—대한치과의사협회지 : Vol. 9, No. 6, June, 1971—

▲ 치과기재의 근황 ▲

金合金鑄造에 關係되는 材料와 方法에 關하여

서울大學校 齒科大學 齒科材料學敎室

金 哲 偉

The Cast Goldrestoration Materials and Technics

Dept. of Dental Materials, College of Dentistry, Seoul National University.

Cheol-We Kim, D.D.S., M.S.D.

齒科鑄造用金合金은 硬度, 隆伏强度, 腐蝕抵抗度, 磨耗度, 變形, 變色等 諸性質이 다른 恢復材料보다 우수하므로 缺損된 齒牙나 齒質의 永久的인 恢復으로 가장 많이 使用된다. 그러나 때로는 金恢復物周圍의 齒質綠端에 씨멘트層이 溶解된 것을 肉眼으로도 볼 수 있고 綠端을 擴大하여 보면 씨멘트線이 항상 露出되어 있어 窩洞內에 正確히 適合하는 鑄造物을 얻을 수 없는 缺點이 있다. 蠟型(wax pattern)과 金合金의 收縮率을 알 수 있다면 鑄型(mold)을 같은 크기로 膨脹시키면 되나 鑄造에 關係되는 여러 材料를 取扱하는데 있어 여러 條件들을 正確히 調節할 수는 없음으로 膨縮變化나 鑄造의 正確性은 판단하기 어렵다. 蠟型을 鑄造할때 膨縮變化는 0.1~1.0%이나 口腔內서의 許用限界는 알수 없고 Inlay는 綠端適合이 21μ 정도 露出된 것은 許用限界로 보나 齒頸部位에 119μ 정도 開放된 것도 肉眼的으로 發見할 수 없음으로 綠端開防이 適合에 對한 評價値가 될 수는 없다. Inlay나 金冠에서는 一般評價方法이나 肉眼調査보다는 精密히 檢査해야 한다. 齒科用씨멘트는 口腔液內에서 溶解되기 때문에 鑄造物의 適合性은 保障할 수 없고 씨멘트가 많이 露出되었을 때는 恢復物의 失敗를 본다. 씨멘트의 露出線, 破壞, 綠端漏出, 虫齒再發等과 같은 條件을 最少化할 때 鑄造의 正確性은 保障된다. 한편 鑄造體內外에 氣泡의 發生은 적어야 되는데 飮食物殘渣는 pits나 氣泡等 粗雜한 面에 모임으로 第1圖와 같은 腐蝕을 볼 수 있다. 만일 이러한 現象이 綠端에 生기면 恢復物과 齒牙사이에 微細漏出이 生기고 鑄造體內部의 氣泡로 金合金의 物理的 性質은 抵下되고 甚하면 鑄造體가 變形 또는 破切된다. 鑄造의 目的은 蠟型과 가능한 正確하게 어떤 粗密한 鑄物物을 再現시키는 것으로 그 原則은 同一하고 技術과 方法에 약간의 차이가 있을 뿐이다.

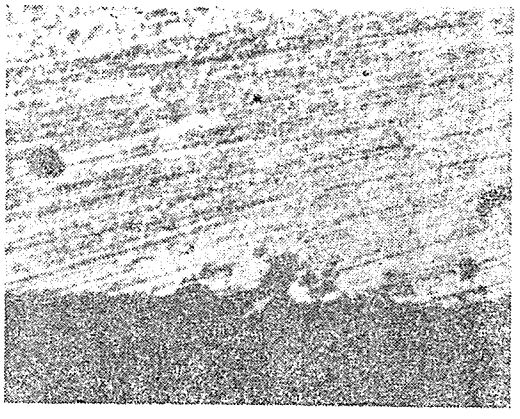

Fig. 1. A pit (arrow) on surface of amalgam restoration. Such surface irregularities lead to corrosion.

