

低 Carat 金合金의 物理的 性狀과 腐蝕, 變色에 關한 實驗的 研究*

서울대학교 大學院 齒醫學科 補綴學 專攻
(指導 金 仁 哲 教授)

毛 慶 集

AN EXPERIMENTAL STUDY ON PHYSICAL PROPERTIES AND RESISTANCES
TO TARNISH AND CORROSION OF LOW CARAT GOLD ALLOYS.

Kyung Jip Moh, D.D.S., M.S.D.

Department of Prosthodontics, Graduate School of Seoul National University
(Directed by Prof. In Chul Kim, D.D.S., Ph.D.)

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

The standard dental gold alloy is a 20 carat gold alloy, but lower carat gold alloys are also used.

14 carat gold alloys are still used often in actual practice but from the point of not only resistance to tarnish and corrosion but also from the point of the mechanical properties these have been recognized generally not being sufficient as a dental alloy.

Consequently, the question naturally arises as to whether there is a good dental alloy which has a gold content intermediate of the two alloys mentioned above.

Therefore studies were made on the composition and significant properties of the Au-Ag-Cu-Zn system 16 carat dental gold alloys and on the practical use of these alloys.

The results were as follows:

1. The physical properties of 16 carat and 14 carat dental gold alloys belonged to hard type dental gold alloy in American Dental Association Specification No. 5.
2. The hardness of Au-Ag-Cu-Zn system 16 carat dental gold alloy after solution heat treatment was most similar to those of hard type dental gold alloy in American Dental Association Specification No. 5.
3. With equal copper and silver contents, in 16 carat dental gold alloy which

* 本論文의 要旨는 1974年 11月 2日 第17回 大韓齒科補綴學會 學術大會에서 發表하였음.

- contains zinc the effect of heat treatment was most marked.
4. Resistance to tarnish and corrosion of 16 carat dental gold alloy which contains zinc was favorable for dental use, but in 14 carat dental gold alloy tarnish was very evident.
 5. In 16 carat dental gold alloy, the dendrite structure was evident in the microstructure of the cast, but by solution heat treatment the dendrite structure disappeared, the structure becoming homogenized.

—目 次—

- I. 緒 論
- II. 實驗資料 및 實驗方法
- III. 實驗成績
- IV. 總括 및 考按
- V. 結 論
- 參 考 文 獻
- 英 文 抄 錄
- 寫 眞 附 圖

I. 緒 論

齒科分野에서 金 또는 金合金을 補綴施術에 利用한 事實은 이미 紀元前에 「페니키어」人, 「이루리어」人들의 遺跡에서 發見되었다²²⁾. 以後에 있어서도 金 또는 金合金의 齒科利用은 계속되었고 1907년에 이르러서는 Taggart²³⁾에 依해서 金合金의 鑄造方法과 物理的性質의 究明이 이루어졌으며 이어서 Coleman⁸⁾은 齒科鑄造用金合金의 物理的 또는 機械的性質에 關하여 研究報告하였다. 1928年 Souder¹⁸⁾는 齒科用金合金이 必要로 하는 物理的, 化學的 性質을 報告하였으며 Taylor 및 Paffenberger²¹⁾는 「인레이」鑄造合金의 物理的性質들에 關한 規格을 發表하였다.

1932年 Crowell은 齒科用金合金의 物理的性質을 測定하는 實驗方法에 關한 規格을 發表하였는데 이것이 齒科鑄造用金合金에 關한 實驗方法의 基礎가 된 것이다. 1948년에는 口腔內에서 變色과 變質을 일으키지 않고 咀嚼力에 견딜 수 있는 物理的性質을 갖는 4種類의 金合金의 組成이 美國金屬學會에서 報告되었고²⁵⁾ Brumfield⁵⁾는 이제까지의 研究報告된 資料를 基礎로하여 貴金屬臨時試驗標準法을 發表하였다. 이것이 1966年 美國齒科醫師會規格 第5號²⁾로 選定되었다.

이들 齒科鑄造用金合金을 物理的性質에 따라 4型으로 區分하여 第1型은 軟性金合金(Type I-Soft), 第2型은 中硬性金合金(Type II-Medium hard), 第3型은 硬性金合金(Type III-Hard), 第4型은 超硬性金合金(Type IV-Extra hard)으로 命名하였고 이것을 Type A, B, C, D라고도 呼稱한다^{2, 25)}.

이들 金合金의 大部分은 純金の 延伸張性的 우수한 物理的性質과 口腔內에서 變色 또는 腐蝕反應에 安定한 性質을 齒科鑄造用으로 利用한 것이며 組成上으로 純金 以外에 銀, 銅, 또는 亞鉛을 加入하여 이들의 性質을 補完시키기 爲함이다^{6, 11, 16, 17, 18, 21, 26, 28)}.

