

# 國內에서 常用되고 있는 金屬燒付 陶材用金合金의 硬度和 陶材—金屬間의 結合力에 對한 研究

延世大學校 齒科大學 補綴學教室

李虎容 · 辛聖浩 · 劉俊宣

## A STUDY OF THE HARDNESS OF PRECIOUS METAL-CERAMIC ALLOYS AND THE BOND STRENGTH BETWEEN THE PORCELAIN AND PRECIOUS METAL-CERAMIC ALLOYS POPULARLY USED IN KOREA.

Ho Young Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Sung Ho Shin, D.D.S., Joon Seon Yoo, D.D.S.

*Department of Prosthodontics,  
College of Dentistry, Yon-Sei University.*

.....>Abstract<.....

The precious metal-ceramic alloys should be harmonized with the modulus of thermal expansion of porcelains to minimize the stress which occurs on the interface, and should have proper physical properties as like hardness, strength, high modulus of elasticity, high temperature strength, and high melting point.

Especially hardness is a physical property showing potential abrasion resistance and strength. Therefore it has an important clinical meaning. And the success of the porcelain fused to metal crown is, at some point of view, depended on the bonding between the porcelain and the used metal. The purpose of this study is to study the physical property, especially hardness, and the bonding strength between the porcelain and the precious metal-ceramic alloys popularly used in Korea. The result are as follows;

1. The hardness of the five precious metal-ceramic alloys are different from one another, and the order is X Young, Dae X, Sam X, Go X, Mo X.
2. There were no differences according to the porcelain veneering or not, but according to the additional heat treatment, the hardness were increased generally except Mo X.
3. The bonding strength of the roughened metal surface is more increased than the smoothly polished metal surface, and there were no difference between the longitudinally roughening method and the transversely roughening method.

4. In general, the order from the strongest bonding strength to the weakest is Sam X, Dae X, Go X, Young X, Mo X.

5. There were some Korean made metals which are not proper to use in prosthodontic fields.

— 目 次 —

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法
- III. 實驗成績
- IV. 總括 및 考按
- V. 結 論
- 參考文獻
- 寫眞附圖

I. 緒 論

1887年 Charles Land에 의하여 platinum matrix와 陶材가 서로 親和力이 있다는 것이 發見된 以後 金屬燒付修復物이 齒科 補綴物로 利用되기 始作하였다<sup>27)</sup>.

그後 1950年代 以來로 이에 關한 研究와 臨床實驗이 本格化되어 Brecker(1956),<sup>1)</sup> Lyon(1960),<sup>7)</sup> Shell(1962),<sup>9)</sup> Mumford(1965),<sup>14, 21)</sup> Teteruck(1966),<sup>20)</sup> 와 같은 先賢들에 依해서 體系가 樹立되어 지난 20餘年 동안 成功的으로 臨床에 使用되어 왔다.

金屬과 陶材가 서로 調和를 이루기 爲하여 金屬은 陶材의 熱膨脹係數와 調和를 이루어 界面에 생기는 應力을 最大限으로 極少化시켜야 하며 強度(strength), 硬度(hardness), 高彈性係數(high modulus of elasticity), 高溫強度(high temperature strength), 高溶融點(high melting point)等 適當한 物理的 性質을 갖추어야 한다.<sup>30)</sup>

硬度에 對해서는 O'Brien(1964),<sup>12)</sup> Leinfeld(1964),<sup>13, 16, 19, 25)</sup> Thin(1962),<sup>7)</sup> Smith(1970),<sup>26)</sup> Civjan(1972)<sup>28)</sup> 등의 研究報告가 있었고 陶材金屬間의 結合力에 對해서는 Swartz(1957),<sup>2)</sup> Berger(1958),<sup>3)</sup> King(1959),<sup>4)</sup> Moore(1959)<sup>5)</sup> Volpe(1959),<sup>6)</sup> Furath(1962),<sup>8)</sup> Lavine(1966),<sup>18)</sup> Vickery(1968)<sup>24)</sup> 등의 研究報告가 있었다.

