

可鍛鑄鐵의 熱處理

全 瑛 華

1. 序 言

可鍛鑄鐵(Malleable Cast Iron)의 製造는 오랜 역사를 갖고 있는 實情이다.

1722년 France의 Reaumur씨는 白銑鑄鐵을 赤鐵銹의 粉末과 함께 鐵製의 容器에 密閉한후 赤熱狀態로 수일간 加熱하여 粘性이 있는 鑄物을 만드는데 成功하였다.

이것이 可鍛鑄鐵을 工業적으로 生産하는 始初가 되어 19世紀에 이르러 1803년에는 英國에서 1804년에는 獨逸, 1818년 Belgium, 1820년에는 Austria 등에서 順次的으로 生産하게 된 것이다.

이러한 白銑을 脫炭하여 만드는 可鍛鑄鐵의 製造는 "Europe"에서 널리 발달한 것으로 이는 "유유럽"의 銑鐵이 硫黃分(S)이 높고 Mn 量이 낮은 조건에서 적당한 方法이기에 문이라고 보겠다.

여기에 대하여 美國에서는 Mn 量이 높고 硫黃分이 낮은 자기나라의 銑鐵을 主体로 하여 可鍛鑄鐵의 製造를 始作하였는데 意外로 白銑을 高温에서 長時間 加熱하였더니 破面이 黑色으로, 物理的 機械的 性質이 종래의 유유럽製 보다 나은 우수한 可鍛鑄鐵을 만들 수 있었다. 즉 Seth Boyden이 1826년 黑心可鍛鑄鐵(Black Heart Malleable Cast Iron)을 만드는데 成功하게 된 것이다. 이에 대하여 "유유럽"産의 可鍛鑄鐵은 破面이 鋼(Steel)과 같이 白色을 나타냄으로 後世의 사람들이 白

心可鍛鑄鐵(White heart Malleable Cast Iron)이라고 이름붙여 구별하게 된 것이다.

19世紀末에서 今世紀까지 金屬의 研究가 활발히 進行됨에 따라 各種 合理的인 可鍛鑄鐵의 製造가 이루어져 오늘날의 自動車 鐵道車輛, 農機具, 管子음쇠等 部品에 많은 需要에 발 맞추어 현재의 수준으로 品質이 確實한 黑心可鍛鑄鐵을 우리나라에서도 生産하고 있는 것이다.

여기에서는 이러한 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理에 관하여 살펴 보기로 한다.

2. 黑心可鍛鑄鐵의 燒鈍理論(黑鉛化理論)

黑心可鍛鑄鐵의 熱處理는 黑鉛化를目的으로 하는것으로 白銑을 熱處理하여 遊離 Cementite(實除는 共晶 Cementite)와 Pearlite 地의 白銑을 A, 變態點 以上으로 加熱하면 Pearlite는 Austenite로 變化되어 이 Austenite의 溶解度가 增加되어 一定溫度에 到達되고 어느程度 時間이 경과되면 蝕和 Austenite 固溶체로 된다.

그러나 Cementite는 準安定된 平衡에 依하여 生成된 것으로 不安定한 狀態로 高温이 될수록 一層不安定된 狀態로 되므로 例로 930℃의 溫度로 長時間 持續하면 分解하여 燒炭炭素의 生成開始는 많

이는 Cementite 와 Austenite 의 境界에서 일어나는 것이다. 이 黑鉛化機構는 Cementite 의 直接分解 即, $Fe_3C \rightarrow 3Fe + C$ <燒炭炭素>와 Austenite 固熔체에 對한 Cementite 와 黑鉛과 熔解渡의 差에 依한 黑鉛이 析出하는 2가지에 依한것이다. 이것을 第一段黑鉛化(First Stage Graphitization)이라 하며 이 燒鈍을 第一段燒鈍이라 한다. 이 溫度에 長時間恒溫을 維持하는데 依하여 黑鉛化가 充分하게 되어 急拳히 Cementite 가 完全히 消失되었을時 이 溫度에서는 더以上 燒鈍하여도 黑鉛化는 안된다. 이때가 第一段黑鉛化의 끝으로 其 組織은 遊離炭素 即 燒炭炭素와 Austenite 地만이 된다. 그러나 이 Austenite 는 炭素를 固溶限까지 固熔되어있는 것으로 이 溫度에서 充分히 서서히 冷却시켜주면 溶解度線에 따라서 과잉된 炭素는 遊離炭素로 되어 析出된다. 이때 너무 急히 冷却하면 微粒의 Cementite 로하여 이과잉炭素가 析出되는 수가 있으나 工場의 燒鈍爐의 實際作業에서는 거의 이것은 생기지 않는다. 이대로 室溫까지 維持하였을時는 燒炭炭素의 周圍만이 黑鉛化하여 確然히 눈알처럼 Ferrite 가 燒炭炭素를 둘러싸인 組織으로 되어 其 基地는 層狀 Pearlite 로 되는것이 普通이다. 이 組織을 "부루아이" 組織(Bullseye 組織)이라 한다.

다음은 變態點以上の 高溫에는 存在 못하는 Pearlite 組織中에 共析 Cementite 로 分解되는 機構는 上記와 같이 第一段黑鉛화와 같은 現象에 依하여 되는 것이다.

以外에 第一段燒炭溫度에서 冷却하는 中 溫度가 低下되어 變態가 되기 시작하면 Austenite 에서 其 固熔하는 炭素가 既存되는 黑鉛 Nodule 에 直接析出한다. 即, 直接 黑鉛化도 된다. 그러나 이中에는 일단 Pearlite 가 析出되어 即時 黑鉛化되는 것도있다. 바꾸어 말한 다면 Pearlite 로 析出하는 一方 黑鉛化되어 버린 部分도 있는 것으로 이것을 定量的으로 判別하기는 어렵다.

