

# 陶材燒付前裝修復物 製作에 關한 技術的 考察(V)

## TECHNICAL CONSIDERATIONS FOR CERAMO-METAL RESTORATIONS

서울대학교 齒科大學 補綴學教室

梁 在 鎬

### 5. THE FIRST BAKE

모든 CERAMCO vacuum porcelain의 築成(Build-up)과 燒成(Firing) 術式은 다음과 같다.

Gingival과 Incisal의 成熟溫度: 1775—1800°F

Opaque(PAINT-O-PAKE)의 成熟溫度: 1820—1860°F

Vacuum Range: 1200—1700°F

Heating Rate: 90—100°F/min

Vacuum pressure: 26"—29"Hg

Glaze Bake: Air Fired

**A. Insertion:** 耐熱性 tray를 열려진 furnace 앞에 놓아 補綴物을 乾燥시킨다. 陶材가 乾燥되고 獨特한 chalky appearance를 나타내면서 색이 빛날 때 점차 furnace 속으로 넣어 muffle의 가장 뜨거운 部位로 집어낸다.

乾燥, 豫熱과 inserting 하는데 3~5분이 걸린다. 이 時間은 補綴物의 單位에 따라 다르며 이 過程은 1200°F에서 hold된 狀態에서 施行되어야 한다.

**B. 燒成(Firing):** ① 補綴物이 가마의 가장 뜨거운 部位에 도달하자마자 furnace door를 닫고 vacuum chamber를 막고 vacuum pump를 作動시켜 준다. 26인치 내지 29인치 Hg까지 完全히 眞空에 到達時 까지 1200°F에 Hold 해야한다. 每分 90—100°F로 溫度가 上昇되도록 amperage control을 調整해준다.

② 1700—1750°F사이의 溫度에 到達하면 眞空을 "release" 시키고 shiny하나 grainy surface가 보일 때까지 같은 加熱速度로 空氣中에서 燒成을 繼續한다. 이것을 가끔 "high biscuit bake"라고하며 vacuum porcelain에서는 1775—1800°F 사이에서 만들어져야 한다. 그後 即時 꺼내 徐冷시키며 cooling 時 COVER를 하지 않는다.

### 6. THE SECOND BAKE

**A. Single Crowns:** ① die에 正確히 裝着될 수

없게 하는 過量의 porcelain을 깎아낸다.

② 咬合이 되도록 깎아낸다.

③ stones 이나 discs로 解剖學的 形態를 彫刻해 주거나 強調해준다.

거친 stone으로 갈아낸후 지나치게 거친 面은 carborundum이나 sandpaper discs로 削除할 수 있다.

④ 萬一 porcelain을 廣範하게 追加시킬 必要가 없으면 이제 glazing 準備가 完了된 狀態이다. 모든 異物은 running water 下에서 깨끗한 솔로 씻어내야 한다.

⑤ 약간의 porcelain을 追加해줄 必要가 있으면 이때 追加해야 한다.

⑥ first bake때와 똑같은 術式을 따른다.

**B. Bridges:** ① Ceramco Sintered Diamond instrument를 利用하여 補綴物이 模型에 完全히 適合될 수 없게하는 모든 過量의 porcelain을 除去한다.

② 必要하면 咬合을 맞춰준다.

③ 解剖學的 形態를 만들어 준다.

④ 必要하면 CERAMCO DYMUN DISC Separating instrument로 齒牙의 分離를 調節해 줄것.

⑤ 調節을 爲한 모든 削除가 끝난후 running water 下에서 깨끗한 솔로 깨끗이 씻어준다.

⑥ model에 다시 裝着해 適當한 곳에 porcelain을 追加시켜 준다.

얇은 彫刻用 blade로 自然齒와 같이 分離를 시켜 준다.

⑦ 一次 bake 때와 똑같은 燒成過程을 거친後 낮은 光澤을 보이자마자 furnace에서 꺼낸다.

