

# 超高速熔解의 冶金学的 特徵

東京芝浦電氣(株)鑄造品部  
副技師長 荒井 信

本資料는 1981.9.25. 韓國機械工業振興會館에서 當學會가 開催한 誘導  
爐鑄物技術講演會의 內容中 一部를 편집 게재합니다. (편집자 註)

## 1. 머 리 말

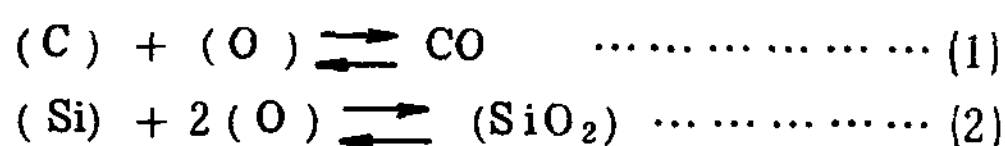
最近 에너지節約·資源節約·生産合理化의 觀点에서 鑄鐵, 鑄鋼鑄物의 熔解分野에서는 從來의 큐포라도가니形 低周波爐, 아-크爐代身 高電力 高周波誘導爐의 導入이 增加하고 있음으로 本稿에서는 從來의 高周波爐熔解를 根拠로 하여 高速高周波爐熔解 및 高速熔解에 隨半하는 冶金的인 動向에 關하여 普通鑄鐵, 球狀黑鉛鑄鐵의 熔解實驗結果에 依拠하여 다음에 紹介한다.

## 2. 鑄鐵熔解의 冶金學的特徵

健全한 鑄物을 製造하기 위하여는, 熔湯의 性狀을 充分히 把握하며 熔湯의 化學成分을 調整制御할 必要가 있다. 鑄鐵熔湯인 경우 熔湯의 性狀을 充分히 把握하기 위해서는 熔湯 및 가스와의 反應에 關한 것으로서, 이것은 主로 熔湯中의 酸素量 및 其存在 形態에 關聯된다고 생각된다.

一般的으로 熔湯의 酸化라 稱함은, 熔湯中에 熔解하는 酸素量의 增加를 뜻하나 鑄鐵熔湯에서는 酸素와 親和力이 強한 炭素, 硅素에 作用되어 熔解酸素는 極히 적다고 생각이 든다. Mn은 若干影響을 미치나 量이 적고, S는 上記成分의 存在에 따라 作用되어 酸化反應을 일으키기 어렵다. 故로 條件은 簡略化하여 酸素에서 본 鑄鐵熔解時의 冶金學的 特性에 關하여 熱力學的인 考察을 해보기로 한다.

鑄鐵熔湯을 基本的으로 Fe-C-Si-O 系統이라 생각하면 化學的 反應은 다음과 같다



여기에서 C = 3.3% Si = 2.3%의 鑄鐵熔湯을 例로 하여 各反應에 따라 規定되는 酸素量 및 溫度의 關係를 熱力學的 諸元으로부터 算出하면, 그림 1 과 같이 된다. (P<sub>CO</sub> = 1, a<sub>SiO<sub>2</sub></sub> = 1 포함)

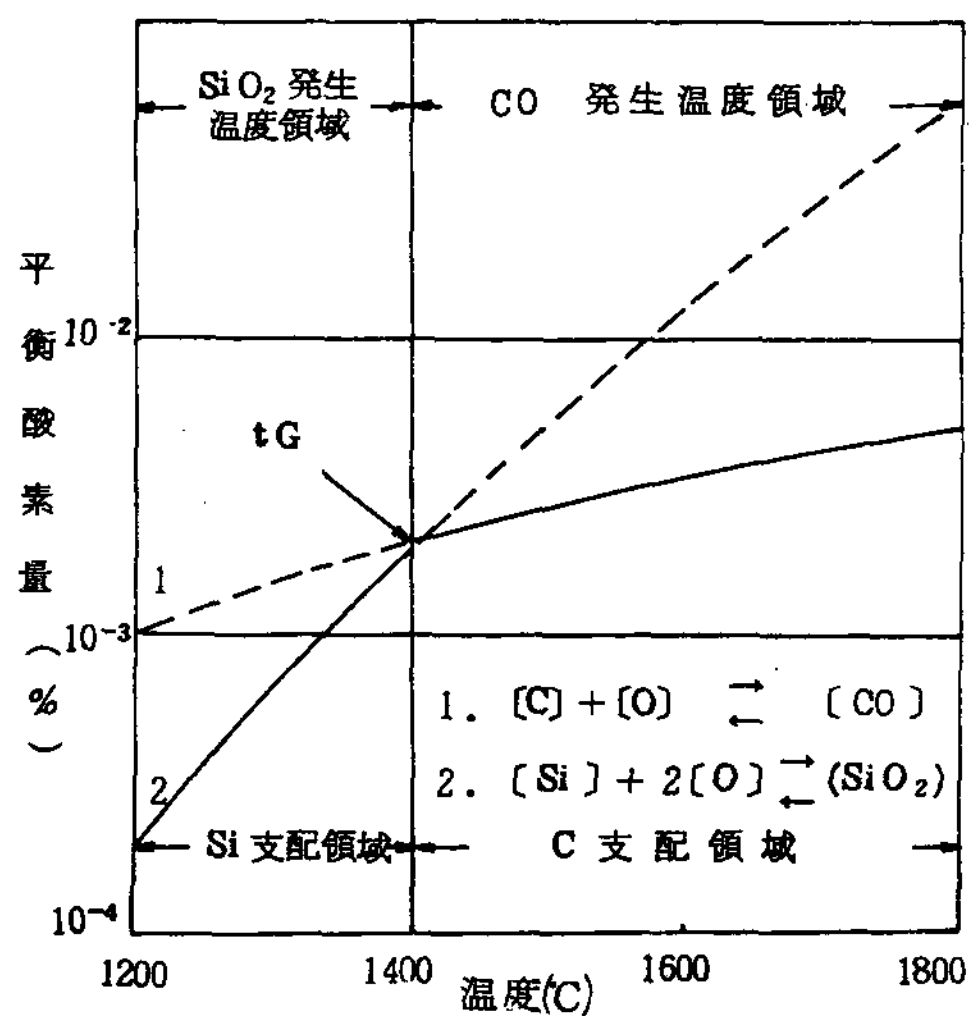
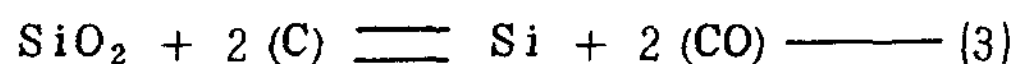


그림 1 Fe-C-Si-O 系合金의 平衡酸素量과 溫度와의 關係

그림의 交点 tG에서 臨界溫度를 表示하며 tG에서 左側이 SiO<sub>2</sub> 發生溫度領域, 右側이 CO 發生領域을 뜻하며 平衡 關係는



으로 된다. 이 反應의 平衡係數 K를 求하면,

$$K = \frac{a_{Si}}{a_{SiO_2}} \frac{P_{CO}^2}{a_C^2} = \frac{(Si)}{(C)^2} \quad \text{--- (4)}$$

(但,  $a_{\text{SiO}_2} = 1$ ,  $P_{\text{CO}} = 1$ ,  $f_c = 1$ ,  $f_{\text{Si}} = 1$ 로함) 로 되며 温度關係는 다음式과 같 이 된다.

$$\log K = \log \frac{\text{Si}}{\text{C}^2} = - \frac{27486}{T} + 15.47 \quad (5)$$

式中的 T는 絶体温度를 表示하며 C, Si의 变化 및 tG의 關係를 그림 2에 表示함.

