

球状黑鉛鑄鐵製造의 最近의 進歩

R. Barton The British Foundryman 70(1977)6

姜 春 植* 譯

1948年 球状黑鉛鑄鐵의 發明以來, 製造技術과 管理法의 모든 面에서 開發進歩가 繼續되고 있다.

이 進歩가 材料의 安定性과 品質의 向上 및 生産原價의 節減이 되어, 工業材料로서의 競爭力을 크게 하여 주고 있다.

最近의 進歩, 特히 英國에서 利用될 수 있는 것을 여기에 놓아 놓았다.

(1) 原材料

寒劑를 利用하는 鋼屑破砕法이 開發되었다.

이는 鋼屑의 汚染을 적게 하는 좋은 方法이다.

球状黑鉛鑄鐵의 生産增加로 부터 생각해 보면 鋼屑의 高配合率이 豫測된다.

良質鋼屑의 需要가 供給을 上向하므로 高純度鐵의 生産增加가 必要하다.

British Steel Co.의 高炉에서 特別配合한 鐵鉍石으로 부터 生産해서, 市販되고 있는 BSC 材料는 輸入高純度鐵에는 미치지 못하나, Mn, P 및 其他의 不純元素가 적고 球状黑鉛鑄鐵製造者의 要求를 滿足시키고 있다.

또 豫備還元한 海綿鐵의 브리켓(Briquet)이나 펠렛(Pellet)의 使用이 생각되어 진다.

高純度鉍石으로 부터 製造되는 海綿鐵을 使用하면 高純度鐵을 使用한 경우와 같은

鑄放狀態에서의 페라이트(Ferrite) 球状黑鉛鑄鐵의 製造를 할 수 있다.

海綿鐵은 低硫黃인데, 約6~8%의 脈石을 含有하고 있으므로 熔解後, 그것을 슬라그(slag)로서 除去하지 않으면 안된다.

誘導炉보다도 큐포라(Cupola)에서 使用하는 편이 좋을지도 모르겠다.

海綿鐵은 高純度鐵보다도 값이 싸나, 高純度鐵이 대단히 不足한 때에만 使用되리라고 생각된다.

(2) 熔 解

高 硅素(Si)損失이나 炭素(C)의 調節이 힘들기 때문에 Lynchburg 会社처럼 塩基性큐포라의 使用을 그만두고 酸性큐포라로 脫硫하든가 또는 全電氣炉熔解 및 二重熔解에 移行해 가는 것이다.

이는 또 脫硫法의 改善과 인몰르法(in-moed process)에 必要한 低硫黃의 熔湯의 要求에 依한 것이다.

큐포라操業의 進歩로서, 分割送風과 酸素富化 또는 酸素吹入技術이 있다.

BCIRA는 最近, 一般的인 分割送風 操業에 酸素를 쓰는 方法을 研究하였다.

예를 들면, 普通의 送風으로 出湯溫度가 1,480°C인데 13%程度의 装入코크스로 分割送風과 4%酸素富化의 併用に 依해서 約 1,570°C가 된다.

이렇게 해서 冷風큐포라를 써서 포러스·

* 서울工大教授

푸럭 (porous plug), 물받이 (Ladle)에서
脱硫와 球状化处理를 할 수 있게 되었다.

코우크레스 (cokeless) 큐포라는 低硫黃
(0.02 ~ 0.03%)의 熔湯이 얻어지고 排
出物의 減少에 기여하기는 하나 炉의 벤
드 (Bed)에 使用하는 耐火物이 비싸기 때
문에 燃料費의 나츄를 相殺시킨다.

冷風큐포라의 排出物에 对한 嚴한 規制
와 높은 코크스 消費量으로부터 큐포라操
業 代身에 로타리 (Rotary) 炉의 使用이
增加하여 왔다.

球状黑鉛鑄鐵의 製造에 英国内에서는 電
氣炉의 設備가 많아져 오고 있는데 이는
中小規模의 生産用이다.

大生産工場은 依然히 큐포라熔解인데 普
通은 溝型 또는 無鉄芯誘導炉와의 二重熔
解를 하고 있다.

가장 重要한 것은 特히 中小鑄物工場이
中周波 無鉄芯誘導炉의 電源에 모타·제네
레이터 代身에 電磁静止形 變換器를 採用
한 것이다.