一般的으로 變態範圍를 包含한 760 ~ 700℃까지의 每時 5 - 9℃程度以下の 冷却速度로 通過시키면 이들은 黑鉛化가 進行되는 것으로 大型爐에서는 이方式을 取하고 있다. 小型爐에서는 變態點直下溫度 普通은 700 ~ 720℃의 一定溫度에 20-24 時間의 長時間 維持하여 黑鉛化을 하든가 또는 其 爐內溫度를 均一하게 維持하기 어렵거나 爐內 各部溫度에 差가 생기는 境遇에는 段階적으로 10℃程度씩 낮추어 5 時間씩 維持하여 740 ~ 680℃間을 順次로 낮추어 黑鉛化를 하게하면 좋다. 이들의 Pearlite 의 分解를 第2段 黑鉛化(Second Stage Graphitization)이라 하며 其 燒鈍을 第2段燒鈍이라 한다. 黑心可鍛鑄鐵에서는 이와같이 2段階에 걸쳐 熱처리를 하지않으면 안된다.

萬一 鑄物이 其 維持溫度에 있어 第一段 黑鉛化에 充分한 時間 維持를 하지 않았거나 維持溫度가 너무 低溫이 되었을 時는 其程度에 따라서 Cementite 가 얼마 殘留하여 其 破面이 網目狀을 提供하여

完全한 Ferrite 地의 黑心可鍛鑄鐵은 되지 않는다. 黑心可鑄鐵의 熱處理에 影響을 미치는 因子는 極히 많으며 鑄物의 化學成分 外 其 原材料의 遺傳問題, 여러가지 熔解條件, 鑄物 두께와 冷却條件 燒鈍條件等에 重大한 影響이 있어 燒鈍時間 短縮을 겨누어 여러가지로 工夫를 하는 것이다.

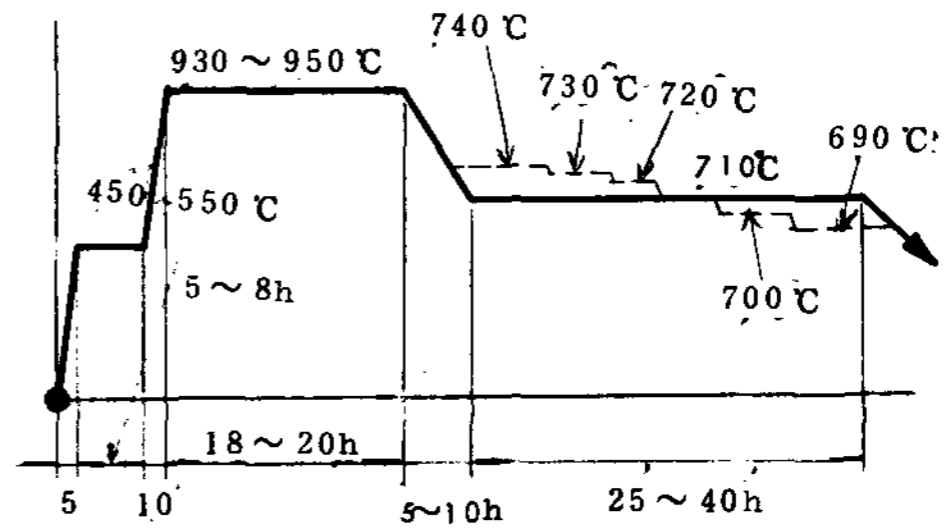
다음表는 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理에 影響에 미치는 諸因子의 例이다.

黑心可鍛鑄鐵의 第1段黑鉛化溫度에의 加熱 速度는 그렇게 빠르지 않는면이 Nodule 數가 減少되지않고 黑鉛化時間 問題나 材質 問題에도 아주좋다. 一般的으로 小型爐에는 A 變態點以下의 適當한 溫度 450℃ ~ 550℃에 5 - 8時間程度 恒溫維持 또는 徐熱하는 것에 依하여 黑鉛 Nodule 數를 增加시키어 黑鉛化時間, 特히 第2段 燒鈍時間의 短縮할수 있으며 따라서 材質向上을 하는 것이 普通이다. 이것을 豫備燒鈍 (Pre-baking) 이라하나 一部에서는 "과마" (Permanent) 效果이라고도 하며 小型爐에서는 標準熱處理 "사이클" 中에 採用하는 會社도 있다.

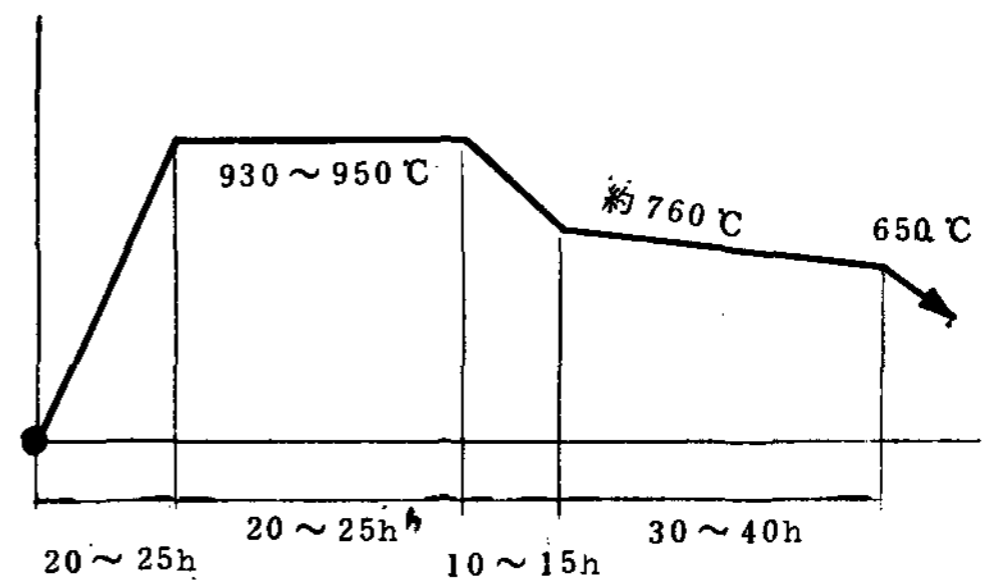
大型爐에서는 加熱時는 이程度의 溫度를 維持하기 어려우며 또한 第1段燒鈍溫度에서 加熱에 長時間을 要하는 것으로 自然히 어느程度 이 豫備燒鈍을 하는 것으로되어 特別히 이 豫備燒鈍은 하지 않는다.