齒科分野에서 主로 使用되는 金合金은 20 carat 혹은 그 以上の 것이고 이는 口腔內에 適應될 수 있는 物理的性質과 生物學的條件을 保有하고 있는 까닭이다^{6, 13, 15, 16, 17)}.

日本에서는 14 carat의 金合金을 실제 臨床에서 使用하여 왔다고 報告하였으나^{11, 12)} 物理的性質 또는 變色, 腐蝕에 對한 充分한 抵抗性을 保有하지 못하므로 齒科用金合金으로 使用하기에는 어려운 點이 많다는 것이 Kanzawa¹²⁾의 實驗에서 報告되었다.

Sterner-Rainer¹⁹⁾는 Au-Ag-Cu system合金의 物理的性質에 對해서 研究하였고 Carter⁷⁾는 14 carat合金과 18 carat合金에 對한 研究報告를 하였으며 Ikeda¹¹⁾는 Au-Ag-Cu-Zn system合金 研究에서 18 carat 以上の 金合金은 口腔內에서 變色과 腐蝕에 充分히 抵抗할 수 있는 性質을 가졌다고 報告하였다^{11, 12, 16, 25)}.

1967年 禹等²⁷⁾의 報告에 依하면 우리나라에서는 거의 自家處方에 依한 自家製品金合金을 使用하여 齒科補綴施術을 하여오고 있는 것이 慣例이며 이들은 主로 A. S. M. 分類法²⁵⁾에 依한 第2型 및 第4型에 해당된다.

金合金의 純金量을 줄이면서도 口腔內에서의 物理的性質과 生物學的條件을 充足시킬 수 있는 金合金의 開發은 低所得國家에 있어서 國民醫療均霑과 齒科補綴施術의 標準化를 기할 수 있는 것이기에 著者は 純金の

함량을 줄이면서도 齒科補綴施術에 利用될 수 있는 金合金 開發에 관심을 갖고 20 carat, 16 carat, 14 carat 및 白金加金合金에서 이들의 物理的性質과 腐蝕, 變色 및 顯微鏡의 構造를 實驗을 通하여 觀察한 結果를 이에 報告하는 바이다.

II. 實驗資料 및 實驗方法

1) 實驗資料

實驗項目은 다음과 같다.

1. 硬度(Brinell Hardness Number)
2. 熔融溫度(Melting Temperature)
3. 顯微鏡의 構造(Microstructure).
4. 變色 및 腐蝕(Tarnish and Corrosion)

實驗用試片의 合金組成은 金, 銀, 銅, 亞鉛으로서 純金의 含量을 66%로 一定하게 하여 16 carat의 金合金을 만들었고 20 carat, 14 carat 및 白金加金合金은 比較群으로서 製作하였으며 이들의 組成은 Table 1과 같다.

試片은 金, 銅, 銀, 亞鉛의 順으로 熔融配合하였다.

硬度試片은 2.5mm의 厚徑에 넓이 1.0cm²의 蠟板(Wax plate)으로 各組成에 따른 試片의 鑄造物이 各各 5個씩 되도록 만들어 通法에 依하여 埋沒鑄造하였으며¹⁷⁾ 兩面을 滑澤하게 研磨하였다.

變色 및 腐蝕試驗片은 1.0mm 厚徑에 길이 20mm, 幅 5.0mm의 蠟板을 만들어 通法에 依하여 埋沒鑄造한 後에 兩面을 emery paper로 滑澤하게 研磨하였다.

熱處理에 있어서 軟化熱處理는 700±10°C의 電氣爐에서 10分間 방치하였다가 室溫의 물에 急冷시키는 方法을 취하였으며 硬化熱處理는 450±5°C에서 每分 7±1°C씩 冷却시켜 30分 동안에 250±1°C로 되도록 한後 室溫의 물에 急冷시키는 方法을 利用하였고 硬化熱處理는 軟化熱處理後에 施行하였다.

Table 1 Composition of Specimens.

Alloy No.	Composition(By Weight%)				
	Au.	Ag.	Cu.	Zn.	Pt.
1 (20k.)	80	10	10		
2 (16k.)	66	16	18		
3 (16k.)	66	15	15	4	
4 (14k.)	58	14	24	4	
5 (pt.)	70	10	10		10
6 (pt.)	66	11	11	2	10

2) 實驗方法

Brumfield⁵⁾의 金合金實驗標準方法에 準하여 硬度는 研磨된 硬度測定用試驗片을 Rockwell 硬度計測器(Wilson Co)의 “B” Scale인 1/16 inch steel ball을 使用하여 測定한 後 Rockwell 硬度數值表²⁴⁾에 依해서 Brinell 硬度數로 換算하여 平均値를 얻었다. 硬化熱處理試片은 “C” Scale을 使用하여 測定하였다.

