

現場技術

# 鑄物用 알루미늄 합금의 용해에서의 문제점

權赫茂\*

## 1. 緒 論

알루미늄 및 알루미늄 합금은 融點이 比較的 낮으므로 그 용해 방법은 安易하게 생각하기 쉬우나 이 합금은 용해시에 酸化되기 쉬운 金屬이며, 氧化物과 용湯의 比重差가 적어서 氧化物이 용湯中에 부유하여 除去하기 어렵고, 水素 等の 氣스를 吸收하여 靑 흠이나 개재물과 같은 鑄物缺陷이 發生할 수도 있으므로 용해 工程의 徹低한 管理가 必要하다. 그러므로 Al 合金의 용해시에는 酸化 및 氣스吸收의 輕減方法, 용해完了後의 氧化物 除去方法과 改良處理方法 및 脫氣處理方法 등이 重要한 管理項目이다.

本稿에서는 Al 合金 용해爐의 形式選定과 Al 合金의 용해中 酸化와 氣스의 關係, 改良處理 等に 對하여 記述한다.

## 2. 용해爐의 選定

Al 合金의 용해爐 및 保持爐를 選定하는 데에는 生産品目이나 合金의 種類, 鐵造能力, 施設費, 1日生産量 等 여러가지의 要素를 고려하여야 하나 그중에서도 1日生産량은 爐의 種類를 選定하는데 重要한 項目이다.

一般的으로 1日 生産량이 300 kg 전후의 소규모인 境遇는 도가니爐와 같은 間接加熱方式의 爐를 채용하고 1日生産량이 300 kg 以上인 境遇는 直接 加熱方式인 反射爐나 電氣誘導爐를 용해爐로 選定한다.

### 2.1 反射爐

反射爐의 용해熱效率은 20~30% 程度로써 大量生産의 境遇에는 도가니爐에 比하여 용해速度가 빠르며 熱經濟面에서 有利하다.

그러나 反射爐는 直接加熱方式이므로 火焰이나 燃燒生成物이 直接裝入地合이나 용湯에 接觸하고 爐床이 開放狀態이므로 氧化物이 多量으로 生成되기 쉽고 氣스

의 吸收率이 큰 것이 缺點이다.

따라서 反射爐操業時에는 용湯의 酸化防止와 氣스의 吸收를 줄이기 위하여 被覆劑를 使用해야 하며, 各種의 合金別 適合한 被覆劑들이 國內에서 市販되고 있다.

反射爐에서 용해된 용湯은 鑄造하기 以前에 氧化物의 除去와 改良處理 및 脫氣處理 等を 해야하며, 이러한 용湯處理는 용해된 용湯을 도가니爐에 옮겨서 行하는 것이 좋다.

### 2.2 도가니爐

도가니爐는 용해熱效率이 10~25% 로써 反射爐에 比하여 낮으므로 1日生産량이 적은 工場以外에는 용해用으로 使用하는 것은 不經濟的이다. 그러나 反射爐를 使用하는 工場에서도 용湯處理와 鑄入作業을 하는 동안의 保持爐로서는 도가니爐를 使用한다.

#### (1) 도가니爐의 크기

도가니의 크기는 그 工場의 1時間 鑄造能力의 1/2되는 것이 理想的이다. 그 理由는 改良處理나 脫氣處理 等이 完了된 용湯은 30分以內에 鑄入作業을 完了하는 것이 좋으며, 鑄入作業時間이 길어질수록 主입대기중인 용湯에 氣스의 吸收가 일어나므로 도가니의 크기가 鑄入能力에 比하여 너무 큰 境遇에는 鑄入作業中에 再脫氣處理를 要할 수 있기 때문이다.

예를 들면 1時間當 200 kg의 鑄造能力을 가진 鑄造工場에서는 Al-100 kg 용량의 도가니爐를 4基 設置하여 鑄入作業中: 1基, 脫氣處理後 鎮靜 및 鑄入待機: 1基, 改良處理 및 脫氣處理中: 2基가 순서적으로 交互作業이 이루어 지고, 용해作業은 1時間當 200 kg의 용해能力을 갖는 反射爐 2基를 設置하여 材料裝入-용해作業-슬래깅-出湯作業이 4基의 용해處理用 도가니爐와 組合하여 作業한다.