硬度는 強度와 磨耗抵抗度를 나타내는 物理的 性質로서 臨床의으로 重要한 意義가 있으며 陶材—金屬間의 結合力은 어느 面에서 볼 때 金屬燒付 修復物의 成功與

否를 左右하는 要素로 思料되기에<sup>29, 31)</sup> 著者들은 國內에서 常用되고 있는 金屬燒付陶材用 金合金(precious metal-ceramic alloy) 5가지 製品을 收集하여 이 金合金의 硬度 및 陶材—金屬間의 結合力을 測定하여 比較 考察한 바 多少의 智見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

II. 實驗材料 및 方法

I. 實驗材料

實驗材料로는 齒科 臨床에 널리 알려져 있는 國內의 여러 技工所에서 常用되고 있는 metal-ceramic 齒冠補綴用 金合金 5가지를 收集하였는데 이中 4가지는 國內 製品이었고 1가지는 外國 製品이었다.

먼저 硬度 測定을 爲해 各 製品마다 4가지 條件으로 試片을 製作하였다. 各 製品마다 1300°F에서 燒還鑄造하여 直徑 10mm, 두께 2.4mm의 圓板 模樣으로 된 試片을 4個씩 만들어 이中 2個는 degassing한後 通法에 依하여 陶材를 燒付하였고 나머지 2個는 陶材 燒付없이 muffle內에서 同一하게 處理하였다.

이中 먼저것中 1個와 나머지것中 1個는 1100°F에서 15分間 追加 熱處理한後 400ml beaker內에서 徐徐히 冷却시켰다.

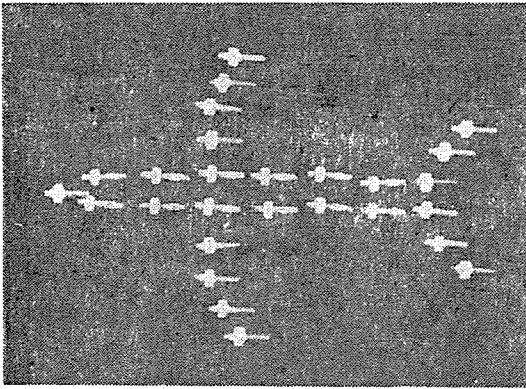
硬度 測定을 爲해 硬石膏 속에 固定시켜 wheel stone, rubber wheel, 微粒의 emery paper(No 800, 1000)로 研磨한後 chromium oxide powder를 使用하여 高度로 研磨하였다(表—1).

表—1 硬度 測定을 爲한 試片 製作

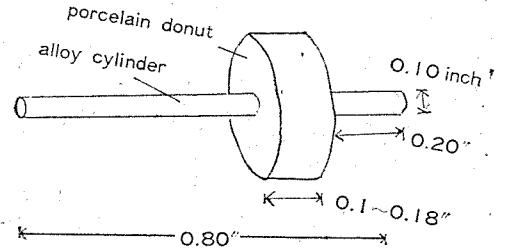
regular porcelain firing cycle		regular porcelain firing cycle + 1100°F에서 15分間 heat treatment	
metal	metal+veneering	metal	metal+veneering

陶材—金屬間의 結合力 測定을 爲한 實驗試片은 Shell-Nielson의 試片 模型에 根據를 두어 直徑 0.10"(inch) 길이 0.80"되는 圓筒型 막대기(cast alloy cylinder)의 한쪽 끝 0.20"되는 곳에 두께 0.10~0.18"되도록 陶材를 燒付하였다(寫眞—1).

各 製品마다 roughening方法에 依한 效果를 觀察하기 爲하여 陶材를 燒付할 部位의 金屬表面을 다음과 같이



寫眞-1 結合力測定을 爲한 試片



3群으로 나누어 處理하였다.

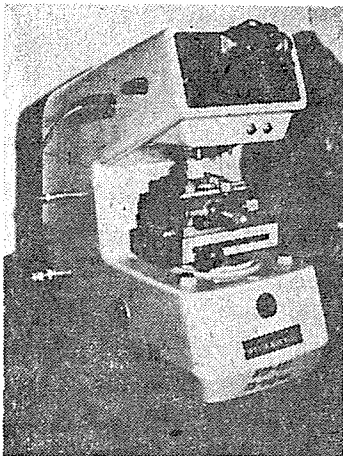
- 1) 第一群 : rubber wheel을 使用하여 潤澤하게 研磨
- 2) 第二群 : stone wheel을 使用하여 縱 方向(longitudinally)으로 roughening.
- 3) 第三群 : stone wheel을 使用하여 橫 方向(transversely)으로 roughening.

