

# 韓國産 齒科鑄造用 低金含有合金의 組成 및 機械的 性質에 關한 比較研究\*

서울대학교 齒科大學 補綴學敎室

張翼泰, 梁在鎬, 金昌會, 金光男, 李善炯, 金英洙, 張完植

## A COMPARATIVE STUDY ON THE CHEMICAL COMPOSITION AND MECHANICAL PROPERTIES OF FOUR LOW-GOLD-CONTENT DENTAL CASTING ALLOYS MANUFACTURED IN KOREA

Ik Tae Chang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Jae Ho Yang, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Chang Whe Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Kwang Nam Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Sun Hyung Lee, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Yung Soo Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D., M.Sc.

Wan Shik Chang, D.D.S., Ph.D.

*Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Seoul National University*

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

This study was conducted to determine the chemical composition and the mechanical properties of four commercially available low gold-based crown and bridge alloy produced in Korea. Four dental casting gold-silver-palladium alloys, i.e., A, B, C and D (code of alloys) were selected for the evaluation of chemical composition, ultimate tensile strength, elongation values and Vickers hardness.

The chemical composition of test specimens was analyzed by both emission spectrography and wet gravitation method with a 1.5gm of low gold ingot.

The tensile properties and Vickers hardness was determined with cast specimens treated in following three conditions; as-cast, softening heat treatment and hardening heat treatment. The tensile testing bars were cast in accordance with the model designed by Gettleman and Harrison (1969) which was modified from the A.D.A. Specification No.14 for dental chromium-cobalt casting alloy. Nine tensile test specimens were made from a split silicone mold for each of the test alloys to the size of 2.5mm in diameter and a gauge length of 10mm. All four alloys were handled in accordance with conventional methods used in Type III gold alloys.

Ultimate tensile strength and elongation were measured on an Instron Univer-

\*本 論文은 1979年度 서울대학교病院 基金 研究費로 이루어진 것임.

sal Tensile Testing Machine (Model 1125, Japan) operated at a crosshead rate of 0.1cm/min. Elongation values were measured using Digital Measuring Microscope (MS-152, FUSOH, Japan). Vickers hardness was determined with a Vickers Hardness Tester (Model VKH-1, Japan) at a 1.0kg load on a mounted tensile test specimen.

The following results were obtained from this study;

1. All tested alloys were composed of Au, Ag, Pd, Cu, Zn and Fe in common.

The composition rate of gold for all four alloys was found in the range of 42~47 weight % as shown below.

Alloy A; Au 45%, Ag 40.2%, Pd 5.76%, others 9.04%.

Alloy B; Au 47.1%, Ag 29.03%, Pd 6.98%, others 16.92%.

Alloy C; Au 45%, Ag 26.9%, Pd 6.83%, others 21.07%.

Alloy D; Au 41.8%, Ag 34.4%, Pd 6.95%, others 16.85%.

3. The ultimate tensile strength of the four alloys was in the range of 31~82kg/mm<sup>2</sup>. The test results were shown in the below order from the highest value;

As-cast condition; D, B, C, A.

Softening heat treatment; B, C, D, A.

Hardening heat treatment; D, B, C, A.

4. The test results of the elongation rate for each alloy were in the range of 0.5~18%. The test results were shown in the below order from the highest value;

As-cast condition; A, D, B, C.

Softening heat treatment; A, C, D, B.

Hardening heat treatment; C, D, B, A.

5. Vickers hardness for each of the four alloys was in the range of 120~230.

The test results were shown in the below order from the highest value;

As-cast condition; C, B, D, A

Softening heat treatment; D, B, C, A.

Hardening heat treatment; D, A, C, B.

6. There were no differences in the physical properties between as-cast condition and softening heat treatment.

## — 目 次 —

### I. 緒 論

### II. 實驗材料 및 實驗方法

### III. 實驗成績

### IV. 總括 및 考按

### V. 結 論

### 參考文獻

## I. 緒 論

齒科鑄造用合金은 口腔內에서 咀嚼壓에 견딜 수 있는 優秀한 物理的, 機械的 性質, 邊緣 適合度, 鑄造性, 變色抵抗度, 耐蝕性, 生體適合도를 갖추어야 함은 물론 經濟的인 要件을 갖춰야 한다(4, 7, 9, 12, 13, 15, 16, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 44, 45, 52, 55, 56).

1907年 Taggart<sup>53)</sup>가 蠟型을 燒還시켜 金合金 inlay 의 鑄造法을 紹介한 以後로 鑄造法이 一般化되어 正確

한 修復物의 製作을 可能하게 하였다.

1928年 Coleman<sup>10)</sup>이 美國標準局의 Research paper No. 32에 記載된 齒科材料의 物理的 性質에 關한 報告에서 齒科鑄造用金合金의 成分分析에 關해서 報告한 以後로 1930年代에 高팔라듐-銀合金과 코발트-크로뮴合金이 紹介되었고, Taylor 等<sup>54)</sup>이 인레이 鑄造金合金의 物理的 性質과 規格을 發表하였고, Brumfield<sup>6)</sup>는 齒科用 貴金屬 合金의 臨時 標準材料 試驗法을 發表하였다.

1950年代에 陶材와 結合되는 銅이 含有되지 않은 高 carat 金合金이 紹介되었고 Coleman에 依해 分類된 金合金의 分類가 1966년에 美國齒科醫師協會(以下 A.D.A.) 規格 第5號로 規定했고 國際齒科聯盟 規格 第7號로 制定되어 Type I, II, III, IV로 分類되었다<sup>11)</sup>.

齒科鑄造用 金合金은 1960年代 初부터 10年 동안 은스(ounce)當 \$35에서 \$300 以上으로 昂騰되어 經濟的 負擔을 加重시켜 1968年 以後로 Ni-Cr 合金, 低 carat 金合金 및 Pd-Ag 合金과 같은 金合金 代用 合金이 많이 開發되어 왔다<sup>35)</sup>.

國內에서도 지금까지 使用하여 오던 A.D.A. 規格 第5號에 規定한 金合金 代身 Ni-Cr 合金이나 低金含有合金인 Au-Ag-Pd 合金 또는 Ag-Pd 合金인 A型, B型, C型 또는 3, 4, 5型이라는 金의 含量이 50% 以下인 低金含有合金을 生産하여 大部分 物理的 性質과 臨床的 實驗을 正確하게 하지 않고 使用되어 變色, 氣孔等 많은 缺點이 나타나고 있다.