### 7. GLAZING BAKE를 爲한 準備

**A. 架工義齒가 正確한 咬合과 接觸點을 갖고 齒牙가 適切한 外形을 갖추고 分離되었으면 最終**

glaze bake 準備가 된 것이다.

① stone이나 disc로 解剖學的 形態를 새겨 넣고 glazing 後에 stippled texture가 要求되면 거친 grits을 使用하고 물과 같은 watery glaze를 나타내고자 하면 glazing 前에 매우 微細한 grits 으로 된 carborundum이나 sandpaper discs로 研磨해준다.

② 깨끗하게 架工義齒를 씻어내고 必要하면 微細한 shade의 調節과 特徵을 賦與해주기 위해서 CERAMCO Stains을 追加해준다.

## 8. GLAZING

① CERAMCO porcelain은 自然的으로 glaze 가 되며 特別한 glazing agent를 必要로 하지 않으며 眞空을 必要로 하지 않는다.

② glaze bake의 目的은 porcelain 表面에 얇은 glass 膜을 形成해 液이나 냄새를 빨아들이지 못하게 해서 龜裂에 最大로 抵抗할 수 있게 해준다.

③ glaze bake를 해서 거칠게 다듬어 준 porcelain 을 매끈하게 만들어선 안된다.

이렇게 만들어진 heavy glass는 陶材에 sharpness 와 境界를 없애버리고 color가 타버린 것같이 보이게 하고 深한 stresses를 주게된다.

④ 그러므로 過度하게 glazing하지 않도록 注意하다.

⑤ CERAMCO porcelain은 1800°F에서 glaze 된다. glaze를 爲해서 열린 furnace 앞에서 preheat 를 하고 1200°F에 溫度를 維持하고 補綴物을 muffle 의 中央에 놓고 門을 닫고 每分 90.-100°F씩 溫度가 上昇되게 調節해주며 眞空은 必要하지 않다.

約 1800°F에서 補綴物을 furnace에서 꺼내 徐冷시킨다. 그러나 너무나 pyrometer에 依存하지 말고 視覺으로 成熟(vitrification) 程度를 熟知할 수 있는 能力을 길러야 한다.

## 9. STAINING

staining은 glaze bake의 通常의인 前段階이다. 그 術式은 CERAMCO Color system manual을 參照해야한다.

## 10. 1800° porcelain으로 完成後에 修正하는 方法 (POST COMPLETION CORRECTIONS)

金冠이나 架工齒가 natural glaze로 燒成된 後 小量의 陶材를 追加할 必要가 있을시 다음과 같은 術式을 따라야 한다.

① carborundum disc로 모든 表面 glaze를 除去하라.

② 解剖學的으로 彫刻한 곳을 다시 彫刻해준다.

③ running water로 씻어내고

④ 小量의 porcelain을 追加해 glaze가 되게 燒成을 施行한다.

## 11. 1600° ADD ON PORCELAIN을 利用한 完成後의 修正 (Post Completion corrections)

CERAMCO 1600° Porcelain은 glaze되고 完成된 CERAMCO 金冠과 架工義齒를 修正하고 追加할 수 있게 만들어진 porcelain 이다.

이 1600° ADD ON PORCELAIN은 BAK-ON GOLD와 glaze된 면과 glaze되지 않은 면에도 結合된다. 眞空 燒成된 補綴物을 修正時는 1600°F porcelain도 眞空燒成을 해야한다. air fired case 를 修正하려면 空氣中에서 燒成한다.

### 方 法

① 修正할 補綴物을 깨끗이 씻어 乾燥시키고 超音波洗滌을 시킨후 乾燥시킨다.

② 萬一 金屬 表面이 露出되어 있으면 CERAMCO 1600° opaque로 덮어준다.

③ 1000°F에서 preheating시키고 조금씩 안으로 집어 넣어 1000°F에서 1600°F까지 溫度를 올려 "shiny하나 gainy" 한 外形을 갖게한다.

1 分間에 90°F씩 溫度를 上昇시킨다.