總 102個의 試片은 國內에서 흔히 使用되고 있는 鑄造 方法과 陶材燒付 方法을 使用하였고 各 製品의 構成 成分을 調査해 본 結果 共通 成分 元素는 Au, Pt, Pd 였으며 賤金屬(base metal)으로서는 In, Ni, Fe等이 含有되어 있었다.

## 2. 實驗方法

### A) 硬度測定

Microvicker's Hardness Tester를 使用하였으며(寫眞-2), 測定 方法은 200g의 荷重을 加하여 생긴 diamond indentation의 壓痕의 直徑을 測定하여 Vicker's number로 換算한 다음 換算表를 使用하여 B. H. N.



寫眞-2 Microvicker's Hardness Tester.

(Brinell hardness number)으로 換算하였다.

各 試片當 12回씩 測定하여 얻은 結果는 統計學的으로 分析 處理하였다.

### B) 組織 顯微鏡 寫眞 撮影

試片을 다시 高度로 研磨하여 表面을 알코올로서 洗 滌은後 王水( $\text{HNO}_3 : \text{HCl} = 1 : 3$ )에 腐蝕시켜 寫眞機가 附着된 光學 顯微鏡으로 150倍 擴大 撮影하였다.

### C) 結合力 測定을 爲한 剪斷實驗

結合力은 剪斷實驗(shear test)으로 測定하였는데 Monitoring Device에 rubber stopper를 놓고 그 위에 試片을 놓아 加해지는 荷重이 試片全體에 均一하게 미 치도록 하였다. 金屬 表面에서 陶材가 離脫될 때까지 0.02"/min의 速度로 荷重을 加하여 Dynamic-Strain meter (Amplifier type D. S. 6/R. X)에 記錄하였고 이를  $\text{kg/mm}^2$ 으로 換算한 다음 P. S. I. (pounds per square inch)로 換算하였다(寫眞-3).

## III. 實驗成績

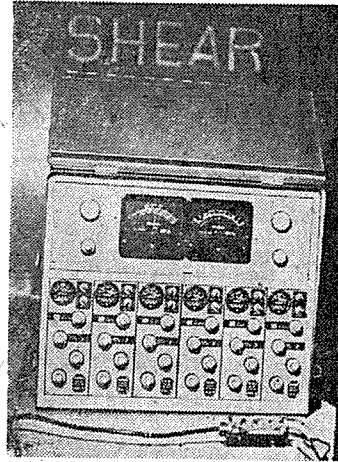
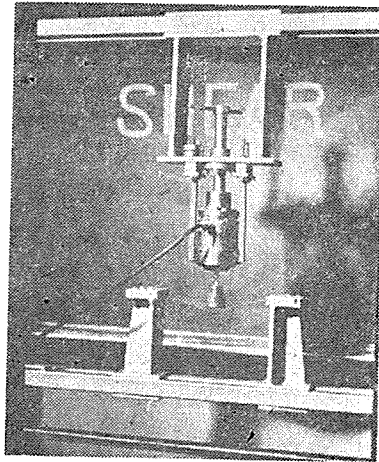
### 1. 硬度測定結果

試片 20個에 對한 硬度 測定 結果 regular porcelain firing cycle後의 B. H. N. 範圍는  $80.8250 \pm 8.6278 \sim 281.1250 \pm 13.7275$ 였고,  $1100^\circ\text{F}$ 에서 15分間 追加 熱處理後의 範圍는  $75.2625 \pm 11.4006 \sim 300.7125 \pm 14.7128$ 이었다.

追加 熱處理로 製品 삼×, ×영, 레×는 硬度가 뚜렷이 增加되었고 모×는 變化가 없었으며 고×는 陶材를 燒付한 境遇에만 硬度가 增加하였다.

熱處理를 通하여 가장 硬度가 높았던 것은 ×영이었고 가장 낮았던 것은 모×였다(表-2).