低金含有合金은 1933年 22~70%의 金을 含有한 white alloy가 紹介된 以後로<sup>45)</sup> Jelenko<sup>30)</sup>, Ney<sup>55)</sup> 및 Howmedica 會社<sup>23)</sup> 등에서 40% Au-Ag-Cu 合金과 10~15% Au-Ag-Pd 合金等을 開發한 以後로 Gettleman<sup>15)</sup>, Huget<sup>24)</sup>, Huget<sup>26, 28)</sup>, Nitkin<sup>44)</sup>, Dale<sup>12)</sup>, O'Brien<sup>45)</sup>, Moffa<sup>41, 42)</sup>, McCray<sup>37)</sup>, Sarkar<sup>49)</sup>, Lubovich<sup>35)</sup>, Meyer<sup>40)</sup>, Giday<sup>17)</sup>, Gettleman<sup>16)</sup>, Sturdevant<sup>52)</sup> 등의 研究가 있다. Huget<sup>26, 27)</sup>는 Pd-Ag crown and bridge 合金에 關해서 報告하였고, Gourley<sup>18)</sup>는 低金含有合金과 通常 使用해온 金合金과 比較하였으며, Valega 等<sup>56)</sup>은 齒科用 金合金 代用合金에 關해서 報告했고, Sarkar<sup>49)</sup>는 低金含有合金의 腐蝕에 關해서, Meyer<sup>40)</sup>, Gettleman<sup>16)</sup>, Giday<sup>17)</sup> 등은 低金含有合金의 機械的 性質에 關해서 報告하였다.

그러나 國內에서 製作되어 使用中인 齒科鑄造用 低金含有合金의 化學的 組成 分析 및 機械的 性質에 關한 研究는 稀少한 實情이다.

이에 著者들은 韓國產 齒科鑄造用 低金含有合金에 關

心을 갖고 一次的으로 所謂 A型이라는 Au-Ag-Pd合金의 組成과 機械的 性質을 研究하여 臨床的으로 使用 可能性 如否를 規明하고자 本 研究를 始作하여 多少의 知見을 얻었기에 報告하는 바이다.

## II. 實驗材料 및 實驗方法

### 1. 試片製作

韓國 齒科 臨床에서 A.D.A. 規格 第5號의 齒科鑄造用 金合金 代身 많이 使用中인 低金含有合金中 金含量이 높은 A type 合金 4種을 選擇하였다.

#### ① 成分分析

成分分析을 爲한 試片은 서울市 齒科醫師會員이 小賣로 構入한 後 ingot 狀態에서 1.5~2gm씩 만들어 試驗했다.

#### ② 引張 試片의 製作

引張試片은 Moffa<sup>41)</sup>, Gettleman<sup>15)</sup>, Meyer<sup>40)</sup> 等의 方法에 따라 美國材料試驗規格(A.S.T.M.) 및 A.D.A. 規格 第14號의 試片을 小形化한 Fig. 1과 같은 規格의 試片을 製作하기 爲해 分割形 고무型을 製作한 後 注入口에 Inlay casting wax(Perfectone Co., U.S.A.)를 Wax injector로 熔融加壓하여 Fig. 2와 같은 同一한 規格의 蠟型을 製作하였다. 引張試片의 規格은 Fig. 1과 같이 直徑 2.5mm, 表點距離가 直徑의 4倍인 10mm로 하고 兩端의 直徑은 5mm로 하였다.

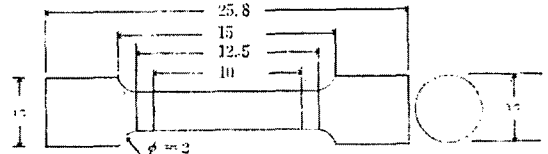


Fig. 1. Design of the tensile bar, according to Gettleman & Harrison(All values in mm).

3個의 蠟型을 runner bar 術式으로 注入線을 樹立後 한개의 鑄造 ring에 cristobalite 埋沒材로 製造會社의 指示에 따라 埋沒後 1時間 經過後 室溫의 電氣爐(Kerr Co., U.S.A.)에 넣어 1時間 동안 1250°F까지 燒還, 30分동안 heat soaking해 아세틸렌 가스과 空氣를 併用한 blowpipe의 還元帶의 불꽃으로 熔融한 後 各合金은 30gm씩 使用하여 遠心鑄造機(Kerr, Co. U.S.A.)로 鑄造했다<sup>31)</sup>. 1個 引張試片當 4.5~5gm이 所要되었다. 鑄造後 5分間 徐冷後 button이 黑色으로된 後 室溫水에 急冷後 50% 黃酸에 沸點以下로 加熱하여 流水에 洗滌하였다. 各合金마다 總 9個의 試片을 製作하였다. 各 試片에 付號表示를 한 後 熱處理는 A.D.A. 規格

第5號<sup>1)</sup>에 規定된 金合金의 熱處理 方法에 따라 鑄造試片을 強度 및 硬度測定에 앞서 電氣爐(Kerr Co., U.S.A.)에서 熱處理를 하였다.



Fig. 2. Typical wax patterns and castings

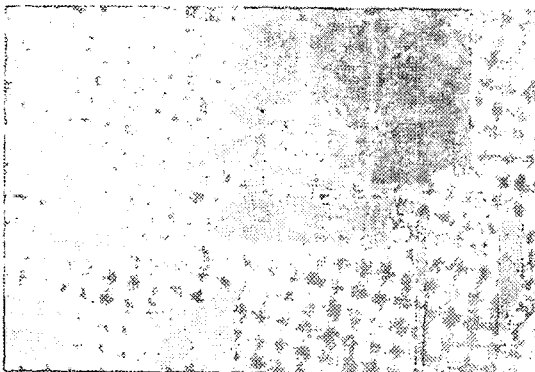


Fig. 3. Emission Spectrometer

㉑ 軟化熱處理: 鑄造後 5분間 徐冷(bench cooling) 후 急冷한 引張試驗片을 700±10°C 電氣爐에 10分間 두었다가 室溫의 물에 急冷시켰다.

