

數種齒科埋没材의 熱膨脹係數에 關한 實驗的 研究*

서울대학교 齒科大學 保存學教室

李 鳴 鍾

AN EXPERIMENTAL STUDY ON COEFFICIENT OF THERMAL EXPANSION OF DENTAL INVESTMENTS

Myung Jong, Lee. D.D.S., Ph. D.

Dept. of Operative Dentistry, College of Dentistry, Seoul National University

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

The purpose of this study was to measure thermal expansions of dental investments, Biovest(Casting Investment. Dentsply International INC, U.S.A.), Multi-Best (Use for all dental chrome-cobalt alloys, The Ransom & Randolph Co. U.S.A.), Kerr(Inlay Investment. Sybron Kerr, U.S.A.), O.K.(Inlay Investment. Shofu Dental MFG, Co. Japan), Whip-Mix (Cristobalite Inlay Investment. Whip-Mix Corporation. U.S.A.).

Thermal expansion of specimens(5mm in diameter and 50mm in length) was measured by a dilatometer at the temperature range from 20°C to 700°C by comparing expansion between standardized quartz and experimental specimens with heating rate about 300°C/hr.

The following results were obtained.

1. The coefficient of thermal expansion of Biovest was $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 18/100 and $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 28/100. Those of Multi-Best were $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 14/100 and $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 24/100.
2. The coefficient of thermal expansion of Kerr were $17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 38/100 and $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 48/100. Those of O.K. were $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 33/100 and $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 43/100
3. The coefficient of thermal expansion of Whip-Mix were $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 40/100 and $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 50/100. Those of Hi-Heat were $11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 28/100 and $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ in the water powder ratio 38/100.

* 本 研究는 1979年度 서울大學病院 臨床研究 造成費에 依하여 이루어졌음.

— 目 次 —

第1章 緒 論
 第2章 實驗材料 및 實驗方法
 第3章 實驗成績
 第4章 總括 및 考按
 第5章 結 論
 參考文獻

第1章 緒 論

齒科治療에 있어서 Inlay, Crown & Bridg와 Denture 製作時 必須的으로 隨伴되는 埋沒材의 여러가지 物理的 性質이 正確한 治療를 하는데 매우 重要하다.

여러가지 物理的 性質中에서도 硬化膨脹, 水和膨脹 및 熱膨脹이 큰 比重을 차지하고 있는데 특히 水和膨脹이 實際 治療에 미치는 影響이 크다고 할 수 있다.

오래 前부터 많은 學者들 Scheu(1935)¹⁾, Docking(1949)²⁾, Markley(1953)³⁾, Asgar(1958)⁴⁾, Asgarzadeh(1954)⁵⁾, Mahler(1960)⁶⁾, Jones(1970)⁷⁾ 등에 의하여 埋沒材의 水和膨脹에 對한 研究報告가 있었다. 이들의 報告에 依하면 埋沒材의 水和膨脹을 左右하는 要素에는 많은 因子가 內包되어있어 使用方法, 室內溫度, 組成成分, Water/Powder ratio 등이 그 精密性에 많은 影響을 준다고 하였다.

Mahler & Ady(1963)⁸⁾는 埋沒材의 硬化膨脹이 Wax Pattern의 變形을 惹起한다고 報告하였는데 Van Aken(1961)⁹⁾는 水和膨脹에 依해서는 Wax Pattern의 變形이 보다 적게 惹起되며 일반 空氣中에서의 硬化膨脹에 依해서 Wax Pattern의 變形이 主로 惹起된다고 研究報告하였다.

埋沒材의 熱膨脹은 石英(quartz) 粒子크기와 그 含有量에 依해서 變化가 招來된다고 Jones(1967)¹⁰⁾¹¹⁾가 報告하였으며 埋沒材에 0.5cc 물의 量的 變化에 依해서도 鑄造體 適合度에 差異가 惹起된다고 Martin(1956)¹²⁾이 報告하였고 또한 Paffenbarger(1964)¹³⁾는 埋沒材의 各 Water/

powder ratio에 對한 影響을 研究 報告하였다.