熔融溫度는 Tracor R. L. Stone(Tracor Inc.)의 熱時差分析機(Differential, Thermal Analysis)에 依하여 測定하였으며 測定時의 제한 條件은 다음과 같다.

1. Reference material: α -Al₂O₃
2. Atmosphere: N₂
3. Program Rate: 10°C/min.
4. ΔT Gain: 96 μ V(150 μ V), 1100°C/F.S.
5. Sample holder: Ni
6. Gas flow: 0.075 SCFH

顯微鏡의 構造의 觀察은 잘 研磨된 試驗片을 金屬顯微鏡下에서 觀察하였으며 이때의 etching solution은 10%의 Ammonium persulfate+10% KCN 溶液을 使用했다.

變色 및 腐蝕實驗에서는 잘 研磨된 試驗片을 各기 試藥이 50cc씩 담긴 100cc의 용기에 담여 試驗片의 半程度가 浸漬되고 殘餘半部分은 露出시켜서 용기를 密閉하고 37°C의 溫度가 維持되는 保溫器內에서 72시간 保存한 後 이의 變色度를 評價하였고 腐蝕度는 이들 試片의 重量의 變化를 Mettler balance에 依하여 測定하였다. 實驗에 使用된 試藥은 0.05% HCl, 1% C₃H₆O₃, 1% NaCl, 0.1% Na₂S溶液이었다.

III. 實驗成績

1) 硬度測定

軟化熱處理後의 硬度測定結果(Table 2).

Table 2 Hardness Number(Solution Heat treatment).

Alloy No.	Rockwell H. No. (B scale)	Brinell H. No. (500kg)	Brinell H. No. (3000kg)
1.	49	82	
2.	78	126	144
3.	72	114	130
4.	79	128	147
5.	73	116	132
6.	104(24)	211	250

()는 Rockwell tester의 C scale (150kg “Brale”)에 의한 測定値이다.

硬化熱處理後의 硬度測定結果 (Table 3).

Table 3 Hardness Number (Hardening Heat treatment).

Alloy No.	Rockwell H. No. (B scale)	Brinell H. No. (500kg)	Brinell H. No. (3000kg)
2.	104(24)	205	245
3.	102(23)	204	244
4.	96	179	216
5.	87	148	172
6.	106(27)	225	265

()는 Rockwell tester의 C scale(150kg "Brale")에 의한 測定值이다.

2) 最大引張強度 比較測定值 (Table 4).

Table 4 Ultimate Tensile Strength.

Alloy No.	B. H. N. (3000kg)	Ultimate Tensile Strength	
		(kg/mm ²)	(1000p. s. i.)
1.	82	31.4	44.9
2.	245	80.5	115
3.	244	79.8	114
4.	216	72.1	103
5.	172	58.1	83
6.	265	88.2	126

3) 硬度에 對한 熱處理의 效果 (Table 5).

Table 5 Effect of Heat Treatment on B. H. N.

Alloy No.	B. H. N. (3000kg)		Effect of Heat treatment	
	Softened	Hardened	Difference	Rate of Increase(%)
2.	144	245	101	70.1
3.	130	244	114	87.6
4.	147	216	69	46.9
5.	132	172	40	30.3
6.	250	265	15	6.0

4) 熔融溫度 測定結果 (Table 6).

Table 6 Fusion Temperature.