Ⅰ. 蠟型 (The Wax Pattern)

缺損齒質과 正確한 蠟型을 얻을 수 있고 이것을 正確히 鑄造한다면 만족한 結果를 얻을 수 있다. 美國齒科醫師協會 齒科材料規格 第4號에는 두가지 蠟(wax)을 規定하고 있는데 第1型蠟(Type Ⅰ Inlay wax)은 直接法에, 第2型蠟(Type Ⅱ Inlay wax)은 間接法에 使用하는 것으로 그 差異는 어떤 溫度에서 許用되는 flow量과 關係가 있다. 第1型 蠟은 口腔內보다 약간 高溫(98.6°F)에서 可塑性이 높아서 窩洞의 細微한 部分까지 印記하고 口腔溫度에서는 flow量은 最少化되어 蠟型을 除去할 때는 아무런 變形도 없어야 한다. 第2型蠟은 室溫에서 取扱되므로 冷却溫度는 낮어야 하며 變形量을 減少시키기 위하여 86°F에서 단 1%의 flow만을 許用하고 있다. 蠟型의 變形은 가장 중요한 문제로

서 異種埋沒材를 使用하거나 MOD蠟型에서 平行壁이 긴 경우 많이 生긴다. 蠟型을 操作 할때 形態의 變化나 冷却할때 自然的 收縮現象으로 內部에는 어떤 應力을 받게 된다. 이러한 殘餘應力은 操作技術如何에 따라 左右되므로 加壓成型法으로 最少化해야 한다. 第2型 蠟型은 第1型보다는 應力이 적으나 分子變化를 보임으로 蠟分子는 어떤 熱加塑性材料(thermoplastic materials)를 넣어 應力을 받지 않는 正常狀態에서 分子間의 거리를 維持해야 한다. 內部應力이 緩和될 때 膨縮變化와 變形이 招來되는데 緩和量과 變形의 정도는 蠟型을 保管하는 溫度나 時間에 따라 달라진다. Die 위에 蠟型을 오래 두면 緩和와 變形도 증가되며 그 自體의 荷重으로도 流動된다. 물속에나 空氣中이던 保管條件의 差異보다는 蠟型을 완성한후 곧 埋沒하는 것이 중요하다. 낮은 溫度에 保管할수록 緩和量은 적어지고 높을수록 증가하는데 低溫이라 할지라도 變型을 防止할 수는 없고 最少化 시켜줄 뿐이다. 대개 保管溫度가 높을수록 變形量은 증가되므로 直接法에서 蠟型을 곧 埋沒할 수 없을 때는 冷藏庫에 保管하는 것이 좋다. 間接法에서는 蠟型이 die 內에 固定되어있어 蠟이 變形되지는 않는다. 隣接壁이나 齒莖部와 같이 die에서 遠心側은 緩和가 생기므로 蠟型을 die에서 除去한후는 緣端의 變形有無를 검사한후 埋沒해야 한다. 일단 蠟型을 埋沒하면 더 以上 變形은 생기지 않는다.

Ⅱ. 埋沒材와 埋沒方法
(Investments and Investing Technics)

蠟型은 窩洞과 같으므로 埋沒材는 金合金收縮을 報償하도록 充分히 擴大하여야 한다. 齒科用 金合金의 收縮報償率은 1.1~2.1%이나 金合金의 組成, 蠟型의 크기나 形態, 膨縮變化를 測定하는 方法에따라 달라질수 있다. 1.40%는 齒科用合金의 代表的인 收縮率이다.

1. 熱 膨 脹 (Thermal Expansion)

金合金의 收縮은 埋沒材의 熱, 硬化, 水和膨脹等으로 相殺되며 埋沒材는 石膏, 石英, 還元劑, 硬化促進劑, 遲延劑, 加塑劑로 되어있는데 石膏는 耐熱性結合材로, 石英은 (silica) 鑄型의 熱膨脹을 도와준다. Quartz나 cristobalite型의 石英이 使用되는데 이 allotropic型의 石英은 加熱하면 粒子크기가 變異한다.