著者は 市中에서 販賣되고 있는 여러가지 埋沒材에 各 Water/powder ratio에 따른 熱膨脹係數에 對해 實驗研究하여 多少의 知見을 얻었기에 報告하는 바이다.

第2章 實驗材料 및 實驗方法

本 實驗에서 使用된 埋沒材는 다음과 같다.

1. 實驗材料

1. Biovest(Casting Investment. Dentsply International INC, York, Pennsylvania)
2. Multi-Vest Investment. (A hard, high-heat investment for casting alloys of chrome-cobalts, iridio-platinum, gold palladium and platinum. The Ramson & Randolph Company Toledo, Ohio, U. S. A.)
3. Kerr. (Laboratory products Divison Cristobalite Investment for Inlays, Sybron Kerr Romulus, Michigan, U. S. A.)
4. Shofu O.K. (Inlay Investment. Shofu Dental MFG, Co. LTD. KyoTo JAPAN.)
5. Whip-Mix(Cristobalite Inlay Investment. Whip-Mix Corporation U. S. A 361 Farmington Avenue. Louisville, KY. 40217)
6. Hi-Heat (Soldering Investment. Whip-Mix Corporation U. S. A. 361 Farmington Avenue Louisville, Kentucky 40217)

Table. I Water/powder ratio of specimens

specimens	Water/powder ratio	Recommended W/P ratio by the manufacture	Experimental W/P ratio
Biovest		18 : 100	28 : 100
Multi-Best		14 : 100	24 : 100
Kerr		38 : 100	48 : 100
O.K.		33 : 100	43 : 100
Whip-Mix		40 : 100	50 : 100
Hi-Heat		28 : 100	38 : 100

2. 實驗方法

內徑 5mm 길이 50mm의 비닐 tube에 一端을 paraffin wax로 密閉하고 他端에는 埋沒材를 手動混合器로 攪拌하여 잘 練和시킨後 vibrator를 利用하여 tube內經을 따라 流入되도록 하였다. 埋沒材가 完全히 硬化된 다음 비닐 tube와 wax를 除去하여 圓柱形의 試片을 製作하였다. 모든 材料의 取扱方法은 製造會社의 指示에 따라 行함을 原則으로 하였다. 그리고 다른 方法으로는 water/powder ratio에 있어서 물의量을 製造會社指示에 依한 量보다 各各 10cc式 增加시키어서 試片을 製作하였다. 그리고 모든 試片은 製作後 48時間後에 熱膨脹係數를 測定하였다.

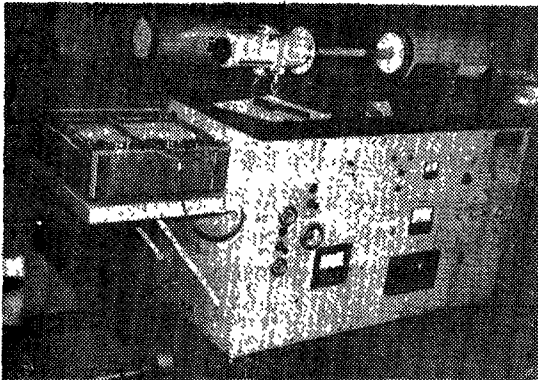


Fig. 1 Dilatometer,

熱膨脹係數의 測定은 ASTM D696¹⁴⁾에 基本을 두어 Dilatometer(日本 成瀨科學機械株式會社)

自動記錄熱膨脹裝置(Fig 1)를 使用하였다. 本 Dilatometer는 標準試片과 實驗試片을 同時에 加熱하면서 그 때 膨脹하는 狀態를 比較實驗하는 方法으로서 標準試片은 熱膨脹率이 가장 적은 石英유리를 使用하였다. 그리고 加熱速度는 300°C/hour로 하여 室溫 20°C에서 700°C까지 上昇시키어 30分間維持시키며 測定하였고 換算式은 다음과 같다.