#### (2) 도가니 材質

도가니의 材質는 鑄鐵製도가니와 黑鉛粘土質 및

본문은 제 2회 기술토론회에서 발표된 내용임.  
\* 忠南大學校 教授

炭化珪素質 도가니로 大別 된다.

鑄鐵製는 熱傳導率이 높아서 熱效率을 높일 수 있으나 도가니중의 鐵合이 溶解하여 Al 合金의 性質을 劣化시키므로 合金中 Fe 含有量이 규제된 製品의 生産用에는 不適合하다.

鑄鐵製 도가니를 使用時에는 內벽을 매일 라이닝하여 鐵分의 溶解를 막아야하며 라이닝材料는 一般的으로  $Al_2O_3$ , 운모분 등을 물유리를 혼합하여 분무한후 灼熱해서 使用한다. 이때 -240mesh의 유리粉粒을 섞어서 라이닝하면 作業溫度에서 점성을 갖는 유리의 보호막을 얻을 수 있다.

黑鉛·粘土質 도가니는 使用頻度가 增加함에 따라 黑鉛의 酸化에 의하여 多孔質化로된 粘土質로 變質되어 熱傳導度가 劣化되면 新品으로 交替된다. 이때 老化된 도가니 밖의 燃燒개스중의 水素原子는 多孔質化된 도가니를 통하여 熔湯中에 吸收하는 것이 黑鉛-粘土質 도가니 缺陷이다.

이에 比하여 炭化珪素質 도가니는 壽命이 다할때까지 熱傳導度의 減少가 없고 特히 加熱中 도가니表皮의 glass化로 燃燒개스가 도가니벽을 통하여 熔湯內로 침투하는 것을 最少로 줄일 수 있는 것이 國內에서 市販되고 있다. 이러한 炭化珪素質 도가니는 黑鉛粘土質 도가니 보다 구입가격은 고가이나 그 壽命이 길고 特히 黑鉛·粘土質 도가니의 境遇 熱傳導率이 減少되었을때의 燃料消費量을 考慮하면 製造原價는 오히려 節減시킬 수 있었다.

(4) 도가니爐의 燃燒形式

Fig.1은 定置式 도가니爐의 燃燒개스의 흐름方式을 나타낸 것이다.

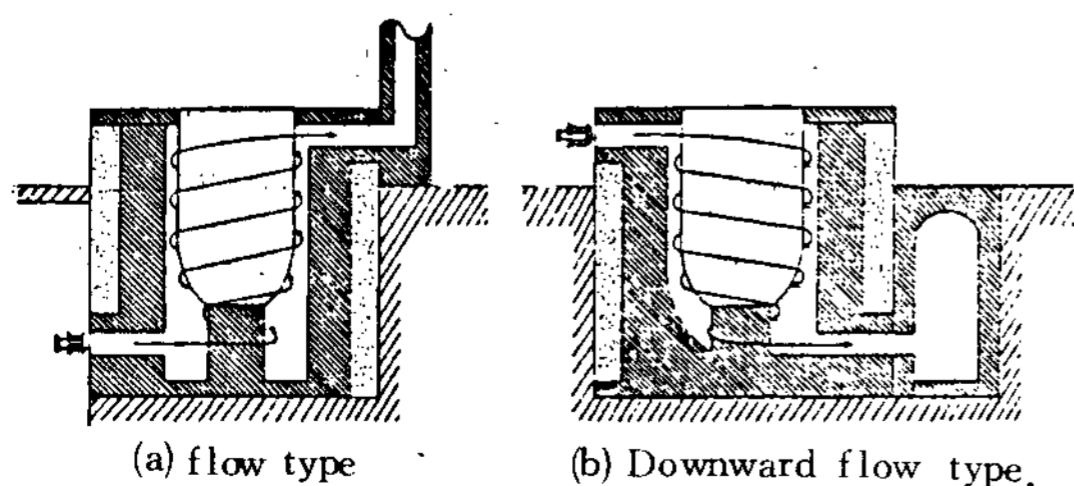


Fig.1-Crucible furnace.