第2圖는 quartz와 cristobalite埋沒材의 熱膨脹曲線인데 cristobalite(曲線A)의 最大熱膨脹은 quartz(曲線B)보다커서 (450°)~700°F以上에서 膨脹은 最大이고 比較的 平源(plateau)을 보인다. 埋沒材가 冷却할때 같은 曲線을 따라 收縮하나 plateau는 상당한 크기를 갖고 있으므로 700°F以上에서 埋沒材를 取扱한 경우 鑄造時間과 溫度變化로는 鑄型에 아무런 影響도 주지않는다. 埋沒材가 膨脹되면서 蠟型內에 龜裂이 生기는것을 防止하기위해 蠟型을 燒却할 때는 徐徐히 加熱해야한다. 너무 急히 加熱할 때는 外側과 內部의 熱膨脹比率의 差異

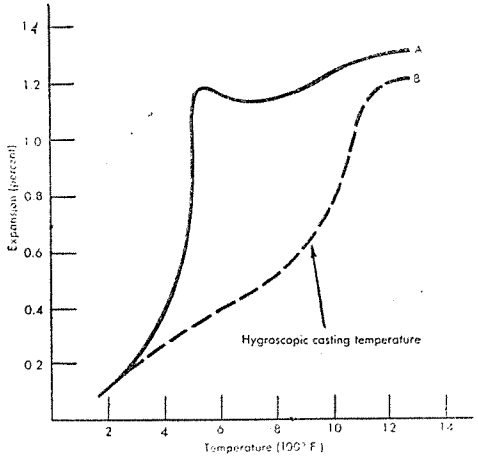

Fig. 2. Thermal expansion of a typical cristobalite investment, A, and a quartz investment, B. The amount of expansion that has taken place in a quartz investment at the burnout temperature generally used in a hygroscopic investing technic is indicated. (After R. Neiman, Whip-Mix Corp.)

로 埋沒材內部에는 구열이 생긴다. Quartz埋沒材는 膨脹이 완만하고 그 最大値는 cristobalite보다는 적고 보다 高溫에서 熱膨脹이 生긴다. 하여간 1,250°F의 燒却溫度를 唯持하여 合金을 溶解하고 鑄造할때 鑄型이 過度하게 收縮 되는것을 防止하여야 한다.

2. 硬化膨脹 (Setting Expansion)

埋沒材가 硬化될때 膨脹에 依하여 鑄型은 어느정도 擴大되는데 正常硬化膨脹率은 0.3%이나 埋沒材는 ring 內에 있으므로 制限을 받는다(第3圖 曲線A) 埋沒材가 硬化하면서 生기는 熱反應으로 蠟型이 膨脹되는것을 實際硬化膨脹(effective setting expansion)이라 하는데 蠟型內에 生긴 實際의 運動量이다. MOD蠟型을 例로 들면 埋沒材가 硬化할때 隣接壁을 밖으로 밀어낼수있는 充分한 强度를 갖게된다. 만일 蠟型의 壁이 얇은때는 두터운 것보다 膨脹量이 많고 쉽게 밖으로 움직일수 있다. 蠟型의 外形은 膨脹量에 영향을 주고 全部鑄造冠(full cast crown)보다는 MOD蠟型에서 쉽게 밖으로 밀려 나간다. 어떠한 形態의 蠟型도 實際로 적은 實際硬化膨脹이 있기때문에 熱이나 水和膨脹을 追加시킬 必要가 있다.

3. 水和膨脹 (Hygroscopic Expansion)

蠟型을 1,250°F~1,300°F의 高温에서 燒却하면 埋沒材가 破壞되므로 鑄造體는 粗雜하여 지고 900°F의 低温에서 取扱할때는 윤택한 面을 갖게된다. 鑄型을 900°F 以上 加熱하지않고도 윤택한 鑄造體를 얻을 수 있기때문에 水和埋沒法이 이용되고있는데 第3圖의 曲線 B의 quartz埋沒材는 900°F에서 鑄造할때 熱膨脹으로는 아무런 利點도 얻을수 없다는것을 보여 준다. 900°F는 熱膨脹曲線의 中間點이므로 低温에서 鑄造할때는900°F