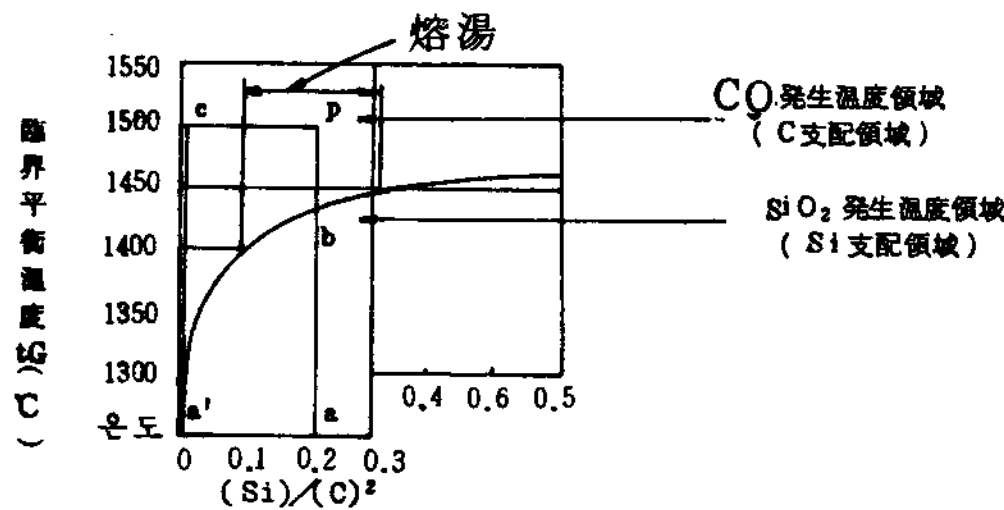


그림 2. 臨界平衡温度 tG 및 熔湯中の 炭素量 및 硅素와의 關係

上述한 것을 熔湯性狀에서 考察하면 tG 点 (1400 ~ 1450°C) 以下에서는 C보다 Si-O 結合이 強하며, 熔湯中の Si의 一部가 SiO<sub>2</sub>로 옮겨져, 熔湯中에 懸濁하여 初晶 오스테나이트의 核作用을 나타내며, 其樹枝狀 成長을 促進시켜 殘液의 流動抵抗을 增加시키는 傾向이 있다고 생각되며, 또 球狀黑鉛 鑄鐵熔湯인 경우에는 球狀化 阻害도 있는 故로 過剩 酸化는 避할 必要가 있다.

한편 tG 点 以上の 高温領域에서는 C의 酸化力이 Si를 上昇시키며 C가 SiO<sub>2</sub>를 還元시킨다.

이 SiO<sub>2</sub>의 還元作用은 球狀黑鉛의 晶出이 용이한 還元性熔湯으로서 從前부터 여러분 報告되어 있다. 反面, 前述한 바와 같이 普通鑄造熔湯에 있어서의 強制還元은 品質上의 問題를 惹起로 시키는 경우가 있다.

예를 들면 철 및 引巢의 發生이다. 이 點에 關하여는 共晶凝固反應과 密接한 關係가 있어 이것은 지나치게 차거운 경우라고 說明할 수 있다. 即, 鐵-炭素系狀態圖에 있어서 熔湯은 冷却速度가 增加함에 따라 過冷한다. 冷却速度가 增加하여 安全共晶凝固温度에서 準安全共晶凝固温度로 移行하는 臨界冷却速度에 達하면 冷却化 現象을 나타낸다. 이

臨界冷却速度의 크기는 熔湯內에 存在하는 結晶核의 多寡에 따라 현저하게 影響을 미치며 結晶核이 적은 경우에는 적어지고 冷却化되기 쉽다고 한다.

引巢의 發生도 마찬가지로 共晶凝固反應에 密接한 關係를 가지고 있다고 하며, 共晶數가 過冷却度에 依存하고 過冷度가 클수록 引巢가 發生되기 쉽다고 한다. 한편, 一般的으로 鑄鐵에 생기는 핀홀은 熔湯中에 熔解된 水素가스에 起因한다고 한다. 이 水素量은 酸素量의 影響을 받아 酸素量이 減少함과 同時에 水素量이 增加하며, 極度の 酸素量減少는 가스欠陥을 招來하는 경우가 있다.

以上 断片的이나 冶金的인 特質에 關하여 記述하였다. 鑄造品이 健全성을 向上시키기 위하여는 이러한 點도 考慮하여 熔解作業을 하는 것이 必要하다고 생각된다.

### 3. 熔解爐에 隨半되는 熔湯性狀

鑄鐵熔湯은 熔解條件 特히 熔解爐의 種類에 따라 性狀이 变化된다. 以前부터 큐포라 熔湯 및 도가니形低周波爐 (以下 低周波爐라 함) 熔湯의 性狀에는 큰 差異가 있다고 함.

加山<sup>3)</sup> 岡田<sup>4)</sup> 등은 이러한 差異가 熔解過程에 있어서의 昇温速度差에 由來한다고 報告했다.

即, 큐포라로서는 地金이 裝入된 後 出湯에 이르기까지의 時間이 1時間以內인데 比하여 低周波爐에서는 첫번째 冷材爐熔解에 3~4時間, 速度熔解에서는 約2時間이 必要하다. 더우기 昇温速度가 빠르고 熔湯이 べ도, 코크스層을 滴下하여 出湯에 이르기까지의 所要時間은 數分이다. 또 熔解昇温時의 熔湯의 움직임도 현저한 差가 있다. 前者가 還元性雰囲氣인 코크스사이中을 滴下하면서 温度가 上昇하는데 比하여 後者는 大氣中, 더우기 強力한 電磁攪拌을 일으키면서 昇温한다. 따라서 熔湯이 接하는 雰囲氣에 따라서 熔湯中에서의 反應條件이 相違하므로 性狀을 달리한다. 여기에 關하여 例컨데 加山<sup>3)</sup> 등은 昇温速度의 遲延이 核生成物質의 殘存 및 消滅에 至大하게 關係가 된다고 생각하며 昇温이 빠른 경우, 이 核生成物이 消滅되지 않고 普通鑄鐵로서 바람직한 凝固形態를 形成한다고 報告하고 있다.

그러나, 本 爐에서 成分上의 不均衡은 避하기 어

럽다.

한편, 低周波炉를 包含하는 誘導熔解炉에서는 成分調整, 溫度管理의 容易性等 뛰어난 長點이 있다. 더욱기 球狀黑鉛鑄鐵에서는 高溫에서  $SiO_2$ 의 還元反應을 利用하므로서 球狀黑鉛이 쉽게 生成되는 等 많은 利點이 있다.

큐포라 熔湯 및 低周波炉 熔湯의 性狀을 比較하는 過程에서 酸素量에 있어서 큰 差異가 認定된다는 많은 研究結果를 생각하면, 前述한 酸素系의 核生成物質이 主要한 役割을 担当하고 있음이 틀림없다고 考察한다.

그림 3은 当社에서 各 誘導炉에서 見本을 採取하여 酸素含有量을 比較한 結果이다.

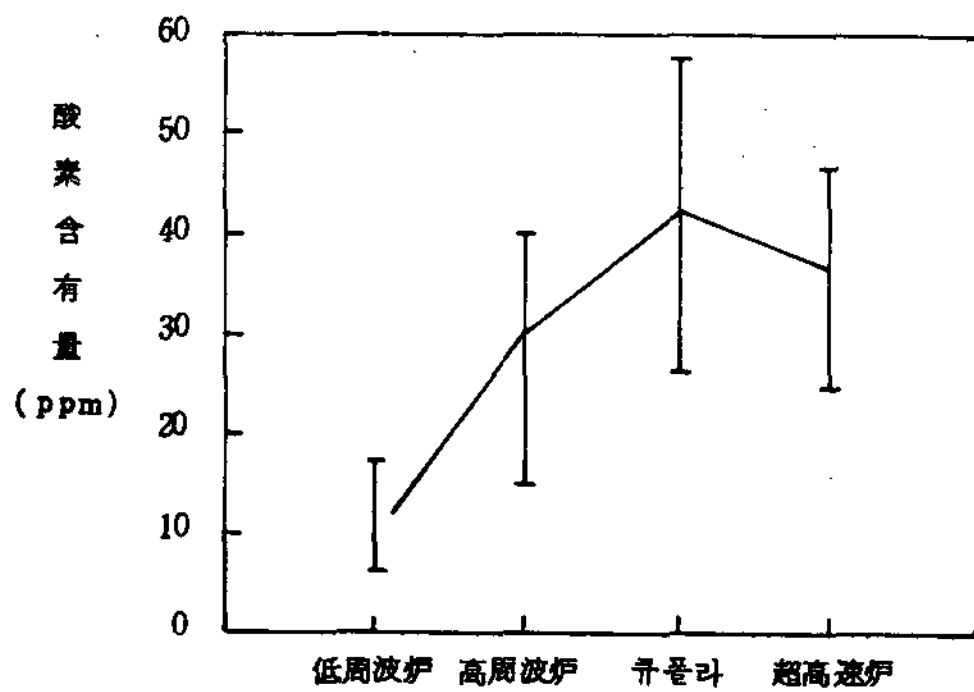


그림 3 各熔解炉熔湯의 酸素含有量 (全酸素量)

