

# 陶材燒付用 Ni—Cr 合金의 再鑄造가 物理的 性質에 미치는 影響에 關한 研究

慶熙大學校 齒科大學 補綴學教室

金聖日 · 金春鎭 · 朴南洙 · 韓武鉉

## —目 次—

- I. 緒 論
- II. 實驗材料 및 方法
- III. 實驗成績
- IV. 總括 및 考察
- V. 結 論
- 參考文獻
- 英文抄錄

### I. 緒 論

1956年 Brecker<sup>2)</sup>에 의해 齒科에 紹介된 陶材燒付用 Au-Pt 合金은 Porcelain의 審美性과 合金의 鑄造性 및 正確性을 結合시킨 劃期的인 補綴物로 널리 使用되어 왔다.

그러나 1970年代의 國際 金價格의 昂騰은 陶材燒付用 Au-Pt 合金을 代用할 보다 低廉한 非貴金屬의 必要性을 切實하게 했고 그 必要性에 의해 Ni-Cr 合金들이 齒科系에 注目을 받게 되기 始作하였다<sup>1), 12), 13)</sup>.

Ni-Cr 合金은 元來 局部義齒床用 合金으로써<sup>7)</sup> 1950年代에 開發되었던 合金으로 Ni이 陶材와 接着性이 뛰어난 뿐 아니라 口腔內에서 쉽게 酸化 되지도 않고 機械的인 性質도 우수하다<sup>3), 5), 14)</sup>.

그러나 Ni-Cr 合金이 陶材燒付用으로 齒科에 導入되었을 때는 貴金屬合金에 比하여 價格이 越等히 低廉하였으나 Ni-Cr 合金에 對한 需要增加에 影響을 받아 그 價格이 顯著히 上昇하였다<sup>8)</sup>.

따라서 從前에는 廢棄處分 하였던 鑄造後 생기는 button 部位의 再使用 與否를 經濟的 立場에서도 考慮하게

되었다.

齒科用 鑄造合金을 再 使用 하였을 때 各 合金의 物理的 性質에 미치는 影響에 關하여는 Co-Cr 合金에 對해 Harcourt<sup>4)</sup> 등의 研究가 있으며 Ni-Cr 合金의 境遇 Lewis,<sup>5)</sup> Hesby<sup>6)</sup> 등의 研究가 있었다.

Hesby 等은 自動誘導溶解로 Ni-Cr 合金을 熔解鑄造한 境遇 4회까지 再使用 하여도 物理的 性質에는 큰 影響이 없다고 밝힌 바 있다.

그러나 一般的으로 陶材燒付用 Ni-Cr 合金의 溶解는 酸素—프로판가스나 酸素—아세틸렌 가스를 使用하고 있으므로 Ni-Cr 合金을 gas torch로 熔解하였을 때 合金의 再使用이 그 物理的 性質에 미치는 影響을 調査한다는 것은 무척 重要한 意味를 갖는다고 생각된다.

이에 本 研究는 現在 널리 使用되고 있는 Ni-Cr 合金을 利用하여 이를 再使用, 3회 使用하였을 때 物理的 性質에 어떠한 影響이 있는가를 調査研究 하였다.

그 結果 多少의 知見을 얻었기에 이를 報告하는 바이다.

### II. 實驗材料 및 方法

#### (I) 實驗材料 및 試片 製作

本 實驗에 使用한 Ni-Cr 合金은 Jensen Unibond 合金으로 이는 Ni-Cr이 主成分이며 若干의 Mo, Al, Be 이 含有되어 있는 陶材燒付用 Ni-Cr 合金이다.

引張試片을 製作하기 爲해서는 Co-Cr 合金用 美國齒科醫師 協會規格 No. 14에 依據하여 Fig. 1. 과 같이 Stainless steel 分割形金型을 利用하여 引張試片 蠟型을 製作하여 圓錐臺에 2個의 蠟型을 Fig. 2. 와 같이 設置한 後 air vent sprue를 設置하였다.