$$\text{熱膨脹係數} = \frac{\Delta l}{l \times (T_2 - T_1)}$$

l : 元來의 試片의 길이 50mm

Δl : 700°C에서 長이의 變化

T_2 : 700°C

T_1 : 20°C

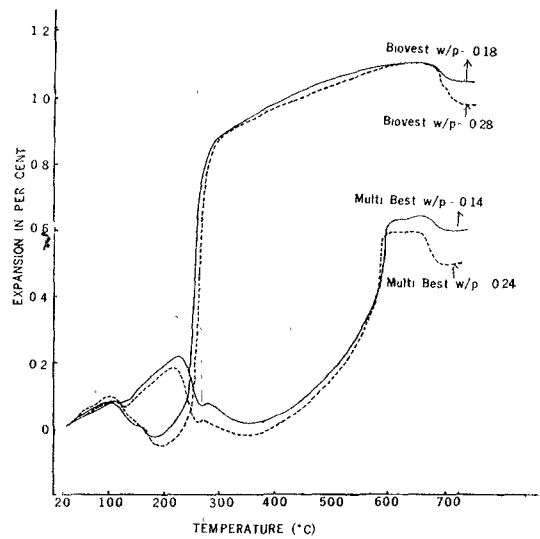


Fig. 2 Effect of the water/powder ratio on the thermal expansion of the investment Biovest and Multi-Best

Table. II Coefficient of Various W/P ratio

Specimens	Coefficient of various W/P ratio	W/P ratio	Coefficient of Thermal Expansion	W/P ratio	Coefficient of Thermal Expansion
Biovest		18/100	$15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	28/100	$14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Multi-Best		14/100	$9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	24/100	$7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Kerr		38/100	$17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	48/100	$14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
O.K.		33/100	$9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	43/100	$7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Whip-Mix		40/100	$14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	50/100	$12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$
Hi-Heat		28/100	$11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	38/100	$10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$

上記方法에 依하여 測定한 各 埋沒材의 熱膨脹係數値는 다음과 같으며 Fig 2 은(Biovest, Multi-Vest) Fig 3 은(Kerr, Shofu O.K.) Fig 4. (Whip-Mix, Hi-Heat)과 같다.

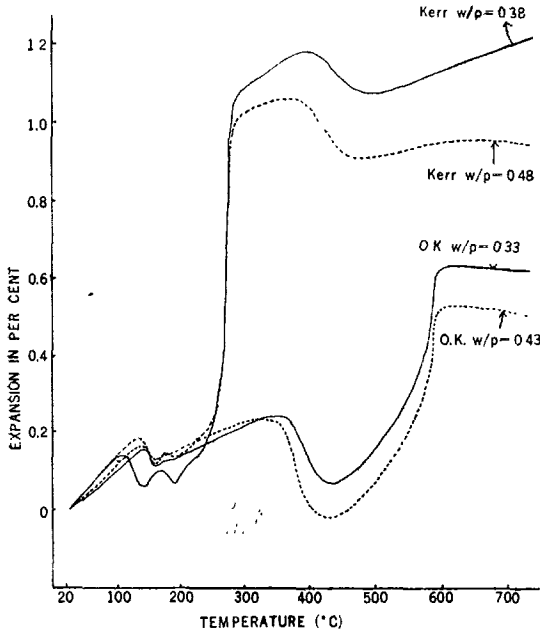


Fig. 3 Effect of the water/powder ratio on the thermal expansion of the investments-Kerr and O.K.

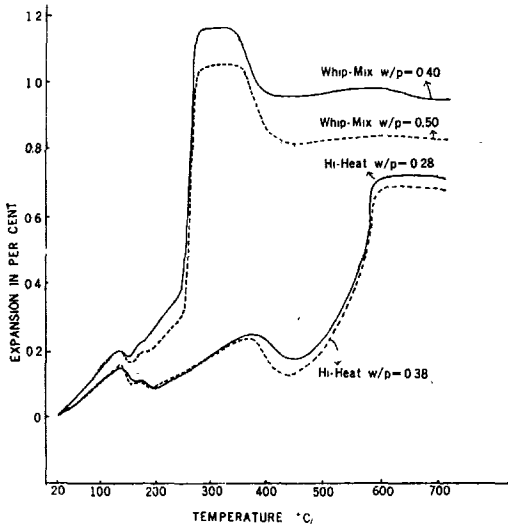


Fig. 4 Effect of the water/powder ratio on the thermal expansion of the investments-Whip-Mix and Hi-Heat.