小型爐에서도 아직 爐壁이 식어있어 即 이 溫度에 一定하게 維持하기 어려워 爐內을 650℃程度로 昇溫시킨후 製品溫度로 450 ~ 550℃間을 "지그자그" (Zigzag) 로 上下시키게 하면 좋다. 다음 그림은 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理 "사이클"의 例이고(a)는 小型爐(b)는 大型爐(c)는 連續爐에 依한 燒鈍 "사이클"의 例이다. 各各의 保維時間 加熱冷却時間은 爐의 容量, 其他條件, 白鈍鑄物의 形狀치수 化學組成 其他의 條件에 依하여 자기工場에 適合한 值를 決定하는 것이 重要하다.

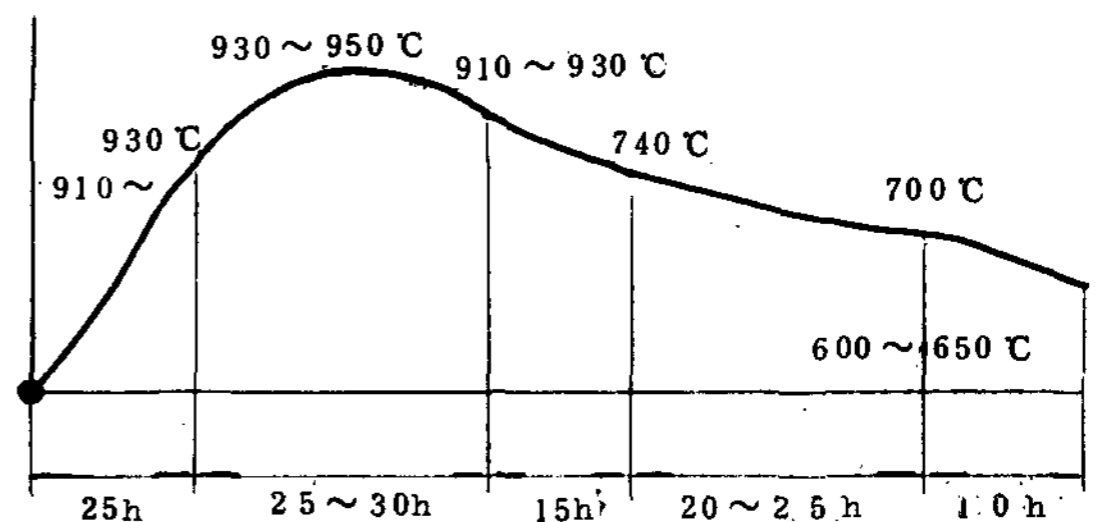
다음 그림은 歌美에 있어 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理 溫度曲線의 例이다.



(a) 小型爐의 境遇 (豫備燒鈍을 採択)



(b) 大型爐의 境遇



(c) 連續爐 (터널爐)의 境遇

그림 . 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理사이클

<表> 黒心可鍛鑄鐵의 熱處理에 影響되는 諸因子의 例

	第1段 黒鉛化에 所要되는 時間	第2段 黒鉛化에 所要되는 時間	備 考
1) 化学減少			
炭素增加	減 小	減 少	溶湯의 流動性增加 強度低下된다.
硅 素(增加)	"	"	黒鉛化 助長
Mn "	增 大	增 大	空氣 燒入 硬化 容易
Cr "	"	"	黒鉛化 強 阻害
B "	減 少	減 少	크롬의 害를 相殺하여 黒鉛化를 助長 nodule 數가 많이 된다.
P "	增 大	增 大	炭化物을 安定하게 하는 傾向이 認定하게 됨 脆性을 招來함.
Mo "	"	"	黒鉛化 弱阻害
Ni "	減 少	減 少	黒鉛化 助長
銅 "	"	"	黒鉛化 助長 強度 약간 上昇
Ti "	"	"	黒鉛化 助長 (少量일때에 限함)
2) 原料가 含有할 黒鉛			Mottle 增加
酸 素	增 大	增 大	黒鉛化 阻害
3) 溶解 困氣가 含有됨			
酸 素	增 大	增 大	Mottle 減少
窒 素	"	"	
一酸化炭素	減 少	減 少	Mottle 增加
水 蒸 氣		—	Mottle 減少 脫炭이 생김
4) 溶湯의 脫酸	減 少	減 少	과잉한 脫酸은 "핀홀"이 생김
5) 溶湯過熱增加	"	"	Mottle 減少
6) 結晶粒度的 減少	減 少	減 少	
7) 鑄物살두께 增加	增 大	增 大	Mottle 增加
8) 燒鈍 困氣가 含有된다.			
水 素	增 大	增 大	鑄物表面이 脫炭
一酸化炭素	"	"	白綠層이 생기지 않음
水 蒸 氣	"	"	鑄物表面이 脫炭
炭酸가스			"
酸 素			"
9) 加熱速度的 減少	減 少	減 少	豫備燒鈍하여 利用된다.

工場番号	焼鈍 사이클	焼鈍
A		에레버터 炉 (電炉)
B		微粉炭单独炉
C		微粉炭单独炉
D		에레버터 炉 (電熱) 2 基
E		連続炉 (電熱) 高温炉 低温炉 2 基
F		微粉炭单独炉

그림. 歐美에서의 黑心可鍛鑄鐵의 熱處理溫度曲線의 例

3. 黑鉛化에 미치는 여러 因子

3-1. 化学成分의 影響

A) 炭素와 珪素

可鍛鑄鐵에서 가장 重要한 成分은 C와 Si이다. 이 2가지는 서로 밀접한 관계를 갖고있어 C가 높은 溶銑은 낮은 것보다 冚물흐름이 좋아 鑄造性은 좋으나 Mottle(班銑)即 初析黑鉛이 白銑中에 發生하기 쉬우므로 可鍛鑄鐵 製造時 가장 注意해야 하는 尙반된 性質을 갖고 있다.

C가 많은위에 Si마저 많게되면 溶湯의 응고시 黑鉛化를 助長하여 Motte가 생기기 쉽다. 반대로 Si이 너무 낮을때는 白銑은 얻을 수 있지만 이런 鑄物은 熱處理가 극히 어렵다. 그러므로 C와 Si의 量에는 서로 상반되는 관계가 있으므로 (C+Si)의 量이 대체로 3.5 ~ 4.0%程度의 範圍를 지킬 必要가 있다.

이것은 鑄物의 두께나 형상, 치수에 따른

冷却速度的 차이등으로 그量을 決定하여 作業하게 된다. 두께가 얇은 製品의 "管子음쇠" 등에는 (C+Si) 量이 높아도 좋은편이다.

