

技術資料

Ductile 鑄鐵의 熔解와 Mg 處理

(I)

庄本富士夫\*

1. 序 論

1960 年度以後, ductile 鑄鐵의 伸張勢는 눈부신바 있어, 世界總生産量은 年間 700 萬 t ~ 800 萬 t 에 達하며, 今世紀內에 2,000 萬 t / 年에 達할 것이라고 預見되고 있다. 特히 自動車部品에 多量으로 使用되어, 自動車의 全般的인 品質向上과 輕量化에 寄與하였다. 또한, malleable 이나 鑄鋼分野에도 進出하여 ductile 로의 轉換이 行하여 지고 있으며, 鍛造品으로부터의 轉換 (“크랭크·샤프트”等)도 行하여져서 60~80%가 ductile 로 代替되어가고 있다.

또 近年에는 austemper ductile 의 技術向上으로 steel 分野에도 進出中에 있다.

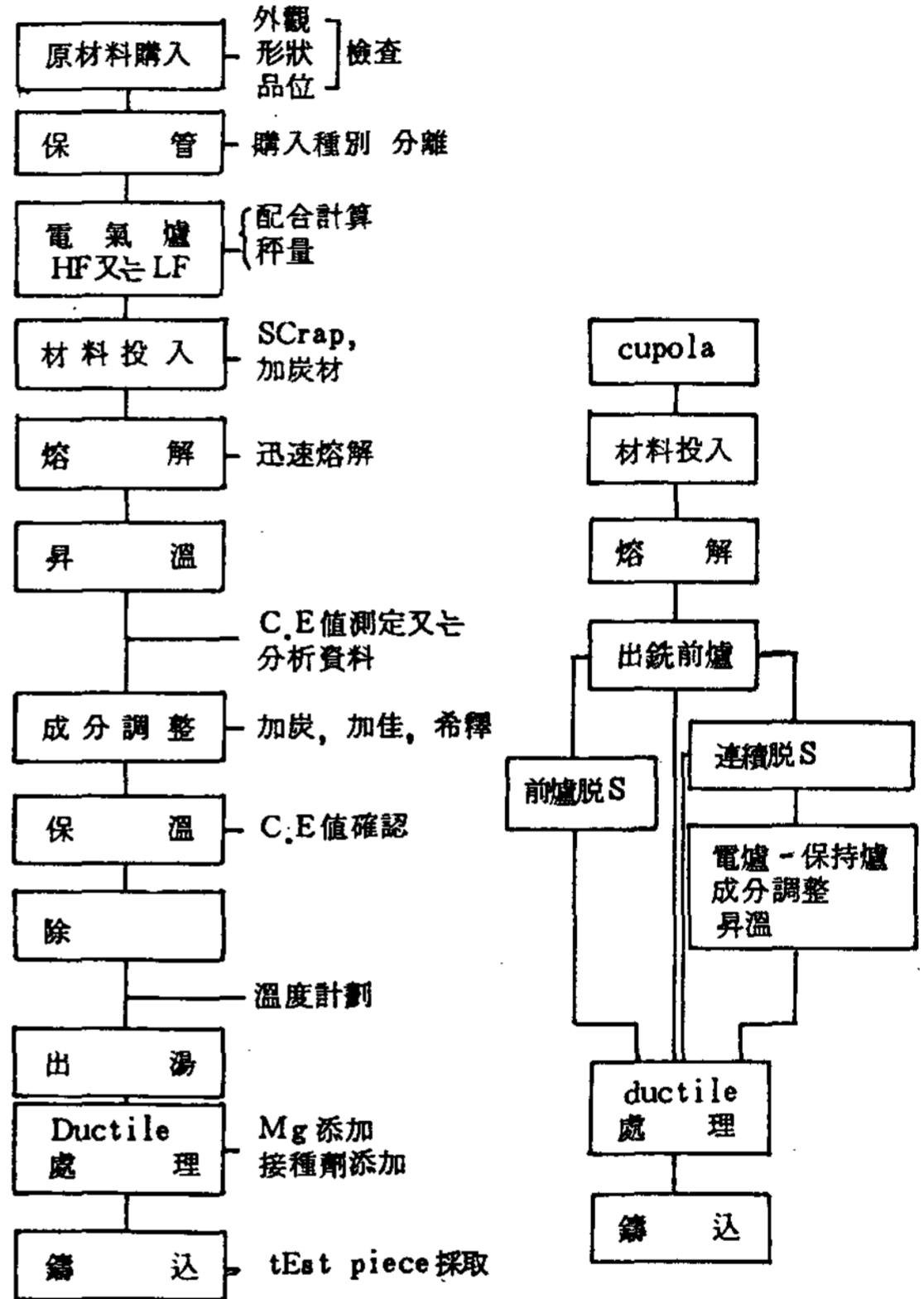
Ductile 鑄鐵의 伸張原因은 그것이 갖는 特性에도 있지만 가장 큰 理由는 均一한 製品을 만들어낼수 있는 生産技術과 品質管理에 힘입은 바 크다 하겠다. (信賴性的의 向上) 今後 더욱 需要는 增大할 것으로 豫想되나, 그 機械的 性質에 對하여는 加工性的 重視等으로, 技術的要求가 더욱 嚴格해질 것으로 思料된다.