④ 器具나 brush를 利用해 gingivals, incisors 과 modifiers를 通法에 따라 築成한다. preheating과 firing을 施行해 반짝거리지만 grainy한 high biscuit effect를 얻어 徐冷시킨다.

⑤ 새로 追加한 porcelain이 다른 部分과 똑같은 構造를 갖도록 원래 使用했던 것과 똑같은 abrasive 로 갈아내야 한다. 근처의 1800°F porcelain을 갈아내지 않도록 注意해야 한다. 왜냐하면 1800°F porcelain은 더 낮은 燒成溫度에서는 다시 glaze가 되지 않기 때문이다.

⑥ 徹底히 씻어 잘 乾燥시킨후 豫熱을 加한다. glazing은 空氣中에서 하며 새로 追加된 것이 周圍의 glazed porcelain과 똑같은 모양을 갖게해야 한다.

1600°F에서 꺼내 徐冷시킨다. 이것은 自然 glazing이 된다. 이 porcelain은 必要하면 研磨도 할 수 있다.

## 12. SHADE FORMULA CHART<sup>19)</sup>

TRUBYTE BIOFORM shade guide에 맞춰 製造한 BIOBOND Porcelain을 위한 SHADE CHART 는 表 4-1과 같다.

Neydium porcelain "V" incisal shade는 "V" Body shade와 함께 다음과 같이 使用된다.

表 4-1. Biobond Shade Formula Chart

Shade	Opaque	Body	Enamel
B 59	01	B 59	E 2
B 60	02	B 60	E 1
B 62	02	B 62	E 2
B 64	04	B 64	E 2
B 65	03	B 65	E 2
B 66	03	B 66	E 2
B 67	03	B 67	E 2
B 68	04	B 68	E 2
B 69	05	B 69	E 3
B 70	06	B 70	E 4
B 77	06	B 77	E 3
B 81	06	B 81	E 3
B 82	07	B 82	E 4

表 4-2. Neydium Body/incisal Chart for "V" Shades

BODY	INCISAL	BODY	INCISAL
A-1	V-1	C-1	V-3
A-2	V-1	C-2	V-2
A-3	V-2	C-3	V-2
A-4	V-3	C-4	V-3
B-1	V-2	C-2	V-3
B-2	V-2	D-3	V-2
B-3	V-2		
B-4	V-2		

表 4-3. Neydium Body/Incisal/Opaque Chart for "B" Shades

BODY	INCISAL	OPAQUE	BODY	INCISAL	OPAQUE
59	B-22	01	51	B-66	08
62	B-22	02	52	B-66	08
64	B-22	04	53	B-66	09
65	B-22	03	54	B-66	09
66	B-22	03	55	B-66	012
67	B-22	03	56	B-55	012
68	B-22	04	91	B-66	010
69	B-22	05	92	B-66	08
70	B-44	06	93	B-66	09
77	B-33	06	94	B-66	011
81	B-33	06	95	B-66	011
82	B-44	07	96	B-55	013

13. 陶材와 金屬間의 結合

金屬과 前裝陶材間의 結合에 關해서는 아직도 그

正確한 本態가 糾明되지는 않았지만 보통 다음과 같은 理論으로 說明하고 있다.

① 化學的 結合(chemical bond) : ion 結合 또는 共有結合에 의한 것으로 金屬과 陶材의 個個 原子間의 引力으로 說明된다. indium이나 tin이 金屬表面으로 移動하여 酸化물을 形成하고 여기에 陶材가 結合한다.

貴金屬만으로 된 金屬의 表面에서 酸化膜을 除去하면 陶材와 金屬間의 結合력이 弱화된다. 따라서 Neydium Non precious alloy Neydium gold ceramic 等에서는 degassing 후 表面의 oxide를 除去하지 않는다.

Vera bond는 酸化膜이 너무 두껍게 形成 되므로 disc로 酸化膜을 除去해야 한다.

② Compressive stress : 金屬과 陶材의 熱膨脹係數가 ± 0.01% 程度의 差異가 나게해서, 即 CERAMCO 陶材의 熱膨脹을 金屬의 熱膨脹 보다 낮게 만들어 陶材가 輕微한 壓縮을 받는 狀態로 差 縮으로써 結合을 增加시켜 줄수 있다.