㉒ 硬化熱處理: 軟化熱處理를 거친 試片을 450±5°C로 溫度를 다시 올린 電氣爐에 2分間 維持한 後 每分 7±1°C씩 冷却시켜 30分 동안에 250±1°C가 되도록 한 後 室溫水에 冷却시키는 方法을 利用했다.

### ㉓ 硬度試片

硬度試片은 A. D. A. Specification No. 5<sup>1)</sup>, Gettleman<sup>15)</sup>, Hesby<sup>16)</sup> 등의 方法에 따라 引張實驗後 切斷된 把持部를 mounting press(Marumoto Co., Japan)로 200°C, 200kg/cm<sup>2</sup> 壓力에서 20分間 acrylic으로 凝固시켜 mounting 하거나 齒科用 自家重合 레진으로 mounting 한 後 120,240,400,600,800,1000,1200 grit의 실리콘카바이드 研磨紙 上에서 平坦하게 研磨한 後 0.05μ alumina 懸濁液으로 研磨하였다.

## 2. 測定 器具 및 方法

### ㉑ 成分分析

各 合金의 組成은 發光分光分析機(Jarrel-Ash Co., Japan)(Fig. 3)를 使用하여 定性分析을 하였다. 合金의 定性은 發光分光分析機에서 나오는 成分元素 特有의 波長으로 定하고, 이 光線이 試片에 透射되는 瞬間 電氣放電이 일어나는데 이때 spectrum line이 나타나는 것을 攝影 記錄하였다.

合金의 定量分析은 主成分인 Au, Ag, Pd, Cu의 含量을 濕式重量測定法(wet gravitation analysis method)<sup>27), 41)</sup>으로 測定하였다. 먼저 個個의 合金 試片을 王水로 溶解시켜 clear solution으로 만든 後 Ag, Au, Pd 順序로 定量을 했다.

### ㉒ 引張試驗

引張試驗은 Hugot<sup>27)</sup> Meyer<sup>40)</sup> Moffa<sup>4)</sup> 등의 方法에 따라 Instron (Instron Universal Testing instrument, Model 1125, Instron Co., Japan)(Fig. 4)의 上下面 grips 사이에 表點距離가 表示된 試片을 固定하고 引張力을 받을 때 slip이 생기지 않도록 flat wedge形 grip 代身 棒材用 V wedge形의 grip<sup>28)</sup>을 使用하였다.

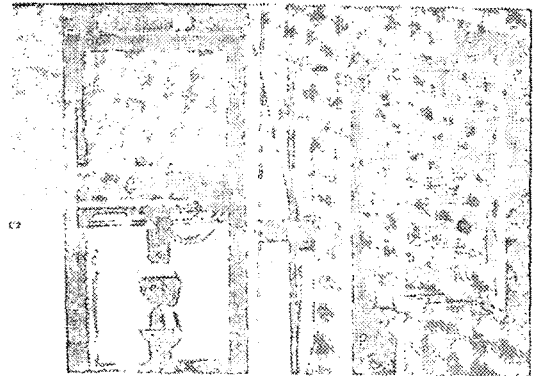


Fig. 4. Instron Universal Testing Machine, Model 1125, Japan.

load cell 10 ton, full scale load 0.5ton, cross head speed 1mm/min의 速度로 加하면서 結合된 試片이 分離될 때의 數值를 試驗機에 附屬되어 있는 記錄裝置에서 100mm/min의 chart速度로 測定하여 다음과 같은 公式으로 最大引張強度를 測定하였다.

$$\text{Ultimate tensile strength} = (\sigma_{max}) = \frac{P_{max}}{\frac{\pi}{4} d^2}$$

$\sigma_{max}$  = ultimate tensile strength

$P_{max}$  = ultimate tensile load

$d$  = specimen diameter

③ 延伸率

延伸率의 測定은 A.D.A.規格 No. 5에 따라 測定前에 Vernier caliper로 表點距離를 分割器로 表點을 表示하고 Hesby의 方法<sup>19)</sup>과 같이 Digital Measuring Microscope(MS-152, FUSOH, JAPAN)(Fig. 5)로 引張試驗前, 後에 表點距離를 測定하여 다음과 같은 公式로 延伸率을 測定하였다.

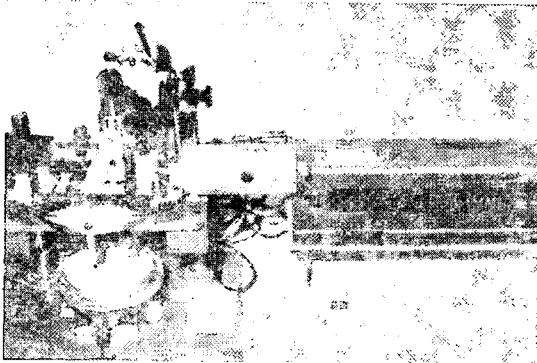


Fig. 5. Digital Measuring Microscope(MS-152, FUSOH, Japan)

$$\frac{\Delta l}{l_0} \times 100 = \text{elongation \%}$$

$l_0$ : original length

$\Delta l$ : increase in length

④ 硬度測定

硬度測定은 Vickers Hardness Tester(Model VKH-1, Tokyo testing machine Mfg. Co., Japan)(Fig. 6)를 使用하여 測定盤에 試片을 固定한 後 1kg의 荷重을 加한 後 diamond의 壓痕의 直徑을 計測顯微鏡으로  $\mu\text{m}$  單位까지 測定한 後 다음과 같은 公式로 算出하였다.



Fig. 6. Vickers Hardness Tester(Model VKH-1)

$$Hv = \frac{\text{Applied Load(Kg)}}{\text{Contact area of indenter(mm}^2\text{)}} = \frac{2P \sin \theta/2}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2} \text{ (kg/mm}^2\text{)}$$

$Hv$  = Vickers hardness number

$P$  = Applied load(kg)

$\theta$  = Angle between opposite faces( $136^\circ$ )

$d$  = Diagonal of indentation(mm)

Ⅲ. 實驗結果

1. 成分分析

各 試料의 定性과 定量分析의 結果는 Table 1, Table 2와 같다.