熱處理에 따른 各 製品의 統計的 有意性 檢定에서 삼×, ×영, 레×는 有意差가 있었고( $p < 0.05$ ), 고×는 陶



寫眞-3 Monitoring Device(左), Shinkoh社의 Dynamic-Strain Meter(右).

表-2 各 製品의 硬度

		Regular porcelain firing cycle		[Additional heat treatment	
		Metal	Metal+Veneering	Metal	Metal+Veneering
삼	×	132.50±13.97	135.85±10.40	156.38±29.08	161.06±16.71
모	×	80.83± 8.67	85.21± 4.57	75.26±11.40	85.63± 6.88
×	영	275.40± 7.61	281.13±13.73	306.88± 7.10	300.71±14.21
고	×	111.65± 7.66	87.16±14.73	109.90±11.22	124.68±36.55
대	×	179.25±12.34	194.59± 4.85	198.25±12.19	204.90±12.50

表-3 各 製品 硬度의 統計的 有意性 檢定

(S=significant, N.S=non significant)

		삼 ×	모 ×	× 영	고 ×	대 ×
熱 處 理	Metal	S	N.S	S	N.S	S
	Metal+Veneering	S	N.S	S	S	S
陶 材 燒 付	Regular cycle	N.S	N.S	N.S	S	S
	Additional Hx Tx	N.S	S	N.S	N.S	N.S

材를 燒付한 境遇에만 有意差가 없었다(表-3).

分散 分析해 본 結果 各 製品間의 硬度는 서로 달랐으며 (p=0.001), 熱處理에 따라 硬度의 變化가 있었으며 (p=0.001), 이 硬度의 變化는 舍社마다 달랐고(p=0.002), 全體的으로 보아 增加하였다.

陶材 燒付 與否에 따른 硬度의 變化는 없었다(p=0.139)(表-4).

## 2. 組織 顯微鏡 所見

寫眞 4는 모×, 寫眞 5는 고×, 寫眞 6은 대×의

regular porcelain firing cycle이 끝난 試片과 追加 熱處理한 試片의 組織을 보여준다.

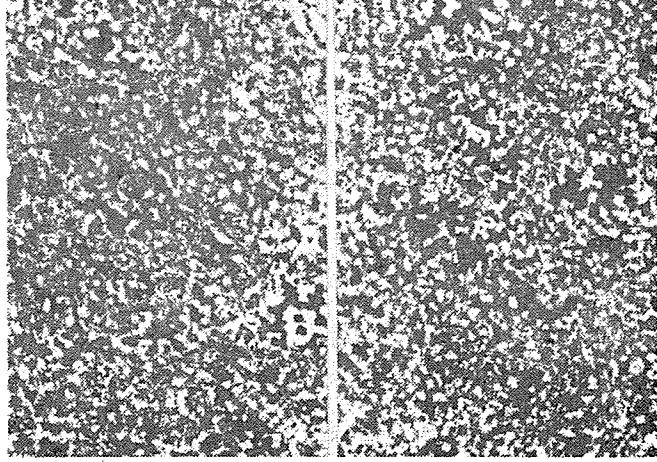
製品마다 結晶粒子的 크기는 달랐으며 모×는 追加 熱處理後에도 組織의 變化가 없었으며 고×는 結晶粒界間의 두께差가 顯著하게 나타났다.

## 3. 結合力測定結果

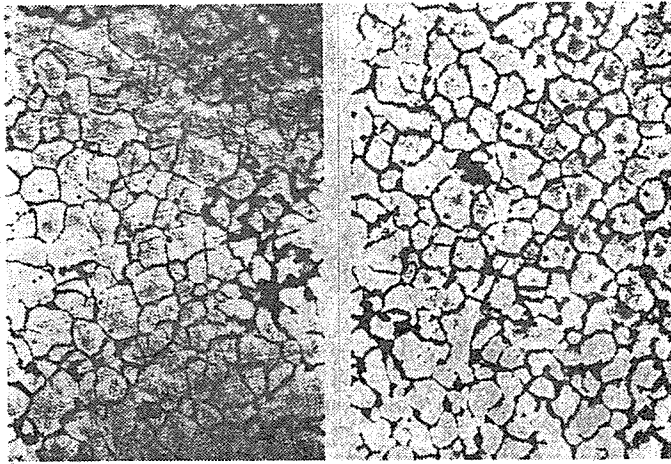
各 製品과 陶材와의 結合力은 4372±400~1827±68 p.s.i로 多樣하였으며 一般的으로 順序는 삼×, 대×, 고×, ×영, 모×로 나타났다. 모×는 測定 途中 金屬