(3) 脱 硫

脱硫에는 세가지 方法이 널리 使用
되고 있다.

포러스·푸러그 레들 (porous plug lad-
le) 法이 脱硫와 加炭에 对한 batch
(Batch) 法으로서 10年間에 確立되었다.

이의 利点은 設備投資와 維持費가 싸
는 것과 푸러그 (plug)의 壽命이 實用에
견디는 것이다.

約 0.1%의 熔湯 S가 1.0 ~ 1.5%
CaC₂의 添加로 0.005% S가 된다.

最近에는 連續脱硫加炭에도 使用된다.

脱硫用 搖動取鍋 (Shaking Ladle)의 經
験은 約 15年이다.

이에는 依然히 CaC₂가 널리 使用되고
있는데 燒石灰가 處理費와 스라그處理問題

를 輕減시키므로 代替案으로서 매력이 있다.

라인슈탈 攪拌棒은 搖動取鍋보다 새로운데
熔湯과 粒状添加物의 高度의 混合法으로서
兩者는 基本的으로 同一하다.

英國에서는 約 4 t 以下の 處理量에 对해
서는 포러스 푸러그法이 많이 採用되고 있
다.

(4) 마그네시움 (Mg) 處理

흄 (Fume)의 排出을 減少시키고 마그
네시움의 回收率을 向上시키기 爲해서 니켈
(Ni) 基마그네시움合金도 硅素鉄 (Fe-Si) 基
마그네시움合金도 마그네시움含有量이 減少하
여 왔다.

J. Deere & Co는 1.7% 마그네시움을
含有하는 40 ~ 50% 硅素合金을 開發하였다.

이와같은 合金은 마그네시움 回收率을 거
의 100%로 한다고 하고 있다.

이는 接種效果가 良好하므로, 少量의 마그
네시움 添加手段으로서도 接種劑로서도 使用
된다.

세리움 (Ce)과 其他의 稀土類元素를 含有
하는 鉄-硅素-마그네시움 (Fe-Si-Mg) 合金
의 效果에 对해 세리움量의 高低의 影響이
拳論되고 있는데 稀土類元素의 種類와 核效
果라고 하는 問題는 議論의 餘地가 있다.

Rice는 遠心鑄造球状黑鉛鑄鐵管의 製造에
單一量으로서는 어떤 元素로 球状黑鉛組織을
生成시킴에 不充分한 條件인 때에 硅素鉄合
金中の Mg, Ce, La, Nd, Pr, Y 元素를 組合하여
使用하는 效果를 檢討하였다.

그 結果 많은 元素를 低濃度에서 使用하
면 特히 마그네시움量이 3%以下인 경우
反應이 은근해지고 그外에 添加合金元素, 特
히 마그네시움의 回收率이 向上되고 熔湯維
持時間에 依한 黑鉛組織의 劣化가 적어지고
드로스 (Dross)가 減少함을 알았다.

그는 또 마그네시움과 세리움을 含有하는

硅素鉄을 使用할 때에, 熔湯의 硫黃量에 限界値가 있다는 것을 알아냈다.

約 0.004 % 以下の 硫黃에서는 球狀黑鉛鑄鉄은 後接種을 充分히 하더라도 白鑄鉄이 된다.

高度의 脫硫率을 얻을 수 있는 脫硫法의 開發에 依해 생각지도 않은 障害가 나타났다.

高純度材料를 使用해서 세리움을 含有하는 合金을 添加할 때에는 몽푼한 모양의 (Chunky) 黑鉛이 나타날 可能性이 있다.

예를 들면 市販의 合金을 使用하면 쉽게 0.01 %라고 하는 過剩殘留 세리움量이 되는데 이와같은 狀態로 두께 50 mm의 断面에서 黑鉛組織의 劣化를 만들었다.

BCIRA에서의 研究는 取鍋카바(Cover)와 鑄込用 턴·디쉬(Turndish)의 組合으로 흠(Fume)과 強烈한 빛이 실제로 防止됨을 보여 주었다.

鑄型內에 마그네시움을 添加하는 方法은 現在 인몰드(Inmoed) 法으로 잘 알려져 고 많은 나라에서 使用되고 있다.

鑄型內의 合金이 充分히 熔解되지 않는다는 危險性이 있으므로 鑄込時間이 짧은 鑄型, 예를들면 5秒以下라고 하는 경우는 인·몰드法은 適合하지 않다.