圖表에서 普通鑄鐵로는 低周波炉 熔湯의 7 ~ 17 ppm에 對하여 큐포라 熔湯으로는 26 ~ 57 ppm으로 높은 數値를 나타내고 있다. 또한 高周波炉 熔湯으로 20 ~ 40 ppm로 되어 上記炉의 中間的인 數値로 되어 있다. 한편 熔湯速度를 從來의 高周波炉의 約 10 배로 한 超高速熔解法에서는 25 ~ 47 ppm로 되어 큐포라 熔湯의 數値에 가까운 값 (值) 을 나타내고 있다. 本結果에 의하면 誘導熔解炉에 있어서도 酸素熔解炉에 있어서도 酸素含有量은 熔解速度를 빠르게 할 수록 큐포라 熔湯에 近似한 傾向을 나타낼 수 있다고 推定된다.

上述한 事項으로서 現在의 高周波炉의 熔解速度보다 현저하게 빠르며, 即 電力密度를  $10 \text{ kw/kg}$  以上으로하고, 또한 熔解速度의 目標를 從來의 10 배以

上으로한 超高速熔解法은 精密鑄造用 高級鋼 뿐 만 아니라, 普通鑄造, 球狀黑鉛 鑄鐵用으로서 도 將次 熔解炉, 鑄込炉에 期待되는 바 클것이다.

#### 4. 熔解實檢에 의한 材實檢討

前述한 熔解條件에 의한 冶金學的 材質으로서의 影響을 檢討하기 爲하여 普通鑄鐵 및 球狀黑鉛鑄鐵에서 形成되는 熔解用素材를 調製하고, 再熔解에 따르는 熔解速度 및 材質을 調査했다. 結果 概要를 다음에 記述한다.

##### 4-1 熔解實驗方法

事전에 調製한 球狀黑鉛鑄鐵 및 普通鑄鐵의 再熔解 實驗을 했다. 實驗用素材의 化學成分을 表 1에 表示한다. 더욱기 熔解 素材形狀의 差異에 의한 昇溫速度의 不均一을 피하기 爲하여  $65 \phi \times$

<表 1> 實驗用素材의 化學成分

素 材	化 學 成 分 (%)					
	C	Si	Mn	P	S	Mg
DCI	3.73	2.42	0.64	0.030	0.009	0.041
GC 10	3.78	2.10	0.64	0.035	0.008	
GC 25	3.27	1.75	0.70	0.031	0.014	

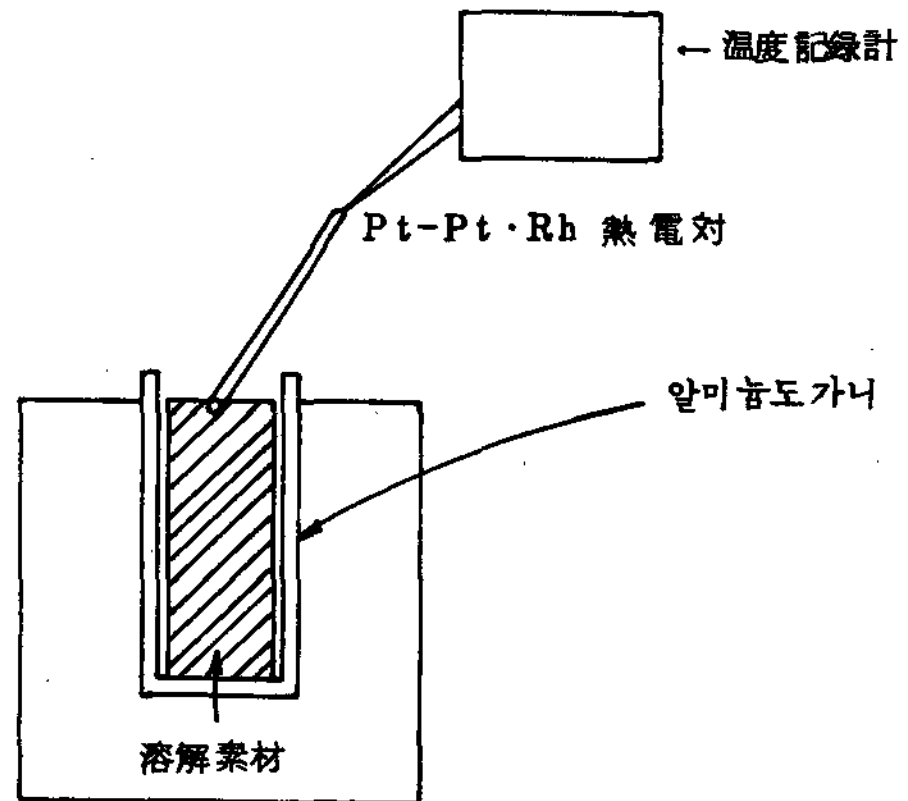


그림 4 昇溫速度의 測定方法 (炉定格 250 kw - 3 KHz - 3 kg)

140  $\phi$ 의 丸棒으로 加工한 材料를 使用하며 또한 昇溫速度  $\theta$ 는 自動制御裝置에 의하여 便宜上 超高速 熔解, 高速 熔解 普通 熔解로 3區分하여 實驗했다. 그림 4에 昇溫速度의 測定方法, 그림 5에 實測한 各 昇溫標準을 表示한다. 熔湯溫度가 1,550°C로 됨과 同時에 直鑄方式에 따라 Y부럭크, (JIS 8243) 및 30  $\phi$  丸棒으로 鑄造했다.

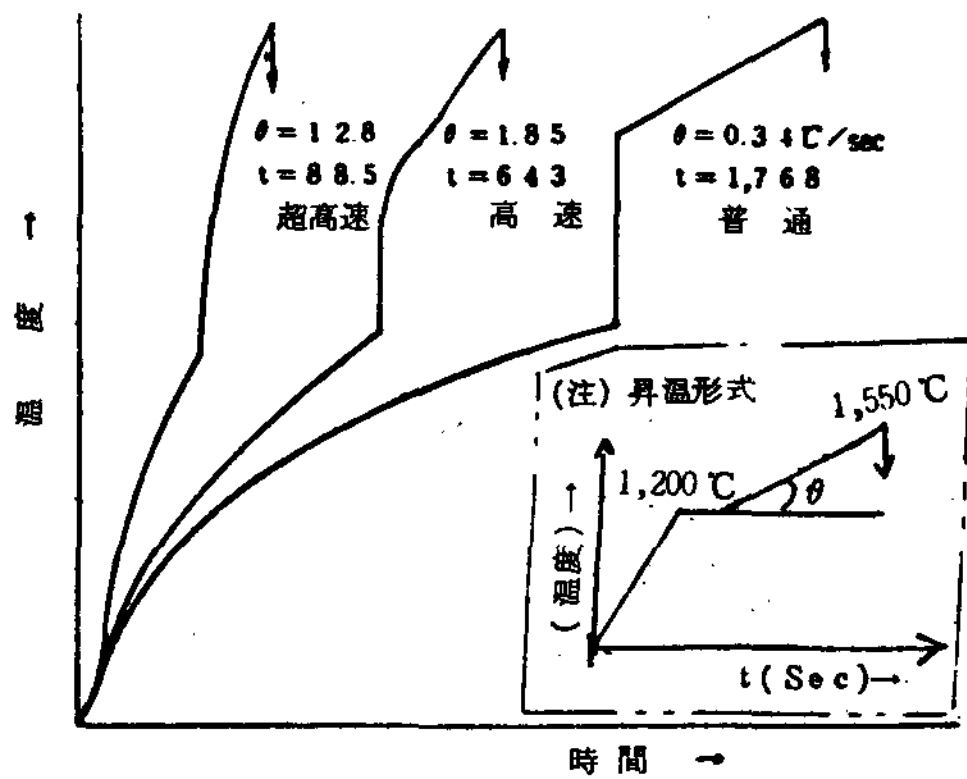


그림 5 實測한 昇溫標準

#### 4-2 普通鑄鐵의 熔解

GC 10, GC 25의 各素材를 各熔解速度마다 熔解하여 冷却度, 硬度, 引張強度 및 組織의 關係를 調査했다.