低炭素의 경우는 強度가 크기 때문에 앞에서 말한바와 같이 C는 보통 2.4 ~ 3.0%하며 이程度는 熱處理 時間이 別로 늦지 않으며 Si는 黑鉛化단계에서 큰역활을 연출한다. 对数曲線的으로 減少한다.

H.L. Day, J.A. Durr 씨등은 Si 量을 对数的으로 추적하면 第1段 燒鈍時間은 直線的으로 減少하여 2.0% C의 경우는 2.69로 2.8 C의 경우에는 1.71로된다. 即, Si은 黑鉛化를 極히 촉진하는 것임으로 Mottle가 析出하지 않는 範圍内에서 많은편이 좋다고 본다.

그러나 너무 많을 때는 P와 관련되어 鑄全時 脆性을 이끈다.

보통 Si는 1.0 ~ 1.5%가 적당하다.

B) 만강과 硫黃

可鍛鑄鐵에서는 Mn과 S는 单独으로
주물기술 Vol. 3, No. 2 (1979)

불때는 다같이 黑鉛化 阻害元素이다.

이 양자는 서로 밀접한 관계가 있다.

S가 MnS의 型으로 含有되어 鐵中에 생기는 흑연 Nodule의 구조는 적은 편상흑연이 무질서 하게 배열하여 나타난다.

이와 다른 경우는 熱處理 溫度에 따라 遊離 FeS가 존재하는 경우로 黑鉛 Nodule은 球狀黑鉛鑄鐵과 꼭 같은 球狀으로 나타난다. 이런 것은 보통 可鍛鑄鐵의 白銑에는 S가 0.18% 이상에 생기기 쉬운 것이다.

黑心可鍛鑄鐵中에 含有한 有害한 硫黃을 無害한 것으로 存在시키기 위한 化學當量에 必要한 $Mn\% = 1.72 S\%$ 이상의 Mn 첨가가 必要하다. 일반적으로는 $Mn\% = 1.72S + 0.15 \sim 0.2\%$ 의 公式를 使用한다.

이것은 FeS로 된 과잉의 S로 完全히 MnS로 Cementite의 強力한 安定劑인 S의 영향을 中和시킬수 있기 때문이다.

그러나 너무 Mn이 많게 되면 흑연화를 저해하는 效果가 나타나며, Mn에 對하여 과잉한 S는 炭化物의 安定劑의 역할을 담당하여 黑鉛化를 억제하든가 脫炭을 助長하는 경우도 있으므로 주의해야 한다.

C) 磷(P)

P는 0.2% 이상 많게 되면 延性和 引張強度에 惡影響을 미치게 됨으로 加급적 적은 편이 좋다. 또 P가 너무 많을 때는 Si 量에 關係되어 地金을 500 ~ 550°C에서 급냉하면 脆弱해 지거나 脆性이 생기게 된다. 보통은 0.1 정도보다 낮은 쪽이 좋다. P로 制限하는 것은 原料에서 부터 주의하지 않으면 안된다.

D) Cr 크롬

Cr은 이의 첨가에 따라 강도가 높아진다. 그러나 微量의 첨가라도 黑鉛化를 強力히 방해함으로 천연 含有하지 않도록 노력해야 한다.

이러한 Cr의 영향에 대하여는 많은 연
주물기술 Vol. 3, No. 2 (1979)

구가 있으나 결정적인 것은 없다고 할 정도이다. 보통은 0.05% 이하로 限定해 두고 작업하는 것이 원칙이나 0.08%를 훨씬 초과하면 급격히 흑연화를 방해하여 열처리에 막대한 지장을 초래한다.

Cr의 흑연화 저해효과는 第2段 熱處理에서 크게 나타난다. Cr가 0.044% 인 것을 720°C의 熱處理온도에서 Pearlite의 分解에 26時間 걸쳐 完全 Ferrite 基地를 얻을 수 있으나 Cr이 0.156% 含有한 것은 200時間 熱處理하여도 多量의 微細한 粒狀의 Pearlite가 남는 경우를 보게 된다.

특히 六.二五이후의 Strap中 병기부속에서 나온 古鐵을 使用할때 열처리 불량품의 대부분이 Cr에 기인한 것은 가단주철에 종사한 사람은 잘 알고 있는 實情이다. 現在에도 自動車 부속品中에는 Cr이 含有된 것이 많으므로 기어나 샤프트 등이 포함된 Scrap나 Cr 鍍金된 Scrap은 使用치 않아야 하며 Cr이 含有된 Scrap은 유전되어 Return Scrap에 반복해 들어감으로 가단주철제조시 가장 禁해야 하는 元素이다.

E) 其他의 諸元素

黑鉛化에 미치는 諸元素의 影響은 黑鉛化의 促進劑와 阻害劑의 2가지로 大別한다. 黑鉛化에 미치는 諸元素의 影響에 對한 研究는 옛날부터 많이 이루어져 왔다. 그러나 同一元素이라도 阻害 또는 促進의 強弱에 차이가 많거나 천연 다른 결과를 나타내는 경우도 있으므로 주의해야 한다. 이러한 여러가지 결과를 다음 表에서 참고해 주기 바란다.

흑연화를 強力히 促進하는 元素는 O表 弱한 元素는 X表로 表示하고 있다. 微量 또는 少量의 경우는 左側에 그 含量이 增加할 경우는 右側에 表示해 두었다. 研究한 사람에 따라 결과가 조금씩 다른

報告書도 있으나 약 20여종의 合金元素가
가단주철에 미치는 영향의 결과는 다음 表와
같다.

黑鉛化 促進劑

弱, - Sb, Co, Cu, P, U, Zr

黑鉛化 阻害劑

弱, - S가 存在할때 Ce 및 La, Se 微量의 Te

中, - Mo, W, Mn, Bi

強; - 0.10% 이상의 B, V, S, Cr, Sn, Zn,

As.