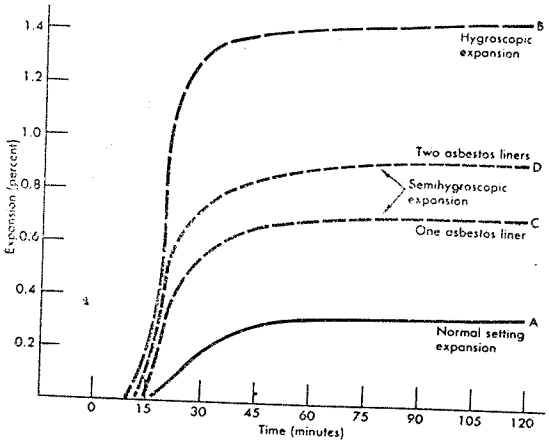

Fig. 3. Normal setting, A, and hygroscopic, B, expansion of an investment as compared to the somewhat restricted expansion that occurs in an inlay ring lined with one, C, and two, D, asbestos liners. (After R. Neiman, Whip-Mix Corp.)

와 1,200°F사이에서 생기는 熱膨脹은 얻을 수 없다. 水和膨脹은 熱膨脹에서의 實際減少率을 報償하며 膨脹을 追加하여 준다. 第3圖 曲線 B는 ring을 埋沒한後 100°F의 水槽內에서 約 30分間 물을 吸收시키면 適當히 膨脹된다. 또한 埋沒材가 硬化한다음 一定量의 물을 添加하는 controlled water added technic경우 膨脹의 크기는 埋沒材에 넣는 물의 量에따라 調節된다. 埋沒方法과는 關係없이 젖은 石綿을 ring안에 깔아주면 半水和膨脹(semi hygroscopic expansion)이 發生된다. 第3圖의 曲線 C는 한장의 石綿을 使用할때 볼수있는 追加膨脹이고 曲線D는 두겹의 石綿을 使用했을때의 半水和膨脹値로서 金合金의 收縮 補償은 硬化, 熱, 水和膨脹方法等으로 鑄型을 擴大함으로서 만족한 結果를 얻을수 있다.

4. 埋沒材의 選擇 (Selection of Investments)

第4圖는 一定한 試片을 갖이고 埋沒方法에따라 鑄造의 精密性如否를 比較한 것으로 만일 窩壁이 길고 平行한 경우는 埋沒材가 더 큰 膨脹을 하여야 하며 唯持壁이 짧고 下向인 경우는 收縮補償은 적어도 된다. 蠟型의 形態에 따라 要求되는 膨脹量은 달라지는것을 보여준다.

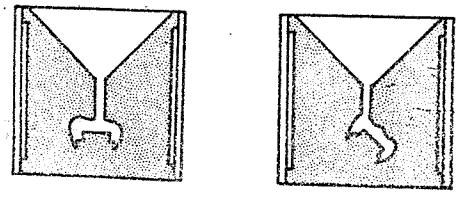

Fig. 4. Diagram of wax pattern sprued on the occlusal surface (left), and on the proximal (right). Mesiodistal expansion will be less in the former case as a result of the restricting influence of the metal ring.

5. 膨脹方法 (Methods for Varing Expansion)

어떤 埋沒過程에서도 鑄型크키는 여러方法에 따라 變化되는데 石綿을 使用한 경우는 水和膨脹과 埋沒材內에 均一한 熱膨脹을 追加시켜준다. 第4圖에서 MOD蠟型의 咬合面에 鑄入線을 세우면 ring이 制限되어있어 近遠心方向(mesiodistally)보다는 咬合面-齒齦面(occlusocervical)로 膨脹은 증가한다. 鑄入線을 隣接面에 設置한 경우는 咬合面-齒齦面方向보다는 近遠心쪽으로 증가하므로 適合은 달라진다. 鑄型內서의 膨脹은 항상 ring의 上下開口部方向으로 生긴다. 石綿은 ring 높이보다 약간 짧게해야하고 ring끝에서 1/8 inch짧은 경우는 埋沒材는 金屬과 직접 접촉되므로 膨脹은 약간의 制限을 받는다. Ring開口部끝에 餘分의 石綿이 나오도록하면 膨脹은 最大로 된다. Ring內에 石綿이 塗布되지않은 部位가 많을수록 制限을 많이 받는다. 따라서 石綿길이는 잘 調節해야하며 埋沒中에도 빠져나오게 되므로 蠟으로 固定해야한다. 混水比는 클수록 熱이나 水和膨脹은 커지며 不均等한 膨脹이 여러方向으로 生긴다. 어떤 埋沒材(Kerr Mfg, Co, Detroit, Mich)는 control powder를 넣어 熱膨脹率을 0.75~1.3%로 調節한 것도있으므로 操作은 반듯이 製造會社의 指示를 따라야 한다.