陶材는 壓縮力에 대한 低抗性은 크나 引張力에 對한 低抗性은 대단히 작으므로 만약 金屬의 熱膨脹이 陶材의 熱膨脹보다 작은 境遇에는 破折되기 쉽다.

通常的인 gold alloy의 熱膨脹係數는  $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  의 높은 係數를 갖고 反面에 通常的인 porcelain은 훨씬 낮은 係數인  $2 \sim 4 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  를 갖고있다.

단지  $1.7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  의 差만 있어도 充分한 剪斷應力(shear stress)을 만들어 結合의 失敗를 招來할 수 있다. 그러므로 金屬과 陶材사이의 最適의 熱膨脹係數의 差異는  $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  以下가 되어야 한다.

따라서 lithium carbonate와 같은 alkali를 追加해 porcelain의 熱膨脹係數를  $7 \sim 8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  로 增加시켜줄 수 있고 同時에 金屬에는 palladium 이나 platinum을 追加해 金屬의 熱膨脹係數를  $7 \sim 8 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$  로 낮춰줄 수 있다.

③ 機械的 結合(mechanical bond) : 陶材를 燒付시킬 金屬의 表面을 거친 mounted stone으로 갈아취 粗面을 形成해 陶材가 微細한 溝사이로 埋入되어 陶材가 金屬表面을 壓 쥐고 있는것과 같이되는 結合이다. (mechanical interlocking)

또한 거친 金屬表面에 bonding agent를 발라 陶材의 wetting bond를 增加시켜 주기도 한다. 過去에는 Van der Waal's forces로 結合力을 說明해왔으나 그 結合力이 微微하다는 것이 밝혀졌다.

陶材燒付前裝修復物을 위해 使用되는 金屬合金은 數百種에 達하고 있으나 滿足할만한 合金으로 證明된 合金은 83~87%의 많은 gold를 含有하고 보통 6~16%의 白金(pt)을 含有하고 있다. 또한 合金內에 tin(Sn, 朱錫)은 金屬의 表面에 酸化物(oxide)을 形成해 陶材와 金屬間의 結合력을 增加시킨다는것이 證明되었다<sup>23)</sup>

## 第五章 STAINING 術式<sup>14)</sup>

stain 하는 方法을 좀더 자세히 紹介하기로 한다.

### 1. Neydium Stain Palette (調色板)

Neydium stain palette는 11개의 강한 chroma colors를 包含한다. 即 black, white, pink, green, blue, yellow, brown, orange, cervical blend와 violet이다. 그밖에 kit안에 Diluent, Hi-glaze(袖藥), Liquid medium medium, brush와 mixing palette가 들어있다. 즉

Neydium stains과 diluent와 Hi-glaze는 1760-1850°F의 燒成範圍를 갖는다.

微細한 粉末로 되어있으며 붓이나 器具로 塗布한다:

接觸點과 같은 小範圍의 調節이나 追加(add-ons)는 Hi-glaze : Body나 incisal powder = 1 : 3의 比로 混合해 施行할 수 있다. 그 後 약 1760°F로 燒成한다.

調色板은 外面 staining, 內面 staining을 위해 使用되며 特殊效果나 特性을 賦與해준다.

### 2. "V" shades 特性描寫

아래의 staining 方法은 Vita-Lumin shade tabs 위에서 測定된 것과 똑같은 特徵을 보여준다.

### 3. "B" shades 特性描寫

다음의 stain 方法(表 5-2)은 Trubyte Bioform Shade Guide에서 測定된 것과 똑같은 特徵을 보여 준다.

### 4. 着色劑 (COLORANTS)

陶材의 stain colors는 陶材 glazing material 과 混合된 金屬酸化物(metallic oxides)이다.

stain에 使用된 着色劑의 溫度抵抗度가 낮으면 燒成後에 chroma(strength-weakness of color)가 喪失된다. 그러므로 colorant는 色の 安靜度가 있고 溫度抵抗度가 높아야 한다.