中, - 0.10% 이하의 B, Ni, Ca

強, - Al, Si, Ti 흔적의 B

57~71
La

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b	
I														H ●		He	
II	Li		Be ○			B ○ ○→●		C ○		N ●		O ●		F ●		Ne	
III	Na		Mg △ ○→●			Al ○ ○→●		Si ○		P △○		S ●		Cl ●		Ar	
IV	K		Ca ○		Sc		Tl ○ ○→●		V ●		Cr ●		Mn ●		Fe ○	Co ○	Ni ○
		Cu ○		Zn		Ca △		Ge		As △●		Se ●		Br			Kr
V	Rb		Sr		Y				Nb		Mo ●		Ma		Ru	Rh	Pd
		Ag		Cd △		In		Sn ●△		Sb △○		Te		J			X
VI	Cs		Ba		Ca ●		Hf		Ta		W △●		Re		Os	Ir	Pt ○
		Au ○		Hg △		Tl		Pb		Bi ○△				?			Em
VII	?		Ra		Ac		Th		Pa		U ○						

白銑의 黑鉛化에 미치는 諸元素의 影響

그러나 위의 表中에서 Al, Ti, B 은 脫酸
에 必要한 量 以上으로 첨가하면 阻害效果
가 나타나며 Te 과 Bi 는 鑄造時 黑鉛析出
을 防止하기 때문에 微量을 使用하여 熱處
理를 단축하기도 한다.

Cu 와 Mo, Ti 와 V 등도 흑연화 억제효과와
촉진효과를 혼합하여 利點을 살려 미국에서는

여러가지 특허를 갖고 있다.

F) 含有하는 霧困氣나 Gas 의 影響

여러가지 Gas 가 白銑의 黑鉛化에 미치
는 影響을 檢討하면 다음과 같다.

(a) O₂ : (酸索)

酸索은 一般的으로 白銑의 黑鉛化를 防害

한다.

그러나 그 영향은 限度가 있어 一定量 이상이면 勿論 나쁘지만 一定量以下로 적을때도 역시 害한다는 說도 있다.

아무튼 O_2 분위기는 黑鉛化를 늦게 하거나 脱炭을 促進함으로 분위기에 주의해야 한다.

(b) CO_2

含有한 CO_2 는 黑鉛化의 核을 만들기 때문에 促進한다고 본다. CO_2 분위기는 燻연화를 促進하기도 하고 脱炭效果를 助長한다.

(c) CO

含有하는 CO 는 黑鉛化를 促進하여 열처리 效果를 좋게 하며 CO 분위기도 黑鉛化를 좋게 한다.

(d) N_2

N_2 는 溶湯에 含有하면 黑鉛化를 妨害한다. 특히 高温熔解時 많이 含有하게 된다.

N_2 분위기중의 燒鈍은 燻연화에 別로 關係가 없는 것으로 알려져 있다.

純粹한 N_2 분위기는 脱炭을 防止하기도 한다.

(e) H_2

含有하는 H_2 는 燻연화를 저해한다.

H_2 는 溶湯中에 쉽게 흡수되고 쉽게 出放됨으로 Mottle 防止에 利用하기도 한다.

H_2 분위기는 燻연수를 감소하고 燻연화 시간을 길게하며 鑄物의 Blow Hole 과 高温龜裂의 原因이 되기도 한다.

4. 熱 處 理 法

(A) 燒 鈍 炉

可鍛鑄鐵을 熱處理하는 燒鈍炉는 单独炉와 連續炉의 2 가지를 大別한다. 单独炉는 台車形 엘리베이터형, 벨형등의 형식이 있으며 소요량이나 特殊한 경우에 적합하다.

熱處理曲線은 時間에 對하여 설정되며 자유로히 조절할 수 있고 성분 살두께 그밖의 인자에 對한 용통을 생산성 보수등의 점에

서 連續炉에 뒤진다.

連續炉는 긴 터널(Tunnel)식 로내를 재료가 통과하는 방식이며 열곡선은 장소에 따라 설정되고 炉内 温度분포가 양호 하여 열효율, 생산성이 높고 대용량에 적합하므로 大工場에서 많이 사용한다. 그러나 열곡선을 변경하기 힘든 결점과 건설비가 많이 드는 것이 흠이다.

連續炉에는 台車形 트레이형 등이 있다. 특히 트레이형은 耐火物, 火熱方式등을 발달시켜 月間生産 2,500 ton 이상 霧困氣調整 燒鈍炉가 만들어 지게 되었다.

加熱의 Energy 는 微粉炭, 重油, 등유 천연Gas, 전기등이 使用된다. 그러나 發熱體의 進歩는 현저하나 경제적인 이유로 전기는 그다지 사용되지 않고 있다.

炉의 耐火物은 耐火度와 断熱性等 장소에 따라 선정하여 사용한다. 炉의 부대설비로서는 燃料의 저장소 및 공급장치 송풍 및 燃소장치 대차의 운반 및 炉内의 裝入裝置 Pot의 荷役, 反轉裝置, 材料의 반송장치 集中조작반 등으로 機械化와 自動化로 發展되어있다.

(B) Pot (포 트)

소둔용 Pot는 耐熱鋼(SCH 12, 13, 14등) Stainless 鋼 鑄鐵, 鋼板등으로 製成되는데 壽命은 耐熱鋼이 제일 길고 약 150 ~ 300 회 정도이다. 鑄鐵 Pot는 5 ~ 10정도로 짧다.

形狀은 円柱形이 가장 많은데 용량으로보면 角柱形이 유리하며 분위기 調整 소둔로에서 많이 채용되고 있다.

치수는 깊이가 1 m까지 깊은 것도 있으나 소둔왜곡에 인한 불량품을 낼 염려가

있으므로 600 m/m 이하가 많으며 두껍을 덮고 密閉하여 사용하는 것이 많으나 분위기 조정소둔 일때는 얇고 두께가 없는 것이 온도 분포의 점에서 가장 우수하다.