그림에서 (a)는 종래의 方式으로써 버어너의 位置가 도가니의 下部에 있고 燃燒개스가 나오는 연도가 도

가니의 上部에 位置한 것으로 燃燒개스의 흐름은 上向式이며, (b)는 버어너의 位置가 上部에 있고 煙道의 位置가 下部에 있어 燃燒개스의 흐름이 下向式으로 되어 있는 것이다.

筆者는 1975年度에 (b)와 같은 下向式 도가니爐를 設計 施工한 후 같은 크기인 上向式 도가니爐와 比較하여 熱精算을 實施한 結果 (a)의 上向式은 熔解熱效率이 15%이고 (b)의 下向式은 18%이므로 (a)에 比하여 (b)는 20%의 에너지 節減效果가 있음을 確認하였다.

(b)와 같은 下向式의 도가니爐를 設計時에는 노벽의 孔間이 좁은 도가니 上部에 버어너가 位置하므로 燃燒室의 設計에 特別한 配慮가 必要하며 燃燒개스가 下向할 수 있도록 自然通風力을 갖는 연돌의 設計 및 施工이 必要하다.

2.3 電氣誘導爐

電氣誘導爐는 定格電力 20~350 kw 程度의 것이 알루미늄合金 熔解用으로 많이 使用되며 力率은 比較的 낮은 편이다.

低調波誘導爐에서 Al 合金은 熔解하는 境遇의 熱效率은 24時間作業을 하는 境遇는 70%程度이고 8時間作業을 하는 境遇는 50%程度이며, 1kg의 Al 合金을 熔解하는데 必要한 消費電力은 1日 24時間 作業을 하는 爐에서 0.4 kw程度이다.

그러나 鑄造하려는 製品의 種類에 따라서는 改良處理와 脫개스處理 및 鎮靜時間 등에 必要한 電力의 消費量이 다를 수 있으며, 이와 같은 熔湯處理는 別途의 保持爐를 並設하는 것이 좋다.

Al 合金 熔解時 電氣誘導爐의 長點은 熔湯의 溫度調節을 敏感하게 自動制御할 수 있으며 다이 캐스트용 金型의 壽命을 연장할 수 있도록 必要以上の 過熱熔湯을 鑄入하는 일을 없을 수 있는 점이다.

또한 反射爐와 같이 燃燒개스가 直接 熔湯에 接하는 일이 없으므로 개스의 吸入을 줄일 수 있으며, 騒音이 적고 煤煙 등 作業場의 環境이 깨끗한 이점이 있다.

그러나 電氣誘導爐의 短點은

- ① 設備費가 비싸다.
- ② 異種의 合金을 交代하여 熔解하는 境遇 他合金 元素의 汚染可能性이 크다.
- ③ 8時間作業을 하는 工場에서는 熱效率이 떨어

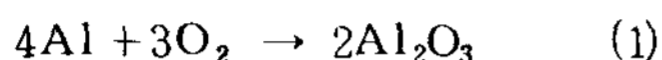
진다.

④ 誘導爐의 내벽을 修理하는 부대비용은 높다.

⑤ 熔解하는 동안 熔湯의 攪拌作用이 있어 酸化物이 熔湯中으로 混合되어 除去가 困難하다.

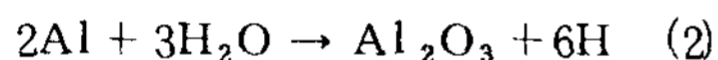
### 3. 熔湯處理

熔融알루미늄의 表面이 空氣와 接觸하면 酸素와 反應하여 용이하게  $Al_2O_3$  를 만든다.



이 酸化反應은 熔湯의 溫度가  $760^\circ C$  以上일 때에는 더욱 신속하다. 이때 生成된  $Al_2O_3$  의 體積은 Al 의 1.3 倍로 膨脹하여 水素를 表面에 吸着하는 性質이 있고 熔湯의 교란이 있어 그 皮膜이 깨어지면 水素吸收의 原因이 된다.

Al 合金熔湯이 水素를 吸收하는 重要한 要因으로서 熔湯이 燃料의 燃燒가스나 空氣中の 水증기와 反應하여 酸化할 때의 發生期 水素는 分子狀態로 放出되지 아니하고 原子狀態로 存在하여 大部分이 熔湯에 吸收된다.



