. *J Prosthet Dent* 1985;54:764-9.
15. Hun-Young Chung, Sun-Hyung Lee. Scanning Electron Micrographic study on the etched surface of base metal alloys for dental restorations. *J Korean Acad Prosthodont* 1985;23:83-95.
16. Greengerg JR, Kelly JT, Yoshida A. Etched Porcelain-Fused-to-Metal Resin-Bonded Prosthesis. *J Esth Dent* 1996;8:273-8.
17. Orchard NA, Howlett JA, Davies EH, Pearson GJ. Adhesive composite resins for artificial teeth: a laboratory investigation of bond strength to a cobalt- chromium alloy. *Biomaterials* 1997;18:935-8.
18. Burgess JO, McCartney JG. Anterior retainer design for resin-bonded acid- etched fixed partial dentures. *J Prosthet Dent* 1989;61:433-6.
19. Pegoraro LF, Barrack G. A comparison of bond strengths of adhesive cast restorations using different designs, bonding agent, and luting resins. *J Prosthet Dent* 1987;57:133-8.
20. McLaughlin G, Masek J. Comparison of bond strengths using one-step and two-step alloy etching techniques. *J Prosthet Dent* 1985;53:516-20.
21. Intek Engineering Co.. ACCURA Manual. Beoul; 1997.
22. Diaz-Arnold AM, Keller JC, Wightman JP, Williams VD. Bond strength and surface characterization of a Ni-Cr-Be alloy. *Dent Mater* 1996;12:58-63.
23. Sch ffer H, Piffer A. Evaluation of the electrolytic etching depth of a nickel- chromium base alloy used in resin-bonded cast restorations. 1990;64:680-3.
24. Bayne SC, Taylor DF. Dental materials.

In: The art and science of operative dentistry.
3rd ed. St Louis: CV Mosby; 1995.
25. Bayne SC, Fleming JE, Faison S. SEM-

EDS analysis of macro and micro resin
tags of laminates. J Dent Res 1982;
61A:304[abstract 1128].

사진부도 설명

3-dimensional surface roughness of metal surface.

- Fig. 4. Polished surface.
- Fig. 5. Sandblasted surface with 50 μ m aluminum oxide.
- Fig. 6. Etched surface with 10% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 7. Etched surface with 30% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 8. Etched surface with 50% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 9. Etched surface with 70% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 10. Etching depth with 120 second-etching time.
a. 10% HClO₄. b. 30% HClO₄. c. 50% HClO₄. d. 70% HClO₄.

Scanning electron microscopy of metal surface. ($\times 1000$)

- Fig. 11. Polished surface.
- Fig. 12. Sandblasted surface with 50 μ m aluminum oxide.
- Fig. 13. Etched surface with 10% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 14. Etched surface with 30% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 15. Etched surface with 50% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.
- Fig. 16. Etched surface with 70% HClO₄.
a. 15 second-etching time. b. 120 second-etching time.

Reprint request to:

Young-Chan Jeon, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University
1-10 Ami-dong, Seo-Gu, Pusan, 602-739, Korea
cmjeong@hyowon.cc.pusan.ac.kr

사진부도 ①

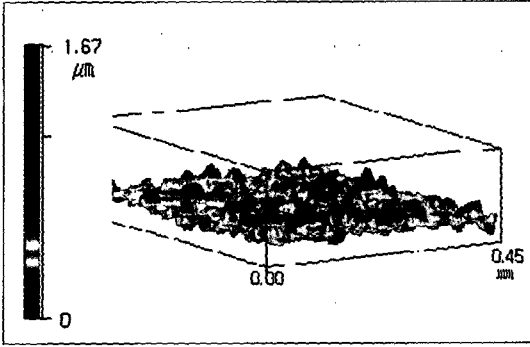


Fig. 4.

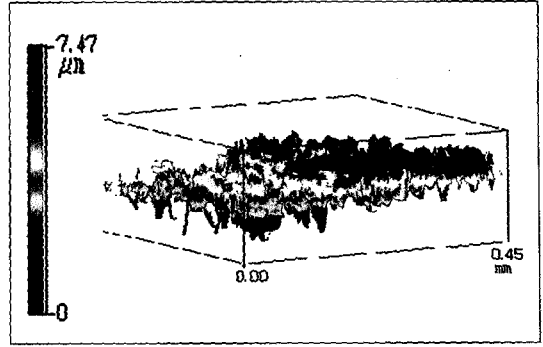


Fig. 5.