各 金合金의 組織像 (×150)

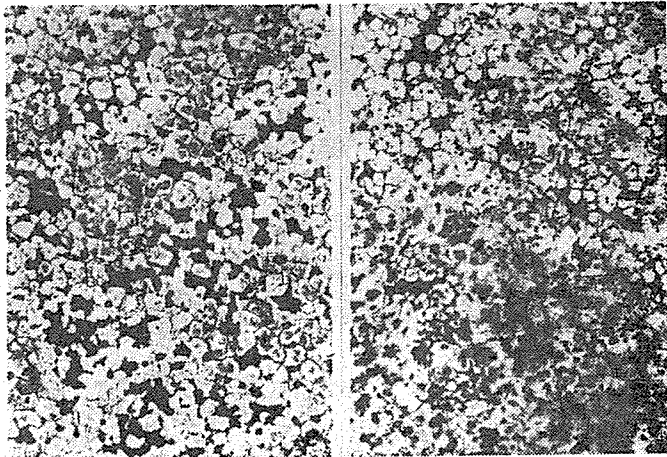
Regular Porcelain firing cycle      Additional Heat treatment



寫眞—4. 150×



寫眞—5. 50×



寫眞—6. 40×

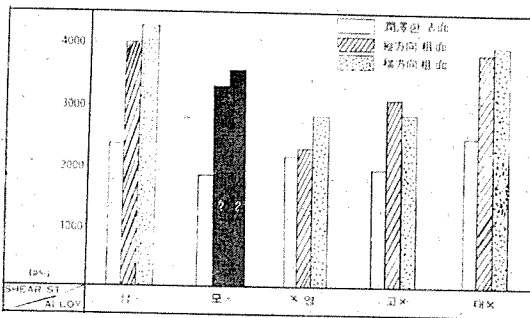
表-4 實驗結果에 따른 分散分析表(Analysis of Variation)

SOURCE OF VARIATION	SUM OF SQUARES	DF	MEAN SQUARE	F	SIGNIFICANT OF P
MAIN EFFECTS	881893.90	6	146982.325	665.208	.001
PORCLN	479.556	1	479.556	2.170	.139
METHOD	10249.602	1	10249.602	46.387	.001
COMPNY	871164.791	4	217791.198	985.672	.001
2-WAY INTERACTIONS	5624.844	9	624.983	2.829	.005
PORCLN METHOD	2270.410	1	2270.410	1.224	.270
PORCLN COMPNY	1240.720	4	310.180	1.404	.235
METHOD COMPNY	4113.724	4	1028.431	4.654	.002
3-WAY INTERACTIONS	3321.238	4	830.309	3.758	.006
PORCLN METHOD COMPNY	3321.237	4	830.309	3.758	.006
RESIDUAL	30933.993	140	220.957		
TOTAL	971774.074	159	5797.371		

表-5 各 金合金과 陶材와의 結合力 平均값

金屬表面	p. s. i	삼 ×	모 ×	× 영	고 ×	대 ×
潤澤한 表面		2354±222	1827±68	2193±427	1906±263	2488±403
縱方向 粗面		4142±858	?	2307±343	3136±307	3924±401
橫方向 粗面		4372±400	?	2874±538	2881±627	3971±1091

表-6 Shear strength of bonding



막대기의 낮의 硬度로 인해 bending됨으로서 正確한 測定이 不可能했다(表-5.6).

또한 金屬 表面 處理 方法에 對한 比較 結果 潤澤하게 研磨된 境遇와 縱方向으로 거칠게 된 境遇와의 比較는 삼×, 고×, 대×에서 뚜렷한 有意差를 보였고(p<0.05), ×영은 약간의 有意差를 보였다(p<0.1).