上記 (1) 式의 境遇나 (2) 式의 境遇에 依하여 熔湯의 表面에 生기는  $Al_2O_3$  는 처음에는 非晶質이나  $Al^{++}$  이온과 Al 原子는  $Al_2O_3$  粒子와의 界面에 比較的 빠른 速度로 擴散하여 準安定한  $r-Al_2O_3$  가 된다.

이  $r-Al_2O_3$  의 密度는  $3.42 g/cc$  이며, 熔湯을 長時間 經過 시키면 ( $700^\circ C - 24Hr$  以上,  $800^\circ C - 8Hr$  以上) 密度가  $3.95 \sim 4.10 g/cc$  인  $\alpha-Al_2O_3$  가 되어 酸化皮膜이 깨어지고 再次 熔湯의 酸化가 進

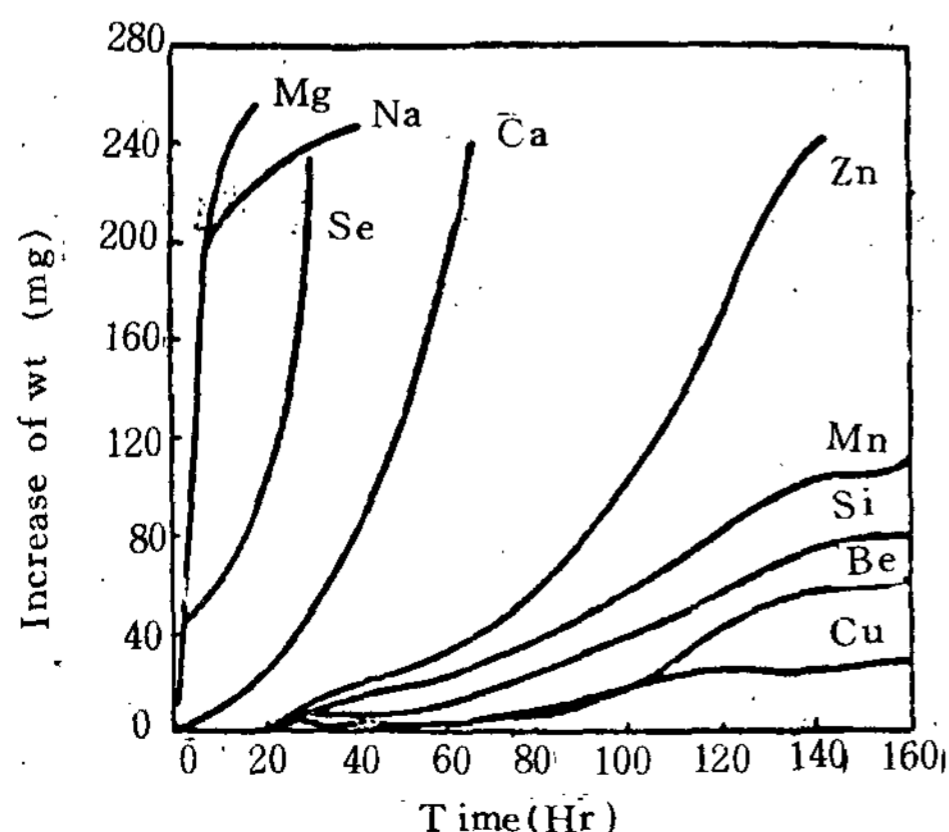


Fig. 2 Effects of alloying elements on the increase of weight in Al alloy.

行된다.

Al 에 合金元素가 添加되면 熔湯이 酸化되는 程度가 달라진다. Fig. 2는 各種의 金屬元素를 含有하는 熔湯을  $800^\circ C$  에서 長時間 維持 시켰을 때의 酸化程度를 나타내는 實驗結果이다.

Fig. 2 에서 Si, Cu, Mn 및 Be 등은 熔湯의 酸化를 그다지 觸進하지 않으나 Mg, Na, Se, Ca 및 Zn 등은 熔湯의 酸化를 觸進한다.