2. 熔 解

Ductile 의 熔解에는, 各種의 爐가 使用되고 있으나, 最近에는 高溫熔解, 成分調整 等に 有利한 低周波誘導爐나 高周波誘導爐를 使用하는 곳이 많아졌고 大量生産工場에서는 大型 cupola 에 依한 二重熔解를 設置하는 곳이 많아졌다.

原料購入時에는 主原料의 外觀, 形狀, 品位等を 檢査 確認할 必要가 있다. 原料 scrap 中에 녹슨것, 塗料品, 鍍金品, 特殊鋼等의 混入은 禁物이다. 녹(鏽)은 熔湯에 酸化물을 形成하여 添加Mg의 loss 를 발생하게 하며 또한, 塗料等に 含有되어 있는 Pb, Zn 等は 球狀化를 阻害할뿐만 아니라 또다른 缺陷을 發生케 한다. 또 特殊鋼中의 Cr, W 等は 微量으로도 cementite 를 形成케 한다. 또 近年 自動車鋼板에

熔解로부터 鑄込까지의 工程은 下記方法이 많이 쓰여지고 있음.



使用되고 있는 “턴·시-트” (Pb-Zn 合金鍍金), 防鏽鋼板 (Zn-Al 鍍金, 電氣 Zn 鍍金 等), 高强度 鋼板 (Mn, Cr, P) 等과 같은 scrap 이 市中에 出廻되고 있는데 이것들은 黑鉛形狀을 흐트러트리게 하는 外에, pin-hole, shrinkage 等の 原因이 되는 경우가 많다. 그러므로 부득이 使用時에는 10% 以下로 抑制할 必要가 있다. 또한 組成不明의 古鐵은 使用치 않는 것이 좋다.

材料保管에 對하여 大單位工場이나 專門工場以外에서는 留意하는 곳이 적으나, 이것도 重要的 管理 point 이다. 一般灰鑄鐵, ferrite 系 ductile (低 Mn 高 Si), pearlite 系, ductile (高 Mn 高 Cu) 의 return scrap 도 各己 分離수거할 必要가 있다. 또한 trouble 의 原因究明手段으로서, 購入社別, 購

\* 1986 년도 춘계주물기술강연회시 발표된내용(1986. 5. 2) 東洋電化工業部部長

入日別, 發生日別 (return) 로 分離管理할 수 있다면 가장 좋은 방법이다.

熔解에 임하여는 裝入材料, 追加材料, 素鐵 등의 熔解材料別로 一覽表를 現場에 揭示하여 從業員이 한눈으로 알아볼 수 있도록 措置하여야 할 것이다.

熔湯中の 黑鉛球狀化 阻害元素에 對하여는 別表로서 添付하였으나, 材料中の S 含有量에 對하여는 各別히 留意하지 않으면 안된다. 特히 電氣爐에 使用되는 加炭劑에는 S 含有量이 높은것이 많음으로 ductile 熔解時에는 最小限 S : 0, 0.5% 以下の 것을 使用할 必要가 있다. 購入價格에 註가 나기 때문에 往往 低廉한 加炭劑를 使用하는 경우도 있으나, 이런 경우에는 大量의 不良을 發生시키는 경우가 많다. S는 Mg에 對하여 強力한 化學反應力을 가졌음으로 球狀化에 作用해야 할 Mg를 消費한다. 電氣爐中の S 含量은 < 0, 02가 바람직하다.

### 3. Mg處理

現在 行하여지고 있는 Mg 處理方法으로서는 거의 sandwich 法을 採擇하고 있다. 그것은 Mg 添加作業에 別다른 設備나 人員의 負擔이 없고 處理量을 自由自在로 調整할 수 있기 때문이다. (Mg 添加量과 處理量을 任意대로 할 수 있다)

使用되고 있는 Fe-Si-Mg-alloy는 多種多樣하여, 自社의 生産品目에 따라서 決定하여야 할 것이나, 小型機械部品에는 現在 3~5% Mg-alloy가 많이 使用되고 있다.

3~5%의 低Mg-alloy는 反應이 조용하고 Mg 收率(步留率)의 安定性도 높다. 또 作業場에서의 白煙發生 등이 적음으로 周圍環境도 良好하다. 但, 中~大型物인 300 kg~5 t / 單重 以上の 鑄物에는 6~8% Mg~15~20% Mg 등이 使用되고 있다. 이는 肉厚大型物에 있어서는 冷却凝固間에 發生하는 Mg 消失分에 對한 補充을 目的으로 Mg 含有量이 높은 合金을 使用한다. 또한 Fe-Si-Mg 合金에는 一般적으로 45%의 Si를 含有하고 있음으로 大型鑄物에 對하여는 Si值 上昇에 限度가 있기 때문이다.

Mg의 收率は 含有S의 量, 溫度, ladle의 設定方法 등에 크게 左右된다. 處理熔湯의 S는, max 0.02% 程度가 바람직하다.