潤澤하게 研磨된 境遇와 橫方向으로 거칠게 된 境遇와의 比較는 삼×, ×영, 고×, 대×에서 有意差를 보 였다(p<0.05).

그러나 縱方向과 橫方向과의 比較는 고×에서만 有意差를 보였을 뿐 나머지는 有意差가 없었다(表-7).

## VI. 總括 및 考按

金屬燒付陶材用 金合金의 一般의인 造成元素는 gold, platinum, palladium 그리고 indium, tin, zinc 같은 base metal로 構成되어 있다. platinum과 palladium은 이 金合金의 溶融點과 強度를 높여 주고 熱膨脹系數를 낮추어 주며 indium, zinc, tin과 같은 base metal은 이 金合金의 表面에 얇은 酸化膜을 形成하여 金屬과 陶材間의 化學結合(chemical bonding)을 이루게 하고 金屬을 硬化시키며 grain structure를 微細化 시켜준다(9, 23, 30). 一般的으로 金屬에 降伏點 以上으로 荷重을 加

表-7 金屬表面 處理方法에 따른 統計的 有意性 檢定

金屬表面 處理方法	各 製品의 確率값 P				
	삼 X	모 X	X영	고 X	대 X
潤澤한 表面-縱方向粗面	p<0.005		p>0.1	p<0.005	p<0.005
潤澤한 表面-橫方向粗面	p<0.005		p<0.05	p<0.01	p<0.01
縱方向 粗面-橫方向粗面	p>0.1		p<0.1	p<0.01	p>0.1

하런 變形이 일어나는데 이 變形은 金屬에 結合되어 있는 陶材의 破絶을 惹起하기 때문에 有害하다. 따라서 metal-ceramic 齒冠補綴物에 使用되는 金合金은 咬合 壓으로 惹起될 수 있는 變形에 抵抗할 수 있어야만 하는데 臨床的으로 B.H.N. 130以上の 硬度를 지녀야 이러한 變形에 抵抗할 수 있을 뿐만 아니라 long bridge construction을 可能케 한다<sup>21)</sup>.

陶材를 1700°F~1760°F溫度에서 이 金合金과 結合시켰을 때 이 金合金은 solution heat treatment라는 過程을 거치며 結果的으로 空氣中에서 徐冷시킬 때 時効 硬化가 일어난다. 또한 1000°F의 溫度에서 一定한 時間동안 追加的으로 熱處理를 함으로서 強度와 硬度를 더욱 좋게 할 수 있다<sup>12, 13, 25, 30)</sup>.

本 實驗에서 熱處理없이 B.H.N. 130以上인 製品은 삼 X, X영, 대 X였으며 追加로 熱處理한 境遇 삼 X, X영, 고 X, 대 X는 硬度가 顯著히 增加하여 先賢들의 研究 結果와 一致하였으나 製品 모 X는 B.H.N. 85, 625±6, 878의 낮은 硬度에서 追加熱處理에도 硬度의 增加를 보이지 않았다.

先賢들의 實驗에서 precious metal-ceramic alloy와 porcelain間의 結合력이 13,000~10,600 p. s. i로 報告된데<sup>22, 31)</sup> 비해 本 實驗에서 平均 4,000 p. s. i의 낮은 數値는 剪斷實驗의 複雜性, 金屬막대기의 傾斜度와 같은 accidental geometry factor, 모든 金屬에 同一하게 Ceramco-porcelain을 結合시킴으로서 이로 인한 壓縮性 維持(compressive retention)의 不足, 現在 使用되고 있는 燒成 方法의 未洽等으로 인한 決果로 思料된다<sup>9, 24)</sup>.

또한 本 實驗에서는 剪斷實驗 測定時 金屬의 彈性限界(elastic limit)에 到達되지 않도록 Shell-Nielson이 提示한 0.014"의 直徑을 가진 金屬막대기에 폭경 0.1" 程度의 陶材보다도 더 安全한 範圍에서 行하였고, 正常的인 金屬燒付陶材用 金合金은 0.03 square inch로서 200 lb의 剪斷應力을 견딜 수 있어야 하는데 本 實驗에서 모 X는 낮은 硬度로 인해 測定途中 金屬 막대기가 휘었으며 낮은 結合력을 보였다 X영은 硬度는 높았으나

낮은 結合력을 보였다.