Alloy No.	Fusion temperature (°C)
1.	995
2.	980
3.	979
4.	980
5.	950
6.	1100

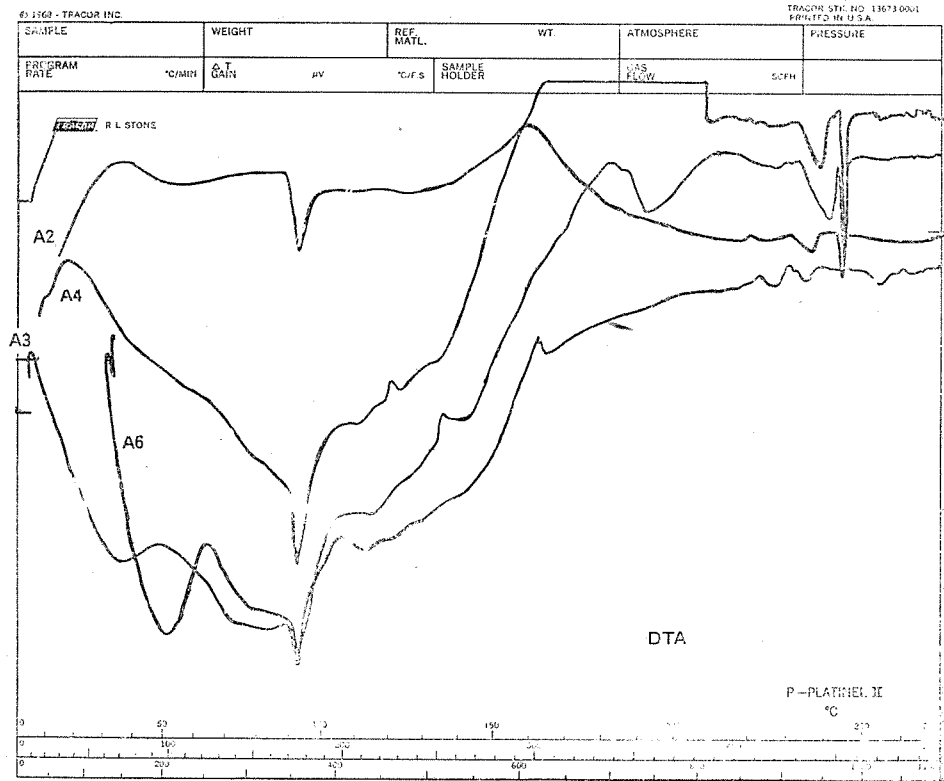


Fig. 1 Fusion temperature in differential thermal analysis.

Mechanical Properties of Specimens (Table 7).

Table 7 Mechanical Properties of Specimens.

Alloy No.	B. H. N.		Effect of Heat treatment on B. H. N.		Ultimate Tensile Strength		Fusion Temperature °C
	Softened (500kg)	Hardened (500kg)	Difference	Rate of Increase(%)	kg/mm ²	1000p. s.i.	
1.	82				31.4	44.9	995
2.	126	205	101	70.1	80.5	115	980
3.	114	204	114	87.6	79.8	114	979
4.	128	179	69	46.9	72.1	103	980
5.	116	148	40	30.3	58.1	83	950
6.	211	225	15	6.0	88.2	126	1100

軟化熱處理된 16 carat의 試片인 No.2, No.3는 比較群의 軟性金合金인 No.1보다는 그 硬度가 컸으며 14 carat金合金인 No.4 및 硬性金合金인 No.5와는 類似한 硬度值를 나타냈다. 特히 亞鉛을 含有한 No.3에서는 硬性金合金인 No.5와는 거의 같은 硬度值를 얻었다.

硬化熱處理된 16 carat의 金合金은 比較群中에서 超硬性金合金에 屬하는 No.6를 除外한 다른 모든 試片보

다 그 硬度值가 훨씬 컸으며 熱處理의 效果는 銅과 銀의 含量이 同一한 16 carat金合金인 No.3에서 가장 현저 하였으며 超硬性金合金인 No.6가 가장 적었다.

熔融溫度는 超硬性金合金인 No.6를 除外한 모든 試片이 比等한 結果를 나타냈으며 이 溫度는 「아세치렌」 불래로 熔融하기 容易한 溫度이다.

5) 變色 및 腐蝕 抵抗度 (Table 8).

Table 8 Resistance to Tarnish and Corrosion.

Alloy No.	0.05% HCl			1% C ₃ H ₆ O ₃			1% NaCl			0.1% Na ₂ S		
	Tarnish upper part	Lower part	Difference of weight	Tarnish upper part	Lower part	Difference of weight	Tarnish upper part	Lower part	Difference of weight	Tarnish upper part	Lower part	Difference of weight
1.	O	O	+0.0003	I	O	-0.0001	O	O	O	O	O	+0.0005
2.	I	O	+0.0002	I	O	+0.0002	I	O	+0.0001	I	O	+0.0003
3.	I	O	+0.0001	O	O	O	O	O	O	O	O	+0.0004
4.	I	O	+0.0001	O	O	O	I	O	O	II	I	+0.0003

Classification of tarnish O : No change I : Pale brown II : Brown III : Black

일반적으로 試片의 上部는 下部보다 變色度가 컸으며 亞鉛은 肉眼的인 觀察에서 불래에 變色을 減少시켰다.

HCl, C₃H₆O₃ 및 NaCl溶液에서의 變色은 별로 뚜렷하지 않았으나 Na₂S溶液에서의 變色은 보다 뚜렷하였다.

더욱이 亞鉛을 含有하지않은 試片과 14 carat金合金인 No.4에서는 더욱 變色이 뚜렷하였으며 亞鉛을 含有한 試片에서는 變色에 對한 抵抗度가 매우 良好하였다.

腐蝕에 依한 重量變化는 아주 微細하였으며 重量의

減少보다는 增加가 있었다.

試片의 顯微鏡的構造는 鑄造體에서는 樹枝狀突起構造(Dendrite structure)를 나타냈으나 軟化熱處理에 依해서 樹枝狀突起構造는 사라지고 그 構造가 均一化되었으며 熱處理의 效果가 뚜렷한 結果를 나타냈음에도 不拘하고 硬化熱處理試片의 顯微鏡的 構造에서 gold-copper superlattice의 出現을 찾아내기가 不可能하였다 (寫眞附圖 參照).