### 5. Stain Processing 過程

stain color나 Hi-glaze의 粘稠度는 되게 乾 cream 과 같아야 한다. 陶材 表面에 均一하고 얇게 塗布

表 5-1.

*Vita* Shade	Neck Stain Suggestions Using The Neydium Stain Palette	Incisal Stain Suggestions Using The Neydium Stain Palette	
		A	B
A1	cervical blend	grey	grey
A2	yellow, brown	pink, brown or orange spot	brown, grey line
A3	yellow, brown	orange, brown grey spot	brown, grey line
A4	yellow, brown	orange or brown spot	brown, grey line
B1	brown, grey	brown line	grey line
B2	brown, grey yellow	pink, orange or brown spot	grey line
B3	brown, grey yellow	orange, pink spot	none
B4	brown, grey yellow	brown, orange spot	brown line
C1	yellow, brown green	grey line	grey line
C2	yellow, brown green	orange, brown spot	brown, grey line
C3	yellow, brown green	brown spot	grey line
C4	yellow, brown green	brown, grey spot	brown, grey line
D2	brown, grey orange	none	orange, pink spot
D3	brown, grey orange	none	orange or pink spot

表 5-2.

*Trubyte* Bioform®	Neck Stain Suggestions Using the Neydium Stain Palette
59	Grey
62	Black, orange
66	Grey
65	Grey
67	Black, brown
69	Black, yellow
77	Black, yellow
81	Black, yellow
64	Black, yellow
68	Black, yellow
70	Brown, yellow
82	Yellow, brown
51, 53	Black, orange, green
52-54	Black, orange, green
55-56	Black, orange, green
91	Black, orange, green
92	Orange, yellow, black
93	Orange, yellow
94-95-96	Black, orange, green

해야 한다. hemostat로 修復物을 쥐고 振動을 시켜 매끈하고 均等하게 塗布되게 한다. 振動은 乾은 面을 아래로 向하게 해서 stain 이나 Hi-glaze가 彫刻部位로부터 흘러나오게 한다.

塗布가 完了되었으면 修復物을 가마 門 앞에서 1200°F로 溫度를 維持해 乾燥시킨다. 이때 液이 蒸發되고 表面에 stain이나 Hi-glaze를 남겨 白色粉末같이 보인다. 露出된 金屬表面위로 넘어간 것은 붓이나 銳利한 器具로 除去해준다.

修復物을 回轉이 可能한 firing tray에 놓고 豫然을 加한다. 그 後 漸次 가마 속으로 집어넣고 가마

문을 닫은 後 1分間に 100°F씩 溫度를 上昇시켜 空氣 中에서 加熱해 1760°F까지 올린다. 視覺으로 staining과 glazing程度를 確認한 後 修復物을 muffle 中에서 꺼내 파이렉스 유리벽 아래에서 徐冷시켜준다.

staining은 많은 經驗과 觀察로 技術을 習得해야 한다.

### 6. 特殊한 色의 次元(dimension)을 變更시키고 特殊效果를 내기위한 指標

① 明度 value(degree of grey)를 減少시키려면: 要求하는 value에 到達할 때까지 修復物 色相의 補色(compliment)을 塗布한다. 彩度は 明도가 變化함에 따라 달라진다.

② 明度(value)를 增加시키려면 即 더욱 밝게 하고자 하면 表面構造를 變更시키고 Hi-glaze를 塗布한다. 1~2層의 얇은 被膜이 形成되게 한다. 明度の 增加는 外面 stain으로 不可能하다. 表面의 結(texture)과 光澤은 陶材의 色에 많은 影響을 미친다. 매끈하고 結이 없고 光澤이 좋으면 그 反對 狀態의 表面과 다른 色으로 보인다.

③ 色相(Hue, name of the color)을 變更시키려면: 術者가 要求하는 色相을 찾아 適切한 彩度/明度 水準을 얻기위해 그 補色과 混合하고 修復物에 塗布한다.