一般的 添加量을 다음에 表示한다.

一般的 添加量을 다음에 表示한다.

肉 厚%	溫度 C	S% < 0.02	S% < 0.03	S% < 0.04
TDCR-3 < 10	1500~1550	1.4~1.5	1.5~1.6	1.6~1.7
10~30	1500~1550	1.5~1.6	1.6~1.7	1.7~1.8
30~60	1500~1550	1.6~1.7	1.7~1.8	1.8~2.0
TDCR-4 < 10	1500~1550	1.2~1.3	1.2~1.4	1.4~1.5
10~30	1500~1550	1.3~1.5	1.3~1.5	1.5~1.6
30~60	1500~1550	1.5~1.6	1.5~1.7	1.6~1.7
TDCR-5~8에 대하여는 省略함.				

熔湯을 昇溫後에는 必히 CE值를 計劃하고 目標成分대로 加炭 및 加佳를 行하여야 한다.

一般的으로 熔湯의 CE值는 4.5~4.7이다.

즉 C : 3.8~3.9%, Si : 1.7~1.8% 정도가 좋다.

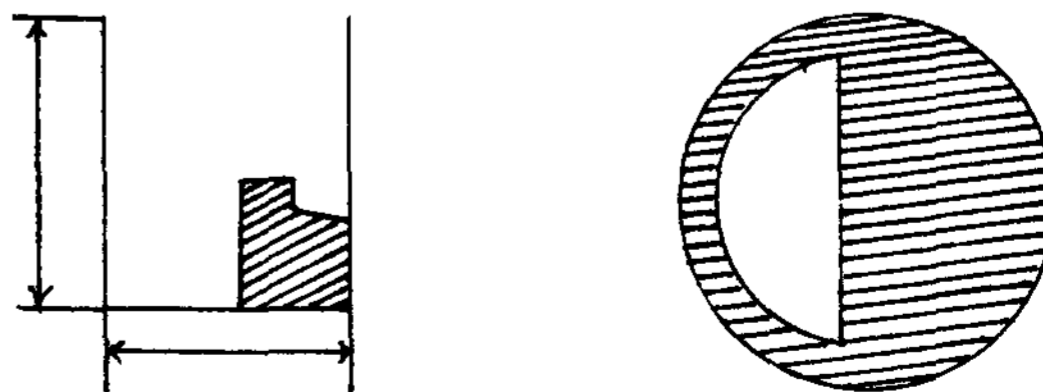
그리고 最終 Si 含量은 小型物 : 2.5%~2.8%, 大型物 : 2.2%~2.4%가 바람직하다.

黑鉛球狀化處理時의 出湯溫度는 1,500~1,550 C를 要한다. 球狀化處理의 경우 溫度가 낮을수록 Mg의 收率이 良好하고 白煙 등의 發生이 적으나 鑄造時에 생각지 않는 缺陷이 發生하는 경우가 있다. (pin-hole) 또, 1,550 C를 넘을 경우는 chill의 發生이 많고, Mg의 收率は 10%以下된다. 어느편이나 cost up에 連結되므로 熔湯溫度管理에 注意할 必要가 있다.

Si-Mg 合金中에 들어있는 各元素의 作用을 다음 표에 나타낸다.

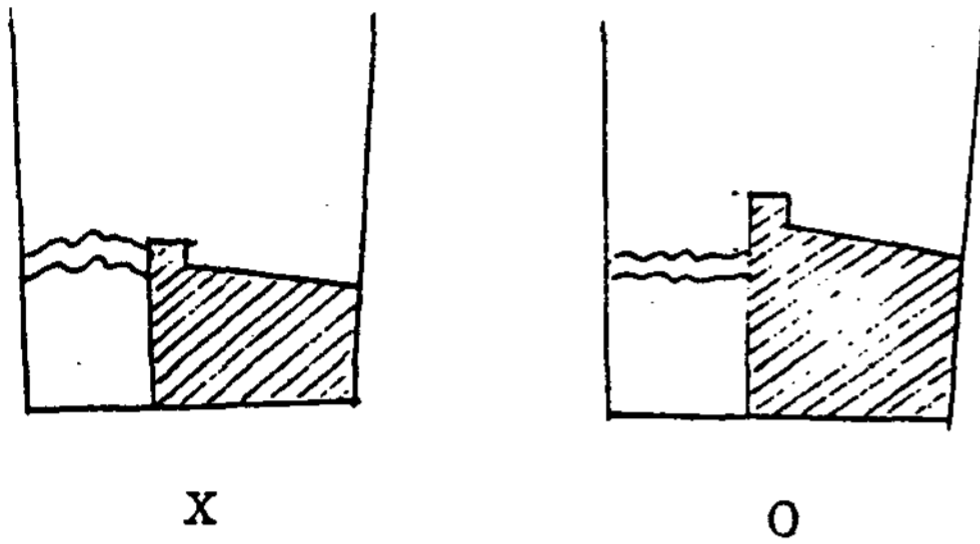
Mg	黑鉛球狀化, 炭化物安定, 脫硫
Si	黑鉛化
Ca	黑鉛球狀化의 補助, 反應調整, 黑鉛球狀化
RE	黑鉛阻害元素中和 fading의 延長

그리고 ductile 處理 (sandwich 法)를 하는데 있어 ladle의 pocket 部製作管理는 黑鉛球狀化率 및 品質安定面에 重要한 要因이 된다.