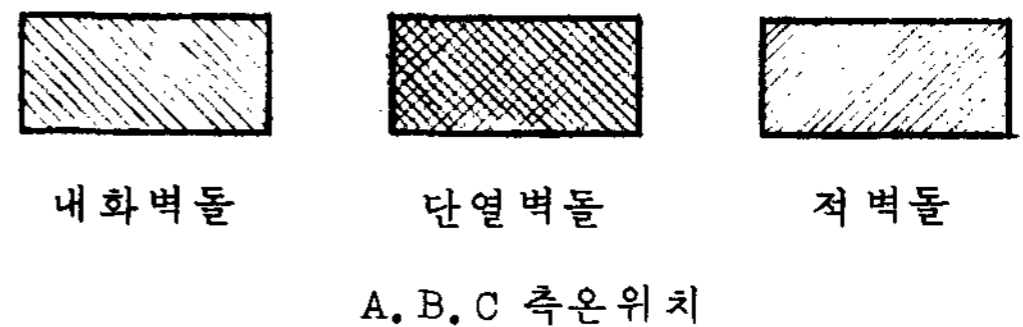
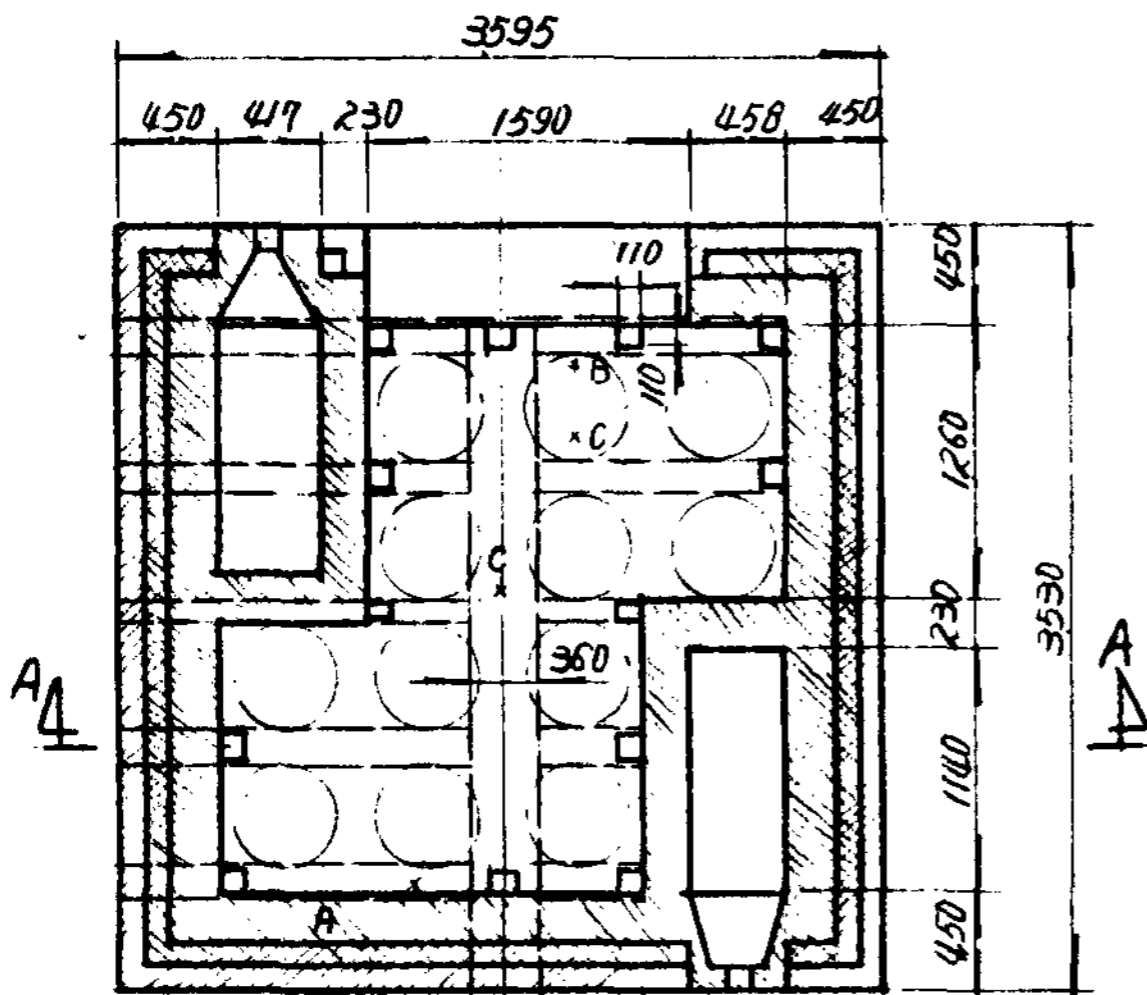
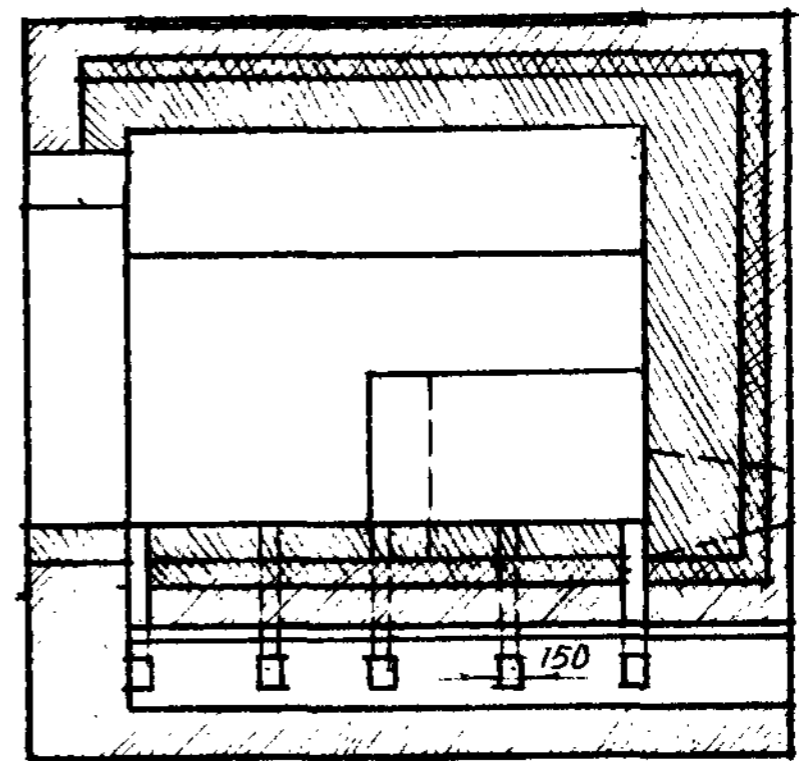
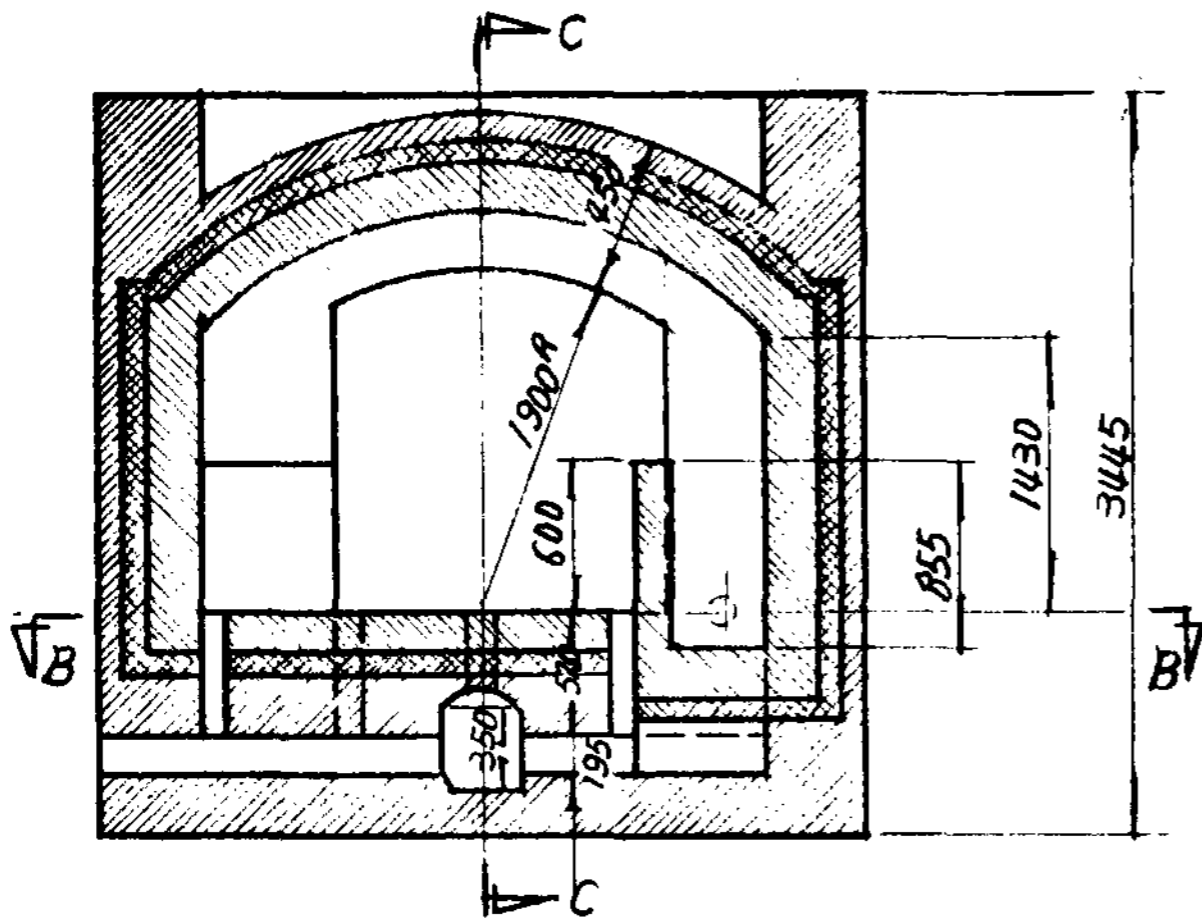
(C) 포트내의 제품의 充塡