또한 冷却試片은 水溫 15°C에서 一定하게 保全된 水冷鋼板上에서 鑄造했다. 그림 7에 試驗結果를 表示한다.

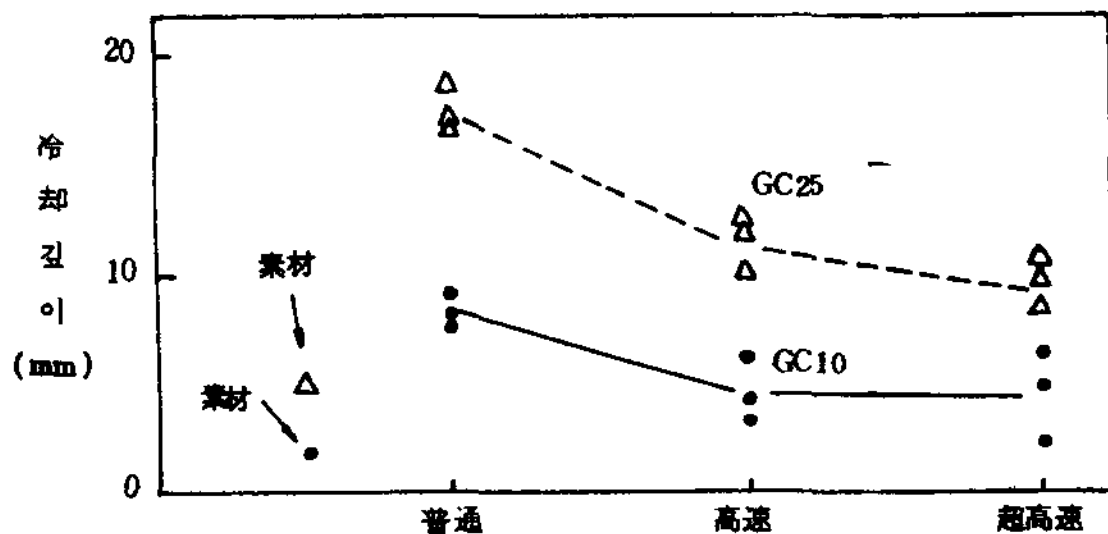


그림 7 熔解法과 冷却 깊이 (普通鑄鐵)

그림 7에서 GC 10, GC 25 共히 熔解速度가 빨라짐에 따라 冷却의 깊이가 減少되는 傾向이 보이나 高速 熔解 및 超高速 熔解와의 明確한 差는 認定되지 않았다. 또한 어떠한 熔解法이라도 素材에 比較하여 冷却度가 甚하다. 素材는 Fe-50% Si 를 0.2% 添加하여 接種하고 本 實驗에서는 接種을 하지 않았으므로 再熔解에 의하여 一種의 fading 現狀을 일으켰다고 생각한다.

또 一般的으로 冷却深度는 熔湯溫度의 影響을 強하게 받아 높은 熔湯溫度 일수록 冷却化 傾向이 현저하다고 함. 이번의 實驗에서는 熔湯溫度를 1,550°C의 高温으로 設定했으므로 더욱이 冷却化 傾向을 增大시켰다고 생각된다.

또한 그림 8, 9에 硬度, 引張強度의 測定結果를 나타내므로 熔解速度가 빨라짐에 따라 硬度가 低下되며 超高速 熔解法에서는 大略 一定한 값을 나타낸다.

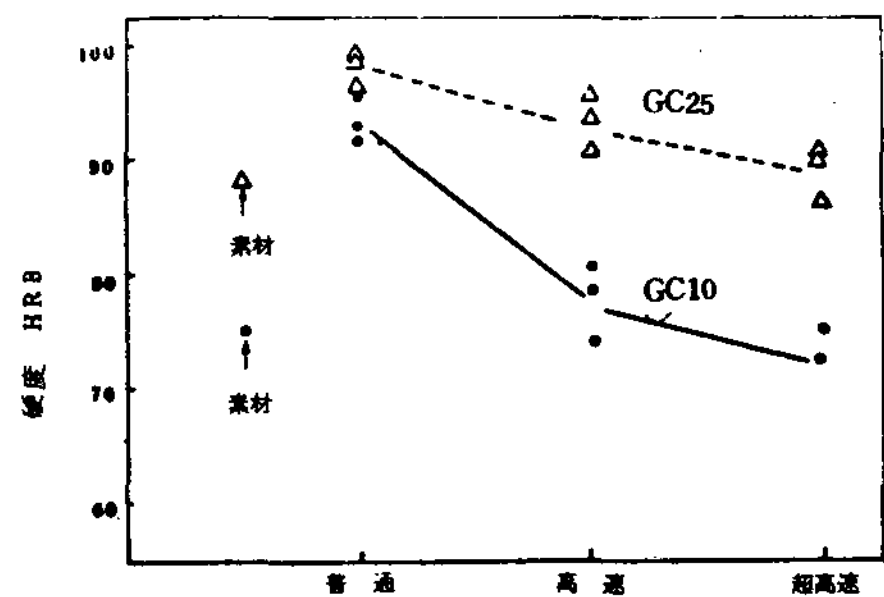


그림 8 熔解法 및 硬度 (普通鑄鐵)

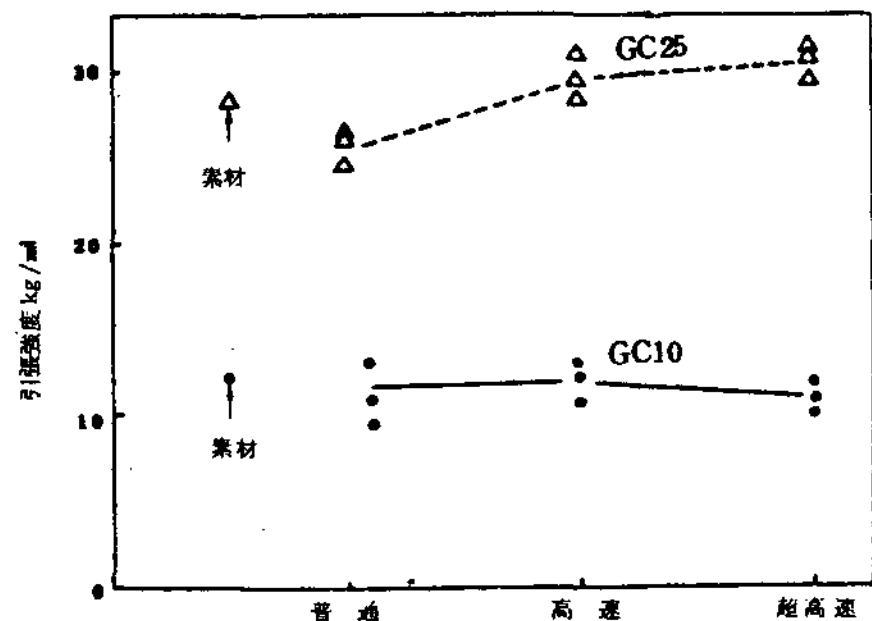


그림 9 熔解法 및 引張強度

마이크로組織을 그림 10에 表示한다. GC 10, GC 25 共히 普通熔解法에서는 E型 및 D型黑鉛이 많 이 觀察되며, 超高速熔解法에서는 大略 健全한 A 型黑鉛組織으로 되어있다. 結果 前述한 硬度, 引張 強度의 測定結果와 잘 対応하고 있다.

또한 高速熔解法, 超高速熔解法에서는 基地組織은 完全한 퍼라이트 組織이었다.