그런데 合金組成이 改良되면 이 問題는 輕減될 것이다.

鑄型內에서 마그네시움處理를 해서 絶對로 良好한 黑鉛組織을 갖는 좋은 鑄物을 만든다는 것에 對한 初期의 不安感은 現在에는 解消되었고 인·몰드法의 利用은 擴大되고 있다.

특히 大量生産分野에 擴大될 條件이 있다.

이태리의 피아트(Fiat)社는 이 方法에 關해서 많은 製造開發研究를 하였다.

鑄物의 重量制限의 問題는 2個의 反應室을 直列로 連結해서 解決하였다.

이때, 窒室의 合金은 豫室이 連續해서 作用하도록 適當한 두께의 鋼板으로 막아서 反應을 抑制한다.

現在까지 조지·핏서(George Fisher) 轉爐는 純마그네시움을 使用하는 處理法中에서 가장 잘 된 것이다.

反應을 調節함에 依해서 쉽게 50~60% 程度의 마그네시움回收率을 얻을 수 있다.

0.5~5 t 容量의 조지·핏서轉爐가 40個 國以上の 나라에서 現在 使用되고 있고 1976年 이 方法에 依한 生産量은 40萬 t을 넘는다.

폰담슨法도 純마그네시움을 使用하는데, 反應의 調節은 마그네시움塊를 耐火物 슬러리(slurry)로 被服(coating)해서 必要條件에 따라서 被服두께(一般적으로 2~3 mm)나, 또는 被服面積을 調節한다.

마그네시움回收率은 대단히 높고 40~60%에 達한다.

이 方法은 폰담슨鑄物工場以外에 美國의 그래말간 鑄鉄管 工場(Glamorgan Pipe Foundry)에서 使用하고 있다.

1976年 이 方法으로 處理된 量은 100萬 t以上이다.

低比重마그네시움合金을 使用하는 프란자(Plunger)法은 球狀黑鉛鑄鉄 製作者에게 받아 들여지지 않았다.

이는 置注法이 샌드위치(Sandwich)法과 比較해서 많은 問題가 있기 때문인데 經濟的으로도 有利하지 않았다.

그런데 耐火物費를 節減하고 마그네시움回收率을 向上시키기 爲해 프란자·헤드(Plunger Head)의 設計나 合金은 淸이지 않고 改善되고 있다.

鑄物工場의 原材料의 相對코스트(Cost)의 變化에 따라서, 이 技術은 再評價될 것이다.

벨 (Bell) 容器를 使用하지 않고 마그네슘합금을 湯面下에 維持하는 많은 方法이 있는데 어떤 것이든 모두 若干의 欠點이 있다.

아주 最近에 로타리取鍋가 開發되었다.

이는 GF轉爐 (조지·핏서轉爐)와 흡사하다.

마그코크 (Magcoke)를 處理室에 裝入後 드럼取鍋가 回轉해서 熔湯과 接觸한다.

마그네슘回收率은 30~40%가 된다.

또, 이 方法에서는 0.1%라는 높은 硫黃分도 잘 處理된다고 말하고 있다. 이 方法은 中小球狀黑鉛鑄鐵 製造者에서 하고 있다.

여러가지 維持爐 (Holding Furnace)에서의 마그네슘損失速度에 關한 研究가 되었다.

溝型爐에서 熔湯의 움직임이 적고 空氣의 進入을 防止하는 실 (Seal)이 良好한 것이 마그네슘處理熔湯의 維持爐로서 가장 適合하다.

20 t 溝型爐에서 生産規模의 實用試驗을 ASEA에서 하였고 마그네슘處理熔湯의 維持는 可能하다는 結論에 達했다.

그 結果를 그림 1에 나타냈다.

또 比較的 작은 溝型鑄込裝置로도 좋은 結果를 얻고 있다.

(5) 接 種

Si基의 마그네슘합금의 많은 것이 어느 程度의 接種作用을 나타낸다는 指摘되어 있다.

특히 바륨 (Ba)의 含有量이 높은 것은 마그네슘處理後의 接種이 必要없다고 한다.

그런데, 이와같은 合金은 一般적으로 값이 비싸고 드로스 (Dross)가 생기기 쉬운 欠點이 있다.

거의 모두의 鑄物工場은 마그네슘處理後의 接種이 必要하다고 알고 있다.