A合金의 組成은 Au, Ag, Pd, Cu, Zn, Fe, In, Na, Mo, Ti, Y 등이 나타났고 定量分析의 結果 Au 가 45%, Ag 40.2%, Pd 5.76%, 기타 9.04%로 나타났다. 기타는 大部分 Cu로 推定된다.

B合金은 Au, Ag, Pd, Cu, Pt, Zn, In, Se, Mo, Yb 등이 含有되어 있고 定量的으로 Au 47.1%, Ag 29.0%, Pd 6.98%, 其他 16.92%로 나타났다. 여기서 其他는 거의 Cu로 推定된다.

C合金은 Au, Ag, Pd, Cu, Zn, Fe, Ni, Na, Sn, Cd 등이 含有되어 있었고,

定量的으로는 Au 45.2%, Ag 26.9%, Pd 6.83%, 其他 21.07%로 나타났고, Cu 含量이 四種의 合金中 가장 많은 것으로 推定된다.

D合金은 Au, Ag, Pd, Cu, Pt, Zn, Fe, Mo, In, Mg, Y가 含有되어 있었고 定量的으로는 Au 41.8%, Ag 34.4%, Pd 6.95%, 其他 16.85%가 含有되어 있었다. 其他는 大部分 Cu로 推定된다. 金의 含量이 四種의 合金中 가장 낮았다.

各 合金의 鑄造, 軟化熱處理, 硬化熱處理 時의 最大

Table 1. Qualitative analysis of alloys

Alloys	Elements
A	Au, Ag, Cu, Pd, Zn, Fe, In, Na, Ti, Y, Mo
B	Au, Ag, Cu, Pd, Pt, Zn, Fe, In, Mo, Yb
C	Au, Ag, Cu, Pd, Zn, Fe, Ni, Na, Cd, Sn
D	Au, Ag, Cu, Pd, Pt, Zn, Fe, In, Mo, Mg, Y

Table 2. Quantitative analysis of four alloys (weight %)

Element	Alloys			
	A	B	C	D
Au	45	47.1	45.2	41.8
Ag	40.2	29.0	26.9	34.4
Pd	5.76	6.98	6.83	6.95
others	9.04	16.92	21.07	16.85

引張強度, 延伸率, Vickers 硬度는 Table 3, Table 4, Table 5 및 Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9와 같다.

2. 最大引張強度

① 鑄造後 5分間 徐冷시킨 後 室溫水에 急冷(以下 鑄造)時 D合金이 가장 높았고 B,C,A 合金의 順序로 減少되었다.

② 軟化熱處理時

B,C,D,A 合金의 順序로 나타났고 B,D,C 合金은 큰 差가 없었으나 A合金은 差가 많았다.

③ 硬化熱處理時

D,B,C,A 合金의 順序로 減少되었고 D,B,C合金은

Table 3. Ultimate tensile strength values (kg/mm<sup>2</sup>)

States	Alloys			
	A	B	C	D
As-cast	37.68	67.36	52.76	77.41
Softening heat treatment	31.98	60.5	50.92	50.72
Hardening heat treatment	39.2	82.5	71	82.7

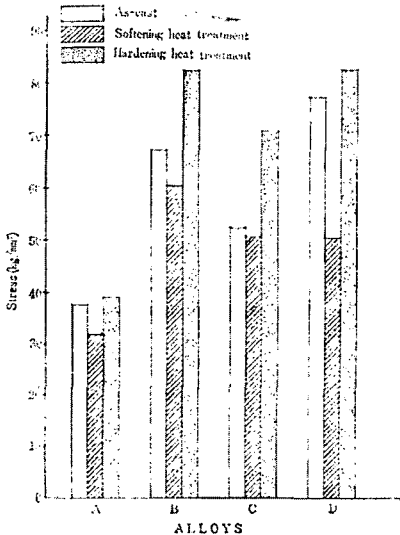


Fig. 7. Histogram of the ultimate tensile strength values(kg/mm<sup>2</sup>)

큰 差가 없었으나 A合金은 가장 낮은 것을 알 수 있었다.

3. 延伸率

① 鑄造後

A,C,B,D 合金의 順序로 나타났고 A合金이 가장 延伸率이 좋았고, B,D合金은 매우 낮았다.

② 軟化熱處理後

A,C,D,B 合金의 順序로 延伸率이 減少되었고 A合金이 가장 延伸率이 좋았고 B合金이 가장 낮았다. A.D. A. 規格 第5號인 最少 10%에 達せん 못미쳤다.

③ 硬化熱處理時

A,B,D,C 合金의 順序로 延伸率이 減少되었다. A.D. A. 規格 5號에서는 2% 以上으로 規定되어 A는 2.34%로 適當하였다.

Table 4. Elongation values(%)

states	Alloys			
	A	B	C	D
As-cast	15.72	3.5	9.52	2.41
Softening heat treatment	18.43	4.4	16.4	10
Hardening heat treatment	2.34	1.2	0.5	0.69

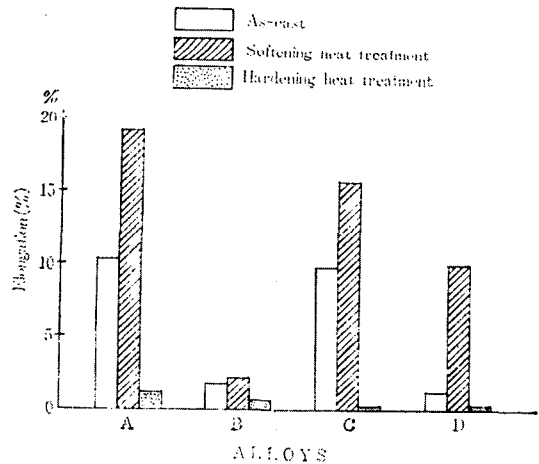


Fig. 8. Histogram of the elongation values

4. Vickers 硬度

① 鑄造後

D,C,B,A 合金의 順序로 나타났고 B,C,D合金은 183~217로 A.D.A. 規格 No.5 Type IV 金合金의 硬度(120~150)를 나타냈고 A合金은 123으로 A.D.A. 規格 No.5 Type III 金合金의 硬度를 나타냈다.