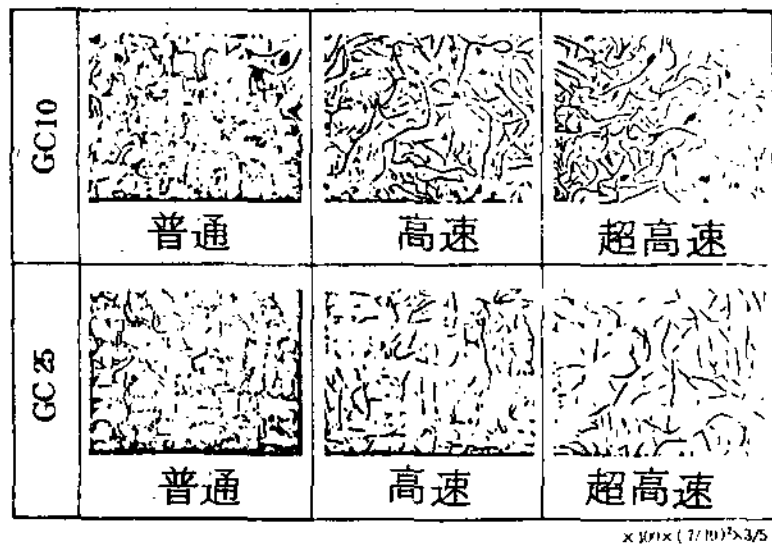


그림 10 熔解法과 마이크로組織 (普通鑄鐵)

熔解速度의 差異에 따라 熔湯中の 化学成分이 變動 되는 것이 豫想된다. 그림 11에 主要 5元素의 分析結果를 表示한다. 어떠한 熔解法으로도 C(%)가 素材에 比較하여 減少되었고 減少率은 超高速熔解法 에서는 GC 10이 約 2.1%, GC 25가 約 30%, 超 高速熔解法에서는 GC 10이 約 3.4%, GC 25가 約 4.6% 普通熔解法으로는 GC 10이 約 5.0%가 約 4.9이며 GC 10, GC 25 모두 熔解速度가 빠를수 록 C% 減少量은 적다.

Si도 마찬가지로 傾向을 表示하고 있다. Mn, P, S 에 關하여 素材의 경우와 比較하여 差異는 없고 熔 解速度의 影響도 認定되지 않았다.

超高速熔解法에 있어서의 以上과 같은 傾向은 熔湯 性狀의 良好性에 寄与한다고 생각된다. 따라서 前 述한 바와 같이 冷却化 傾向 및 機材의 特性面에서 熔解速度를 上昇시키는 것은 効果的이며, 超高速熔解 法の 有効性도 어느 程度 說明이 必要할 것으로 생각 된다.

#### 4-3 球狀黑鉛의 熔解

DC 50의 素材를 各 熔解法에 따라 再熔解하고, 機 械의 特性 및 球狀比率에 미치는 各 熔解法의 影響을

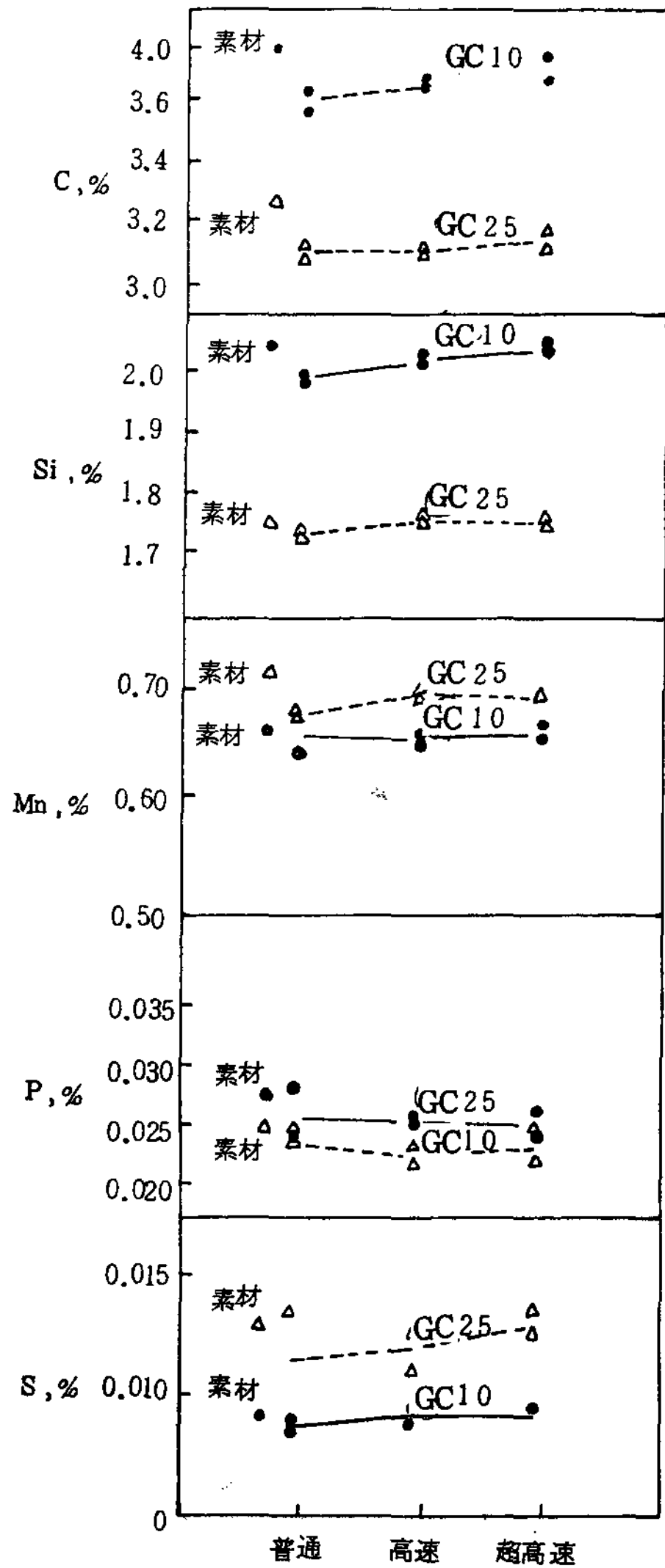


그림 11 熔解法과 成分變更

調査했다. 各 熔解法에 關하여 接種劑 (50S) 및 球狀化 補助添加劑 (KC 劑) 를 单独添加 또는 兩쪽 모두 添加한 效果에 對하여 實驗했다.

그림 12에는 無處理品, 그림 13은 50 S 0.2% 添加品, 그림 14에는 50 S 0.2% + KC 劑 0.2% 添加品の 各己 기계적 特性의 測定結果를 表示한다.

어느 경우에서든 熔解速度의 增加와 더불어 기계적 強度가 良好하게 되었다.