④ 彩度(chroma, strength-weakness of a color)를 減少시키려면: 表面에 結을 준 後 Hi-glaze를 利用한다. 이 修正은 不透明한 stain colors를 使用時보다 陶材의 透明度를 떨어뜨린다.

灰色을 내기위해 修復物의 色相을 그 補色과 混合해 表面에 塗布한다.

⑤ 彩度(chroma)를 增加시키려면: 더 높은 自然 光澤(natural glaze)은 分明히 chroma를 增加시킨다. 그 齒牙의 가장 強한 色相(dominant hue)을 얇게 塗布한다.

⑥ 切端面的 透明度(translucency)를 減少시키기 위해서는 白色과 齒牙의 가장 強한 色相과 反對되는 補色(complementary Hue)을 混合해 切端面的 舌面에 塗布한다.

⑦ 切端面的 透明度(translucency)를 增加시키기 위해서는 blue 또는 blue-violet 混合物를 lingual-incisal이나 labial-incisal 面に 使用하라. incisal edge에 stain을 塗布해선 안된다. 切端部位와 中間部位의 1/2 遠心과 近心隣接面을 orange나 yellow로 輪廓을 形成해주면 分明히 透明度가 增加된다.

⑧ 陶材表面에서 綠色 色相을 除去하려면 green

의 補色(compliment)인 pink를 使用해 grey를 만든다. 表面에 塗布해 燒成한다. 그 다음 修復物의 dominant Hue를 使用해 色相을 再現시킬 수도 있다.

⑨ 陶材의 두께가 얇아 後光(halo)이나 opaque가 透視되는걸 막아주기 위해서는

a) 強한 chroma의 opaque modifiers, opaque 나 stains을 修復物의 body 築成 前에 使用해 調節한다.

b) Grey-blue를 表面에 塗布해 value level을 減少시킨다.

c) 問題가 되는 部位에 表面 結(texture)을 增加시키고 다시 glaze한다.

d) 水平線(horizontal line)을 만들어 natural glaze 할때 같이 燒成한다.

e) External stain color를 表面에 塗布할 수 있다.

⑩ 체크라인(check line)을 模倣하려면 brown, orange, yellow나 black을 使用한다. 微細한 Ney # 000 brush로 塗布해 같은 brush로 適切한 넓이로 減少시켜 준다.

⑪ 銀 아말감 充填을 模倣하려면 Grey-blue 나 black-blue 混合物를 表面에 塗布한다.

⑫ orange-brown 또는 yellow-brown을 必要한 強度로 混合해 갈아낸 切端면에 塗布한다.

⑬ 觀察者를 混同시키려면: 錯覺을 일으키게 해서 實際의 色을 제대로 느끼지 못하게 할 수 있다. 表面의 色을 얼룩얼룩하게 斑點을 만들어줌으로써 修復物의 크기를 적게 보이게 할 수 있다.

色調를 맞춰 볼 치아에 隣接한 隣接面 唇面위에 Hi-glaze로 垂直의 줄무늬를 만들어주면 눈에 거슬리는 光澤을 만들어줘 分明히 不調和된 shade를 調和가 되게 해준다.

### III. 結 論

모든 陶材나 合金은 製造業者의 指示를 熟知한 後에 使用해야한다. 또한 可能한 限 同一會社 製品의 陶材, 合金, 器具 및 裝備를 使用하는 것이 陶材와 合金의 結合力 等の 面에서 有利하다.

審美的인 面에서는 陶材燒付前裝金冠이 우수한 修復物이지만 齒牙의 削除가 많고 剪斷 應力에 弱하고 破折이 잘되며 긴 span인 境遇엔 金屬의 收縮으로 齒頸部の margin의 適合度가 나빠질 수 있고 金屬의 透視로 因한 齒齦部位의 變色 等の 많

은 問題點을 안고 있으므로 margin의 適合度와 陶材와 金屬間의 結合과 技術開發 等に 關한 齒科醫師의 더 깊은 研究가 必要하다 하겠다.