② 軟化熱處理後

D,B,C,A合金의 順序로 나타났고 D合金은 194로 硬

도가 가장 높았고 D, B, C 합금은 167~174로 A, D, A. 규격 No.5 Type N 金合金의 硬度를 나타냈다.

③ 硬化熱處理後

D, B, C, A 合金의 順序로 나타났고 D 합금은 A, D, A. 규격 No.5의 Type N 金合金의 硬度인 220보다 높았다.

Table 5. Vickers hardness numbers

states	Alloys			
	A	B	C	D
As-cast	123	183	187	217
Softening heat treatment	120	174	167	194
Hardening heat treatment	130	204	195	230

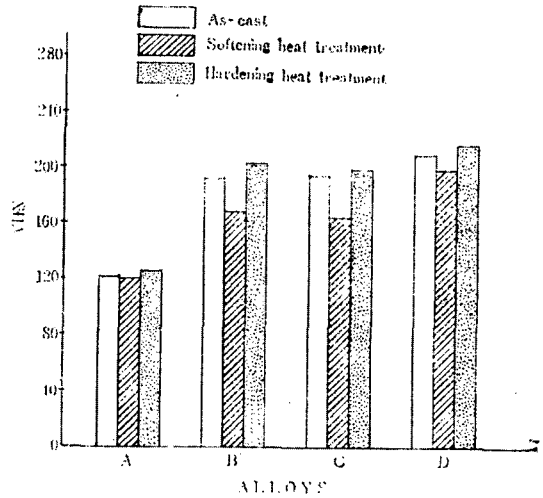


Fig. 9. Histogram of the Vickers hardness values

Table 6. Comparison of mechanical properties of experimental alloys with other manufacturer's alloys

Alloys	Ultimate Tensile Strength (kg/mm <sup>2</sup> )			Elongation (%)			Vickers hardness (VHN)		
	As-cast	Soft	Hard	As-cast	Soft	Hard	As-cast	Soft	Hard
A (experimental alloy)	37.68	31.98	39.2	15.72	18.43	2.34	123	120	130
B (experimental alloy)	67.36	60.5	82.5	3.5	4.4	1.2	183	174	204
C (experimental alloy)	52.76	50.92	71	9.52	16.4	0.5	187	167	195
D (experimental alloy)	77.41	50.72	82.7	2.41	10	0.69	217	194	230
A. S. M. Specification									
Type I	—	21—32	—	—	20—35	—	—	45—70 (BHN)	—
Type II	—	32—48	—	—	20—35	—	—	80—90 (BHN)	—
Type III	—	34—40	42—57	—	20—25	6—20	—	95—115 (BHN)	115—165 (BHN)
Type N	—	42—52	70—84	—	4—25	1—6	—	130—160 (BHN)	210—235 (BHN)
A. D. A. Specification No. 5									
Type I	—	—	—	—	18	—	—	50—90	—
Type II	—	—	—	—	12	—	—	90—120	—
Type III	—	—	—	—	12	—	—	120—150	—
Type N	—	—	63.50	—	10	—	—	150	220
Type III Ney-OroB-2	—	42.9	45.6	—	35	34	—	125	135
Firmilay	—	44.3	54.15	—	39	19	—	121	182
Type IV Forticast	—	59.75	90.34	—	18	3	—	193	292
KS P5105 I	—	40	—	—	7	—	—	140 (BHN)	—
II	—	—	55	—	—	1.5	—	—	140 (BHN)

以上の結果를 A. D. A. 규격 第5號와 A. S. M. (美國金屬協會) 규격, Ney 會社의 Ney-Oro B-2合金, Jelenko

會社의 Type III 合金인 Firmilay, Type IV 合金인 Forticast 및 KS 규격과 比較해 보면 Table 6과 같다.

#### IV. 總括 및 考按

合金의 組成을 分析하는 方法은 濕式方法인 重量測定分析法(wet gravimetric analysis), 體積測定分析法(wet volumetric analysis)이 있고, 原子吸光分析法인 atomic absorption spectrophotometric analysis(A. A. S.) 등이 있고 發光分光分析法(Emission spectroscopic analysis), 엑스線 螢光分光分析法(X-ray fluorescence analysis) 등이 있다.

• Emission spectroscopic analysis는 주로 定性分析에 利用되고, 定量分析은 濕式方法이나 原子吸光分析法이 正確性이 높다.

大部分의 齒科用 金合金은 6個 以上の 金屬成分으로 構成되며 貴金屬을 含有해 變色이 되지 않고 熔融溫度가 充分히 낮아야 臨床에 適用하기 좋다<sup>48)</sup>.

金合金의 成分元素의 合金에 對한 影響을 定性的으로 說明하면<sup>11, 48)</sup> 金(Au)은 含量이 增加함에 따라 金色이 增加하고 延伸率은 좋아지고 比重 및 融點이 높아지며 空氣中에서 酸化를 일으키지 않고 口腔內에서 變色 및 腐蝕에 對한 抵抗力이 높아진다. Skinner는 最少한 75% 以上の 金을 含有해야 口腔內에서 變色 및 腐蝕이 일어나지 않는다고 하였으며 一般的으로 金原子의 數가 基底金屬 原子數와 같아야 適切한 耐蝕性이 생긴다고 하였다. 또한 金은 銅과 함께 熱處理의 因子로 作用한다.

銅은 合金의 強度와 硬도를 增加시켜 주지만, 合金의 變色과 腐蝕抵抗力을 낮게하므로 銅의 使用을 制限해야 한다. 또한 銅은 一般的으로 合金의 融點을 낮추준다.

Au-Ag-Cu 三元合金의 硬도는 20% 以上으로 添加된 銅과 正比例하여 增加된다. 또한 時効硬化 熱處理에 順應 하려면 最少 4% 以上の 銅을 含有해야 한다. 本實驗에서 使用한 모든 試片이 8% 以上の Cu를 含有하고 있었다.

銀(Ag)은 銅과 함께 熱處理에 影響을 미칠 수 있고 合金을 白色으로 만들며, 팔라듐(Pd)이 存在時 延性을 賦與하나 金代身 少量 添加되어도 機械的 性質에 거의 影響을 미치지 않으나 耐蝕性은 顯著히 減少될 수 있다.