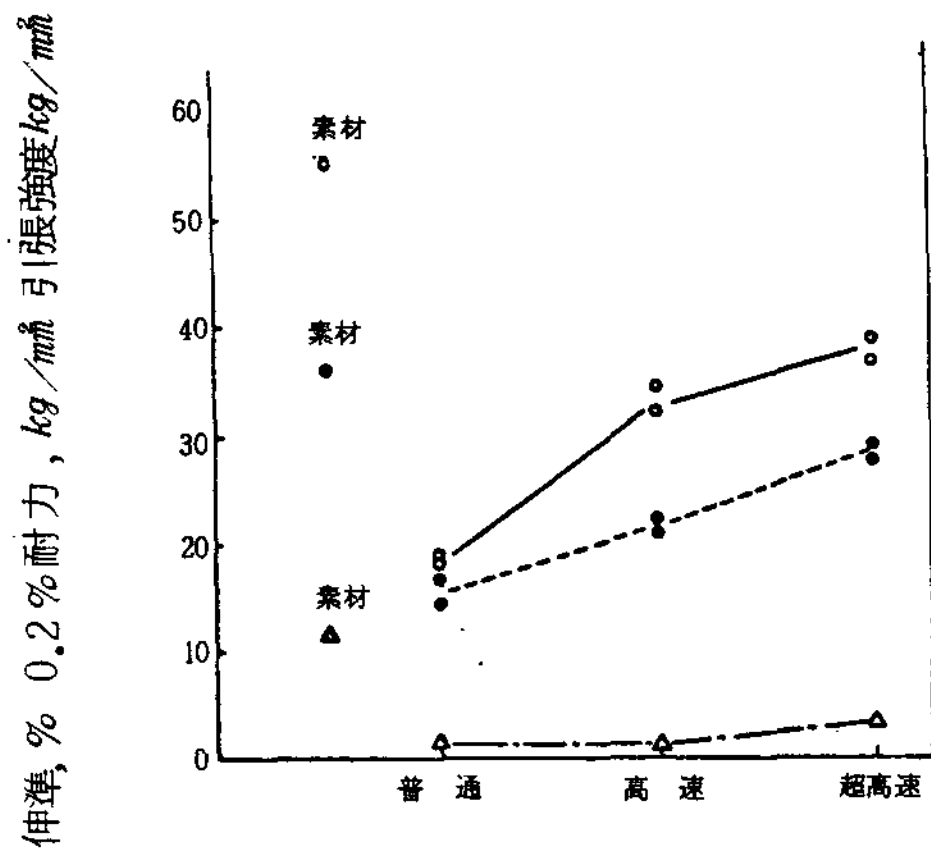


그림 12 熔解法 및 無處理品の 機械的強度

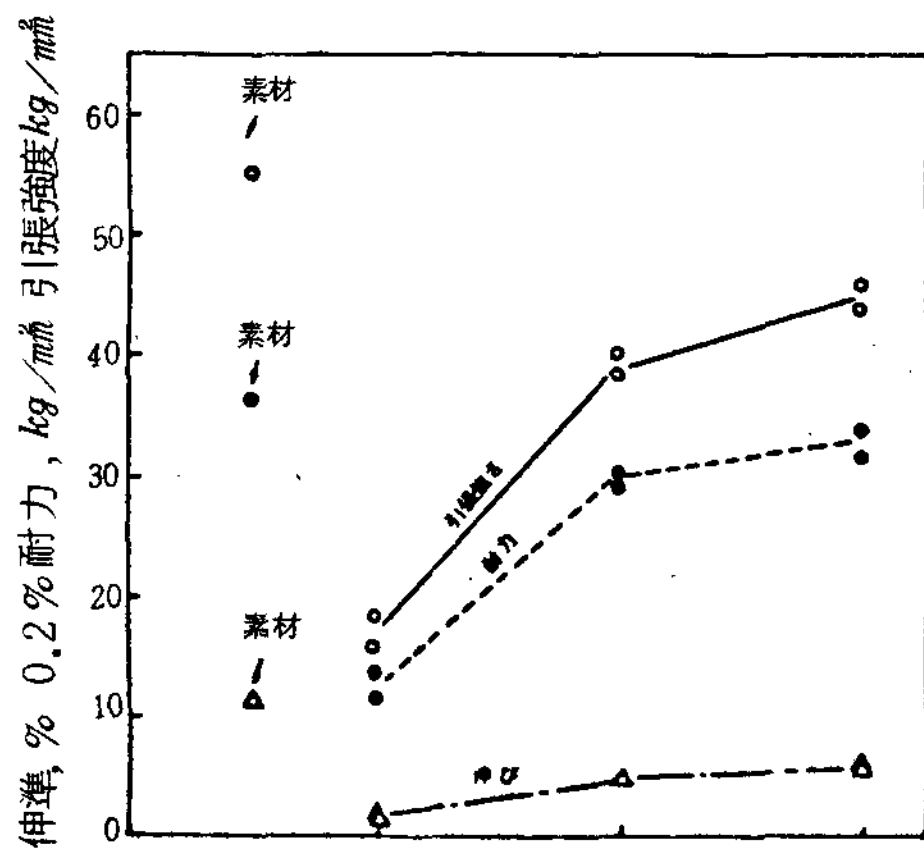


그림 13 熔解法 및 50 S 0.2% 添加品の 機械的強度

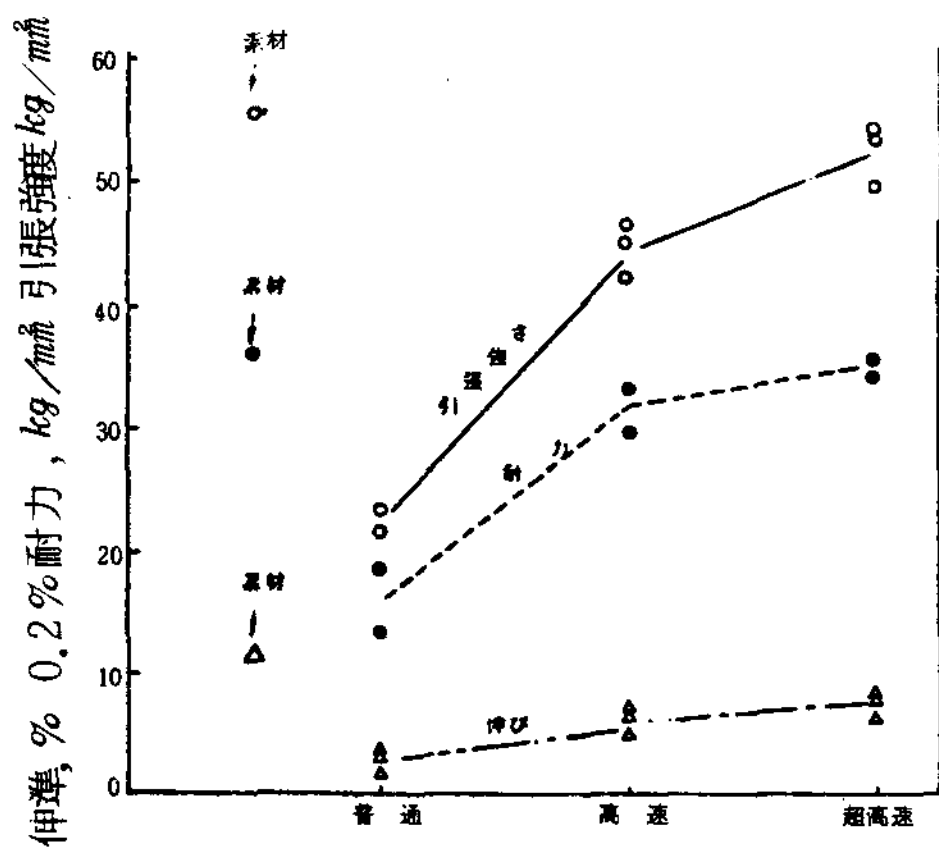


그림 14 熔解法 (50S 0.2% KC 劑 0.2%) 添加品の 機械的強度

또한 接種劑 및 球狀化補助劑 添加에 依한 機械的 強度의 改良效果도 明確하게 나타나 있으며, 50 S 0.2% 및 KC 劑 0.2% 등을 同時에 添加한 超高速熔解法에서는 大略 素材의 基準까지 回復되어있다. 이러한 KC 劑의 少量添加에 依하여 強度가 回復되었다는 것은 注目할만 하다.

그림 15 에 各 熔解法에서의 마이크로組織 및 球狀化率을 例示했다. 그림 15 에서는 前述한 機械的 性質과 잘 어울려 있다. 또한 殘留 Mg 量을 測定한 바 그림 16 과 같은 結果를 얻을 수 있었다. 그림에서 熔解의 速度가 遲延됨에 따라 Mg의 消費量이 많아진다는 것을 알 수 있다. 熔解法의 差에 依한 球狀化率의 變化는 Mg의 消費量程度에 依한 것이라고 結論지어도 無妨하다고 생각된다.