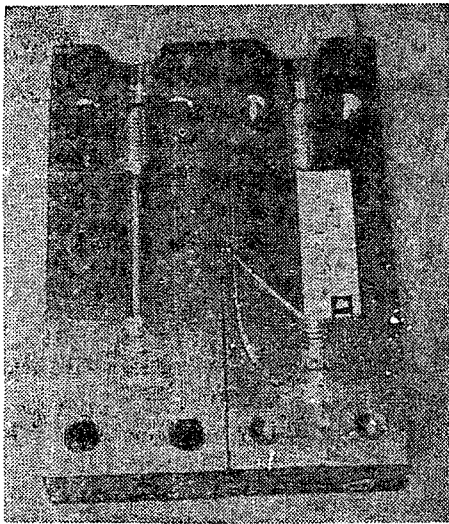


Fig. 1. Stainless steel split mold.

蠟型에 wetting agent를 塗布한 後 眞空狀態에서 混合된 Ni-Cr 合金用 高温磷酸鹽埋沒材(Whip Mix社, HI-TEMP)로 埋沒시켰다.

鑄造는 酸素-프로판 混合가스를 利用하여 熔解하고 arm을 길게 改造한 遠心鑄造機(Kerr社)를 使用하여 同一金屬으로 1회 및 2회와 3회 反復鑄造하였다.

鑄造된 試片을 合金使用說明書대로 5分間 bench cooling.시킨 後 水冷 하였으며 埋沒材를 除去 後 button, sprue 等은 切斷해 내고 試片만 sand blasting 하였다.

硬度試驗은 引張試片의 button쪽 螺旋柱 中央部位를 切斷하여 bakelite에 mounting시킨 後 silicon carbide abrasive paper 120, 240, 320, 400, 600번 順으로 研磨한 後 6 $\mu$ 의 diamond paste로 研磨하고 1 $\mu$  및 0.05 $\mu$ 의 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 使用하여 最終研磨 後 Rockwell hardness를 測定하였다.

## (2) 實驗方法

### a. 引張試驗

引張試驗에는 extensometer가 附着된 萬能引張試驗機(Instron社: 10t 容量)를 使用 하였으며 cross head speed는 0.5mm/min로 되게하였고 降伏強度 및 延伸率은 25mm gauge length extensometer를 利用하여 測定하였다.

降伏強度는 荷重 延伸率 曲線에서 延伸率이 0.2% 되는 位值에서 OFF SET 하였다.

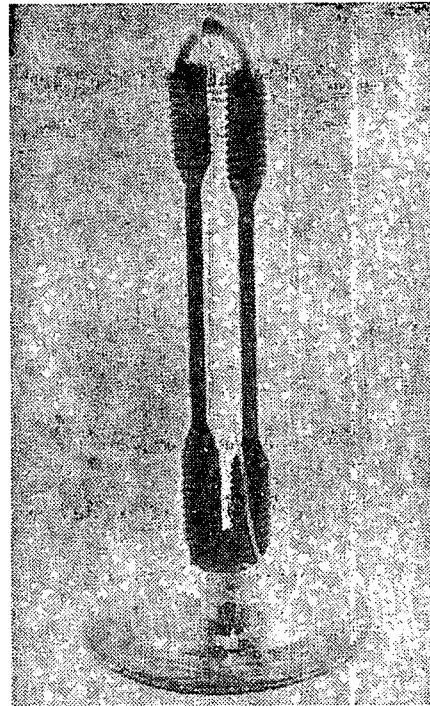


Fig. 2. Design of vent sprue for tensile test specimen.

### b. 硬度試驗

硬度測定은 Rockwell hardness Tester(Wilson社)를 使用하여 荷重 150kg의 C scale로 測定하였다.

引張 및 硬度試片은 各 條件마다 10:10個를 使用하여 試驗하였다.

## III. 實驗成績

以上の 實驗으로 各 條件의 引張試驗 結果는 Table 1, 2, 3과 같다.

새 合金을 使用하여 1회 熔解 하였을 境遇 金<sup>1)</sup> 등이 報告한 水準의 0.2% OFF SET 降伏強度가 85.5 $\pm$ 0.7 kg/mm<sup>2</sup>, 最大引張強度가 100.5 $\pm$ 2.0kg/mm<sup>2</sup>, 延伸率 이 3.7 $\pm$ 0.5% 程度였다.

合金을 2회 使用 熔解時 引張試驗 結果는 Table 2와 같았다.