實驗 決果로 미루어 보아 모 X의 낮은 硬度와 낮은 結合력은 이 金屬內에 時効硬化와 陶材와의 化學的 結合에 要素가 되는 base metal이 缺如되어 있는 것으로 思料되어 X영이 硬度는 높았으나 結合력이 낮았던 것은 이 金屬內에 nickel이 含有되어 肉眼的으로도 觀察될 수 있을 程度로 過度한 酸化膜을 形成하여 이로 인한 決果로 思料된다.

顯微鏡으로 組織을 觀察한 決果에서도 regular porcelain firing cycle이 끝난 後의 寫眞과 追加 熱處理한 寫眞의 比較에서 硬度의 變化가 없었던 製品 모 X는 組織 寫眞에서도 變化가 없었으며, 고 X에서 나타난 結晶 粒界間의 뚜렷한 두께차는 時効硬化로 인한 石出物이 나왔기 때문인 것으로 思料된다.

製品 고 X와 대 X의 寫眞 比較에서 結晶粒子 크기가 서로 달랐는데 이는 一般的으로 結晶粒子의 크기가 微細할수록 硬度와 強度가 높은 것을 意味하는 것으로 思料된다.

## V. 結 論

著者들은 國內에서 常用되고 있는 5種의 Metal-ceramic 齒冠補綴用 金合金을 收集하여 regular porcelain firing cycle 後와 追加的인 熱處理 後 各 製品間에 나타난 物理的 變化를 比較 考察하고, 陶材와의 結合력을 剪斷實驗으로 測定한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 各 製品間의 硬度는 서로 달랐으며 높은 順序는 X영, 대 X, 삼 X, 고 X, 모 X 順이었다.

2. 陶材燒付 與否에 따른 硬度의 變化는 없었고, 追加熱處理에 따라서는 硬度의 變化가 있었는데 그 變化는 製品마다 달랐고 一般的으로 增加하였으나 모 X만은 전혀 變化가 없었다.

3. 金屬 表面을 潤澤하게 研磨한 것보다 roughening 시킴으로서 陶材와의 結合력이 뚜렷히 增加하였으며, roughening方法에서 縱 方向으로 하는 것과 橫 方向으로

트 하는 것 사이에는 큰 差異가 없었다.

4. 各 製品과 陶材와의 結合力的 順序는 一般的으로 삼×, 네×, 고×, ×영, 모× 順으로 나타났다.

5. 實驗 製品中 硬度的 測面이나 結合力 測面에서 볼 때 臨床에 使用하기 困難한 製品이 있었다.