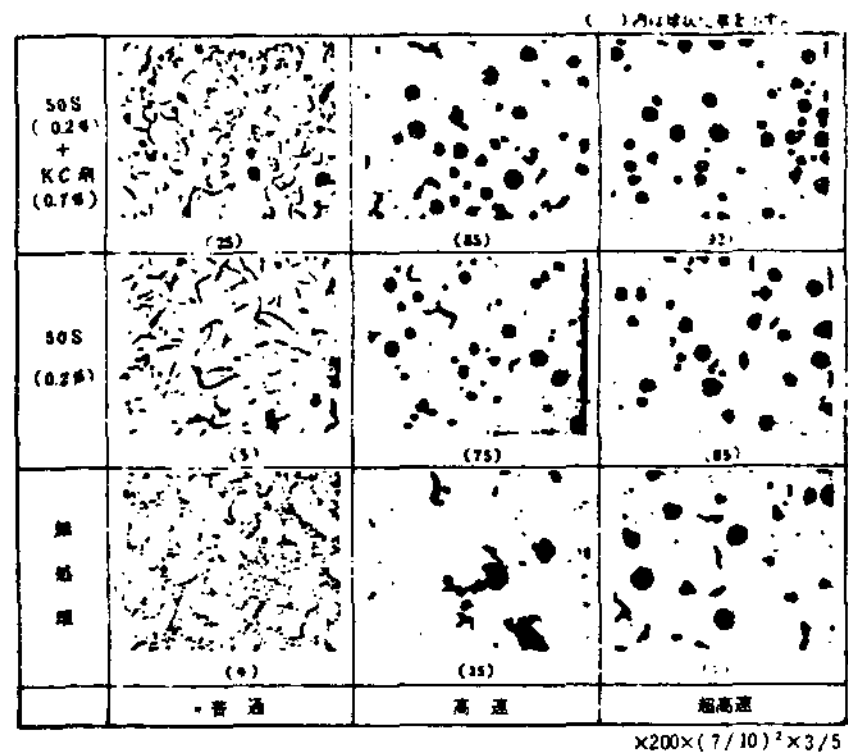


그림 15 熔解法 및 球狀化率

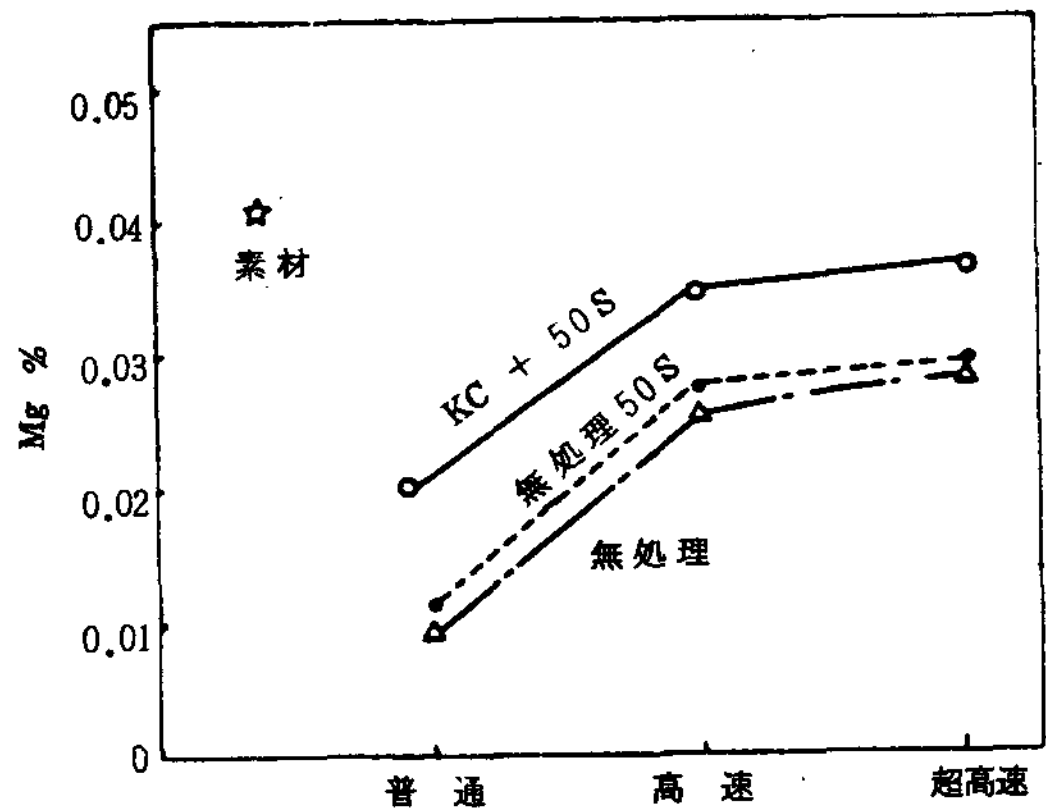


그림 16 熔解法 및 Mg 量



## 5. Compacted Vermicular 黑鉛鑄鐵製造의 가능성에 對하여

最近, 普通鑄鐵 및 球狀黑鉛鑄鐵의 長點을 兼備한 兩者의 中間的 材質인 Compacted Vermicular 黑鉛鑄鐵 (以下 黑鉛鑄鐵이라 稱함) 이 注目을 끌고 있어 많은 研究報告가 있었다. CV 黑鉛鑄鐵의 製造方法으로 ① Ce 및 슈메달 (金屬) 를 添加하는 方法, ② N<sub>2</sub> 가스를 含有시키는 方法, ③ Fe-Si-Mg 合金을 少量添加하는 方法 등이 紹介되어 있다. 上記 4 가지 方法에 添加하여 超高速熔解에 依한 製造法을 提案하고자 한다.

本 方法은 球狀黑鉛鑄鐵을 再熔解하므로써 球狀化率 30~70%의 CV 黑鉛鑄鐵을 얻는 手段으로 一種의 fading 現象을 利用하고 있다. 또한 本 製造法은 従來法에 있을 수 있는 現場管理의 困難性과 같은 欠點이 없다. 即 自動적으로 熔解速度를 制御할 뿐, 目的으로 하는 球狀化率을 지니는 CV 黑鉛鑄鐵을 安定하게 製造할 수 있다는 것이 期待된다.

## 6. 超高速熔解用 高周波爐

周知하는 바와 같이 高周波爐는 特殊鋼, 特殊合金의 熔解를 目的으로 開發된 以後 約 50 數年을 經過하였으며 오늘날에는 모든 種類의 金屬熔解에 使用된다. 앞으로도 새로운 用途가 더욱 期待된다. 여기서 高速高周波爐는 現在実績도 있고 定着化되어 가고 있음으로 하나의 可能性을 지니는 超高速熔解高周波設備를 簡單히 紹介하고자 한다.

### 5-1 超高速熔解의 特徵

超高速熔解의 特徵은 前述한 實驗結果에서 다음과 같다.

① 極少時間의 超高速熔解로 因하여 熔解金屬의 酸化 消耗가 적다.

② 鑄造所要量만큼 熔解하여 直接鑄型에 鑄込하기 때문에 熱損失이 적고 熔湯運搬途上의 溫度降下를 豫想한 過剩高温熔解의 必要는 없다. 電力 消費量의 節減, 熔湯運搬工程의 省略, 鑄造熔解比의 向上을 期할 수가 있다.

③ 少量熔解하므로 取扱이 簡單·容易하고, 安全하며 또한 더욱 清潔하다. 安定性의 向上, 工場

內 集塵對策의 簡素化를 期할 수 있다.

④ 設備全体가 緻密한故로 生産體系에 맞는 機器配置 및 熔解, 鑄造의 前後工程을 包含하여 總合的이며 有機的인 自動化, 勞動節約化가 可能하다.

以上の 利點을 發揮하기 爲하여는 熔解前 工程으로 充分한 材料의 材質吟味 및 極少量熔解의 경우에는 形狀의 檢討가 이루어져야 된다.

특히 高付加價値製品을 爲해서는 一般的으로 各工程에 있어서의 管理原價가 上昇하기 쉬우므로 이 點에 配慮가 必要하다.

### 5-2 超高速熔解爐 設備의 概要

(1) 高周波爐; 通常的인 高周波爐와 比較하여 1~2 本行 (자리) 까지 電力密度를 높게 하고 있으므로 洩磁車에 依한 誘導加熱, 高電圧 大電流에 耐할 수 있는 絶緣, 冷却水의 高壓, 頻度가 높은 傾動 등에 耐할 수 있는 構造가 必要하다. 이 點弊社는 50 數年에 걸친 豊富한 經驗에서 炉杵組에는 非磁性金屬을 使用하고, 各 部材는 耐熱性絶緣物로서 構成되어 있음. 耐火材에는 알미늄, 마그네슘, 스피넬等 市販에서 구운 (燒)도가니를 使用하고 熔解材料中の 耐火物混入을 最少限으로 抑制하여 品質을 維持하며 炉材消耗費의 低減을 획책하고 있음. 또한 耐火材의 交換은 炉의 傾動部마다 短時間에 할 수 있도록 配慮되어 있다.