2회 熔解時 0.2% OFF SET 降伏強度를 測定할 수가 없을 程度로 延伸率이 작은 試片이 나타 났으며 試片들의 破面을 調査한 結果 Fig. 3의 (b)와 같았다.

Fig. 3. (a)는 正常的인 試片이 引張破切된 境遇 破面의 貌樣으로 試片切面部位에 缺陷이 存在하고 있지 않으나 Fig. 3. (b)에서는 非金屬 介在物이 存在하고

**Table 1.** Physical properties of 1st repeated casting with mean & S.D. values.

回數	性質 0.2% OFF SET 降伏強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	最大引張 強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	延伸率(%)
1	85.6	101.9	3.8
2	85.7	100.9	3.7
3	84.5	97.1	2.9
4	84.8	97.5	3.0
5	86.5	101.9	4.0
6	85.6	102.0	4.0
7	84.5	98.0	3.0
8	85.6	101.0	4.0
9	86.5	103.0	4.5
10	85.5	101.5	4.0
平均	85.5±0.7	100.5±2.0	3.7±0.5

**Table 2.** Physical properties of 2nd repeated casting with mean & S.D. values.

回數	性質 破斷面之樣	0.2% OFF SET 降伏強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	最大引張 強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	延伸率 (%)
1	正 常	85.5	93.7	3
2	正 常	85.5	92.7	2.7
3	介在物	77.4	81.5	0.9
4	正 常	83.5	97.4	4.0
5	介在物	×	75.4	0.5
6	正 常	85.5	89.9	3.4
7	介在物	85.6	87.6	0.9
8	正 常	85.6	101.9	4.0
9	介在物	×	63.56	0.4
10	正 常	85.6	97.19	2.2
正常試片의 平均		85.3±0.7	95.5±3.8	3.2±0.7

×: 測定不可



(a)

(b)

**Fig. 3.** (a) The tensile fractured facets of normal tensile specimen.

(b) The tensile fractured facets of nonmetallic inclusion tensile specimen.

있음을 알 수 있다.

正常的인 破面을 가진 試片의 平均을 낸 結果 降伏強度는 1回 熔解와 같은 水準을 나타 내지만 延伸率 및 引張強度는 若干 낮게 나타났다.

合金을 3回 熔解한 結果는 Table 3과 같았다.

0.2% OFF SET 降伏強度를 測定할 수 없을 程度로 延伸率이 낮은 試片의 個數가 2回 熔解時 보다 2배나

많이 나타났다. 正常破面의 材料도 降伏強度 및 最大引張強度, 延伸率 共히 低下되고 있음을 알 수 있었다.

各 熔解 回의 硬度試驗 結果는 Table 4와 같았다.

1回나 2回 熔解時는 有意한 差異는 없는 것으로 思慮되나 1回나 3回 熔解時 硬度値는 어느 程度 有意한 差異를 나타내고 있음을 알 수 있었다.

**Table 3.** Physical properties of 3rd repeated casting with mean & S. D. values.

回數	性質 破斷面之 貌 樣	0.2% OFF SET 降伏強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	最大引張 強度 (kg/mm <sup>2</sup> )	延伸率 (%)
1	介在物	×	79.5	0.5
2	介在物	83.5	87.2	1.0
3	介在物	81.5	86.6	1.3
4	介在物	×	53.0	0.4
5	正 常	82.5	90.0	1.9
6	正 常	79.5	89.2	2.4
7	正 常	81.5	89.4	2.6
8	介在物	×	61.1	0.8
9	介在物	×	55.0	0.4
10	正 常	81.5	85.6	1.2
正常試片의 平均		81.3±1.1	88.6±1.7	2.0±0.5

×: 測定不可

**Table 4.** Hardness of repeated casting (Rockwell C. scale)

回 數	硬 度 Rockwell hardness(C scale)
1回 熔解	36±1
2回 熔解	35±1
3回 熔解	34±1

#### IV. 總括 및 考察

陶材燒付用 Ni-Cr 合金에 있어서 強度에 影響을 미치는 金屬學的인 因子는 Ni-Cr Matrix를 Mo, Mn, Fe, Co, W. 등이 關與되어 外部의 變形을 어렵게 하여 強度를 增加시키는 固溶硬化<sup>9,9,10,15</sup>(Solution hardening)와 알루미늄 或은 Ti와 Ni의 金屬間 化合物인 gamma prime相(Ni Al<sub>3</sub> or Ni Ti<sub>3</sub>)의 析出硬化<sup>9,9,10,15</sup>(precipitation hardening)를 들 수 있다.