熱膨脹係數가 重要視되는 理由는 埋沒材의 構成成分, Water/powder ratio, 操作方法等에 依하여 隨伴되는 硬化膨脹, 水和膨脹 및 熱膨脹等이 鑄造金屬의 收縮을 補償하여 鑄造體의 適合度에 直接的으로 關係하기 때문이다.

熱膨脹係數란 溫度가 1°C 上昇 또는 下降할 때 物體길이의 變化를 單位길이의 變化數值로 表示한 것이다.

埋沒材의 構成成分의 하나인 Silica는 耐熱성을 가지며 鑄造溫度에서의 高溫을 견디므로 가장 重要한 成分이다. 또한 鑄型을 加熱時 膨脹토록 한다. Silica는 化學的으로는 同一하나 다른 空間格子를 가진 몇 가지의 同素體를 가지고 있다. 卽 石英, 鱗硅石, Cristobalite等이 있다. 이 세가지 同素體는 加熱하면 轉移形으로 바뀐다. 正常室溫에서 이것들은 α型(低溫型)으로 存在하고 溫度가 上昇함에 따라 β型(高溫型)으로 바뀐다.

埋沒材의 硬化膨脹에 있어서 Silica와 半水石膏의 混合物이 硬化할때의 膨脹量은 石膏單獨의 경우보다 크고 Silica의 粉末粒子는 石膏의 結晶을 서로 結合하는것을 妨害하기 때문에 埋沒材와 물의 混合物은 長時間 半固體狀態을 가지게 되고 그것때문에 石膏의 結晶은 外部로 밀려 넓어지게 되므로 膨脹되기 쉽다.

Inlay用 埋沒材의 空氣中の 硬化膨脹은 最高 0.5%이고 이 膨脹을 遲延劑와 促進劑로 調節할 수 있으며 最近의 埋沒材의 硬化膨脹은 約 0.4%인 것이다¹⁵⁾.

硬化膨脹의 目的은 金合金의 鑄造收縮이 있는 程度만큼 鑄型을 크게 하는 것이다. 또한 埋沒材의 Water/powder比를 낮게 하면 實効硬化膨脹은 크게 된다.

水和膨脹은 齒科用 埋沒材가 硬化한때의 方法變化를 研究中에서 發見된 것이고¹⁶⁾, 또한 金合金의 鑄造收縮을 補償하기 위하여 鑄型을 膨脹시키는 方法의 하나이다. 埋沒材는 모두 水和膨脹이 일어나며 埋沒材의 種類에 따라서 水和膨脹量도 相異하며 水中에서 硬化시킬때에 最少, 1.2% 最高 2.2% 膨脹하도록 規定되어 있고¹⁵⁾, 水和膨脹

은多數의要素에影響을 받는다.

埋沒材의熱膨脹은 Silica量과 使用하는 Silica의種類에 直接的인關係가 있다. 또한熱膨脹曲線을 보고서 그埋沒材에 包含된 Silica의種類를 어느程度豫想할 수가 있다. Cristobalite가 包含된埋沒材는 石英이 包含된것 보다 低溫에서 膨脹하고 그量도 크다. 最近의埋沒材中에는 石英과 Cristobalite가 같이 包含된것으로 알려져 있다¹³⁾. 埋沒材의熱膨脹의量은 그用途에 따를 必要가 있다. 即 金合金의收縮을 補償하기 위하여 水和膨脹과 加熱膨脹을 合計한 最少最大를 必要가 있다.