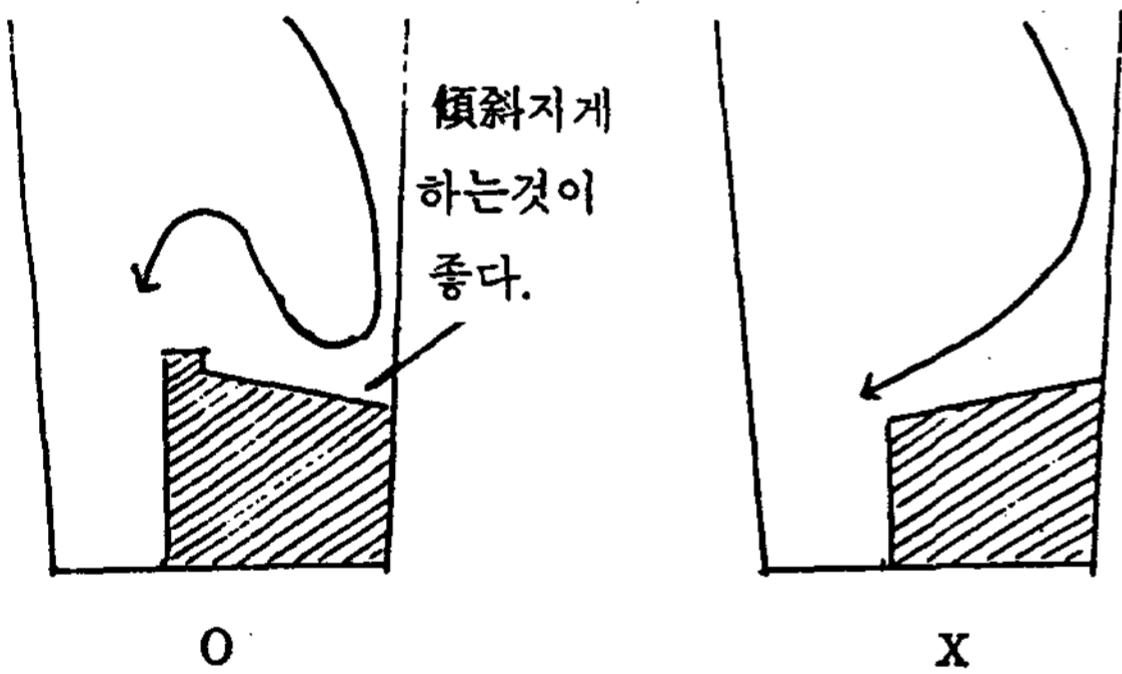
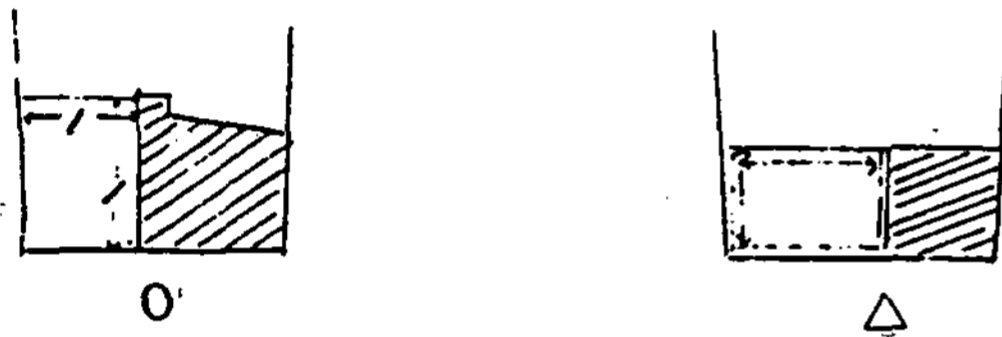


① Pocket 部에 Mg-alloy를 setting했을 경우 上部에 餘裕가 생기게 한다.

充分한 熔湯管理를 行하였더라도, 處理 ladle 및 pocket 部가 不備하면 黑鉛球狀化率 및 殘留Mg 의 安定을 바랄 수 없으므로 良質의 ductile 鑄鐵을 生産하기 어렵다.



Pocket 部의 깊이나 크기는 添加 Mg - alloy 의 量 및 부피를 計量하여 보아 거기에 알맞게 만든다.