Lewis<sup>9,10,15</sup>(1975) 등은 이 外에도 0.1~1.0% 程度 存在하는 炭素가 樹枝狀 結晶 사이에서 層狀構造의 共晶炭化物 組織을 이루어 合金의 強度 增加에 이바지 한다고 하였다.

그러나 實際 大部分의 Ni-Cr 合金에 있어서 炭素의

量보다 Be 등의 量이 많으며 Be은 Ni系 合金에서, 炭素와 類似한 役割을 하므로 Be이 Ni-Cr 合金에서 어느 元素들과 反應하여 共晶化合物을 形成하여 強度增加에 寄與하리라 생각된다.

Ni-Cr 合金은 酸素-프로판 torch로 熔解 하였을 境遇 合金中の 特定 性質은 酸化되어 非金屬 介在物로 變하든지 融點이 낮은 元素는 揮發하게 된다.

熔解時 酸化하기 쉬운 成分元素로는 Ti, Al, Cr, Mn, C, Be<sup>15</sup>, 등을 들 수 있으며 揮發 可能한 元素는 Al, Be, C<sup>9</sup> 등을 들 수 있다.

이들 元素는 모두 Ni-Cr 合金의 強度에 影響을 주는 元素들로서 이들 元素의 酸化 혹은 揮發은 Ni-Cr 合金의 強度를 떨어 뜨리게 할 것이다.

그러나 實際 熔解 回數에 따른 實驗結果 Table 1, 2, 3, 4,에서 알 수 있듯이 2回 熔解時까지는 降伏強度·硬度에는 큰 影響이 없고 最大引張強度 및 延伸率은若干 低下하고 있다.

이는 2回 熔解까지에는 強度에 影響을 미치는 合金元素의 酸化 내지 揮發이 많지 않았기 때문에 材料가 外力에 의해 永久 變形되기 始作하는 降伏強度에는 影響이 없는 것으로 思慮된다.

다만 延伸率과 最大引張強度가 低下하는 理由는 1回보다 2回熔解때가 合金內에 微視的인 非金屬 介在物이 더 많이 生成되어 引張試驗時 非金屬 介在物에서 破切生成이 보다 容易하게 始作 하였기 때문으로 判斷된다.

3回 熔解時는 降伏強度, 硬度, 最大引張強度, 延伸率 共히 떨어졌다. 降伏強度, 硬度等이 떨어짐을 미루어 보아 3回 熔解時는 合金成分의 酸化나 揮發量이 보다 많아졌음을 알 수 있으며 最大引張強度·延伸率의 低下가 特히 顯著한 것은 微視的 非金屬 介在物의 量이 더욱 많아졌기 때문으로 생각된다.

Hesby<sup>6</sup> 등은 Ni-Cr 合金에 있어서 4回 熔解까지 物理的 性質의 低下가 有意한 水準으로는 일어나지 않았다고 報告 하였으나 本實驗에서는 3回 熔解時부터 強度 低下가 눈에 띄었으며 特히 延伸率의 低下가 深刻 하였을 뿐만 아니라 正常的인 破切面을 내는 試片의 數도 줄어들었다.

그 理由는 Hesby 등은 自動誘導熔解로 熔解 하였으므로 熔解時 過熱될 念慮가 적었으나 本實驗에서는 酸素-프로판가스 torch를 使用하였으므로 過熱될 可能性이 보다 많았으며 自動誘導熔解時 보다 合金元素의 揮發이 쉬워져서 強度低下, 合金成分의 酸化, 揮發이 있었을 것으로 思慮된다.

## V. 結 論

陶材燒付用 Ni-Cr 合金을 酸素-프로판가스를 使用하여 溶解하였을 때 再使用 및 3回 使用時에 物理的 性質에 미치는 影響을 調査한 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 陶材燒付用 Ni-Cr 合金을 酸素-프로판가스를 溶解하였을 때 降伏強度·硬度·等은 2回 溶解 까지에는 큰 影響이 없었으나 3回 溶解時에는 若干의 低下가 있었다.
2. 最大引張強度와 延伸率 等은 溶解 回數가 增加됨에 따라 漸次 減少 되었다.
3. 1回 溶解한 合金에 있어서 引張破切面은 모두 正常的인 破面을 나타 냈으나 2回 溶解時 正常的인 破面은 10個中 6個, 3回 溶解時 10個中 4個로 漸次 줄어 들었다.