出湯은 直接鑄型으로 하기 위하여 湯口傾動方式을 채택하며 定點注湯을 할 수 있게끔 配慮되어 있다.

또한 傾動에는 電動式 (30 kg 以下) 및 油壓式 (50 kg 以上) 이 있으며 모두 押보단 操作인 故로 遠隔操作이 可能하다.

(2) 高周波電源設備: 電源의 構成機器는 普遍的인 高周波爐用과 같이 싸이리스타·인바다, 整合變壓機, 高周波콘덴사, 保護計器, 操作監視用器具로 構成되나 操業面에서 다음과 같은 事項이 考慮된다.

① 極少時間동안 熔解하므로 操作은 通電 및 停止뿐이나 短時間의 熔解에 따라 安定된 電力을 熔解 및 昇溫過程에 適應하여 印加하는 것과 같이 周波數의 可變範圍를 넓혀 自動化한 것.

특히 熔湯溫度管理에 再現性을 지니게 하기 위해 電力設定裝置 및 自動電源遮斷裝置를 서로 組合하여 使用하고 熔湯品位의 維持 및 省力化 等을 圖謀

하고 있다.

② 炉材寿命의 管理를 容易하게 하기 위하여 Charge Counta 를 設定하고 있다. 熔湯이 새는 檢出裝置와 組合하여 使用하고, 生産計劃의 維持 및 精度의 向上을 圖謀하고 있다.

③ 故障早期發見 誘導裝置로 設置하고 있음, 普通, 故障表示는 現象名으로 하는 故로 特히 電子 回路의 故障箇所發見에 많은 時間을 要하는 일이 간혹 있다. 稼動率의 低下를 防止하기 위하여 機器 裝置의 信賴性을 一定한 水準以上으로 維持하고 있으나 萬一을 爲하여 本 裝置를 設備하고 있다.

以上の 主된 相違点 以外에 前後工程에서 信號를 보내어 有機的으로 運轉할 수 있겠끔 特別設計도 考慮되고 있음. 또한 本 電源裝置는 炉 가까이 設置하든가 別室에 設置하여 集中群管理할 수 있겠끔 緻密하게 整理되어 있고 風冷式, 全水冷却式의 2 型式이 標準化되어 있다.

### 5-3 超高速熔解爐의 設備計劃

超高速熔解爐의 設置는 다음과 같은 節次에 따라 이루어져야 한다.

#### (1) 生産量 및 假設備定格의 結定

表 2 에 當社의 超高速熔解用 高周波爐의 標準定格을 表示한다. 一般的으로 生産量 PR (kg/hr), 熔解時間 MT (sec), 鑄造 닥터 T (sec), 1 杵單位 Wt (kg), 熔解能力 R (kg/hr)은 다음과 같은 式으로 表示한다.

<表 2> 超高速熔解用高周波爐의 標準定格表

熔解量 (kg)	定格電力 (kw)	周波數 (KHz)	熔解能力 (kg/hr)	熔解時間 (sec)
1	50	10	48	75
2.5	100	10/3	106	85
5	150	10/3	190	95
10	200	10/3	257	140
20	300	3	424	170
30	450	3	675	160
40	600	3	847	170
50	800	3	1,130	160

※ 熔解能力 熔解時間은 鑄鐵, 鑄鋼 1,600°C 熔解할 時의 參考값이다.

銅合金은 1.8 倍, 1,200°C 熔解時의 特性임

$R = 1.1 \sim 1.3$   $PR = 1.1 \sim 1.3 \times 3,600 \text{ Wt/}$   
 $T = 3,600 \text{ WT/MT}$  表 2 에 있는 定價보다 더욱 커지는 경우에는 算出電力의 ½ 또는 ⅓의 定價電力을 2 組 또는 3 組 使用하여 電力密度의 低減을 圖謀함과 아울러 炉體의 數를 同數 設備한다.

#### (2) 熔解材料의 形狀 및 鑄造條件의 檢討

1 杵單重 Wt 및 鑄造 닥터 T에서 炉內徑에 들어가는 熔解材料의 形狀 및 規格이 決定된다.

材料形狀은 炉內徑에 對하여 8~12mm 程度의 外形이 바람직하다. 1 杵單重이 1 계단 臺의 炉에서는 事전에 調整된 一定한 圓柱形狀이 좋다. 한편, 2 계단 臺의 單重에서는 炉內規格이 若干 크게 됨으로 炉內에 材料를 投入할 수 있겠끔 整形한다.

特히 朽狀層은 炉內에 積層을 이루어 적어도 熔解量의 60% 以上 製入하여 操業初期의 效率을 보나 높이기 위하여 材料시스템을 選擇하지 않으면 안된다. 또 鑄造條件에 따라, 例컨데 定點注湯方式에 의한 2 개의 炉로 同一 方法에 出湯하는 配置는 할수 없으므로 對向位置에 設備하든가, 또는 鑄鋼·鑄鐵 等의 熔解서는 1,000°C 以下의 加熱 및 1,100°C 以上의 熔解·昇溫을 2 電 2 炉로 하는 計劃 및 電源容量과 炉 및, 豫熱裝置와 熔解裝置와의 組合 또는 機器配置로서의 配慮가 必要하다.

#### (3) 全体工程에 있어서의 均衡檢討

假設備定格, 熔解材料의 形態鑄造條件 等이 決定되면 全体工程을 一貫하여 物流, 에너지費, 人件費, 消耗材料費, 各工程마다의 熔解比를 생각한 主要材料費 및 管理費, 設置工事を 包含한 設置費用 및 減價償却費等의 運轉費를 檢討해야만 한다. 한 가지 例로 鑄鐵의 熔解分野에서 보면 熔解材料費 約 70%, 電力費 約 20%, 減價償却費 約 6%, 人件費 約 4%, 消耗炉材料費 約 1% 弱의 比率로 된다고 常識的으로 말하고 있다.

電力消費量 및 消耗炉材量 또는 炉材寿命도 重要하나, 熔湯價格의 約 70%를 차지하는 熔湯의 材質 및 品位가 最終工程에 이르기까지의 總 熔解比 및 製品價格을 決定하기 위하여 技術 level, 冶金的인 品位, 主要材料費, 에너지費와 의 相關關係를 보다 重要視하여 檢討할 必要가 있다. 이러한 것을 모두 檢討한 後에 詳細한 操業



内容 - 熔解時間, 出湯時間, 出湯溫度, 熔解材料材質 및 形狀, 熔湯處理의 有無等에 의해 假設備定格에서 正式的인 設備定格으로의 檢討를 한다.

### 結 論

以上, 鑄鐵熔解를 例로들어 誘導熔解爐의 熔解條件, 特히 熔解速度의 遲延速度에 따르는 冶金學的인 特徵에 對하여 記述했으나 一部에 끝쳤다.

最近의 熔解技術의 發展方向에서 볼 때 誘導爐에 의한 熔解法은 漸漸 高速化하는 傾向이나 그만큼 各 技術者가 特徵을 잘 把握하여 活用할 必要가 있다.

새로운 熔解法으로서 超高速熔解, 高周波爐의 一部를 紹介하였다. 現在 狀態로서는 精密鑄造部

門, 金型鑄造部門의 一部에 不過하나 將次 高速造型라인 等과의 協調等 새로운 熔解, 鑄造System으로 成長할 수 있는 것이 期待된다.

### 文 獻

- 1) B. Marineck : Modern Castmgs 1962) 6, 9, 99
- 2) 加山延太郎 : 總合鑄物 1968, 12, 1
- 3) 加山延太郎 : 鑄物 1974, 8, 779
- 4) 岡田中江 : 鑄物 1975, 11, 785
- 5) 加山延太郎 : 鑄造熔解技術 및 그의 展望 (鑄物協會資料) 1975 p.5
- 6) 大出, 大平 : 鑄物 1980, 7, 418