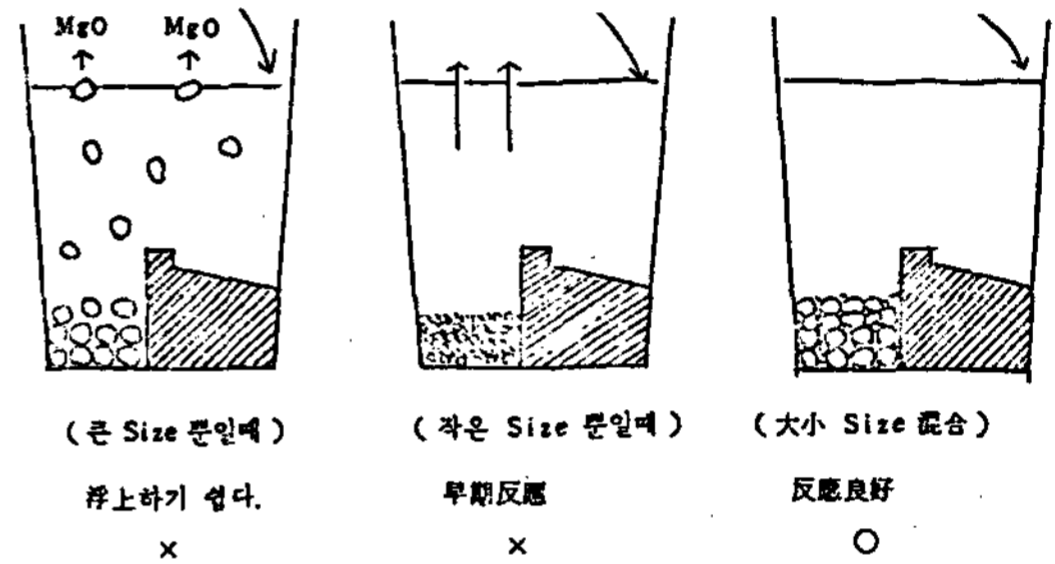


② 黑鉛球狀化處理用 ladle 의 豫備品을 必히 準備하여 둔다. 계속 使用함으로서 pocket 部가 破損하거나 slag 의 附着堆積으로 Mg - alloy 가 正確한 setting 을 할 수 없는 경우에는 即時로 交換할 必要가 있다 (球狀化不良의 대부분은 pocket 不備에 起因한다)

③ pocket 製作後의 乾燥는 充分히 行한다. 水分의 乾燥不充分으로 blow 現象이 發生한 경우도 있으며, 또한 殘留 Mg 가 고르지 못하게 나타나는 경우도 있다. 첫번째로 使用할 때에는 充分히 乾燥시킨後 空使用 (FC 等으로) 을 行하면 좋다.

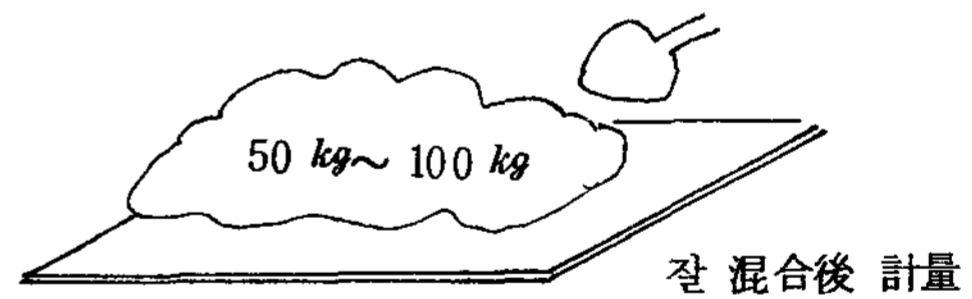
Pocket 에 Mg - alloy 를 setting 할 때 注意할 點은 size 分布가 偏重되지 않도록 하여야 한다는

點이다. 큰것뿐 이라든가, 작은것만으로 偏重되어서는 좋지 않다. Mg-alloy 의 比重은 約 2.0 程度이므로, 比重 6.8~7.0 의 熔鐵中에 setting 한 alloy 를 低部로 부터 反應시키기 爲해서는, 熔湯의 head (湯壓) 가 充分히 걸리게 할 必要가 있다. 큰 size 의 것만으로는, 熔湯注入後 1部가 熔湯上部에 浮上 (floating) 하여 燃燒한다. 또 작은 size 만으로는 急激한 反應을 일으켜 熔湯內에 有效하게 擴散하지 못한다. 그러므로 雙方 共히 殘留 Mg 가 고르지 못한 現象을 나타내게 된다.



Mg - alloy 計量時에는 적어도 50~100 kg (2~4 袋) 를 全量開封하여 鐵板위에 비워서 (쏟아서) 잘 混合한 다음 添加量을 計量한다.

袋에 담겨진 狀態에서 直接計量하면 上部에는 大粒 (10~20 m/m), 下部에는 小粒 (1~10 m/m) 이 偏重되기 쉽다.



Mg - alloy 의 秤量은 處理熔湯에 對比하여 正確히 計量한다. 處理時에 急히 秤量하는 것은 잘못된 根源이 되므로, 當日의 處理量, 處理回數에 맞추어 미리 秤量하여 둔다.

赤熱한 Ladle Pocket 部에 Mg-alloy 를 setting 하여 時間이 걸리게 방치하는 것은 좋지 않다. Mg-Alloy 가 豫熱되어 表面酸化를 일으키는 外에 反應을 促進하여 Mg 의 收率을 떨어트린다. 그러므로 반드시 注湯直前に setting 할 것이다.