6. 眞空埋沒 (Vaccum Investing)

蠟型에 wetting agent로 얇은 被膜을 만들면 空氣의 浸透를 防止할수 있으나 第5圖와 같은 眞空埋沒機具는 蠟型의 變形이나 個人差에 의한 缺點을 적게하므로 鑄造體表面의 粗雜性을 減少시킬수 있다.

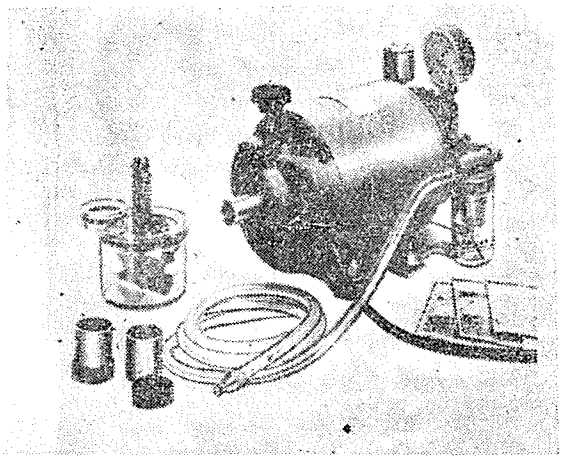

Fig. 5. Representative vacuum investing equipment. (After R. Neiman, Whip-Mix Corp.)

7. Phosphate와 石英結合埋沒材 (Phosphate and Silica Bonded Investments)

陶製에 溶融되는 合金은 融點이 높기 때문에 石膏結合埋沒材는 使用할수 없고 phosphate結合埋沒材(phosphate bonded investments)나 石英結合埋沒材(silica bonded investments)를 使用한다. 石英結合埋沒材에서는 silica gel이라는 特殊液을 內部結合材로 使用하므로 silica의 耐熱効果로 因해 그 熱膨脹은 石膏結合埋沒材에서보다 높다.

Ⅲ. 齒科用鑄造金合金(Dental Casting Gold Alloys)