一般으로는 依然히 알루미늄과 칼슘 (Ca)을 約 0.25~1.5% 含有하는 75% 硅素鐵이 使用된다.

이 以外에 Ba, Sr, Ce, Mg, Mn, Zr를 含有하는 것도 最近開發되고 있는데 어떤 하나의 接種劑가 모든 製造條件下에서 最良의 結果를 나타낸다고 할 수 없고 接種劑의 製造者가 推薦하는 條件에서 使用할 것이다.

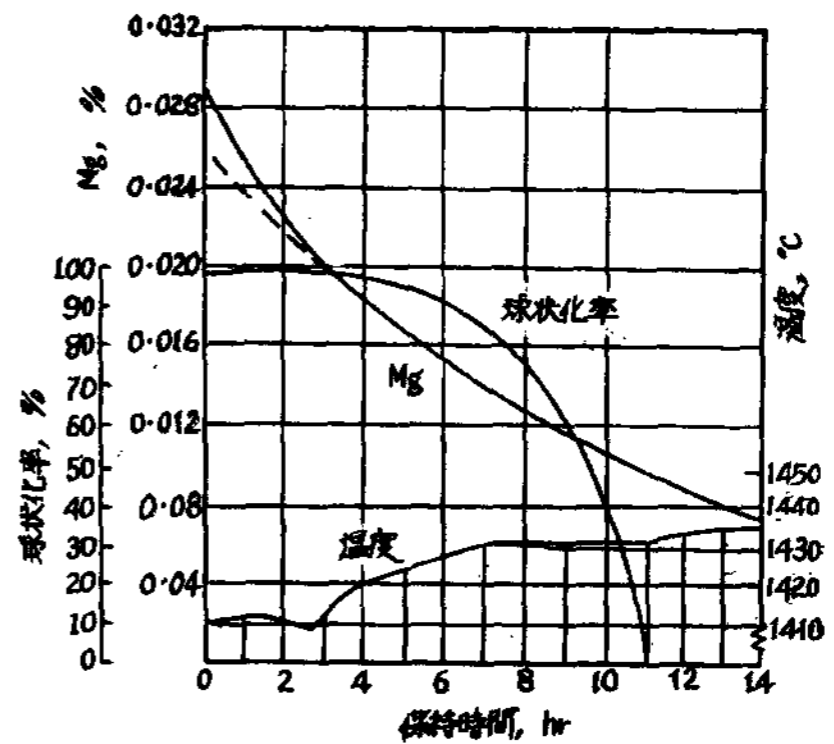


그림 1. 왁스模型과 鑄造品の 表面粗度

(6) 後期接種

湯道나 湯留에 少量의 接種劑를 添加하면 炭化物을 減少하고 黑鉛粒數를 增加하는 현저한 效果가 있다는 것이 알려졌다.

後期接種으로서 添加되는 接種劑의 量은 一般적으로 約 0.1%이다.

그런데 接種劑의 未熔解의 危險을 적게하기 爲해서는 될 수 있는대로 적은 量이 所望스럽다.

後期接種에는 2가지 方法이 있다. 注湯流接種과 鑄型内接種이다.

注湯流接種은 高生産라인에서의 使用에 適合하다.

鑄型內接種에서는 接種劑가 잘 녹아서 좋은 效果를 올릴 수 있도록 粉末接種劑를 接種重量의 既成덩어리(Block)로 적든가, 왁스로 接着해서 덩어리로 하든가, 湯口底나 湯道室에 넣도록 한다.

鑄型內 接種에는 또 常態에서는 黑鉛粒자가 커서 機械的性質을 低下시키는 두꺼운 球狀黑鉛鑄鐵鑄物에 대단히 效果가 있으므로 使用되고 있다.

後期接種은 冶金學的으로도 經濟的으로도 利益이 있으므로 지금부터 大的으로 使用될 것이다.

(7) 鑄造回收率

鑄造回收率을 높이고 健全한 鑄物을 얻기 爲해서는 鑄型性質이나 湯道系, 押湯系의 影響을 配慮하지 않으면 안된다.

回收率을 顯著히 向上시킴에는 단단한 鑄型이 必要함이 알려져 있다.

生砂型 代身에 콜드·셋(Cold Set) 鑄型的 製造法은 끊이지 않고 改善되고 있다.