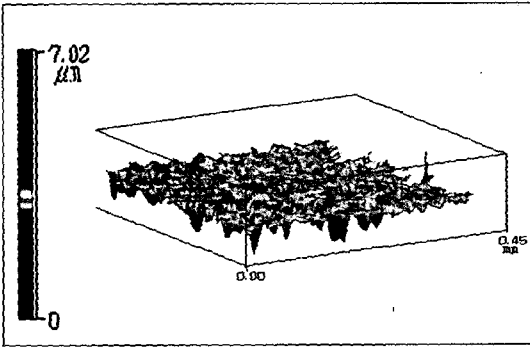


Fig. 6a.

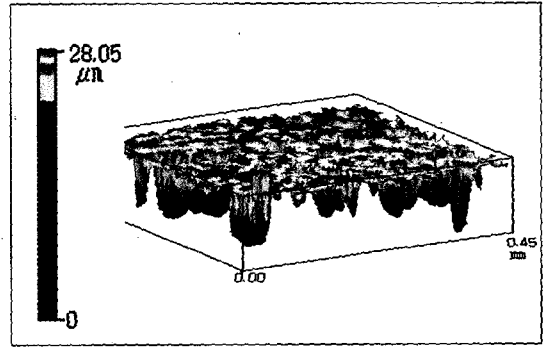


Fig. 6b.

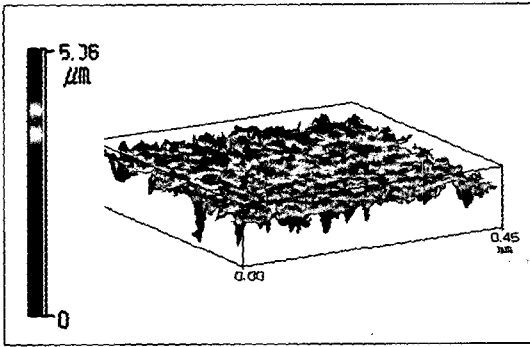


Fig. 7a.

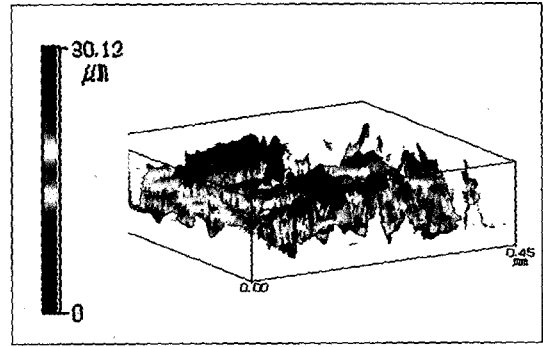


Fig. 7b.

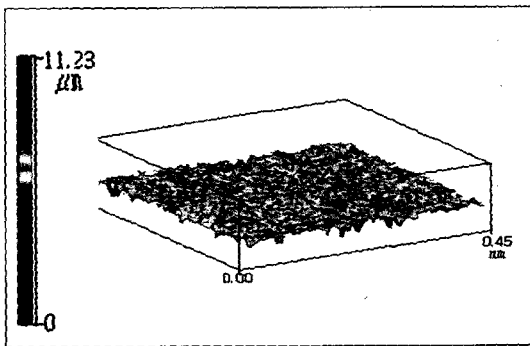


Fig. 8a.

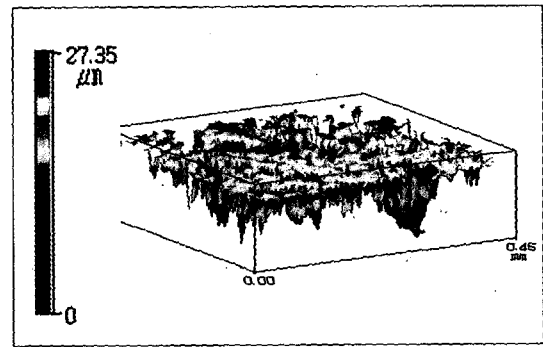


Fig. 8b.

