

鑄造後 冷却方法에 의한 金屬組織 結晶과 硬度에 관한 比較 研究

高麗大學校 醫學技術初級大學

尹 昌 根

서울大學校 齒科大學 補綴學教室 博士過程

孫 漢 基

STUDY OF SHAPES OF DENDRITES, GRAIN SIZE, AND HARDNESS BY VARIOUS COOLING METHOD AFTER CASTING PROCEDURES

Chang Keun Yoon, D.D.S., M.S.D. & Ph.D.

Dept. of Dental Laboratory Technology, Junior College of Medical Technology, Korea University.

Han Gee Sohn, D.D.S., M.S.D.

Dep. of Prosthetic Dentistry, Seoul National University.

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

Aurthors performed comparative study on the size and shape of dendrites, and grain structures of the specimens made of casting gold alloy by usual method of casting.

The specimens were classified with three groups depending on the cooling methods followed by casting,—the methods were quenching in 0°C water, bench cooling under room temperature, and slow cooling in the oven beginning at 700°C to room temperature.

The size and shape of dendrites, and grain structures of each specimen were compared by means of photomicrograph taken by metallurgic microscope.

In addition to this, the mechanical characteristics of each specimen was obtained using the Rockwell Hardness Number (R.H.N.).

The results were obtained as following;

1. The photomicrographs of each group showed that the primary dendrites and secondary dendrites grew, and also grain boundary.
2. In the comparision of the grain size, it showed 16 to 32 in number of grain within 1mm² on the surface of specimens.
3. The hardness test using R.H.N. revealed the highest on bench cooling, next was on oven cooling, and on quenching in order.
4. Bench cooling method was the best one.

一 目 次

第一章 緒 論
 第二章 實驗材料 및 方法
 第三章 實驗成績 및 考按
 第四章 結 論
 參考文獻

第一章 緒 論

齒科醫學에 있어서 金屬材料는 齒科 補綴學이나 齒科 充填學뿐만 아니라 모든 분야에서 중요한 材料이고 古代부터 사용되어 왔다¹⁾. 19世紀에 들어와서 金屬과 齒科材料學의 發達로 齒科 補綴學의 機械的, 物理的 性質이 詳明되어왔다. 1970년 W.H. Taggart는 金屬鑄造法을 發表하여 齒科 補綴學의 革命을 일으킨바 있고 1910년以後 E.T. Tinker와 F.H. Orton에 의해서 鑄造法이 더욱 改善 應用되어 널리 사용되어 오고 있다¹¹⁾.

金屬材料의 組織이나 性質을 研究함으로써 補綴物의 物理的 機械的 性質을 밝혀 낼 수가 있다. 金屬 특히 合金에서는 組成과 함께 補綴物 製作 過程중에 加해지는 溫度는 물론 加熱速度나 冷却速度 등이 그 金屬材料의 性質에 크게 영향을 끼친다. 특히 鑄造過程에는 鑄造時 加熱溫度나 加熱時間, 그리고 鑄造後 冷却되어 常溫에 도달하기 까지의 經過는 金屬의 組織과 性質을 決定하는 중요한 要因이 된다^{2), 11)}. 金屬材料의 組織은 金屬의 諸 性質이나 特質에 關係하므로 組織을 관찰하여 補綴物의 性質을 쉽게 推定할 수도 있다.

鑄型(mould) 內에서 溶融된 金屬은 凝固點에 도달한後 最初에 形成된 核을 中心으로 結晶性의 固體로 변하면서 成長하게 된다. 맨 처음 核이 形成되면 모서리에 金屬原子가 붙어서 三次元的이며 서로 直角方向으로 成長해 나간다. 처음 成長하는 6個의 成長枝(growth arm)를 一次 樹枝狀晶(primary dendrites)이라고 하며 그곳에서 또 直角方向으로 成長해 나간 것을 2次 樹枝狀晶(secondary dendrites)이라 한다²⁾. 이러한 結