백금(Pt)은 金合金을 硬化시키며 變色과 腐蝕抵抗力을 增加시키며 金合金을 白色화하고 Au와 Cu와 反應해 時効硬化에 效果의이나 凝固點의 顯著한 增加를 避하기 위해서 Pt는 一般的으로 3~4%를 超過하지 않는 것이 좋다고 하였다.

팔라듐(Pd)은 白金보다 값이 低廉해 白金代身 使用되고 比重이 낮고 5~6% 程度의 팔라듐만으로도 合金

을 白色化 할 수 있고 強度와 硬도를 增加시켜준다.

亞鉛(Zn)은 脫酸劑(scavenger)로 少量 添加되어 合金의 熔融時나 冷却時 酸化가 防止되며, oxide와 結合해 合金의 鑄造性을 增加시켜주고, 熔融點을 減少시켜 주며 팔라듐과 結合해 若干의 硬도를 增加시켜 주고 合金을 白色화하며 表面張力을 減少시켜 鑄造와 熔接이 잘 되며 鑄型內 融劑가 流入되는 것을 防止한다.

인듐(In)은 揮發性이 적은 脫酸劑로서 少量 添加되며 粒子의 크기가 均一하게 되도록 해주고 流動性을 增加시키는데 效果의이다.

齒科鑄造用 合金은 組成에 따라 分類되며, 組成 및 粒子의 크기가 硬도에 影響을 미치고 一般的으로 硬도는 強度와 比例하나 硬도는 熱處理로 큰 變化가 없다고 하였다<sup>11)</sup>.

齒科補綴物의 熱處理는 特定한 時間동안 거의 固相線 近處의 溫度로 加熱해 均質化시킴으로써 耐蝕性을 增加시킬 수 있다고 하였다.

熱處理時 어느 境遇나 軟化熱處理를 해 stress를 除去後 硬化熱處理를 해야한다. 各 合金마다 熱處理 方法이 若干 다르지만 一般的으로 熱處理 方法은 두가지로 大別할 수 있다.

即 鑄造 ring의 直徑에 따라서 急冷하는 時間을 調節하여 熱處理效果를 얻는 bench cooling method와 鑄造體를 電氣爐에 一定 時間 維持하여 急冷하거나 空冷하는 furnace method가 있다.

McLean<sup>38, 39)</sup> 등은 Ni-Cr系 合金은 正確한 鑄造가 어려우므로 可能한 限 金의 含量을 높여 適合度를 높여야 한다고 하였다. Vermilyea<sup>37)</sup> 등은 金含量이 50% 以下인 陶材燒付用 合金인 Neydium과 JPW 合金은 延伸率과 硬도가 熱處理로 變化되지 않는다고 하였다. 또한 陶材燒付用 Au-Pd-Ag 合金이 Au-Pd 合金보다 熱處理로 延伸率은 增加된 것은 intragranular homogeneity 때문이며 熱處理時가 鑄造時보다 粒界가 明確해졌다고 하였다.

本實驗에서는 軟化熱處理時는 鑄造後와 比較時 強度, 硬도 및 延伸率에 變化를 나타냈으나 큰 差異를 認定할 수 없었다.

Huget<sup>37)</sup> 등은 低金含有合金인 Ceramcwhite, SMG-W와 Cameo-Lite는 組成과 微細構造의 差異는 있으나, 引張強度와 熱處理에 對한 反應은 매우 類似하다고 報告했다. 그러나 本實驗에서는 組成의 差는 적으나 機械的 性質에 差가 있었다.

또한 鑄造試片의 硬도는 1300°F에서 追加 熱處理를 함으로써 增加되었고 또한 二元, 三元合金은 固溶體를 形成해 析出이나 硬化熱處理에 敏感하지 않다고 하였다.



이것은 인듐(In) 같은 base metal이 중요한 役割을 하는것 같다. 即 이들 合金을 硬化시킬 수 있는 能力은 인듐과 朱錫(Sn)을 包含하는 金屬間 化合物의 形成때 문이라고 했다.

Gettleman(1969) 等<sup>15)</sup>은 A. D. A. tensile rod 規格과 다른 引張試片을 考案했다. 即 美國材料試驗規格(ASTM)E8:66<sup>16)</sup>에 記述된 바와 같이 直徑對 表點距離가 1:4가 되도록 해 直徑이 2.5mm이고 表點距離가 10mm인 引張試片을 製作하여 金合金의 使用量을 줄이고 大部分의 鑄造體와 크기가 비슷한 利點이 있다고 하였다. 引張試驗에서 가장 重要한 것은 試片을 正確하게 規格化해야 된다고 思料된다.

著者들은 Gettleman<sup>15)</sup>, Meyer<sup>40)</sup> 등이 考案한 試片과 直徑 및 表點距離는 같으나 試片의 兩端을 thread나 平面을 만들지 않고 圓筒型으로 만들었고 V wedge形의 grip을 使用해 試驗時 slip을 防止할 수 있었다. Gettleman<sup>15)</sup>, Meyer<sup>40)</sup> 등이 extensometer를 裝着하지 않고 延伸率 및 0.2% offset 降伏強度를 應力-變型曲線에서 直接 計算했다고 했으나, 이것은 crosshead의 移動距離를 延伸率로 計算한 結果가 되므로 잘못된 試圖라고 생각되어 本 實驗에서는 0.2% offset 降伏強度는 測定하지 않았다.

앞으로 더 많은 試片數와 表點距離가 25mm 以上되는 큰 試片을 使用하여 試驗해야 되리라 생각하고, 變色 및 腐蝕實驗, 鑄造性, 邊緣適合度 및 生體適合度等에 關한 充分한 研究가 繼續되어야 한다고 생각된다.

#### IV. 結 論

現在 韓國 齒科臨床에서 使用되고 있는 韓國產 齒科鑄造用 金-銀-팔라듐合金 4種을 對象으로 各 合金의 化學的 組成을 定性 및 定量的으로 分析하고 各 合金을 鑄造後 5分間 徐冷後 急冷時와 軟化熱處理, 硬化熱處理時의 引張強度, 延伸率 및 硬도를 試驗하여 다음과 같은 結果를 얻었다.