IV. 總括 및 考按

美國齒科醫師會規格 第5號나 世界齒科聯盟規格 第7號에서 齒科鑄造用金合金의 組成은 純金의 含量을 約75% 以上으로 規定지은 것은 純金의 伸張性이 優秀하고 柔軟性이 他金屬에 比하여 越等하여 物理的, 生物學的性質이 優秀한 長點이 있는데 緣由된다.

齒科補綴施術에서 Inlay나 Shell crown 또는 3/4 crown 製作에 있어서는 優秀한 伸張性, 柔軟性을 必要로 하겠으나 現代에서는 鑄造冠의 形態가 全部鑄造冠 形態로 變遷되어 가고 있어서 特別한 伸張性이나 柔軟性이 要求되지 않으며 咀嚼壓에 依하여 伸張될 수 있고 對合齒나 支臺齒의 周圍支持組織에 爲害作用이 없을 程度의 硬度가 있고 口腔內에서 腐蝕이나 變色의 化學作用을 排除할 수 있다면 必히 金合金內의 純金의 含量을 75% 以上으로 規制하는 觀念은 지났다고 생각한다.

著者は 實驗에서 20 carat 以下의 金合金을 利用하여 그의 物理的性質과 腐蝕 및 變色의 抵抗力을 測定하여 比較 觀察하였다.

美國齒科醫師會規格 第5號²⁾ 및 美國金屬學會規格²⁵⁾ 에서는 齒科鑄造用金合金의 物理的性質을 4가지 Type 으로 分類하였는데 本實驗에서의 16 carat 및 14 carat 의 金合金이 Type III와 Type IV에 該當되는 硬性金合金의 範疇에 屬하였다 (Fig. 2, Fig. 3).

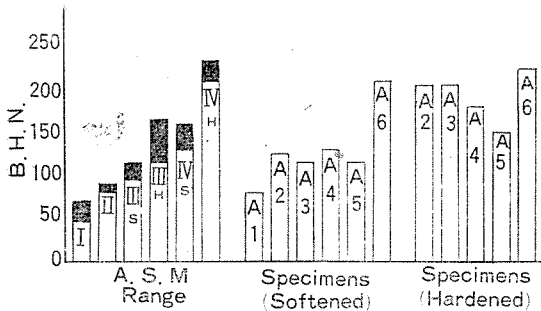


Fig. 2 Comparison of Hardness

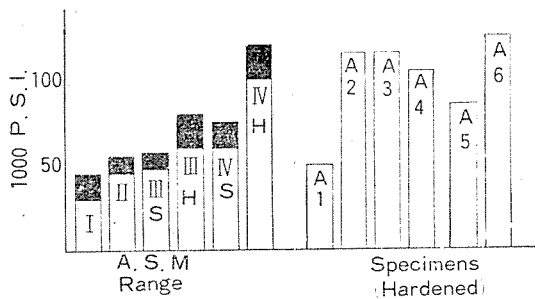


Fig. 3 Comparison of Tensile Strength

銅과 亞鉛은 硬度를 增加시키며 5%의 亞鉛을 含有한 경우에는 銅의 含量에 比例하여 硬度가 減少한다고 Ikeda¹¹⁾는 報告하였으며 熱處理의 效果는 銀과 銅이 同量일때 가장 顯著하며 10%의 亞鉛을 含有한 경우에는 硬度가 너무 높아서 脆弱性(Brittleness)을 갖게 되므로 齒科鑄造用으로서 適合치 못하고 亞鉛의 理想的 配合量은 2~5%이라고 報告하였다^{11), 17), 29)}.

著者の 實驗에서 亞鉛을 含有한 16 carat의 金合金인 No.3 試片에서 熱處理의 效果가 가장 顯著한 結果는 上記의 事實과 一致하였다.

Carter⁷⁾의 實驗報告에 依하면 16 carat의 金合金의 物理的性質은 18 carat보다는 14 carat의 金合金의 物理的性質에 더욱 類似하였으며 따라서 16 carat부터는 金合金의 貴金屬性을 喪失하기 시작한다고 하였는데^{7), 11), 12), 15), 16)}, 本實驗에서도 16 carat와 14 carat의 試片의 物理的性質은 거의 比等한 結果를 나타냈다.

軟化熱處理에 依해서 金屬은 均一의 으로 되며 軟性은 增加되고 硬度는 減少시킬 수 있으므로 硬性인 16 carat의 金合金을 軟化熱處理를 함으로서 美國齒科醫師會規格이나 美國金屬學會의 規格에 보다 適合한 齒科用 金合金으로 利用할 수 있으리라고 생각된다.