晶이 서로 成長하여 鑄型內에 차게 된다. 鑄型內는 수많은 成長된 結晶이 복잡한 結晶面으로 接觸하게 되고 이 한 單位를 結晶粒子(grain)라고 한다. 結晶과 結晶의 境界를 結晶粒界(grain boundary)라고 하며 結晶粒子的 크기가 金屬의 性質과 깊은 聯關를 가진다^{2), 3), 11)}. 齒科臨床에서 金屬鑄造法으로 補綴物을 製作할 때에 鑄造後 冷却方法에 따라서 補綴物의 性質을 밝혀 낼 필요가 있다고 思料되어 著者들은 同一한 條件下에서 同一한 試片을 埋沒, 鑄造한 後에 물(0°C)속에 急冷(quenching), 室溫(25°C)에서의 徐冷(bench cooling), 電氣爐(700°C)속에서 徐冷(oven cooling)시킨 3種類의 試片을 金屬組織 顯微鏡으로 樹枝狀晶 組織과 結晶粒의 크기를 比較해 보고 機械的인 性質로서 硬度(hardness)를 測定해 본 結果 差異點에 關係서 어느 정도 知見을 얻은 바있어 이에 報告하는 바이다.

第二章 實驗材料 및 方法

1. 鑄造用 合金의 製造

實驗材料의 合金으로 意義를 가지기 위해 齒科 臨床에서 가장 많이 사용하고 있는 圖表 1과 같은 鑄造用 合金을 製造 사용했다.

이러한 實驗金屬은 美國齒科醫師協會 規格 No.5¹¹⁾에서 鑄造用 合金 II型과 III型의 範圍內에 屬하는 것으로 現在 市中에서 가장 쉽게 구할 수 있는 處方을 사용했다.

2. 鑄造體의 製作

蠟原型(wax pattern)의 製作: 固體狀態의 金屬 內部에 생기는 結晶粒子的 크기, 모양, 排列方法등은 金屬의 冷却方法과 함께 鑄造의 形態에 依해서 決定되므로^{2), 11), 14)} 同一한 鑄型을 만들어야 한다. 蠟原型으로는 精密尺을 사용해서 厚經 1.5mm의 paraffin wax를 正確하게 四方 7.0mm의 立方體로 切斷하였다.

蠟原型의 埋沒: 各 6個의 同一한 蠟原型의 試片을 각 2個씩 한個의 鑄造 ring에 埋沒했다. 이 때 金屬의 多

圖表 1.

(單位: %)

合金의 種類	金	銀	銅	Palladium	Platinum	亞 鉛
II型 (type II)	73.0—83.0	6.9—14.6	5.8—10.5	0.0— 5.6	0.0— 4.2	0.0—1.4
III型 (type III)	71.0—79.0	5.2—13.4	7.1—12.6	0.0— 6.5	0.0— 7.2	0.0—2.0
實驗 合金	77.1	7.7	7.7	3.8	3.8	0

孔隙(porosity)를 없애기 위해서 sprue를 굵고 큰 것으로 사용하되 鑄造 收縮의 差異가 組織과 硬度的 差異를 가져올 수 있으므로^{11, 12, 14)} 꼭 같은 形態의 sprue를 paraffin wax로 만들어서 사용했다. 3個의 crucible former에 2個씩의 試片을 樹立하고, 石綿이 깔린 鑄造 ring을 사용해서 通常의 方法으로 埋沒하였다. 埋沒材로서 Kerr會社의 inlay 埋沒材(混水比 0.4)를 사용하되 이때 鑄型 內面的 平滑度(Smoothness)와 通氣性(porosity)이 金屬 凝固에 影響을 주므로^{2, 11, 12, 13)} 混水比率은 天平을 사용하여 0.1g까지 測定한 重量比率로 混合하였다.

鑄造: 通法에 의하여 鑄造 ring을 電氣爐속에서 徐熱시켜서 700°C에서 10分정도 維持시켰다가 이미 製造된 鑄造用 合金으로 遠心鑄造하였다.

3. 冷却方法

鑄造後 ring을 0°C 물 속에 急冷시켰다. 이때 燒鈍效果(quenching effect)를 높혀주기 위해서 鑄造 時間을 매우 짧게 잡아야 한다¹³⁾. 다른 한個의 鑄造 Ring은 鑄造後 室溫(25°C)에 그대로 放置(bench cooling)하여 徐冷시켰다. 나머지 ring은 鑄造後 電氣爐(700°C)속에서 電氣爐 內部를 冷却시키면서 함께 極히 徐冷(oven cooling)시켰다. 完全히 冷却된 모든 試片은 埋沒材를 깨끗이 分離해내고 固定(mounting)했다. 이때 固定하기 전에 酸洗(pickling)를 위해서 加熱할 때에 試片에 熱效果가 加해지므로 酸洗를 하지 않았다.