Mg-alloy 의 早期反應을 막고 熔湯의 head가 잘 걸리게 하기 爲하여 (Mg-alloy 와 熔解를 遲延시킴) Mg-alloy 위에 Cover 할 必要가 있다. cover

材로는 여러가지가 사용되고 있으나 薄鐵板의 punchings 屑, 아니면 cut-wire 가 좋다.

非金屬性의 것도 사용되고 있으나, slag의 發生으로 인한 ladle의 汚染, 鑄型內에 slag 流入等의 原因이 된다. 金屬性의 것은 slag 發生이 적은 外에 處理時 pocket 周邊部의 溫度를 降下시킴으로서 Mg-alloy의 反應을 抑制하여 收率向上에 效果가 있다.

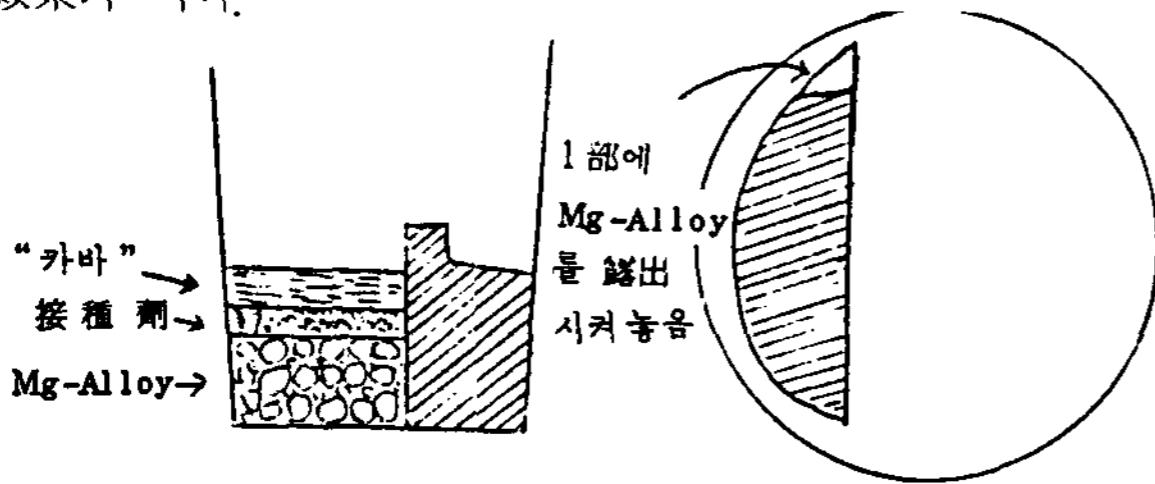
cover 材使用時 留意할 點은, 處理初期, ladle의 豫熱狀態가 不充分할 때에는 量을 줄이고, 反復使用時의 白熱狀態에서는 增量할 必要가 있다.

또한, 너무 粒度가 가는(細) 屑의 大量使用時에는, 表面에 熔鐵被膜이 形成되어 Mg가 反應하지 않는 경우도 있다. 使用量은 pocket의 面積如何에 따라 다르겠으나, 一般적으로 處理初期에는 얇게(薄)하고, ladle의 溫度上昇에 따라 두껍게(厚)할 必要가 있다.

cover 面의 1 部에 Mg-alloy를 露出시켜 놓는 것도 좋다.

接種用 Fe-Si을 Mg-alloy 위에 同時 添加하면 cover 劑 역할도 한다.

鑄鐵切粉을 使用하는 곳도 있으나 대부분은 浮上하여 效果가 적다.

