

電氣抵抗爐

를 위한 에너지節約 對策

卓 勝 鎬
(KORSTIC 技術部前任技術員)

1. 序 言

電氣抵抗爐는 運轉과 溫度制御가 容易하며 安全하고 또한 環境을 汚染시키지 않는 등의 利點이 있어서 熱處理나 鋼材의 加熱關係에 廣範圍하게 使用되고 있다.

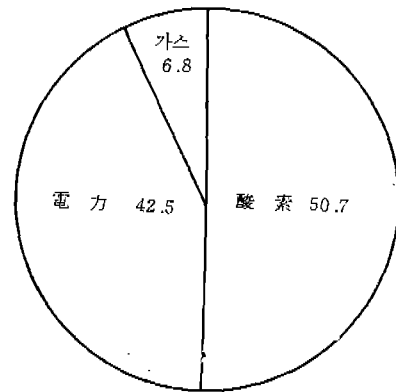
一般的으로 製鋼工程에 있어서 費用에 너지의 種類를 보면 [그림 1]과 같이 精鍊用 酸素를 除外하면 거의 電力으로서 이것을 用途別로 分類하면 [그림 2]와 같다. 또한 最近 環境保全에 관한 規制強化와 作業環境改善 및 環境設備(集塵設備)에 使用되는 것이 大部分으로서 約 10KWh/t - Steel로 되에 있다.

그러나 環境設備用 電力使用量은 工場의 立地條件에 의한 것으로 今後 增加하는 方向이다.

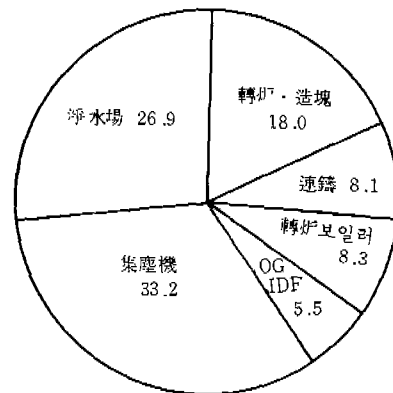
2. 電氣抵抗爐의 熱效率

[表 1]은 大形 連續爐의 設計基準을 나타낸 것으로서 이들 爐의 加熱量은 設備容量의 60~65% 電力으로 加熱할 수 있는 重量을 豫想한 것이며 나머지 35~40%는 爐壁 등으로부터의 損失熱量이다. 그리고 燃燒爐에 있어서 排가스損失이 없는 電氣抵抗爐의 熱量損失은 거의 爐壁의 熱放散에 의

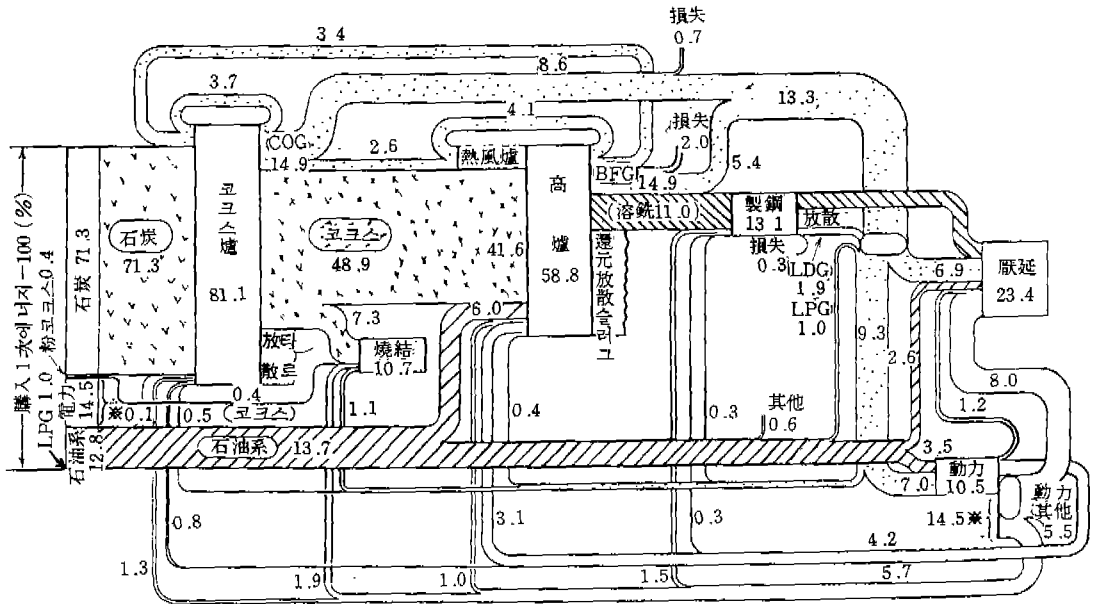
[그림 1] 轉爐에너지의 種類別構成



[그림 2] 轉爐工場의 用途別 電力使用 構成



[그림 3] 中規模製鐵所의 에너지흐름도



한 것이다.