4. 組織顯微鏡 寫眞撮影

試片 全體를 polymer 속에 固定(mounting)²⁾시켰다. 모든 操作에서 試片에 過熱을 피해가면서 먼저 工業用 sand-paper로서 研磨하고 切斷한 後에 물속에서 silicone carbide paper로서 研磨했다. 後에 酸化 마그네슘(magnesium oxide)으로서 高度研磨를 하고 絹한 자국을 完全히 除去하기 위해서 고운 chamois leather wheel^{2, 4, 6)}을 使用하였다.

腐蝕溶液으로는 10%의 potassium cyanide (10% KCN)와 10% ammonium persulfate(10% (NH₄S)₂ S₂O₈)가 完全히 混合된 溶液으로 40°C~50°C의 溫度에서 1分間 腐蝕시킨 後^{2, 4, 6, 15)} 곧 金屬 顯微鏡을 이용하여 撮影했다. 이때 低擴大에서 1mm²內의 結晶粒(grain)의 數를 測定하고, 80배의 擴大 寫眞을 撮影하여 樹枝狀晶과 結晶粒의 形態를 보았다.

5. 硬度 測定

硬度測定은 처음 500g의 荷重으로 Knoop 硬度值(K.

H.N.)를 測定하였으나 表面多孔性(surface porosity)으로 正確한 結果를 얻지 못하고 다시 60kg의 荷重과 1/16 inch ball로서 Rockwell 硬度值를 測定하였다. 이때 各 試片마다 位置에 따라 5회의 硬度測定을 하였다.

第三章 實驗成績 및 考按

1. 金屬組織의 比較

그림 1, 2는 急冷時 金屬 組織 寫眞이다. 寫眞에서 結晶粒子和 結晶粒界는 弱하게 나타나지만 樹枝狀晶(dendrites) 組織은 명확히 나타났다. 서로 直角으로 形成된 一次 樹枝狀晶(primary dendrites)과 계속해서 直角으로 成長된 二次 樹枝狀晶(secondary dendrites)를 쉽게 찾아 볼 수가 있었다. 그림 3, 4는 室溫에서 徐冷(bench cooling)시킨 金屬組織 寫眞이다. 그림 5, 6은 電氣爐 속에서 徐冷(oven cooling)시킨 寫眞이다. 그림 3, 4, 5, 6 모두 急冷時와 똑같이 結晶粒과 結晶粒界는 弱하게 나타났고, 樹枝狀晶은 확실하게 나타나서 一·二次 樹枝狀晶을 쉽게 區別할 수가 있다. bench cooling (그림 3, 4)에서 明確한 結晶粒界(grain boundary)를 볼 수가 있다.

上記한 바와같은 組織 寫眞에서 그 差異가 大同小異하여 冷却에 따른 差異를 거의 볼 수가 없었다. 結晶粒 크기(grain size)는 1mm² 內에 들어있는 結晶粒의 數로 測定하였는데, 6個의 試片 모두 位置에 따라 16個에서 32個의 粒子(JIS G-0551: 銅의 Austenite 結晶粒度 實驗方法에 依함)를 나타내어서 結晶粒 크기 역시 差異를 볼 수 없었다. 이러한 結果는 金屬의 融解溫度에서 鑄造過程까지 冷却되어 金屬 組織의 形態가 決定되었기 때문에 같은 組織狀이 나왔다고 볼 수 있다.

2. 硬度的 比較

硬度 測定은 Knoop 硬度數와 Rockwell 硬度數에서 比較의 正確한 後者를 택하였다. 이때 荷重 60kg과 1/16 inch ball로 測定하였다.

圖表 2의 結果에서 *表의 數値는 多孔性 表面에 測定된 結果라 생각할 수 있으므로 이 數値는 硬度數値에서 除外하였다.

圖表 3은 硬度的 平均値에 依한 機械的 物理的인 性質을 比較한 것인데 室溫에서 徐冷시키는 것이 가장 좋은 結果를 보여 주었다. 弱한 硬度가 요구될 때에는 急冷이 어느 정도 도움이 될 수 있었고 急冷時 弱한 硬度는 이때 갑자기 일어나는 鑄造 收縮으로 인한 表面下

圖表 2.

試片	1	2	3	4	5
Q-1	66	*60	76	67	70
Q-2	*60	67	72	73	75
B-1	86	82	88	82	*74
B-2	*71	81.5	89	85	85
O-1	80	81	85	*66	—
O-2	80	*53	81	82	77

Q: Quenching B: Bench Cooling
O: Oven Cooling

圖表 3.