齒科鑄造用 金合金의 組成과 그 許用量은 各會社에 따라 用途와 特異性이 다르다. 一般工業用合金과는 달리 어떠한 組成을 갖인 齒科鑄造用金合金도 齒科修復物의 恢復目的에 使用된다. 그러나 단순한 inlay, 全部鑄造冠, 3/4金冠, 繼續加工齒의 支台齒, 局部義齒用金合金等에서 要求되는 性質은 전여 다르다. 美國齒科醫師協會에서는 inlay와 같은 단순한 恢復物에 使用할수 있는 第1型 soft gold에서 局部義齒用 第4型超硬合金까지 齒科鑄造用金合金을 4型으로 分類하고있다. 最近에는 indium을 少量넣어 合金의 粒子크기를 적게하여 延性과 引張强度를 높히고 있는데恢復物이 높은 强度와 降伏强度를 要求하는 경우는 이 性質에 맞는 合金을 擇하여야 한다. 硬化熱處理(hardening heat treatment)는 第3型과 第4型에만 効果가 있는데 第4型合金은 熱處理에 민감하므로 이 合金으로만든 局部義齒는 鑄造後 10分間 冷却한다음 물에 넣어야 한다. 徐冷은 space lattice內에 變異(transition)를 갖어와 合金의 物理的 性質을 變化시킨다. 다른 型에서는 이러한 變異가 許用되지 않기 때문에 鑄造後 곧 急冷하여야 된다. 齒科用金合金은 대개 6種以上의 金屬이 混合되어 있어 그 性質은 復雜하므로 同一會社의 製品이라도 여러 合金을 混合使用해서는 안된다. 이 混合物은 腐蝕抵抗을 弱하게 하여 延性이 낮은 eutectic型의 合金을 만들게된다. 不純物이 0.05%만 들어있어도 金合金은 汚染되므로 amalgam조각이나 base metal dies와 함께 保管해서는 안된다. 炭素가 埋沒材의 鑄型內에 남어있을때 埋沒材를 1,292°F以上 加熱하면 硫黃 gas가 遊離되어 나온다. 炭素는 黑鉛形態로 되어있는데 어떤 埋沒材에서는 還元劑로 쓰고 蠟型의 不完全한 燃燒로도 炭素는 남게된다. 埋沒材가 分解하면서 遊離되어나온 硫化物로 金은 侵蝕되고 鑄造體는 극히 危弱해지고 腐蝕되기 쉽다. 埋沒材를 1,292°F以上 加熱하면 破壞되므로 過熱되지않게 주의해야 한다.

金合金은 適切히 取扱하면 數次라도 再鑄造할수 있으나 낡은것과 同量의 새것을 넣어 溶解中에 氣化되어버린 金屬을 補充해야 한다.

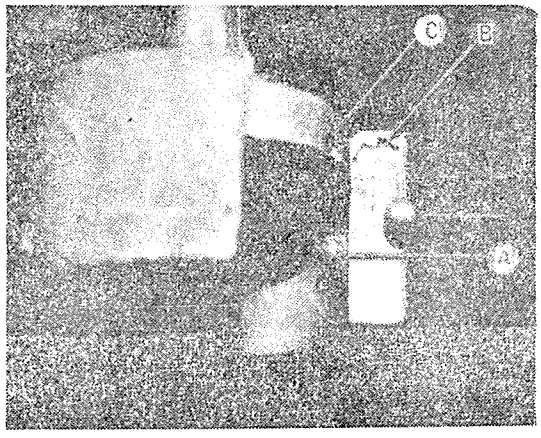

Fig. 6. Surface defects in a gold casting, illustrating the various types that may occur. A, Air bubbles, B, water film, C, a foreign body inclusion. (Courtesy D. Vieira.)

Ⅳ. 鑄造過程 (Casting Procedure)

鑄造란 合金의 物理的性質을 變化하지않고 鑄型을 正確히 金屬으로 代置하는데 있다. 腐蝕 破切 絲端破壞等의 諸鑄造失敗는 合金自體內部의 缺陷보다는 鑄造過程을 正確히하지 않았기 때문에 合金의 物理的性質이 變

한 것이다. 外形的으로 氣泡가 전여없는 鑄造體는 만들수는 없는 일이고, 肉眼的으로는 發見할수없어도 擴大하여보면 어떠한 形態의 氣泡도 存在한다. 空所가 큰 경우는 合金의 物理的性質에 영향을 주게된다. 硏磨할때 pits는 一時除去되더라도 그後 다시 露出된다.

1. 鑄入線의 選擇 (Sprue Selection)

鑄入線의 크기를 잘못 選定한 경우는 鑄入線과 鑄造體의 接觸部에서 典型的인 shrinkage porosity를 볼수있다. 鑄入線이 너무 짧으면 合金이 鑄型內에 完全히 鑄入되기前에 鑄入線內에서 凝固되어버린다. 鑄入線은 14 gauge보다 적어서는 안되며 긴경우는 比例的으로 直經도 커야한다. 만일 굵은때는 reservoir가 不必要한데 만일 必要할경우는 蠟型에서 1/8 inch되는곳에 設置한다. 鑄型內로 合金이 鑄入될때 turbulence와 氣泡을 적게하기위해 蠟型과 接觸되는곳은 약간 넓게한다. 鑄入線은 溶解된 合金이 鑄型內로 막히지않고 들어갈수있도록 가장 두터운 곳에 附着하여야 한다.