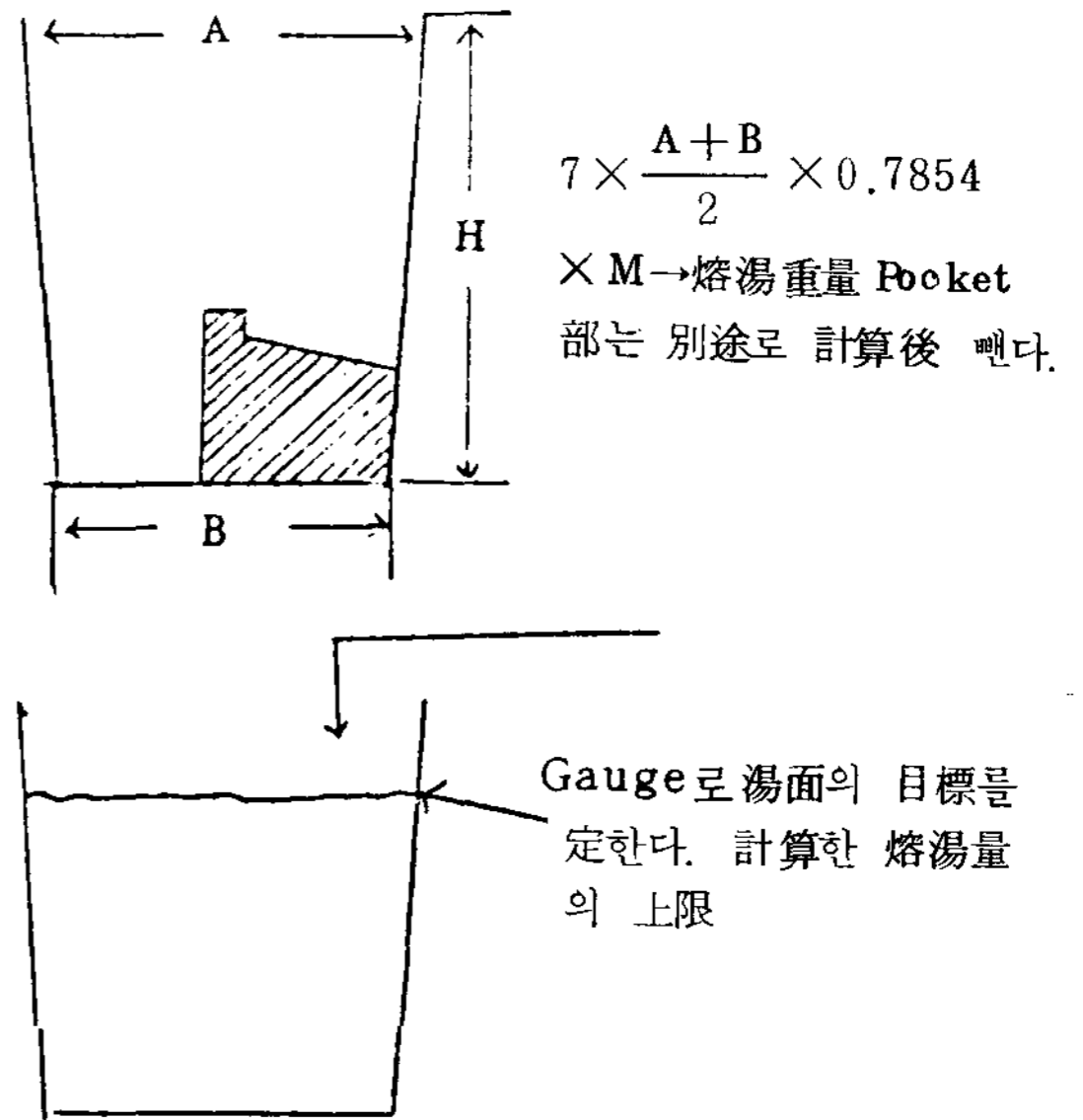


處理 ladle 및 pocket의 整備, Mg-alloy의 正確한 秤量도 熔湯의 處管量을 確保, 保持치 못하면 意味가 없다.

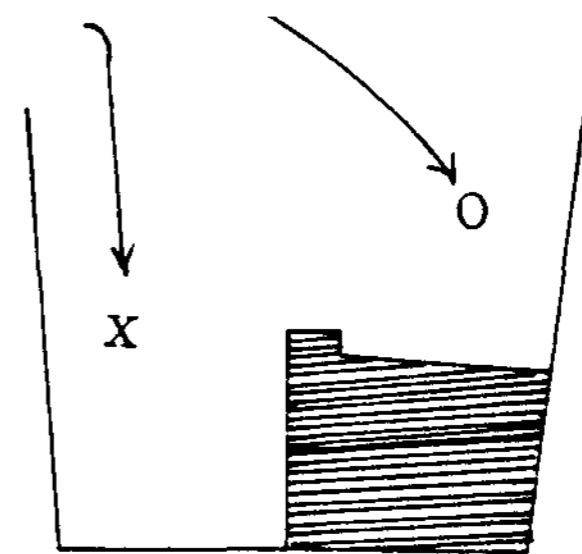
Mg-alloy의 正確한 添加量을 알기 爲하여는 正確한 處理熔湯의 計量이 必要하다. 本來 ductile鑄鐵의 生産에는 “저울”을 使用하여야 하나( 處理時마다 熔湯을 計量), “저울”이 없는 경우에는 ladle의 內積을 미리 計測하여 簡易 gauge 등으로 熔湯을 確認할 必要가 있다.

出湯直前의 CE值測定 및 強度測定終了後, 適性이라고 判定되면 ductile 處理를 行한다.

出銑熔湯은 반드시 pocket 反對便에 注入한다. 直接 熔湯이 pocket 부에 떨어지는 것을 絶對로 避하여야



한다. 그러기 爲하여는 出湯時의 ladle 位置設定이 重要하다.



pocket 部에 直接 떨어뜨리면, 即刻的인 Mg의 反應을 일으키게 하여 熔湯表面上에서 燃燒를 惹起시켜, Mg의 收率을 顯著히 不安定하게 한다.

熔湯 head가 充分히 걸리게 하기 爲하여 注入은 迅速히 行한다.

注湯後의 Mg-alloy 反應時間은 30~40 程度이지만, 溫度, Mg 含有量, cover 材 등으로 약간의 差가 있으나, 40秒以内로 調整하는 것이 바람직하다.