Inlay用 埋沒材 性質에 있어서 最大熱膨脹을 나타내는 溫度는 700°C를 넘지 않아야 한다. 熱膨脹法을 使用한 金合金을 鑄造할때는 鑄型의 溫度는 普通 그程度이지만 700° 以上일 경우에는 金合金이 汚染되기 쉽다.

熱膨脹의 크기는 埋沒材中의 Silica의 量에 關係가 있으므로 埋沒材를 混合할 때 물을 많이 加할수록 熱膨脹은 작아지는것이 豫想된다¹³⁾.

石英과 Cristobalite는 溫度上昇에 따라 初期段階에서 熱膨脹을 나타낸다. 그러나 石英은 537°C에서, Cristobalite는 210°C에서 大量의 膨脹이 일어난다. 두가지 모두 그理由는 α型에서 β型으로 轉位變化가 이러한 때문이다.

Inversion change(轉位變化) 과정에서 Si와 O 원자간의 結合이 straighten 되어 物質의 體積이 增加한다. 700°C까지 上昇되는 동안에 石英의 線膨脹量은 約 1.2%이다. 이중 절반정도가 inversion change에 기인한다.

Cristobalite의 경우에는 45°C에서 총팽창량은 1.5% 정도이고 그중 1.0%이상이 inversion change에 기인한다. 이 inversion change가 지나면 Quartz는 수축하는 反面에 Cristobalite는 700°C까지 계속하여 팽창한다. 매물제내의 石膏와 結合하면 inversion change가 弱화 純化되고 全般적인 溫度로 擴散한다. 그範圍는 石英의 경우 500~650°C, Cristobalite의 경우 210~260°C이다. 7. 總線膨脹은 石英의 경우 700°C에서 0.9~1.0%이고, Critibalile의 경우 450°C에서 1.2~1.4%이다.¹⁷⁾

著者の 實驗에 있어서 Biovest, Kerr과 Whip-

Mix의 inversion change는 모두 250~300°C이며 Cristobalite와 類似하고 總線膨脹은 Biovest는 650°C에서 1.10%, Kerr는 400°C에서 1.18%, Whip-Mix는 300°C에서 1.16%을 나타냈으며 또한 Muti-Best, O.K.와 Hi-Heat의 inversion change는 모두 580~590°C이며 石英의 경우와 類似하고 總線膨脹은 Multi-Best는 660°C에서 0.64%, O.K.는 610°C에서 0.63%, Hi-Heat는 630°C에서 0.72%을 나타냈다. 上記埋沒材에 있어서 組成成分이 相異하므로서 모든熱膨脹率에 差異를 볼 수 있다.

Paffenbarger에 의한 water/powder에 關한埋沒材의熱膨脹 크기는 埋沒材中의 Silica量에 있다고 報告하였고 또한埋沒材를 混合할때 水量이 많으면 熱膨脹은 적어지는 것이 豫想된다고 하였는데¹³⁾ 著者の 實驗에서도 Fig(2-4)에서 나타나는 바와 같이 同一한 埋沒材라도 Water/powder ratio에 따라 熱膨脹係數가 相異하며 水量이 많을수록 熱膨脹이 적어지는 것으로 나타냈다 그러므로 金合金의 適當한 鑄造收縮補償을 하기 爲하여서는 water/powder을 正確히 할 必要가 있다.

實際 臨床에서 齒科醫師가 患者에게 正確한 治療를 하여 주기 爲해서는 여러가지 埋沒材의 組成成分, 物理的性質, 물의 溫度 및 操作方法等을 全認識하고 있어야겠지만 特히 water/powder ratio 에도 깊은 關心을 가져야 하겠다.

第5章 結 論

著者は 數種의 埋沒材인 Biovest, Multi-Best, Kerr, shofu O.K., Whip-Mix 및 Hi-Heat 等を 資料로 하여 各埋沒材의 W/P를 製造會社의 指示에 依한것과 또한 W/P를 增加시키어서 直徑 5mm길이 50mm의 圓柱形 試片을 製作하여 20°C에서 700°C까지 heating rate를 300°C/hour로 하여 Dilatometer로 熱膨脹係數를 測定한 結果는 다음과 같다.