鑄型的 安定性을 높이기 爲해서 例를 들면, Peugeot-Renault은 球狀黑鉛 鑄鐵의 크랭크·샤프트(Crank Shaft) 製造用 高生産工場에서 CO₂ 鑄型을 使用하고 있다.

V 프로세스는 眞空吸引이 되고 있는 동안에는 鑄型的 모양과 剛性을 持續하고 그의 剛性は 生砂型보다도 세멘트 砂型에 가깝다.

(8) 品質管理

球狀化率과 黑鉛粒數를 冷却曲線으로부터 豫測하고자 하는 試圖가 있다.

冷却曲線과 鑄放品과의 顯微鏡組織과의 사이에는 一定한 相關關係로서 또, 데이터(Data)를 컴퓨터處理함으로서 判定을 正確히 하고자 했던 것인데 冷却曲線의 모

양에 많은 變數가 影響을 줌으로, 그의 技術은 거의 使用되지 않는다.

球狀黑鉛鑄鐵이 安全保障을 要하는 곳에 많이 使用하게 되었으므로, 그의 機械的性質을 充分히 確實하게 豫測되는 品質檢査法이 必要하게 되었다.

彈性率을 利用하는 超音波試驗과 音波試驗이 손作業이나 自動檢査로 使用된다.

音波試驗은 簡單하기 때문에 大量 生産의 中小鑄物의 檢査에 適合하다.

超音波測定은 特殊檢査用으로 特히 大形鑄物 또는 鑄物의 重量部分用에 치우치고 있다.

兩試驗法이 다 自動車部品에 適合하나 音波法은 鑄物의 寸精度와 크기에 따라서 使用이 制限된다.

인폴드法을 使用하는 경우에는 黑鉛組織을 正確히 또 簡單히 判定함에 이 兩技術이 特히 必要하다.

鑄物의 퍼라이트(Pearlite)와 웨라이트(Ferrite)量이 磁氣的性質에 影響을 주는 것을 利用해서 同一한 모양의 많은 小形鑄物의 試驗에 過電流試驗이 多年間 施行되어 왔다.

最近, BCIRA가 하나의 鑄物을 10秒間으로 試驗하고, 表面層의 웨라이트量보다도 오히려 鑄物全體의 平均 웨라이트量을 나타내는 渦電流試驗裝置를 生成하였다.

(8) 80年代의 展望

著者는 將來의 傾向으로서 다음과 같은 것을 指摘하고 있다.

1) 裝入材料:

特히 鋼屑의 入手와 選擇이 점점 힘들어 질 것이다.

2) 熔解는 大規模生産에서는 二重熔解法을 繼續할 것이다.

그런데, 熔解는 큐포라 또는 電氣爐에서

하고 있다.

特定の生産에 대해서는 誘導炉가 投資와 維持費의 비쌌에도 불구하고 상당히 매력적 있다.

모든 熔解法에 대해서 脱硫操作이 増加할 것이다.

3) 主要한 球狀化劑는 마그네슘이고 Fe-Si-Mg 合金의 使用이 널리 繼續될 것이다.

中小規模의 生産用으로 特別히 熔湯의 硫黃量이 0.03~0.08%에 대해서는 로타리 取鍋의 利用이 좋으리라고 생각된다.

中乃至大 生産用에는 GF轉炉法이나 低廉한 마그네슘合金을 使用하는 攪拌法이 인·몰드法과 競合할 것이다.

鑄型內 接種은 球狀화와 後期接種과가 結合한 利益이 있고 今後 점점 實施되어

갈 것이다.

4) 今後 數年間に 球狀化處理된 熔湯의 維持가 널리 利用될 것인가 아닌가가 決定될 것이다.

鑄型內 處理에서는 이런 必要가 없다.

그런데, 其他의 處理法, 特別히 高生産造型 라인(Line)에 設置되어 있는 GF轉炉에 대해서는 마그네슘損失速度가 적은 密閉式自動溝型鑄込裝置가 價値가 있다.

5) 이것으로 부터 金屬의 核生成을 늘 높은 水準으로 達成하는 것이 球狀黑鉛鑄鐵製造에 對한 가장 重要한 要求일 것이다.

이 때문에 注湯流接種 또는 鑄型內 接種의 效果가 점점 重要視되어 이를 技術은 將來 널리 利用될 것이다.