1. 모든 試驗合金의 組成은 定性分析에서 Au, Ag, Pd, Cu, Zn, Fe를 共通의으로 含有하고 있었다.

2. 모든 試驗合金의 金含量은 42~47 weight%였고 各 合金의 主要組成은 다음과 같다.

A 合金; 金: 45%, 銀: 40.2%, 팔라듐: 5.76%, 其他: 9.04%

B 合金; 金: 47.1%, 銀: 29.0%, 팔라듐: 6.98%, 其他: 16.92%

C 合金; 金 45.2%, 銀: 26.9%, 팔라듐: 6.83%, 其他

: 21.07%

D 合金; 金: 41.8%, 銀: 34.4%, 팔라듐: 6.95%, 其他: 16.85%

3. 最大引張強度는 31~83kg/mm<sup>2</sup>로 나타났고, 鑄造後 D, B, C, A 合金의 順序로, 軟化熱處理後 B, C, D, A 合金의 順序로, 硬化熱處理後 D, B, C, A 合金의 順序로 減少되었다.

4. 延伸率은 0.5~18%로 鑄造後 A 合金이 가장 좋았고 C, B, D 合金의 順序로, 軟化熱處理後 A, C, D, B 合金의 順序로, 硬化熱處理後 A, B, D, C 合金의 順序로 減少 되었다.

5. Vickers 硬도는 120~230으로 鑄造後 D, C, B, A 合金의 順序로, 軟化熱處理後 D, B, C, A 合金의 順序로, 硬化熱處理後 D, B, C, A 合金의 順序로 減少되었다.

6. 各 試驗合金의 熱處理 効果는 鑄造狀態와 軟化熱處理 時의 機械的 性質에는 큰 差異가 없었다.

(本 實驗을 도와주신 서울工大 M. T. C. 崔世寧氏, KIST 分析化學室 여러분께 感謝를 드립니다.)

#### References

- 1) American Dental Association Specification No. 5 for dental casting gold alloy. In guide to dental materials and devices, 6th ed. Chicago, American Dental Association, pp.182-185, 1972.
- 2) Anderson, J.N.: Applied dental materials, ed. 5, Oxford, Blackwell Scientific Publications, 1976.
- 3) Asgar, K., and Allan, F.C.: Microstructure and physical properties of alloys for partial denture castings, J. Dent. Res., 47(2)pp.189-197, 1968.
- 4) Asgar, K.: Melting and Casting of Alloys. Proceedings. Alternative to Gold Alloys in Dentistry, DHEW Publication No.(NIH) 77-1227, pp.166-185, 1977.
- 5) ASTM Designation: E8-66: Standard methods of tension testing of metallic materials, in ASTM stand, Part 31, 1967, p.201.
- 6) Brumfield, R.C.: Tentative standard methods for testing precious metal materials(Technical Committee. Dental Gold Institute), J. Amer. Dent. Assoc. 49: 17 July 1954.
- 7) Caputo, A.A., and Reisbick, M.H.: Mechani-

- cal properties of a nonprecious type III alloy, *J. Dent. Res.*, 54(2) : 428, 1975.
- 8) Civjan, S. et al. : Effects of heat treatment on mechanical properties of two nickel-chromium-based casting alloys, *J. Dent. Res.* 51 : 1537, 1972.
  - 9) Civjan, S., Huget, E.F., and Marsden, J.E. : Characteristics of two gold alloys used in fabrication of porcelain-fused-to-metal restorations, *J. Amer. Dent. Assoc.*, 85 : 1309—1315, 1972.
  - 10) Coleman, R.L., Jr. : Physical properties of dental materials (gold alloys and accessory materials), Res. Paper No. 32, *J. Research NBS* 1 : 867 Dec., 1928.
  - 11) Craig, R.G. : Dental materials, a problem oriented approach, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1978. pp. 114—115.
  - 12) Dale, J.W., and Moser, J.B. : A clinical evaluation of semiprecious alloys for dowels and cores, *J. Prosthet. Dent.*, 38 : 161, 1977.
  - 13) Dale, J.W., and Moser, J.B. : Semiprecious alloys for cast restorations: A preliminary report, *J. Prosthet. Dent.* 38 : 627, 1977.
  - 14) Fournelle, R.A., and Brantley, W.A. : Age hardening studies of dental gold casting alloys, AADR abstract No. 826, 1980.
  - 15) Gettleman, L., and Harrison, J.D. : Improved tensile specimen for dental casting gold alloys, *J. Dent. Res.* 48 : 278—281, 1969.
  - 16) Gettleman, L. : Status report on low-gold-content alloys for fixed prostheses, *J. Amer. Dent. Assoc.* 100 : 237, 1980.
  - 17) Giday, G., and Asgar, K. : Mechanical properties of 81 alloys of Au-Pd-Ag-Cu System, AADR abstract No. 823, 1980.
  - 18) Gourley, J.M. : Current status of semi-precious and conventional gold alloys in restorative dentistry, *J. Canad. Dent. Assoc.* 8 : 453, 1975.
  - 19) Hesby, D., Kobes, P., Garver, D., and Pelleu, G.B. : Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy, *J. Prosthet. Dent.* 44 : 291, 1980.
  - 20) Hisatsume, K., Shiraishi, T., Ohta, M., and Yamane, M. : Age hardening in dental white gold alloys, IADR Program and Abstracts, No. 153, 1980.
  - 21) Hobo, S., and Shillingburg, H.T. : Porcelain fused to metal: Tooth preparation and coping design, *J. Prosthet. Dent.* 30 : 28, 1973.
  - 22) Howard, W.S., Newman, S.M., and Nunez, L.J. : Castability of low gold content alloys, *J. Dent. Res.* 59 : 824, 1980.
  - 23) Howmedica, Inc., Chicago, Ill. 60632.
  - 24) Huget, E.F., Dvivedi, N., and Cosner, H. E. : Properties of two Ni-Cr crown and bridge alloys for porcelain veneering, *J. Amer. Dent. Assoc.* 94 : 87—90, 1970.
  - 25) Huget, E.F., Civjan, S., and Dvivedi, N.N. : Characterization of two newly developed Ni-Cr alloys, *J. Dent. Res.* (special issue) 53 : 328, abstract. No. 733, 1974.
  - 26) Huget, E.F., and Civjan, S. : Status report on palladium-silver based crown and bridge alloys, *J. Amer. Dent. Assoc.* 89 : 383, 1974.
  - 27) Huget, E.F., Dvivedi, N.N., and Cosner, H. E. : Characterization of gold-palladium-silver and palladium-silver for ceramic metal restorations, *J. Prosthet. Dent.* 36 : 58, 1976.
  - 28) Huget, E.F., Vlica, J.M., and Wall, R.M. : Characterization of two ceramic-base-metal alloys, *J. Prosthet. Dent.*, 40 : 937, 1978.
  - 29) Jendersen, M.D., Hamilton, I.A., Phillips, R.W., Ramfjord, S.P., and Wolcott, R.B. : Special report: Report of the committee on scientific investigation of the American Academy of Restorative Dentistry, *J. Prosthet. Dent.*, 45 : 643—669, 1981.
  - 30) J.F. Jelenko & Co. : Crown and bridge construction, New Rochelle, N.Y., ed. 6, 1974, pp. VII—1~VII—8.
  - 31) Johnston, J.F., Phillips, R.W., and Dykema R.W. : Modern practice in crown and bridge prosthodontics, ed. 3, Philadelphia, 1971, W. B. Saunders Co. p. 249.
  - 32) Korean Industrial Standards KS P5105: Dental casting gold-silver-palladium alloy.
  - 33) Lewis, A.J. : The analysis and compositional evaluation of a nickel base partial denture ca-