2. 背壓에 依한 氣泡 (Back Pressure Porosity)

蠟(wax)이 氣化한後 carbon dioxide같은 gas는 鑄型內에 남어있어 金合金을 鑄入하는데 障碍가 된다. 金合金을 鑄入할때 內部의 gas는 埋沒材를 通해 밖으로 빠져나가게되는데 密度가 큰 埋沒材에서는 鑄型內 gas 壓이 높아지므로 液狀合金에 背壓氣泡를 만들고 合金은 硬固히 凝固되지 않어 緣端이 둥글게되는 失敗를 본다. 鑄型內 gas을 完全히 除去하기위하여는 蠟型끝이 ring 끝에서 1/4 inch되는곳에 오도록 鑄入線 길이를 조절해야한다. Ring끝과 線型사이의 埋沒材가 많을수록 鑄型內 gas는 完全히 除去되지 않는다. 따라서 鑄造壓이 充分해야 된다. phosphate埋沒材는 密度가 높기때문에 鑄型內의 循環을 원할히 하기위해 補助鑄入線을 蠟型끝에 附着하는 수도 있다.

3. 合金의 溶解 (Melting the Alloy)

金合金은 環元層(reducing zone)으로 溶解하여야 된다. 다른層(zone)을 使用할때는 銀, 銅은 酸素나 gas을 溶解하므로 合金이 凝固할때 gas가 除去되면서 occlused gas porosity가 鑄造面위에 發生된다. 溶解된 金屬의 形態에 따라 適當한 zone을 使用하고 있는가의 如否를 알수있는데 黑色의 表面이 生기면 酸化된것이고 윤기가 있으면 環元層으로 溶解되는 것이다. 合金의 流動性을 높이고 酸化를 防止하기 위해 새合金이나 再使用하는 合金이나間에 반듯이 硼砂를 使用해야 한다. 硼砂는 fused borax와 同量의 boric acid을 混合한 것인데 商用融劑는 borax와 charcoal紛末을 混合한 것으로 炭素粒子가 微量이라는 鑄型內로 鑄入되면 金屬內에 吸收되어 緣端部位에 缺陷部를 만들어준다.

合金이 溶解되어 一定한 溫度에 達하면 金合金은 遠心力에 依해 自動的으로 鑄造되는 induction溶解裝置가 最近에는 많이 이용되고 있으며 合金組成에 따라 特定溫度에서만 鑄造되므로 最適의 物理的 性質을 얻을수 있다. 齒科用 合金은 理想的인 鑄造溫度를 갖고있지 않으나 最適의 鑄造範圍를 갖고있음으로 항상 合金의 溶解溫度以上으로 加熱하여 鑄型內를 完全히 鑄入시킬수 있고 流動性을 갖도록 해야 한다. 그러나 溶融範圍以上으로 加熱되면 occlused gas porosity가 生기고 高溫에서오는 熱 shock로 埋沒材 內部에 龜裂이 生기어 鑄造物이 粒雜하여 진다. 따라서 適合한 鑄造溫度가 되도록 blow pipe flame을 調節해야 하거나 induction 溶解를 使用해야 한다.

4. 鑄造道具 (Casting Equipment)

空氣壓鑄造, 遠心鑄造, 眞空鑄造等 어떤것을 使用하던지 間에 鑄造物의 適合性이나 氣泡같은 合金의 性質에는 별차이없고 合金이 凝固될때까지 充分한 壓力을 繼續加해주는 것이 필요하다.

鑄造失敗의 原因 (Causes for Casting Failures)

鑄造失敗는 原則이 아니고 例外的인 問題로서 모든 過程을 原則대로만 지킨다면 그 失敗의 原因을 발견할 수 있다.