사진부도 ②

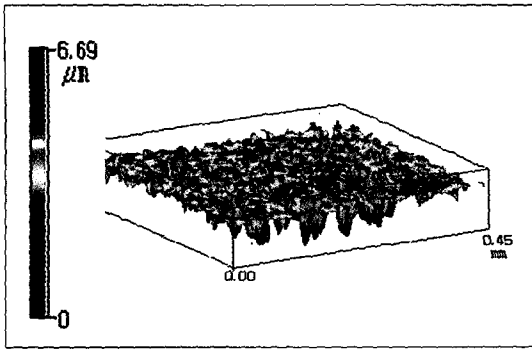


Fig. 9a.

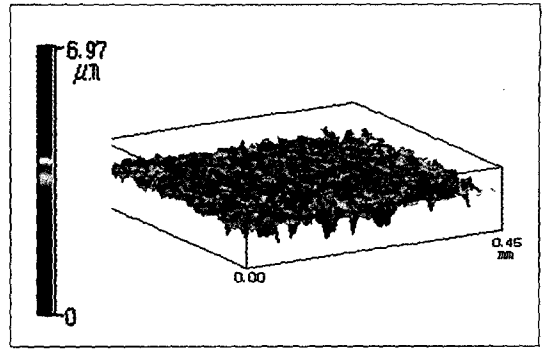


Fig. 9b.

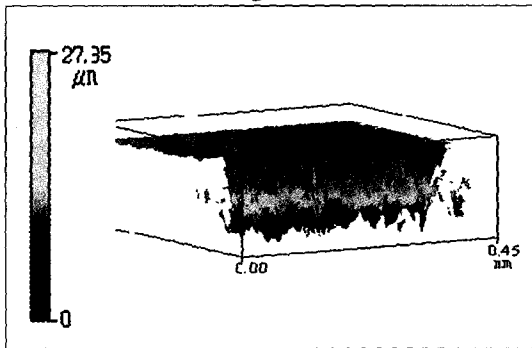


Fig. 10a.

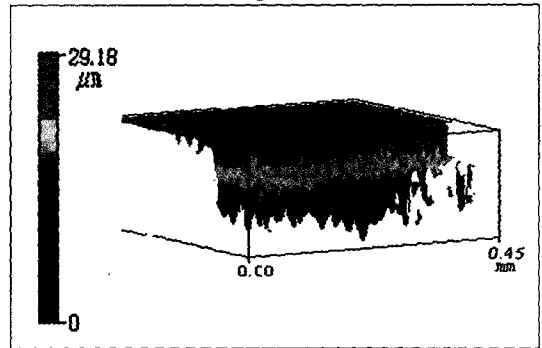


Fig. 10b.

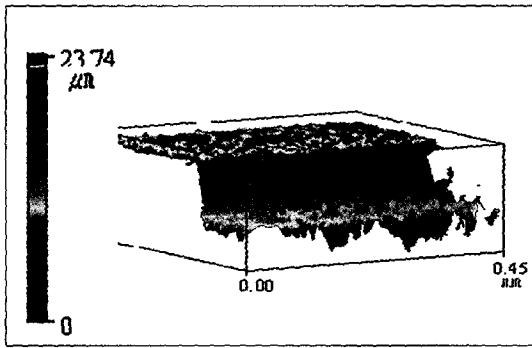


Fig. 10c.

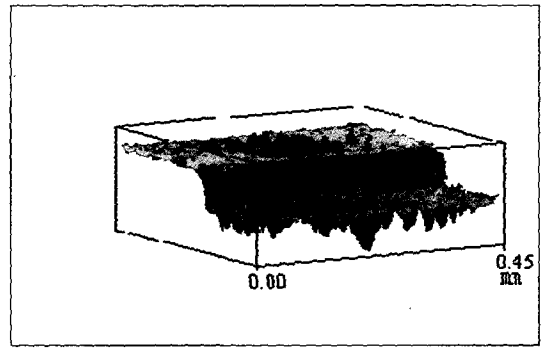


Fig. 10d.