- REFERENCES -

- 1) Blustein, R., DePaul, B.M., Barnhart, R.C., and Green, K.A.: A reliable technique of post-soldering of nonprecious ceramic units, *J. of Prosthet. Dent.*, 36:112, 1976.
- 2) Carter, J.M., Al-Mudfar, Jasfar, and Sorensen, S.E.: Adherence of a nickel-chromium alloy and porcelain, *J. of Prosthet. Dent.*, 41:167, 1979.
- 3) Ceramco STAIN SYSTEM Manual, Ceramco, Inc., Johnson and Johnson Co., East Windsor, N.J.
- 4) Crown and Bridge Department of Dentsply International Inc.: The Dentsply Biobond System, Dentsply International Inc., York, Pennsylvania, 1972.
- 5) Faucher R.R., and Nicholls, J.I.: Distortion related to margin design in porcelain-fused-to-metal restorations, *J. of Prosthet. Dent.*, 43:149, 1980.
- 6) Instruction Manual for the CERAMCO Vacuum Porcelain, CERAMCO INC., Johnson and Johnson Co., East Windsor, New Jersey, 1976.
- 7) Johnston, J.F., Mumford, G., and Dykema, R.W.: Modern practice in dental ceramics, W.B. Saunders Co., Philadelphia and London, 1976.
- 8) Johnston, J.F., Phillips, R.W., and Dykema, R.W.: Modern practice in crown and bridge prosthodontics, 3rd ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1971.
- 9) Jorgenson, M.W., and Goodkind, R.J.: Spectrophotometric study of five porcelain celain shades relative to the dimensions of color, porcelain thickness, and repeated firings., *J. of Prosthet. Dent.*, 42:96, 1979.
- 10) Malhotra, M.L., and Maickel L.B.: Shear bond strength in porcelain-metal restorations, *J. of Prosthet. Dent.*, 43:397, 1980.
- 11) McLean, J.W.: The science and art of dental ceramics vol. 1, Quintessence Publishing Co., Chicago, 1979.
- 12) Ney Alloys Specifications and Technics, The J.M. Ney Co., Hartford, Conn., 1978.
- 13) Neydium Porcelain Manual, The J.M. Ney Co., Bloomfield, 1979.
- 14) Neydium Stain palette manual, The J.M. Ney Co., Bloomfield, Conn., 1978.
- 15) Phillips, R.W.: Skinner's science of dental materials, 7th ed., W.B. Saunders Co., Philadelphia, 1973.
- 16) Saxton, P.L.: Post-soldering of nonprecious alloys, *J. of Prosthet. Dent.*, 43:592, 1980.
- 17) Shillingburg, H.T., Hobo, S., and Whitsett, L.D.: Fundamentals of fixed prosthodontics, 1st ed., Die Quintessenz, Berlin, 1976.
- 18) Shell, J.S., and Nielsen, J.P.: Study of the bond between gold alloys and porcelain, *J. of Dent. Res.*, 41:1424-1437, November 1962.
- 19) Stade, E.H., Reisbik, M.H., and Preston, J.D.: Preceramic and postceramic solder joints, *J. of Prosthet. Dent.*, 34:527, 1975.
- 20) Staffanou, R.S., Radke, R.A., and Jenderson, M.D.: Strength properties of soldered joints from various ceramic-metal combinations, *J. of Prosthet. Dent.*, 43:31, 1980.
- 21) Tylman, S.D.: Theory and practice of crown and bridge prosthodontics, 5th ed., The C.V. Mosby Co., St. Louis, 1965.
- 22) Walters, R.A.: A photomicrographic evaluation of the solder joint between precious and nonprecious metal, *J. of Prosthet. Dent.* 35:689, 1976.
- 23) Weinstein, M., Katz, S., and Weinstein, A.B.: U.S. Pat. No. 3, 052, 982., 1962.
- 24) Von Radnoth, M.S., and Lauterschlager, E.P.: Metal Surface changes during porcelain firing, *J. of Dent. Res.*, 48:321, 1969.