熔融溫度에 있어서는 超硬性金合金인 No.6를 除外한 모든 試片이 美國齒科醫師會規格²⁾이나 美國金屬學會規格의 熔融溫度範圍에 該當되어 「아세치렌」불태로 容易하게 熔融되리라 思料된다 (Table 9).

變色 및 腐蝕實驗은 口腔內의 環境과 齒牙周圍組織의 複雜性으로 因하여 매우 어려운 點이 많으며 同一한 齒科用金合金으로 同一한 方法으로 施術된 경우에서도 變色이나 腐蝕의 差異가 있는 것은 섭취하는 음식물의 差異, Bacterial activity, 藥物, 喫煙 그리고 口腔衛生習慣等의 要素에 基因되며 Hydrogen peroxide, Egg-olk, Ammonium sulfide를 利用한 여러가지의 實驗方法이 主張되어 왔으나 不幸히도 口腔狀態를 精確히 再現시킬 수 있는 實驗室實驗方法이 없다^{11), 12), 20)}.

唾液은 一定하지는 않지만 거의 中性인 複合溶液으로서 항상 弱酸性에서 弱알칼리性으로 變化하게 된다.

本 實驗에서 試片의 上部가 下部보다 더욱 顯著한 變色反應을 일으켰는데 이는 實驗溶液에서 發生된 蒸氣(vapors)에 依한 變色反應이 溶液自體內에서 보다 더욱 顯著함을 나타낸 것이라 생각된다.

銀과 銅이 含有된 金合金은 硫黃(Sulphur)에 依해서 硫化銅(CuS)과 硫化銀(AgS)이 形成되어 變色을 나타내게 되는데 CuS와 AgS는 黑色 또는 褐色을 나타내어 肉眼的으로 區別하기가 容易하나 ZnS는 白色 또는 黃色이므로 變色程度를 鑑別하기가 곤란하다^{11), 12), 17), 20), 23)}.

Table 9 Comparison of Melting Temperature.

	A. S. M.	Specimens	A. D. A.	S. S. White	Jelenko
Type I	950—1050	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅	930	912—1046	943—970
Type II	930—970	A ₅	900	890—1014	923—960
Type III	950—1000	A ₁ , A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅	900	839—893	913—1076
Type IV	870—985	A ₂ , A ₃ , A ₄ , A ₅	870	839—1033	888—1021

따라서 亞鉛은 變色에 對한 抵抗性을 增加시킨다고 할 수 있으며 이러한 事實은 本實驗의 結果에서도 證明되었다 (Table 8).

Isaacs은 金과 白金의 含量이 65%以下인 金合金은 氯化硫黃(Sulphur vapors)에 依한 變色에 充分히 抵抗하지 못하므로 齒科鑄造用에 適合치 못하다고 그의 實驗에서 報告한 바있다.¹⁸⁾

腐蝕에 依한 重量變化는 아주 微細하여 測定하기가 매우 곤란하다. 그러나 銅은 腐蝕에 依하여 重量이 減少되는 것을 增加시키며 亞鉛은 銅의 이러한 作用을 減少시키는 것으로 생각된다.

腐蝕에 依한 重量의 增加는 腐蝕產物의 形成으로 인한 것이라 思料된다.

따라서 本實驗에서 純金の 含量을 66%로 하고 亞鉛을 含有한 16 carat의 金合金이 軟化熱處理를 하였을 때에 高 carat의 金合金의 物理的性質과 比等하며 腐蝕과 變色 實驗에서도 別다른 爲害作用이 없었음은 Au-Ag-Cu-Zn system의 16 carat 金合金이 臨床에서 使用될 수 있는 可能性을 充分히 提示하는 것으로 생각되는 바이다.

V. 結 論

著者は 純金の 含量을 줄이면서도 齒科補綴技術에 利用될 수 있는 低 carat 金合金에 對한 關心을 갖고 低 carat 金合金의 物理的性質 및 腐蝕, 變色 實驗을 하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 16 carat와 14 carat의 金合金은 物理的性質에 있어서 齒科用金合金 分類의 硬合金의 範圍에 屬하였다.

2. Au-Ag-Cu-Zn system의 16 carat 金合金의 物理的性質은 軟化熱處理했을 때에 美國齒科醫師會規格의 硬合金에 가장 比等하였다.

3. 亞鉛이 含有되고 銀과 銅의 含量이 同量인 16 carat 金合金의 熱處理效果가 가장 顯著하였다.

4. Au-Ag-Cu-Zn system의 16carat 金合金의 變色 및 腐蝕에 對한 抵抗도가 가장 良好하였으며 14 carat

金合金의 變色 및 腐蝕에 對한 抵抗도가 가장 不良하였 다.