사진부도 ③

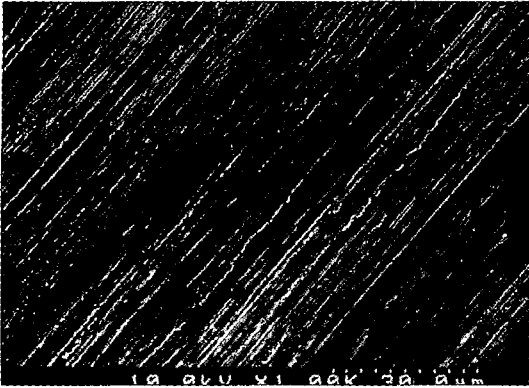


Fig. 11.

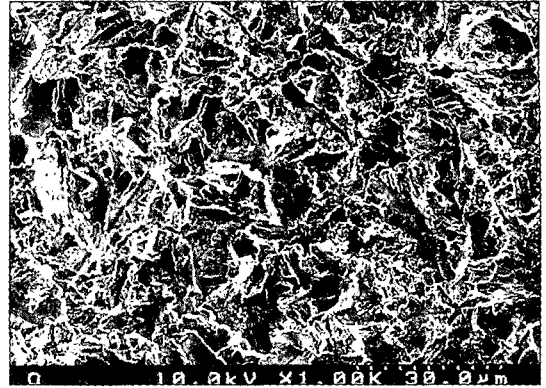


Fig. 12.

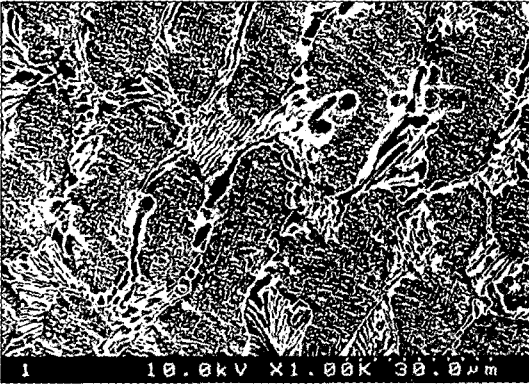


Fig. 13a.



Fig. 13b.

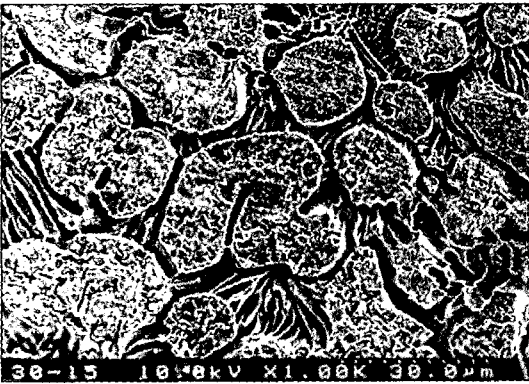


Fig. 14a.

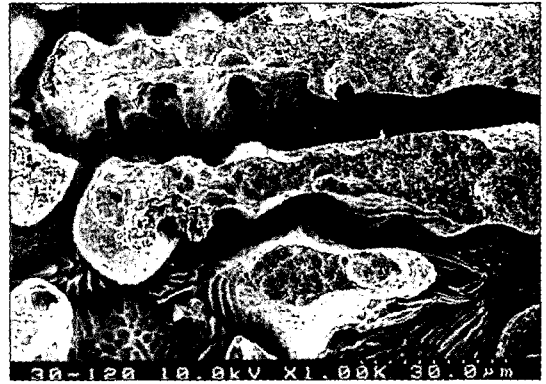


Fig. 14b.

사진부도 ④

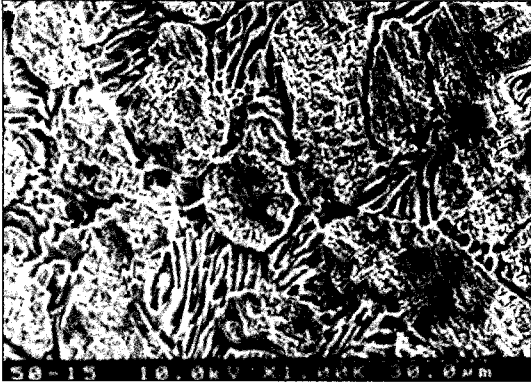


Fig. 15a.