Pot 용적의 효율이용이라는 면에서 본다면 충분히 치밀하게 적재하는 편이 좋은데 소둔형상 불량 열곡선의 부분적인 彎曲 등에서 제한이 있다. 얇고 복잡한 형상의 주물은 비틀림이 되도록 적어지도록 나열해서 충전한다.

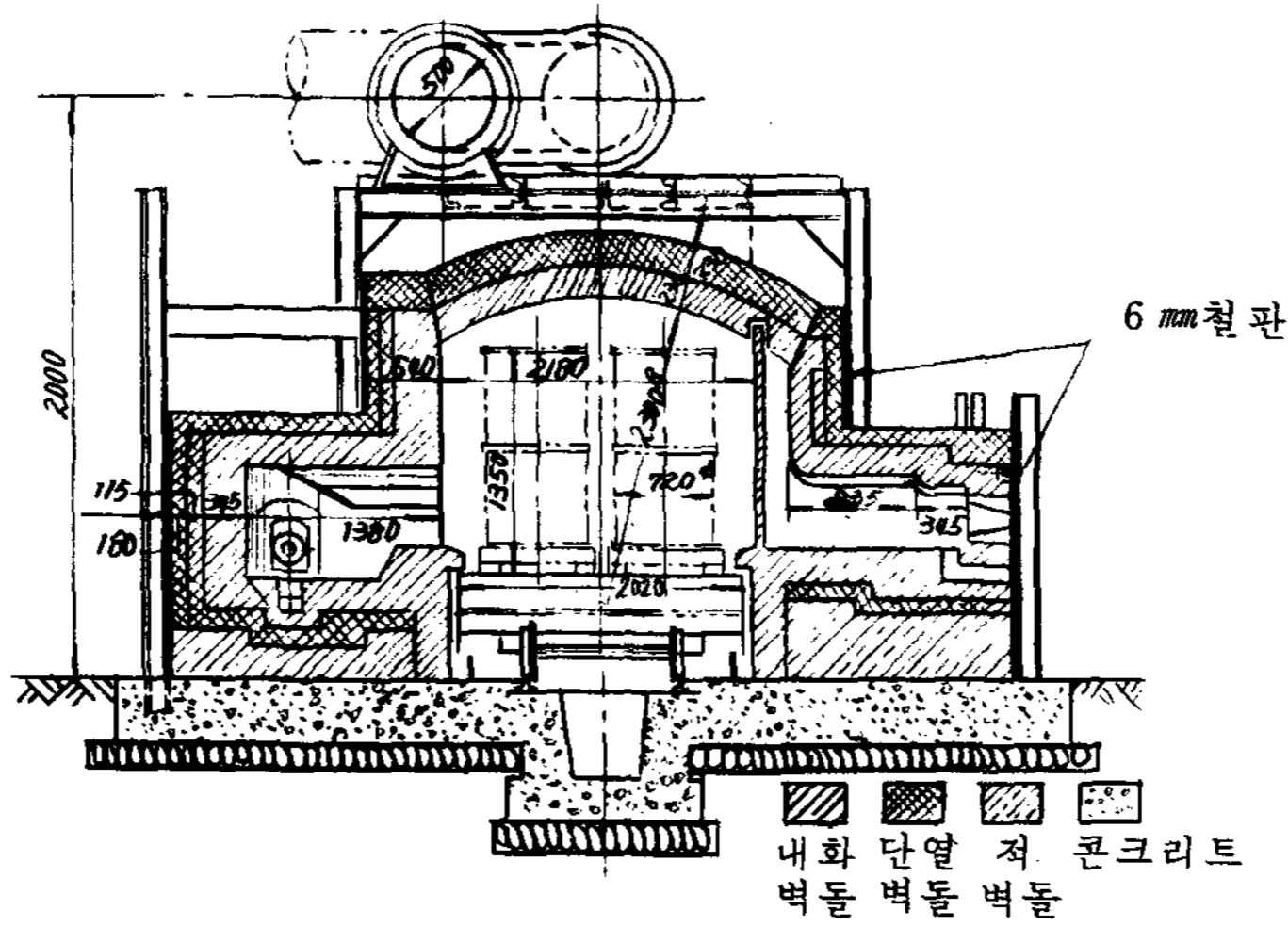
특별한 경우는 모래나 자갈로 틈새로 매우는 것도 한 방법이다.