## 參 考 文 獻

- 1) 金椿鎭, 崔富員, 鑄造方法이 陶材燒付用 Ni-Cr 合金의 機械的性質에 미치는 影響에 關한 研究 慶熙齒大 論文集, 慶熙大學校 齒科大學 2 : 239~246, 1980.
- 2) Brecker, S. C. : Porcelain baked to Gold-A new medium in prosthodontics, *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 801~810, 1956.
- 3) Civijan, S., Huget, E. F., Godfery, H. L., Lichtenberger, H., and Frank, W. A. : Effect of heat treatment on the mechanical properties of two Ni-Cr based casting alloys, *J. Dent Res.*, 51 : 1537, 1972
- 4) Harcourt, H. J. : The remelting of Co-Cr alloy, *J. Br. Dent.*, 112 : 198, 1962.
- 5) Harcourt, H. J. Riddihough M., and Osborne, J. : The properties of Ni-Cr casting alloys boron

- and Silicon, *Brit. Dent. J.*, 129 : 419~423 1970
- 6) Hesby, D. A., Kobes, P., Garver, G. D., and Peller, G. B. : Physical properties of a repeatedly used nonprecious metal alloy, *J. Prosthet. Dent.*, 44 : 291~293, 1980.
- 7) Huget, E. F. Vlica., J. M., Wall, R. M. : Characterization of two ceramic base metal alloys. *J. Prosthet. Dent.*, 6 : 637~640 1978
- 8) Lewis, A. J. : Metallographic changes and phase identification in nickel base alloy upon fusing and casting. *Aust. Dent. J.* 20 : 378~383, 1975.
- 9) Lewis, A. J. : The analysis and compositional evaluation of nickel base partial denture casting alloy, *Aust. Dent. J.*, 19 : 384~389, 1974.
- 10) Lewis, A. J. : The metallography of a nickel base casting alloy, *Aust. Dent. J.*, 20 : 298~303, 1975.
- 11) Moffa, J. P. : Physical and chemical properties of alloys used for ceramic bonding dental porcelain, The state of the art-1977, Southern California Univ. Dent. Sch., pp. 85~92, 1977.
- 12) Moffa, J. P. : Physical and mechanical properties of gold and base metal alloys, proceedings, Alternatives to gold alloys in dentistry, DHEW publication No. (NIH) 77~1227, pp. 81~93, 1977.
- 13) Obrien, W. J. : Evolution of dental casting, Proceedings, Alternatives to gold alloys in dentistry, DHEW Publication No. (NIH) 77~1227, pp. 2~9, 1977.
- 14) Phillips, R. W. : Skinner's Science of Dental Materials, ed 7. Philadelphia, 1973, W. B. Saunders Co., p. 592~600
- 15) Sim, C. T., and Hagel, W. C. : The superalloys, John Wiley & Son's, pp. 79~90, 1972.

—Abstract—

## EFFECTS OF THE RECASTING ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF Ni-Cr BASED ALLOY FOR FUSED PORCELAIN

S. I. Kim., D. D. S., C. C. Kim. D. D. S. N. S. Park. D. D. S. M. H. Han. D. D. S.

*Dept of Prosthodontic's Division of Dentistry Kyung Hee University*

Some physical properties of Ni-Cr based alloy for porcelain veneering were compared after repeated casting without the addition of any new alloy.

The specimen were cast in a centrifugal caster with an oxygen-propane torch at optimum temperature.

The obtained results were as follows:

1. The yield strength and hardness of the second generation were no significant differences compared with first generation but the yield strength and hardness of the third generation slightly decreased.
2. The ultimate tensile strength and elongation appeared to decrease slightly in second, third generations.
3. The tensile fractured facets of the first generation specimen were normal in all specimen, but in the second generation there were six tensile specimen out of ten, in the third there were four tensile specimen out of ten.