日本工業爐協會가 調査한 電氣抵抗爐의 運轉狀況에 의하면 熱效率은 一般的으로 約 30%로 定하였으나 80~90% 以上の 高効率로서 運轉되고 있는 爐가 있다고 한다.

또한 同調査에 의하면 데이터를 解析해서 處理重量과 爐의 外表面積 및 爐의 外壁溫度와 熱效率關係를 [表 2]와 같이 報告했다.

3. 電氣抵抗爐의 에너지節約對策

生産現場에 있어서 電氣抵抗爐의 에너지節約을 考慮한 경우 部品重量當 消費電力量으로 表示된 原單位(KWh/kg)를 根據로 하는 것이 適切하다.

$$\text{原單位} = \frac{\text{月間的 消費電力量(KWh)}}{\text{月間的 處理部品重量(kg)}}$$

[表-2] 高効率運轉을 위한 必要條件

(效率은 定常時의 %를 表示한다)

[表-1] 大型連續爐의 熱收支設計基準

(로울러패스型霧圍氣爐)

	A	B
加熱容量 (kg/h)	1,820	1,270
加熱溫度 (°C)	900	900
加熱容量에 대한 必要熱量 (kcal/h)	254,800 (64.4%)	177,800 (59.8%)
全損失熱量 (kcal/h)	140,827 (35.6%)	119,628 (40.2%)
1. 爐壁側面	40,049 (10.1%)	19,210 (6.5%)
2. 爐壁天井	15,269 (3.9%)	8,216 (2.8%)
3. 爐壁底面	20,148 (5.1%)	6,688 (2.3%)
4. 裝入口	1,870 (0.5%)	18,685 (6.3%)
5. 裝出口	1,869 (0.5%)	11,014 (3.7%)
6. 霧圍氣가스顯熱	25,898 (6.5%)	28,776 (9.7%)
7. 其他	35,991 (9.0%)	27,039 (9.0%)
全必要熱量(kcal/h)	395,897 (460kW)	297,828 (346kW)
設備容量(kW)	525	340

	效率 50 %	效率 50 %
浸炭구름	Δt가 40°C 以下 M/A值가 5 以上	Δt가 40°C 以下 M/A值가 10 以上
燒入구름	Δt가 40°C 以下 M/A值가 3 以上	Δt가 35°C 以下 M/A值가 10 以上
燒炭, 燒準純, 燒準구름	Δt가 40°C 以下 M/A值가 5 以上	Δt가 40°C 以下 M/A值가 15 以上
其他구름	Δt가 40°C 以下 M/A值가 5 以上	Δt가 30°C 以下 M/A值가 10 以上

注) M : 單位時間當 處理量(kg/h)

· 浸炭爐인 場合

$$M = \frac{\text{處理量(크로스)kg}}{1 \text{ 차지}} \times \frac{1}{\text{차이할時間(h) / 1 차지}}$$

· 運轉爐인 場合

M = 單位時間當 處理量(크로스)

A : 爐外表面積 (m²)

M/A : 爐外表面積當 處理量 (kg/h, m²)

Δt : 爐外壁溫度와 周圍溫度差 (°C)

[表-3] 熱處理用途別熱効率 (定常時)의 最高值, 最低值,

熱處理用途구름	最高効率	最低効率
1. 浸炭, 浸炭燒入, 浸炭窒化, 擴散處理	88.6%	7.1%
2. 燒入, 燒進, 燒鈍	98.8	5.8
3. 燒戻	94.8	28.6
4. 球狀化燒鈍	54.7	49.7
5. 窒化	41.0	16.7
6. 溶体化處理머레이신터	79.4	14.4
7. 其他	75.4	16.2

上記 電力量은 部品の 加熱, 治具의 加熱, 爐의 蓄熱 및 爐壁 등으로부터의 熱放散에 의한 損失로서 消費되는 電力의 總和이다.

[1] 加熱時間의 短縮

部品の 加熱時間을 短縮한다는 것 즉 處理時間을 短縮함으로써 原單位를 내리는 것이 可能하다. 따라서 第一 먼저 實施해야 할 對策이다.