1. 變　形 (Distortion)

埋沒材가 硬化, 加水, 熱膨脹을 할때는 蠟型과 蠟型內에 不可避한 變形이 生긴다. 이러한 變形은 鑄造體內部에서 오는것 보다는 埋沒前에 蠟型이 變形하여 生긴 것으로 蠟型을 原則대로 取扱하고 窩洞이나 die에서 除去한후 곧 埋沒하면 이와같은 失敗는 防止할 수 있다.

2. 表面粒雜性 (Surface Roughness)

表面이 粗雜하여진 例는 第6圖에서 볼수있는데 A는 nodules로 因한 가장 일반적인 例이고 埋沒材를 너무 진하게 하였거나 振動을 甚하게 하였을 경우 생긴 것이다. 正確한 混水比를 適用한다면 너무 진한 混合物로 因해 生기는 空所나 蠟型面에 空氣의 混入을 防止할 수 있다. B에서는 鑄造物表面에 微少한 ridge나 vein을 볼수있는데 이것은 埋沒材가 너무 묽은때 蠟型의 表面에 水皮膜이 形成된 때문에 이러한 結果과 生긴 것이다. 振動을 너무 甚하게 하거나 wetting agent을 過量使用

Table. 1. Control of porosity produced during solidification of the casting*.

Type	Increase in sprue diameter: causes	Increase in sprue length: causes	Increase in molten metal temperature: causes	Increase in mold temperature: causes
Localized shrinkage porosity	Decrease	Increase	Decrease	Decrease
Subsurface porosity	Increase	Decrease	Increase	Increase
Microporosity	No effect	No effect	Decrease	Decrease

* From Ryge, G., S.F., and Fairhurst, C.W.: J. Amer. Dent. Ass. June, 1957.

한 경우에도 bubbles이 生기고 埋沒材와 charcoal조각이 鑄型內에 함께 들어가도 C와 같은 失敗을 보게된다. 鑄入線이 녹이쓴 경우도 腐蝕産物로 因해表面이 粗雜하여지며 鑄型을 너무 急히 加熱한때도 龜裂로 因해 鑄造體에 鑄巢(fin)가 生긴다. 埋沒한후 最少 30分이전에는 加熱해서는 안되며 蠟型을 完全히 除去하는데 必要로하는 時間은 30分以上이어야 한다. 1,290°F以上의 高溫에 너무 오래동안 加熱하게 되면 埋沒材가 破壞되어 硫黃의 汚染이나 粗雜한 鑄造體를 보게된다.

3. 氣泡와 不完全한 鑄造體
(Porosity and Incomplete Casting)

第1表는 氣泡의 形態에 따라 그 原因과 種類를 分類한 것으로 모든 操作를 原則대로 取扱 함으로 最少化시킬수있다. 鑄造壓이 不充分하거나 合金을 充分히 加熱하지 못한 경우도 鑄造體 綠端이둥글게 된다.

Selected Readings:

1. Bassett, R.W., Ingraham, R., and Koser, J.R.; An atlas of cast gold procedures, Buena Park, Calif., 1964, Uni-Tro College Press.
2. Christensen, G.J.; Marginal fit of gold inlay castings, J. Prosth. Dent. **16**;297-305, 1966.
3. Leinfelder, K.F., Fairhurst, C.W., and Ryge, G.;Porosities in dental gold castings Ⅱ Effects of mold temperature, sprue size and dimensions of wax pattern, J. Amer. Dent. Ass. **67**;816-821 1963.
4. Mahler, D.B., and Ady, A.B.; An explanation for the hygroscopic setting expansion of dental gypsum products, J. Dent. Res. **39**;578-589, 1960.
5. Mahler, D.B., The effect of the water bath in hygroscopic casting techniques, J. Prosth. Dent. **15**;1115-1121, 1965.
6. Mumford, G.M., and Phillips, R.W.; Measurements of thermal expansion of cristobalite type investments in the inlay ring-preliminary report, J. Prosth. Dent. 8;860-864, 1958.

齒 協 會 誌

論文 및 廣告揭載問議는

大韓齒科醫師協會誌 編輯室로

電話 (26) 8 3 9 8

現 代 醫 學 社 內

서울 中區 仁峴洞 31의 8號