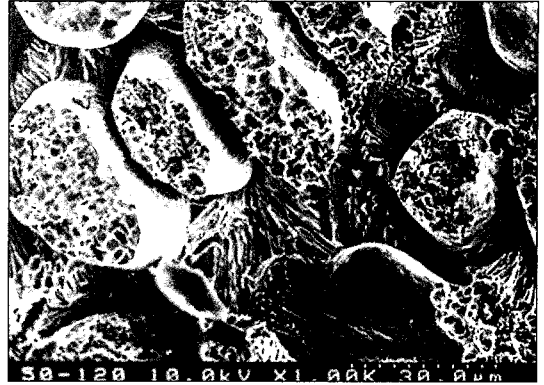


Fig. 15b.

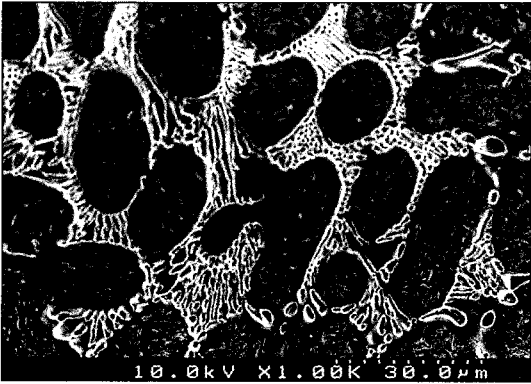


Fig. 16a.

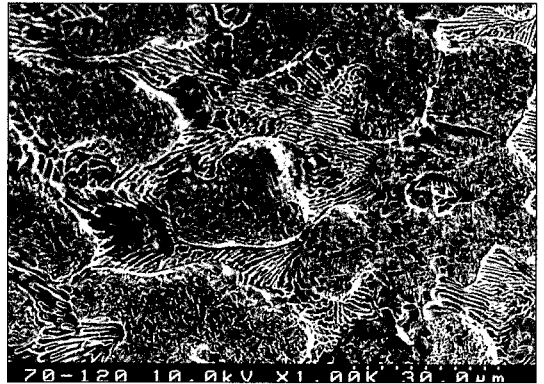


Fig. 16b.

ABSTRACT

EFFECTS OF ELECTROLYTE CONCENTRATION AND ETCHING TIME ON SURFACE ROUGHNESS OF NI-CR-BE ALLOY

Jae-Woong Heo, Young-Chan Jeon, Chang-Mo Jeong, Chang-Sub Lim.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University.

The purpose of this study was to evaluate the surface roughness of Ni-Cr-Be alloy (Verabond[®], Aalba Dent Inc., USA) according to electrolyte concentration and etching time. Total of 150 metal specimens (12×10×1.5mm) composed of 5 polished specimens, 5 sandblasted specimens, 140 etched specimens were prepared. Etched groups were divided into 28 groups by the HClO₄ concentrations (10, 30, 50, 70%) and etching times (15, 30, 60, 120, 180, 240, 300 seconds). The mean surface roughness (Ra) and the etching depth were measured with Optical 3-dimensional surface roughness measuring machine (Accura 1500M, Intek Engineering Co., Korea) and observed under SEM.

The results obtained were as follows:

1. Surface roughness (Ra) and etching depth were affected by the order of etching time, electrolyte concentration, and their interaction ($P < 0.05$).
2. Surface roughness (Ra) and etching depth were increased with etching time in 10%, 30% electrolyte concentrations, but they had no significant difference with etching time in 70% ($P < 0.05$).
3. Surface roughness (Ra) and etching depth decreased in the order of 30, 10, 50, 70% electrolyte concentrations from 120 seconds etching time ($P < 0.05$).
4. The remarkable morphologic changes in etched surface were observed along the grain boundaries in 15, 30 seconds of 10%, 30% concentrations and the morphologic changes could be denoted in the grains themselves as well as along the boundaries with the lapse of time. Even though the noticeable morphologic changes also took place in etched surface with 50% concentration, the degree of changes were less than that of changes with 10%, 30%. However, there were little morphologic changes with 70% concentration regardless of etching time.
5. Surface roughness (Ra) of sandblasting group with 50 μ m Al₂O₃ had no significant difference with 30%-30 seconds etched group ($P < 0.05$).