熱處理 등에 있어서 鋼材의 加熱時間은 다음과 같다.

(1) 部品の 昇溫時間

單体の 處理品을 加熱하여 表面이 設定溫度에 到達할 때까지의 所要時間은 다음 式으로 求할 수 있다.

$$T = \frac{C \cdot W \cdot (T_1 - T_0)}{R}$$

$$R = \frac{r_1 - r_2}{\ln \frac{r_1}{r_2}}$$

$$r_1 = 6 \left\{ \left(\frac{T_1 + 273}{1,000} \right)^4 - \left(\frac{T_0 + 273}{1,000} \right)^4 \right\} A$$

$$r_2 = 6 \left\{ \left(\frac{T + 273}{1,000} \right)^4 - \left(\frac{T_1 + 273 - 10}{1,000} \right)^4 \right\} A$$

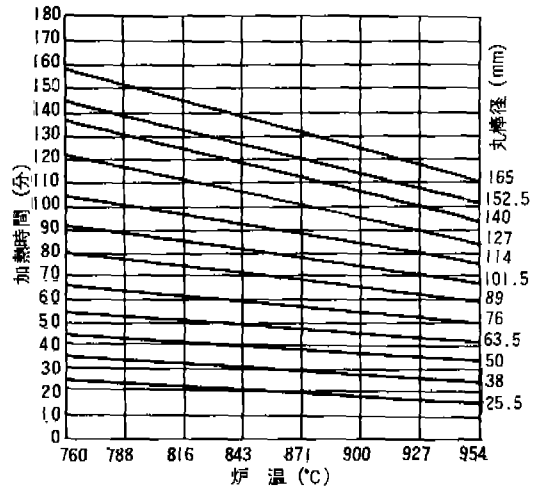
- 여기서. T : 加熱時間(h)
- C : 比熱
- W : 單位受熱 面積當 重量 (kg/m²)
- T₁ : 加熱溫度
- T₀ : 裝入時의 處理品溫度(°C)
- R : 處理品이 加熱溫度에 到達할 때까지 받는 總輻射熱量
- r₁ : 處理品이 裝入될 경우 받는 輻射熱量
- r₂ : 處理品이 T₁-10로 加熱될 때 받는 輻射熱量
- A : 吸收率(0.7)
- 6 : 黑體輻射係數(4.88)

[그림 4]는 丸棒, [그림 5]는 板이 各 寸數別로 設定溫度에 到達할 때까지의 時間을 表示한다. 단 이것은 單位加熱인 경우 加熱時間을 求하는 것이나 實際作業에서는 裝入量이 많으므로 單品과 달라서 均一하게 加熱할 수 없다. (그림 6, 7 參照)

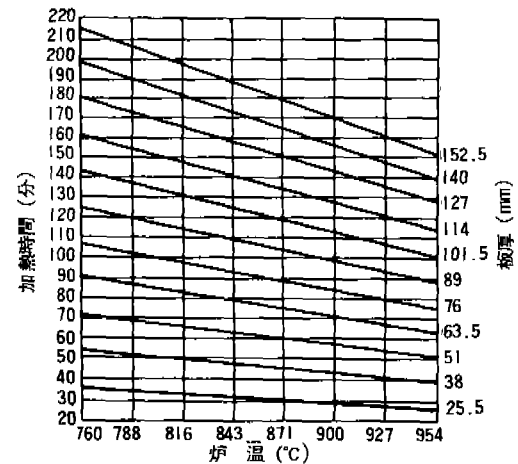
(2) 表面과 中心의 時間差

厚板部品인 경우 表面이 設定溫度에 到達해도 中心部는 溫度가 매우 낮다고 生覺하는 것은 잘못이다. [表 4]는 處理部別로 表面溫度가 設定溫度에 到達한 後 中心과 表面의 溫度差가 없어지는 均熱狀態에 到達할 때까지의 時間을 表示하나 短時間이 됨을 알 수 있다. [表 4 參照]

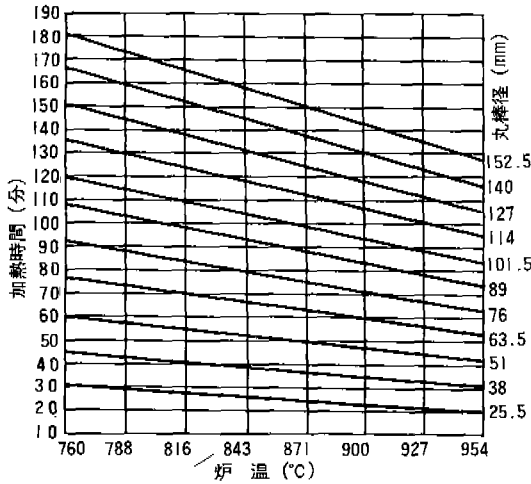
[그림 4] 均一加熱(丸棒)