冷却方法	R. H. N.
Quenching	70. 78
Bench Cooling	84. 78
Oven Cooling	80. 86

多孔性(subsurface porosity)과 微細 多孔性(micro porosity)을 의심할 수가 있었다^{2, 12, 13).}

第四章 結 論

著者들은 모든 同一한 條件下에서 鑄造된 Ring을 0°C의 물속에 急冷시키고, 室溫(25°C)에서 徐冷시키고 電氣爐(700°C)속에서 徐冷시킨 各各의 試片을 金屬組織 顯微鏡 寫眞으로 比較 檢討하고 또 Rockwell 硬度 數로 硬度 測定을 하여 機械的인 性質을 比較해 본 結果 다음과 같은 結論을 얻을 수가 있었다.

1. 金屬組織 寫眞은 3가지 實驗方法에서 모두 1次·2次 樹枝狀晶이 直角方向으로 成長한 것을 區別해 볼 수가 있고 結晶粒界를 볼 수가 있었다.

2. 結晶粒子的 크기의 比較는 1mm²內的 結晶粒의 數值로서 測定한 結果 세가지 實驗方法 모두 16個~32個의 結晶粒度를 나타내서 近似한 結晶粒子的 크기를 볼 수가 있었다.

3. Rockwell 硬度值에 의한 硬度 實驗은 Bench Cooling > Oven Cooling > Quenching의 順을 나타냈다.

4. 가장 좋은 冷却 方法은 鑄造後 鑄造 Ring을 室內에 放置하여 徐冷시키는 것이다.

參 考 文 獻

- 1) American dental association: Specification No.5 for dental inlay casting gold alloy. In guide to dental materials, ed.,5, Chicago, 1970, American dental association.
- 2) Anderson, J.M.: Applied dental materials. ed.4.pp. Oxford, Blackwell scientific publication.p.35-56
- 3) Avner, S.H.: An introduction to physical metallurgy, New York, Mcgrow-Hill Book Co., Inc.1964.
- 4) Bien, S.M. and Ayer, H.D.: Autoradiographics of solder joints with fluorine-18. Journal of dental research, Feb.1959, p.96.
- 5) Eisenstadt, M.M.: Introduction to mechanical properties of materials, New York, Macmillan 1971.
- 6) EI-Ebrashi, M.K., Asgar, K. and Biglow, W.C.: Electron microscopy, for gold soldered joints. Journal of dental research, Jan-Feb., 1968, pp.5-11.
- 7) Grosvenor, A.W.: Basic metallurgy principles vol.1. Cleveland, American Society for Metals 1954.
- 8) Handerson, D. and Steffel, V.L.: McCrachen's partial denture construction ed.3.1969 p.150, pp.360-367, The C.V.Mosby Co.
- 9) Johnston, J.F., Phillips, R.W. and Dykema, R.W.: Modern practice in crown and bridge prosthodontics. ed. 3, W.B. saunders Co. 1971.
- 10) Leinfelder, K.E., O'Brien, W.J., Ryge, G. and Fairhurst, C.W.: Hardening of high fusing gold alloy. Journal of dental research, 1960, pp.392-396.
- 11) Nielsen, J.P., and Tuccillo, J.J.: Grain size in dental gold alloys. J. Dent. Res., 45:964-969, 1966.
- 12) Peyten, F.A. and Craic, R.G.: Restorative dental materials, ed.4, the C.V. mosby Co. p.263-314
- 13) Phillips, R.W.: Skinner's science of dental

materials. ed. 6. 1973. pp. 243-300, W.B. Saunders Co.

- 14) Tylman, S.D.: Theory and practice of crown and bridge prosthesis. ed. 5. 1965 p.903, The C.V. Mosby Co. p.p21-27 p.p867-907.
- 15) Wise, E.M.: Cast gold alloys. In A.S.M. Metals handbook, Cleveland, 1948, American

society for metals, p.1120.

- 16) 尹昌根: Solder Block 内部와 電氣爐 内部 温度와 의 差異에 對한 研究. 대한치과보철학회지 제12권 제 1 호, 1974.
- 17) 孫漢基: A metallographic study of soldered joint by various soldering temperatures. 대한 치과 보철학회지 제12권, 제 1 호, 1974.