- sting alloy, *Aust. Dent. J.* 19 : 389, 1974.
- 34) Lubovich, R.P., and Goodkind, R.J.: Bond strength studies of precious, and nonprecious ceramic-metal alloys with two porcelains, *J. Prosthet. Dent.* 37 : 288, 1977.
  - 35) Luvovich, R.P., Kovarik, R.E., and Kinser, D.L.: A quantitative and subjective characterization of tarnishing in low-gold alloys, *J. Prosthet. Dent.* 42 : 534, 1979.
  - 36) Lyman, T., (editor): *Metals handbook*, 7, ed. 8., Metals Park, Ohio, 1972, American Society for Metals, p.313.
  - 37) McCrary, J.N.: Economics of alloy selection, p.11, Conference proceedings N.I.H., 1977.
  - 38) McLean, J.W.: *The science and art of dental ceramics and their clinical use*, 1st ed.: pp.63—92, Chicago, Quintessence publishing Co., 1979.
  - 39) McLean, J.W.: *The science and art of dental ceramics*, volume II: Bridge design and laboratory procedures in dental ceramics, 1st ed.: pp. 32—242, Chicago, Quintessence Publishing Co., 1980.
  - 40) Meyer, J.M., Payan, J., Nally, J.N.: Evaluation of alternative alloys to precious ceramic alloys, 1. Mechanical properties, *J. Oral Rehabilitation*, 6 : 291—309, 1979.
  - 41) Moffa, J.P., Lugassy, A.A., Guckes, A.D., and Gettleman, L.: An evaluation of nonprecious alloys for use with porcelain veneer, Part 1: Physical properties, *J. Prosthet. Dent.* 30 : 424—421, 1973.
  - 42) Moffa, J.P.: Physical and mechanical properties of gold and base metal alloys. Proceedings. *Alternative to Gold Alloys in Dentistry*, DHEW Publication No. (NIH) 77—1227, pp. 81—93, 1977.
  - 43) Morris, H.F., and Asgar, K.: Physical properties and microstructures of four new commercial partial denture alloys, *J. Prosthet. Dent.* 33 : 36, 1975.
  - 44) Nitkin, D.A., and Asgar, K.: Evaluation of alternative alloys to type III gold for use in fixed prosthodontics, *J. Amer. Dent. Assoc.* 93 : 622, 1976.
  - 45) O'Brien, W.J.: Evolution of dental casting. Proceedings. *Alternative to Gold Alloys in Dentistry*, DHEW Publication No. (NIH) 77—1227, pp.2—9, 1977.
  - 46) O'Brien, W.J., and Ryge, G.: An outline of dental materials and their selection, Philadelphia, W.B. Saunders Co. 1978.
  - 47) Paffenbarger, G.C., Caul, H.J., and Dickson, G.: Base metal alloys for oral restorations, *J. Amer. Dent. Assoc.* 30 : 852, 1943.
  - 48) Phillips, R.W.: *Skinner's science of dental materials*, ed 7, Philadelphia, W.B. Saunders Co., 1973.
  - 49) Sarkar, N.K., Fuys, R.A. Jr., and Stanford, J.W.: The chloride corrosion of low-gold casting alloys, *J. Dent. Res.* 58 : 568, 1979.
  - 50) Shillingburg, H.T., Hobo, S., and Whitsett, L.D.: *Fundamentals of fixed prosthodontics*, Die Quintessenz, Chicago, 1979, pp.255—269.
  - 51) Souder, W.H., and Paffenbarger, G.C.: Physical properties of dental materials, National Bureau of Standards Circular No. C433, Washington, D.C., 1942. U.S. Government Printing Office, p.222.
  - 52) Sturdevant, C.M., and Leinfelder, K.F.: Two year clinical evaluation of low gold alloys, IADR Program and Abstracts, No. 819, 1980.
  - 53) Taggart, W.H.: A new and accurate method of making gold inlays, *Dent. Cosmos.* 49 : 1117—1121, 1907.
  - 54) Taylor, N.O., Paffenbarger, G.C., and Sweeney, W.T.: Inlay casting golds: Physical properties and specifications, *J. Amer. Dent. Assoc.* 19 : 36 Jan., 1932.
  - 55) The J.M. Ney Co.: *Ney alloys specifications and technics*, Bloomfield, Conn., 1978.
  - 56) Valega, T.M., ed.: *Alternatives to gold alloys in dentistry*, DHEW Pub. No. (NIH) 77 : 1227, Sept. 1977.
  - 57) Vermilyea, S.G., Huget, E.F., and Vilca, J.M.: Observations in gold-palladium-silver and gold-palladium alloys, *J. Prosthet. Dent.* 44 : 294, 1980.
  - 58) 廉永夏 : 材料試驗法, 東明社, 서울, 1981.