5. 16 carat의 金合金의 鑄造體에서는 樹枝狀突起構造가 나타나나 軟化熱處理에 依해서 樹枝狀突起構造는 없어지고 그 構造가 均一化되었다.

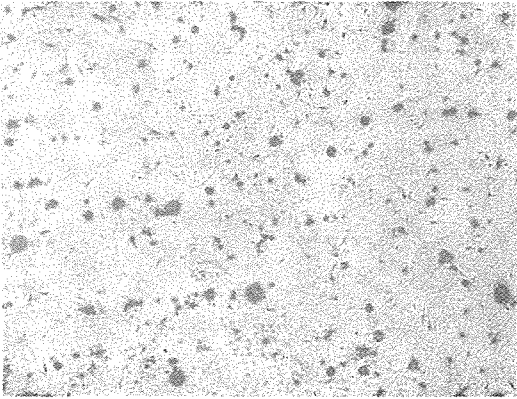
(끝으로 始終 指導校閱하여 주신 恩師 金仁哲教授님과 補綴科 醫局員 여러분께 深甚한 謝意를 表하는 바입니다)

參 考 文 獻

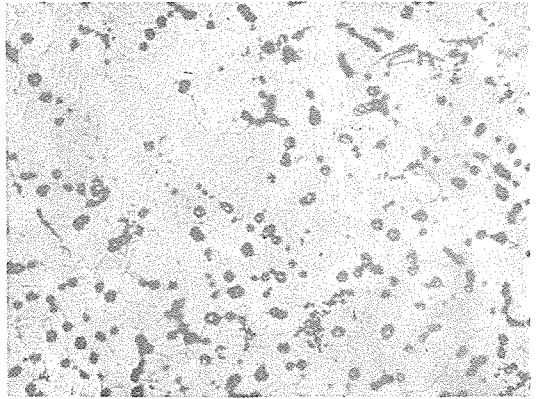
- 1) A. D. A.: Guide to dental materials and devices, 4th ed. Amer. Dent. Assoc., Chicago, 1968, pp. 31~35, 136~139.
- 2) A. D. A. Specification No. 5, J. Amer. Dent. Assoc. Vol. 72: 436, Feb., 1966.
- 3) Anthony, K. Karies, and Joseph, C. Thompson: The effect of heat treatment variables on the microstructure and hardness of a cast dental gold alloys, J. Dent. Res.: 888—900, Sep.-Oct., 1959.
- 4) Asher, H. H., and Comstock, J. A.: Some causes of variation in hardness of gold copper castings, J. Dent. Res. 13:407—413, 1933.
- 5) Brumfield, R. C.: Tentative standard methods of testing precious metal dental materials, J. Amer. Dent. Assoc. 49:17, 1954.
- 6) Bush, S. H., Taylor, D. F., and Peyton, F. A.: A comparison of the mechanical properties, chemical compositions, and microstructures of dental gold wires, J. Prost. Dent.: 177—187, 1951.
- 7) Carter, F. E.: Gold, silver, copper alloys, Trans AIME, 78:786—803, 1928.
- 8) Coleman, R. L.: Physical properties of dental materials (Ⅲ), Dent. Cos. 68:743, 1926.
- 9) Chevitaese, O., and De Andrade, E. G.: Effect of heat treatment on hardness of casting