(D) 온도 관리

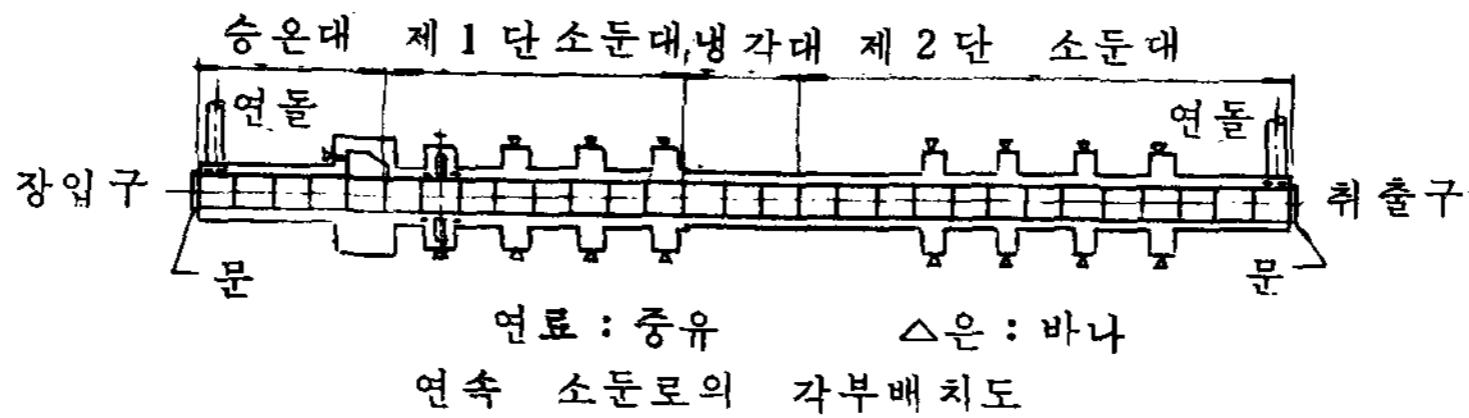
온도 관리는 소둔작업중 가장 중요한 것이며 온도측정점, 가열속도의 관리제거의 확인으로 한다. 온도의 측정점은 가령 동일 장소라도 천정과 측면등에서 상세히 행한다. 单独炉에서는 Pot 内에 熱電對를 押入하는 것이 가장 확실하고 좋다. 가열은 부분적으로 온도의 상승 저하가 없도록 각 버어너의 균형을 유지하는 동시에 버어너



3.5 Ton 중유 소둔로의 구조



500 Ton 중유용 연속 소둔로의 구조 및 주요치수



연료 : 중유 △은 : 바나
연속 소둔로의 각부배치도

는 항상 깨끗하게 유지해야 한다.
온도계는 길어도 월 1 회는 補正해야 한다.
현재 우리나라에서는 月間 500 ton 정도의 연속 燒鈍 爐를 使用하는 工場이 4 개 회사나 되고 온도設定, 溫度記錄 등을 集中操作盤을 使用하여 可鍛鑄鐵의 品質向上이나 量産体制에 많은 發展을 가져왔다.

5. 結 論

가단주철의 熱處理는 諸論에서 論한 것 과 같이 많은 因子에 影響을 받고 있음으로 良好한 製品을 生産하는 데는 많은 연구와 엄격한 品質管理가 必要한 것이다.

특히 熱處理를 左右하는 것은 무엇보다도 용해시 成分 元素에 가장 민감함으로 좋은 容湯을 얻도록 해야 하며 可能하면 Cupola 单独溶解보다는 電氣 爐 (유도로) 와의 二重溶解로서 成分調整이 容易한 作業

을 하고 低炭素 高珪素 1.5 % 内外의 白銹을 얻도록 해야 한다.

여기에다 B1 와 B 을 微量 添加시켜 Mottle 發生을 防止하고 黑鉛粒을 微細化시켜 黑鉛化 時間을 단축시키는 方法을 採択함이 좋다고 본다.

이미 우리나라의 가단주철 工業은 国内 수요보다 生産이 포화되었을 뿐 아니라 品質面에서도 外国製品에 손색없이 輸出産業으로 까지 成長되어 年間 約 2,000 万 弗까지 外貨획득이 可能한 業種으로까지 發展을 가져온 분야이기는 하지만 날로 치열한 國際 경쟁력을 강화하고 球狀黑鉛鑄鐵의 發達으로 인한 可鍛鑄鐵의 市場侵蝕을 防止하기 위하여도 한층 可鍛鑄鐵의 熱處理에 研究와 努力을 傾注해야 할 것이라고 思料되며 이 不完全한 記錄이나 鑄物人 同行者 여러분에게 조금이라도 도움이 되기를 빌면서 붓을 놓는다.