—尹昌根·孫漢基 論文 寫眞附圖—

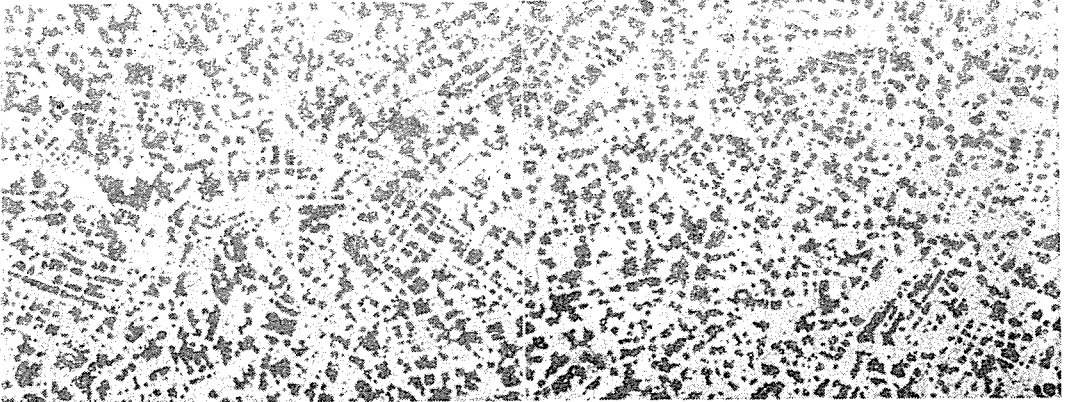


그림 1. Quenching-1(Q-1)×80

그림 2. Quenching-2(Q-2)×80

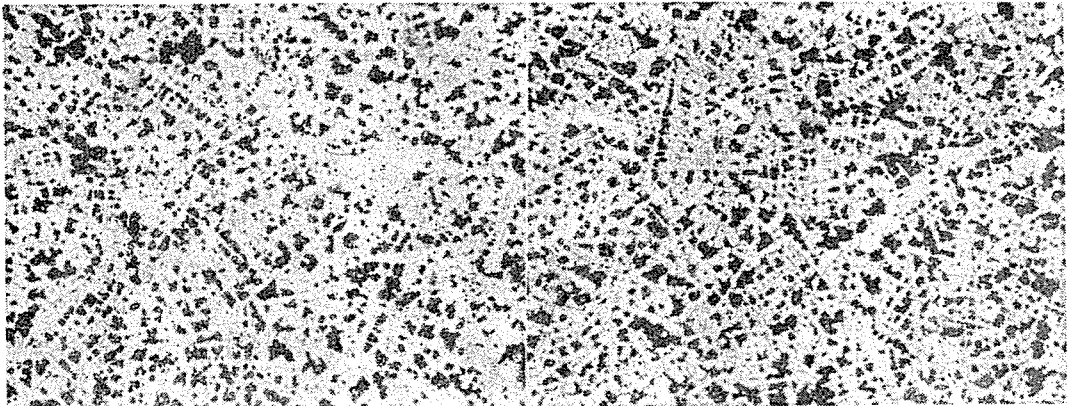


그림 3. Bench Cooling (B-1)×80

그림 4. Bench Cooling (B-2)×80

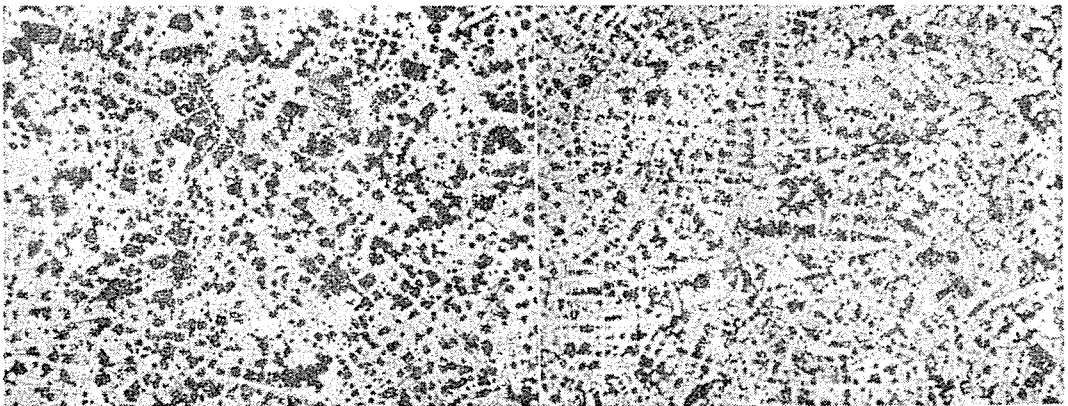


그림 5. Oven Cooling (O-1)×80

그림 6. Oven Cooling (O-2)×80