[그림 5] 均一加熱(板)



[그림 6] 不均一加熱(丸棒)



[表-4] 表面과 中心의 時間差

直徑(mm)	25	50	100	200	直徑(mm)	25	50	100	200
溫度(°C)	秒			分	溫度(°C)	秒			分
50	3	12	48	3.2	650	8	31	122	8.1
100	3	13	50	3.3	660	9	34	137	9.2
150	3	13	53	3.5	670	10	38	154	10.2
200	4	14	56	3.7	680	11	42	169	11.3
250	4	15	59	4.0	680~780°C 사이는 適用할 수 없다				
300	4	16	63	4.2	780	10	39	158	10.5
350	4	17	68	4.5	790	9	34	137	9.2
400	5	18	73	4.9	800	7	30	119	7.9
450	5	20	81	5.4	850	7	28	112	7.5
500	6	22	90	5.0	900	7	26	105	7.0
550	6	25	99	6.6	950	6	25	100	6.7
600	7	28	110	7.3	1,000	6	24	95	6.4

(3) 오스테나이트화 時間

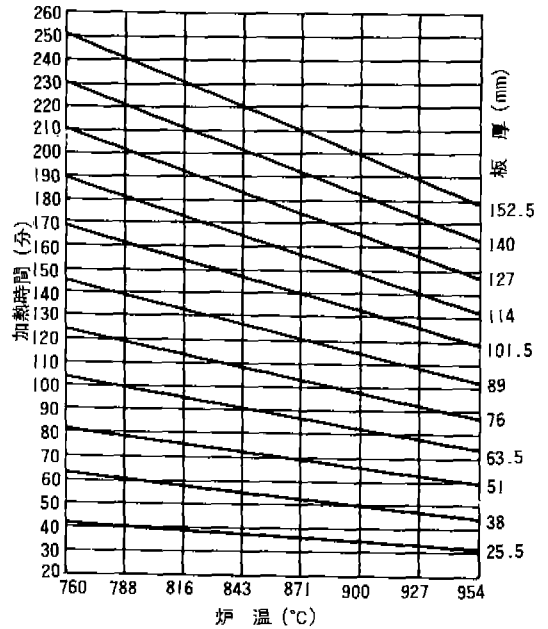
熱處理를 할 때 從來부터 燒入溫度에서의 여러 가지 維持가 規定되어있으나 이것은 實質的으로 明確한 根據에 의한것은 아니다. 많은 試驗結果 一般的으로 燒入溫度的 維持時間은 必要치 않다.

鋼은 A_{c3} 變態點 以上으로 加熱하면 곧 오스테나이트화 되나 燒入溫度는 A_{c3} 變態點+50°C가 一般的으로 使用된다. [그림 8, 9]는 오스테나이트화 曲線을 나타낸다.

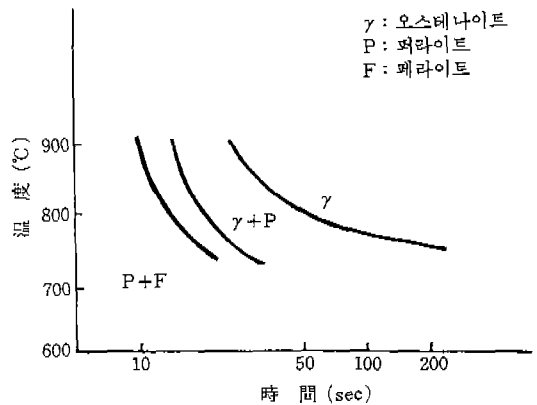
[2] 治具重量의 輕減

部品을 爐內에서 加熱하는 경우 部品을 持支하는 治具를 裝入加熱함으로써 原單位를 向上시키고 있다. 그러나 治具를 使用하지 않거나 또는 治具

[그림 7] 不均一加熱(板)



[그림 8] 0.3%C 炭素鋼의 오스테나이트화 曲線



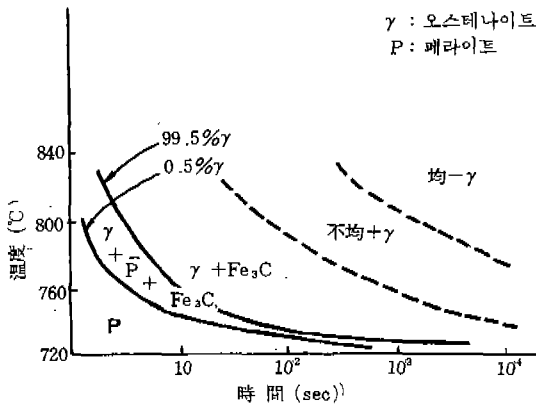
의 重量이나 利用個數를 減少시킬 必要가 있다.