### References

- 1) Brecker, S. C.; Porcelain baked to gold—a new medium in prosthodontics, J.P.D. 6;801, Nov. 1956.
- 2) Swartz, Marjorie, L., Philips, B.S., and Ralph, W.M.W.; A study of adaptation of veneers to cast gold crowns, J. Pros. Dent., 7;317-22, 1957.
- 3) Berger, W. H.; Structural adhesives, Allentown, Pa., 1958, Structural adhesives associates, pp. 1-6.
- 4) King, B. W., Tripp, H. P., and Duckworth, W. H.; Nature of adherence of porcelain enamels to metals, J. Amer. Ceramic Soc., 42;504-25, 1959.
- 5) Moore, D. G., and Thornton, H. R.; Effect of oxygen on the bonding of gold to fused silica, J. Res. Nat. Bur. Std., 62;127-35, 1959.
- 6) Volpe, M. L., Fulrath, R. M., and Pask, J. A.; Fundamentals of glass to metal bonding, V. Wettability of gold and platinum by Molten Sodium Disilicate, J. Amer. Ceramic Soc., 42;102-6, 1959.
- 7) Lyon, D. M., Cowger, G. T., Woych, eshin F. F., & Miller, C. B.; Porcelain fused to gold—evaluation & esthetics, J.P.D. 10;319, March-April, 1960.
- 8) Pask, J. A., and Fulrath, R. M.; Fundamentals of glass to metal bonding; VIII Nature of Wetting adherence, J. Amer. Ceramic Soc., 45;592-96, 1962.
- 9) Shell, J.S., & Nielsen, J.P.; Study of the bond between gold alloys & porcelains, J.D.R. 41;1424, Nov. Dec., 1962.
- 10) Thin, Vu Thi; A study of the brinell hardness of metals used conjunction with the porcelain used to metal techniques, Mas(er's thesis, Indiana University, School of Dentistry, June, 1962.
- 11) Shell, J.S., and Nielson, J.P.; Study of the bond between gold alloys and porcelain, Bull. South. Calif. State Dent. Lab. Soc., Aug.-Sept., ppl-5, 1963.
- 12) O'Brien, W. J., Kring, J. E., & Ryge, G.; Heat treatment of alloys to be used for fused porcelain technique, J.P.D. 14;955-960, Sept.-Oct., 1964.
- 13) Leinfelder, K. F., O'Brien, W. J., Fainhurst, C. W., & Ryge, G.; Heat treatment of alloys to be used for the fused porcelain technique Data, J.D.R. 43;927, 1964.
- 14) Mumford, G.; The porcelain fused to metal restoration, D.C.N.A. p241, 1965.
- 15) A.D.A. Specification No. 5, J.A.D.A. Vol. 72;436, Feb., 1966.
- 16) Fairhurst, C.W. & Leinfelder, K.F.; Heat treating porcelain-enameled restorations, J.D.P. 16;554, May-June, 1966.
- 17) Florian, J. Knap., and Gunar Ryge; Study of bond strength of dental porcelain fused to metal, J. Dent. Res., 45;1407-51, 1966.
- 18) Lavine, M.H., and Custer, R.; Variables affecting the strength of bond between porcelain and gold, J. Dent. Res., 45; 32-36, 1966.
- 19) Leinfelder, K. F., & Others; Hardening of high fusing gold alloys, J.D.R. 45;392, March-April 1966.
- 20) Teteruck, W.R., et al; The fit of certain dental casting alloys using different investing materials & techniques, J.D.P. 16;910-927, Sept.-Oct., 1966.
- 21) Johnston, J.F., Mumford, G. & Dykema, R.W.; Modern practice in dental ceramics, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1967.
- 22) Edward, F. Leone, and Carl, W. Fairhurst; Bond strength and mechanical properties of dental porcelain enamels, J. Pros. Dent., p155-159, Vol. 18, 1967.
- 23) Skinner, E.W., and Phillips, R.W.; The science of dental materials, 6th ed., Philadelphia, Saunders Co., 1967.
- 24) Vickery, R.C., and Bandinell, L.A.; Nature of attachment forces in porcelain gold systems,



J. Dent. Res., 47:683-689, 1968.

- 25) Karl F., Leinfelder, William J. Servais & William J. O' Brien; Mechanical properties of high fusing gold alloys, J.P.D. 21:523-528, May, 1969.
- 26) Smith, D.L., & others; Iron-platinum hardening in casting golds for use with porcelain, J.D.R. 49:283, March-April, 1970.
- 27) Johnston, Phillips & Dykema; Modern practice in crown and bridge prosthodontics, 3rd ed., W.B. Saunders Co., 1971.
- 28) Civjan, S., Huget, E.F., & Marsden, J.E.; Characteristics of two gold alloys used in a fabrication of porcelainfused to metal restoration, J.A.D.A. 85:1309-1315, 1972.
- 29) Moffa, J.P., Lugassy, A.A., Guckes, A.D., & Gettleman; An evaluation of [non-precious alloys for use with porcelain veneers, Part I: Physical properties, J.P.D. 30:424-431, 1973.
- 30) John, McLean; The science & art of dental ceramics, University of London, Nov., 1974.
- 31) Lubovich, R.P., and Goodkind, R.J.; Bond strength studies of precious, semiprociuous, and nonprecious ceramic-metal alloys with two porcelains, J.P.D. p288-298, March, 1977.

〈각종 치과 재료업자〉

# 東成齒科材料商社

代表 金 公 植

서울特別市 鍾路區 昌信洞 562 (동대문지하도열통간)

電話 (54) 5466

서울시 인정 제38호

## 친 일 치 과 기 공 소

대 표 김 대 훈

서울市 中區 義州路 1街 17

전 화 (70) 7 3 0 7