Ladle에 熔湯이 70~80%程度 찰 時點에서 反應이 始作되는 것이 좋다.

白煙의 發生 등으로 熔湯量의 確認이 어려울 때는 처음에 70~80%를 빨리 注湯하고난 後, 나머지 20~30%로서 重量調整을 行한다.

처음부터 少量씩 注湯을 行하는 것은 좋지 않다. 그리고 反應中에 除滓劑를 投入하여 slag를 除去

한다.

球化率의 測定은, 熔湯中의 殘留 Mg 를 count - bag 으로 分析測定하고 있으나, 現場에서는 chill 試驗片을 採取하여 冷却破面을 본다.

○ : 白銀色의 緻密한 破面을 하고 있다.

× : 簡單히 부러진다. 破面이 검고(黑) 粒子가 거칠다.

處理中에 不良反應(早期反應), 處理熔湯의 超過等이 發生하였을 때는 그 熔湯을 爐內에 되돌리는 편이 좋다.

鑄込後의 殘湯으로 test-Piece 를 반드시 採取한다.(機械 test, 分析試料, 顯微鏡檢査). 이러한 Data 가 된다. 이는 品質管理上 必要한 資料수집이라 하겠다. 즉 熔解日誌의 正確한 記錄과 data 의 保存은 ductile 製造의 基本이다.

殘留Mg 와 黑鉛球狀化等의 關係는 冷却 speed 및 두께(肉厚)에 따라 다르겠지만 一般적으로 小型物(10~30 m/m)에서는 0,035~0,045% Mg 이다.

매우 큰 大型物에서는 0,045~0,06%가 必要한 경우도 있다.

殘留Mg 와 Mg 添加量과의 關係는 溫度, 두께, 凝固時間과 關聯된다.

$$\text{Mg 收率計算} = \frac{\text{分析 Mg (\%)}}{\text{添加 Mg (\%)}}$$

$$\text{Mg 添加量} = \frac{\text{Mg 所要量}}{(\text{歩留 (\%)} \times 0.01 = \text{元湯 S (\%)})}$$

Mg = S의 親和力은 1 = 1.3 → 을 1로 計算

低Mg - Alloy는 收率이 높은 外에 反應으로 인한 收率上의 不安定現象이 적기 때문에 低S의 電氣爐 및 ferrite-ductile에는 3~5% Mg-alloy가 많이 使用되고 있다.

Mg의 過剩添加는 無意味하며 오히려 不良의 原因이 된다.(shrinkage-cavity, Pin-hole, cementite, dross 발생) 또한 Cost 면에서도 不利하다.

Ladle 및 Pocket의 完全한 管理, 熔湯中의 阻害元素에 對한 管理에 注意하면, 3~5% Mg-alloy로서 70%以上の Mg收率을 維持할 수 있다.

但, 處理熔湯의 超過, 其他等を 考慮하여, Test 處理時보다 0.1%程度의 過剩添加를 하는것이 安全하다.

$$4.5\% \text{ Mg} \times 1.2\% \times 70\% = 0.0378 \rightarrow \text{通常의 경우}$$

$$4.5\% \text{ Mg} \times 1.3\% \times 70\% = 0.041 \rightarrow 0.1 + \text{安全性을 本 경우}$$

熔湯中의 Mg은 끊임없이 大氣中으로 증발(faid)되고 있다.(別表) 處理後는 될 수 있는限 빨리 鑄込할 必要가 있다.(10分以内) (다음호계속)

### 國內外特許

- |  |  |
|--|--|
| <p>1. 日特開 61-30256 세라믹셀몰드법에 의한 鑄型 造型法</p> <p>2. 日特開 61-30257 인베스트먼트鑄造法에 의한 鑄型의 脫型方法</p> <p>3. 日特開 61-33733 마이크로파 加熱硬化鑄型塗型劑</p> <p>4. 日特開 61-37349 鑄型製造法</p> <p>5. 日特開 61-42449 砂型의 造型方法</p> <p>6. 日特開 61-46350 鑄型製造方法</p> <p>7. 日特開 61-46347 鑄型의 製造方法</p> <p>8. 日特 61-9094 鑄型用塗型材</p> <p>9. 日特公 61-9095 球狀黑鉛鑄鐵用塗型劑</p> <p>10. 日特公 61-9093 鑄物砂混合物</p> | <p>11. 日特開 61-63334 셀몰드用레진코오팅샌드의製造法</p> <p>12. 日特開 61-63335 셀몰드用휘늘樹脂粘結劑 및 셀몰드用레진코오팅샌드</p> <p>13. 日特開 61-60239 鑄型製造法</p> <p>14. 日特開 61-60240 鑄型의 製作法</p> <p>15. 日特開 61-56752 鑄型 및 造型方法</p> <p>16. 日特開 61-67539 塗型材의 乾燥方法</p> <p>17. 日特開 61-67538 鑄物用砂型의 製造方法</p> <p>18. 日特開 61-14042 鑄型의 製造方法</p> <p>19. 日特開 61-63333 鑄物用鑄型材의 製造方法</p> <p>20. 日特開 61-67540 鑄型</p> |
|--|--|