따라서 Al 合金의 熔解時 各 合金材料의 裝入時期는 Al-Si 母合金이나 Al-Cu 母合金은 Al 인고트 및 返材와 함께 初期에 裝入하여도 좋으나 Mg 과 같이 酸化하기 쉬운 合金元素는 熔解完了直前의 熔湯中에 넣어 合金하는 것이 좋다.

Al 合金熔湯中の 酸化物을 除去하는 flux 로서 KCl-NaCl 등의 鹽化物이나 弗化物系의 溶劑가 알려져 있다.

Fig. 3 은 鹽化物系와 弗化物의 溶劑로 處理한 結果를 比較한 것이며, 弗化物系의 제재성능이 보다 優秀한 것을 보여 준다.

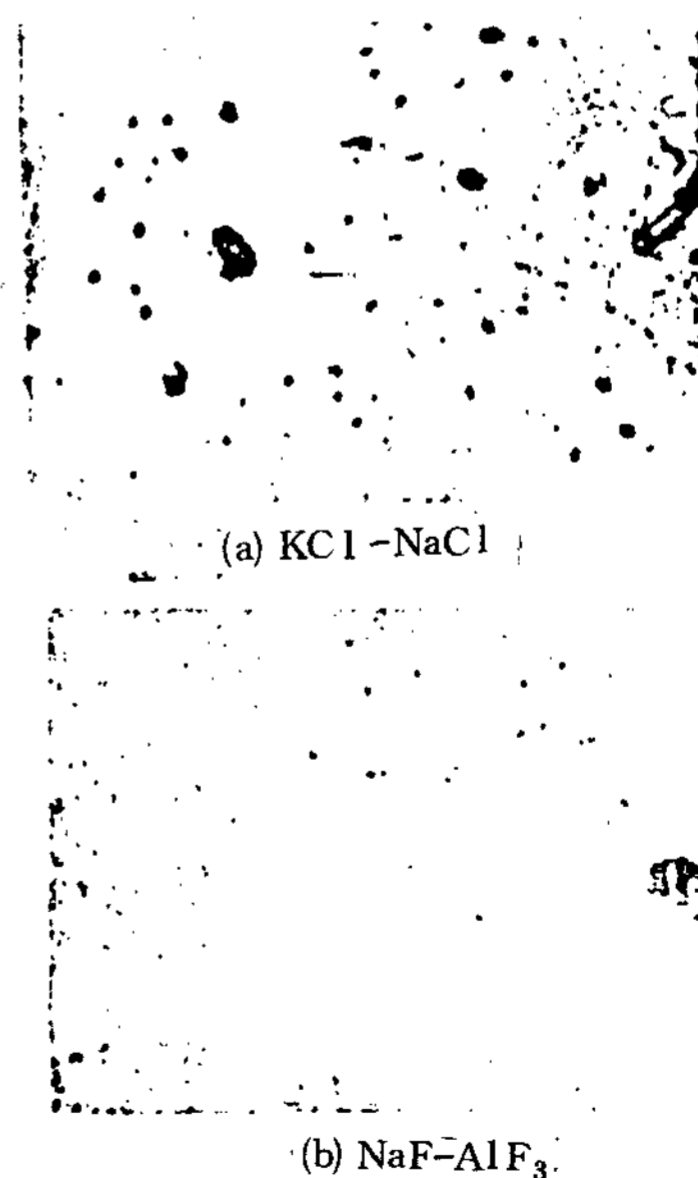
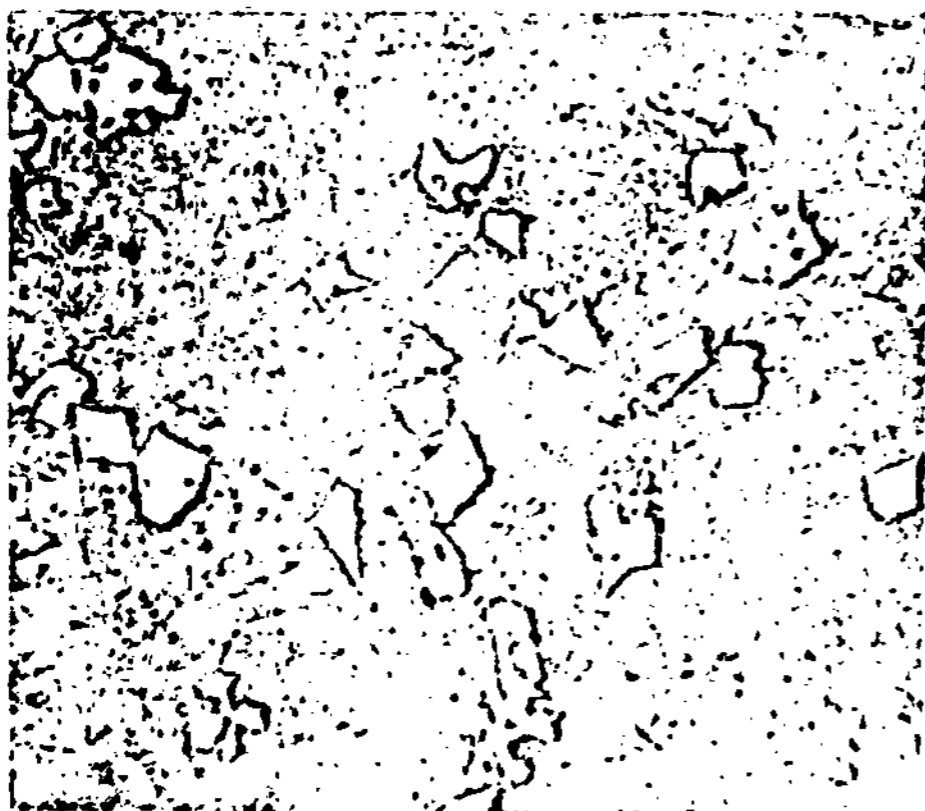