1. Biovest의 water powder ratio 0.18과 0.28에서 熱膨脹係數는 各各 $15 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 와 $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이고 Multi-Best의 water powder ratio 0.14와 0.24에서 熱膨脹係數는 各各 $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 과

$7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이다.

2. Kerr의 water powder ratio 0.38과 0.48에서 熱膨脹係數는 各各 $17 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 과 $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이고 O.K.의 water powder ratio 0.33과 0.43에서 熱膨脹係數는 各各 $9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 과 $7 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이다.

3. Whip-Mix의 water powder ratio 0.40과 0.50에서 熱膨脹係數는 各各 $14 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 과 $12 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이고 Hi-Heat의 water powder ratio 0.28과 0.38에서 熱膨脹係數는 各各 $11 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 과 $10 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ 이다.

(본 실험에 협조하여 주신 김상주교수님, 이 전 교수님께 충심으로 감사 드립니다.)

參 考 文 獻

- 1) Scheu, C.H, Controlled hygroscopic expansion of investment to compensate for shrinkage in inlay casting. JADA 22 : 452 March 1935.
- 2) Docking, A.R., and Chong, M.P. The hygroscopic setting expansion of dental casting investments, Part 4. Aust. Dent. J. 53 : 261 Sept. 1949.
- 3) Markley, M.R. Compensation by thermal expansion. J. Pros. Dent. 3 : 419 May 1953.
- 4) Asgar, K., Lawrence, W.N., and Peyton, F.A. : Further investigations into the nature of hygroscopic expansion of dental casting investments, J. Prosthet. Dent. 8 : 673, 1958.
- 5) Asgarzadeh, K., Mahler, D.M., and Peyton, F.A. : The behavior and measurement of hygroscopic expansion of dental casting investment, J. Dent. Res. 33 : 519, 1954.
- 6) Mahler, D.B., and Ady. A. B. An explanation for the hygroscopic expansion of dental gypsum products. J. Dent. Res. 39 : 578, 1960.
- 7) Jones, D.W., and Wilson, H.J. : Setting and hvgroscopic expansion of investments,

Br. Dent. J. 129 : 22, 1970.

- 8) Mahler, D.B., and Ady, A.B. : The influence of various factors on the effective setting expansion of casting investments, J. Prosthet. Dent. 13 : 365, 1963.
- 9) Van Aken, J. : Distortion of Wax Patterns as Influenced by Hygroscopic Expansion of the Investment. Tsch. Tándhelk., 68 : 583~610(Aug.-Sept.), 1961.
- 10) Jones, D.W. Thermal behavior of silica and its application to dental investments. Part 2. The effect of grain size on the thermal expansion of quartz. Brit. D. J. 122 : 146~149, Feb. 21, 1967.
- 11) Jones, D.W. Thermal behavior of silica and its application to dental investments. Part 3. Effect of grain distribution upon thermal expansion of quartz investment. Bsit. D.J. 122 : 489 June 6, 1967.
- 12) Martin, K.H. : An Investigation of the the Effect of the Water/Powder Ratio on the Accuracy of the Fit of Gold Alloy Castings. Austral. D. J., 1 : 202~203(Aug), 1956.
- 13) Ohsai, M. Sinford, J.W, and Paffenbarger, G.C. : Progress Report on Some Physical Properties of Different Investments Needed in the Casting of Gold Alloys National Bureau of standands Re-port No 8636. Washington, D.C., U.S. Government printing office, (Ded.31), 1964.
- 14) Standard Method of Test for Coefficient of Linear Thermal Expansion of plastics ASTM Designation. O-696-44. ASTM. standards. 1966 Part 27. 256.
- 15) Council on Dental Research: Guide to Dental Materials, 3rd edition, Chicago, American Dental Association, 1966. p.63.
- 16) SCHEU, C.H., A New precision Casting Technic. J. A. D. A, 19 : 603~(April) 1932
- 17) Anderson, J.N. : Applied Dental Materials Blackwell scientific Publication, 5th Ed. p. 167.