- gold alloys, Rev. Brasil odont. 21:160—162, 1962.
- 10) Heise, D., und Grimm, L.: Neue goldlegierungen für die stomatologie, Zahntechnik 11: 288—295, 1970.
 - 11) Ikeda, H.: Studies on 16 carat dental gold alloys, J. Jap. Stom. Soc. 35:528, Sep., 1968.
 - 12) Kanzawa, Y.: Chuzoyo teikaratto kingokin ni tsuite (on low carat cast gold alloys), Kokubyo 2. (J. Jap. Stom. Soc.), 19:14—17, 1952.
 - 13) Lane, J.R.: Surrvey of dental alloys, J. Amer. Dent. Assoc. 39:414—437, 1949.
 - 14) Manufacturer's Chart: Physical properties of S.S. White casting gold alloys, The S.S. White Dent. Mfg. Co., Philadelphia, Pa, 1963.
 - 15) Ota, M., Ikeda, H., Miura, I., Yanagihara, T., and Matano, N.: On gold alloys in the market, Reports of the institute for medical and dental engineering, Tokyo medical and dental university 1:46—51, 1967.
 - 16) Peyton, F.A., Anthony, D.H., Asgar, K., Charbeneou, G.H., Craig, R.G., and Meyers, G.E.: Restorative dental materials, 2nd ed. C. V. Mosby Co.: p.29, 1964.
 - 17) Skinner, E.W., and Philips, R.W.: The Science of dental materials, 6th ed. Saunders, Philadelphia, 1967.
 - 18) Souder, W.: Summary of reports on dental material, J. Amer. Dent. Assoc. 15:627, April 1928.
 - 19) Sterner-Rainer, L.: Einige eigenschaften der legierungen Au-Ag-Cu, Z. Mettalkunde 18: 143-148, 1926.
 - 20) Swartz, M.L., Philips, R.W., and EL Tannir, M.D.: Tarnish of cerain dental alloys, J. Dent. Res. 37:837-847, Oct., 1958.
 - 21) Taylor, N.D., Paffenberger, G.C., and Sweeny, W.T.: Inlay casting golds, Physical properties and specifications, J. Amer. Dent. Assoc. 19:36, June, 1932.
 - 22) Tylman, S.D.: Theory and practice of crown and fixed partial prosthetics 6th ed. Mosby, 1970.
 - 23) Uemura, S.: The properties of the high-carat gold casting alloys, Aichi gakuin J. Dent. Sci. 7:209-49, March, 1970.
 - 24) Wilson Mechanical Instrument Division: Relationships between values determined on "Rockwell", "Rockwell" superficial and Tukon hardness tester and values determined on other testers.
 - 25) Wise, E.W.: Cast gold dental alloys in metals handbook, 1948 edition Cleveland, American society for metals, 1948, p.1121.
 - 26) 金仁哲, 朴允三: 寶城齒科鑄造用金合金의 物理的性狀과 腐蝕 및 變色에 관한 實驗的 研究, 大韓齒科醫師協會誌, Vol.13, No.11, Nov., 1975.
 - 27) 禹亨植, 全永男: 韓國齒科界에서 使用되고 있는 齒科用鑄造金合金에 관한 研究, 大韓齒科器材學會誌 Vol.2, No.2, June, 1967.
 - 28) 李完哲, 池憲澤: 韓國에서 使用되고 있는 齒科鑄造用金合金의 物理的性質에 관한 研究, 大韓齒科器材學會誌, Vol.4, No.3,4, 1969.
 - 29) 張翼泰: 齒科用金合金의 硬度 및 顯微鏡的 構造에 對한 熱處理의 效果, 齒科會報, Vol.5, No.4, Nov., 1963.

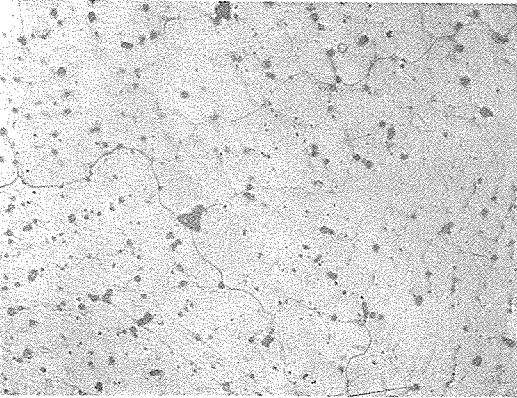
毛慶集 論文 寫真附圖



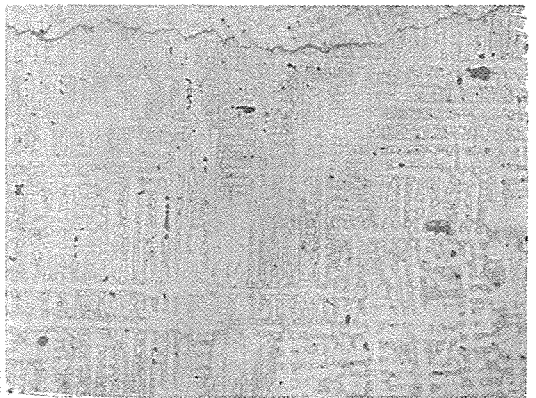
a) A₃



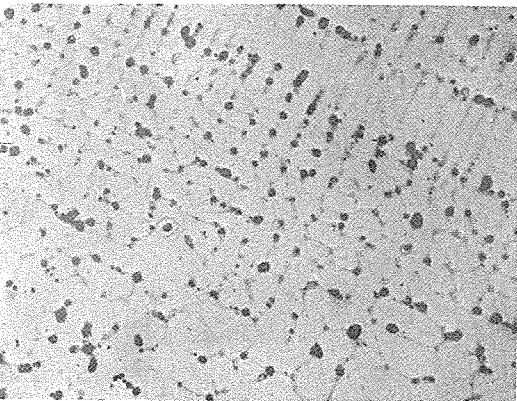
a) A₄



b) A₃ - S



b) A₄ - S



c) A₃ - H



c) A₄ - H

Micro structure
of Alloy No. 3 X80
a. as cast
b. solution heat treatment
c. hardening heat treatment

Micro structure
of Alloy No. 4 X80
a. as cast
b. solution heat treatment
c. hardening heat treatment