Fig. 3 The effect of NaF-AlF<sub>3</sub> flux.

改良處理는 合金의 種類에 따라서 適合한 改良處理劑를 選擇해야 한다. 實例를 들면, Al-Si 系 合金에서도 亞共晶組成과 共晶組成인 것은 Na 鹽이나 金屬 Na 으로 改良處理를 하나 過共晶組成인 것은 Na 으로



(a) Unmodified



(b) Modified with 0.1 % P

Fig. 4 Microstructures of Al - 19% Si alloy.

는 효과가 적고 P를添加等 初晶珪素의 微細化 效果가 크다. Fig.4는 Al-18% Si 합금을 0.1% P로 改良處理한 效果를 보여준다.

Na이나 P와 같은 改良處理劑는 熔湯의 溫度에서 氣化하며 특히 Na은 Fig.2에서 본것과 같이 酸化를 觸進하는 元素이며 水素개스를 잘 吸收한다. 그러므로 改良處理 以後에 脫개스處理를 한다.

工業적으로 많이 사용하고 있는 脫개스方法을 열거하면

- ① 乾燥한 窒素개스를 熔湯中에 吸入하는 方法
- ② 鹽素개스를 熔湯에 吸入하는 方法
- ③ 鹽素개스를 熔湯中에서 發生하는 鹽化合物을 添加하는 方法 등이 있으나 그중에서 ③項의 方法이 作業管理上 널리 利用되고 있으며 脫개스處理後는 約 15~30分間 熔湯을 鎮靜시킨 후 鑄入하는 것이 좋다.

#### 4. 結 言

以上과 같이 鑄物用 알루미늄합금의 熔解爐 選定과 熔湯處理에 對하여 記述하였고 다음 各項을 提案한다.

- (1) 反射爐 및 電氣誘導爐를 熔解爐로 使用하는 境遇 熔湯處理用 保持爐를 並設하는 것이 좋다.
- (2) 도가니爐의 燃燒개스의 흐름이 종래 上向式인 爐는 下向式으로 改造할 것을 권한다.
- (3) 도가니 材質은 生産하는 製品에 따라 다를 수 있으나 黑鉛·粘土質보다는 炭化珪素質이 優秀하고 鑄鐵製 도가니의 境遇는 每回 라이닝의 狀態를 점검·보수하여야 한다.
- (4) 酸化物の 除去, 改良處理 및 脫개스處理 等の 熔湯處理用 各種 溶劑는 合金의 特性에 適合한 것을 擇하여 使用해야 한다.