[3] 部品裝入量의 增大

爐의 加熱能力이나 部品의 裝入量을 增加시키는 것도 原單位를 節減하는 것이다. 作業密度가 높아지면 運轉中の 電力消費는 많아지나 作業時間이 短縮되므로 部品重量當의 熱損失이 적어진다.

一般的으로 公稱能力(kg/h) 以上으로 加熱能力을 갖고 있는 것이 普通이나 이것은 爐設計基準에

[그림 9] 0.7% C 炭素鋼의 오스테나이트化 曲線



있어서 若干의 余裕率이 豫想되므로 [表 1]과 같
이 500kW 大形 連續爐에서는 公稱能力 1,820kg/h
가 된다.

實際로 薄板部品은 2,400kg/h로서 加熱된 事例
가 많다.

[4] 爐의 維持溫度

爐의 昇溫과 降溫의 反復은 爐의 蓄熱 때문에 熱
量을 損失하게 된다. 따라서 일단 昇溫해서 運轉
狀態에 들어가면 될수 있는 限 連續作業을 繼續하

는 것이 바람직하다. 그러나 아이들링(空爐)이나
機械의 交替로 因하여 長時間 미치는 경우 爐를 停
止시키거나 溫度를 내리는 것이 좋다. [그림 10]은
一例를 表示하며 複數의 同種爐를 갖는 경우 生産
計劃을 減少시켜 操業을 研究하지 않으면 안된다.

[5] 設備의 改善

(1) 세라믹파이버에 의한 라이닝

電氣抵抗爐에 있어서 熱損失의 大部分은 爐壁으
로부터의 熱放散으로서 될 수 있는 限 爐의 外壁
溫度를 내리는 것이 良好하다. 또한 배치操業爐인
경우 蓄熱量이 큰 爐는 熱效率이 낮게 되며 最近
脚光을 받고 있는 것은 세라믹파이버에 의한 라이
닝으로 [表 5]는 既在 비트形 浸炭爐를 改造한 것
이다.

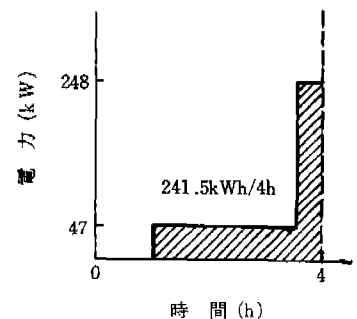
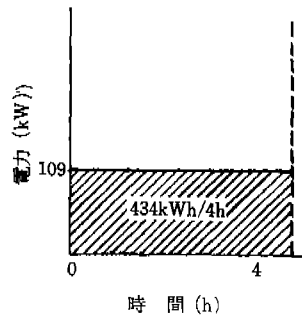
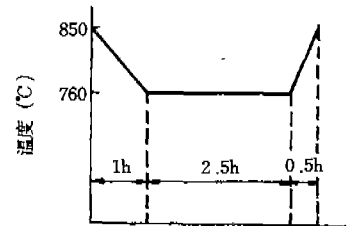
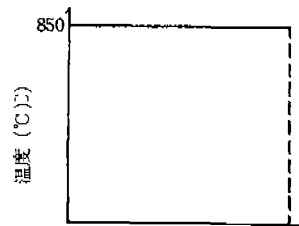
[表-5] 비트浸炭爐에 있어서의
세라믹 파이버의 適用

	改造物(爐壁材 耐 火物)	改造後(爐壁材 세 라믹 파이버)
1 사이클當 電力消費	444kWh	358kWh

注) 處理重量(그로스 728kg), 浸炭깊이 1.1~1.5mm
浸炭溫度 930°C

(1) 850°C에서 維持인 경우

(2) 760°C에서 維持인 경우



[그림 10]

空爐時維持溫度와 電力消費
(大型 零圓氣爐의 경우)

[表 6] 連續式加熱爐의 各種側壁構成比較

壁厚	(A) 350mm	(B) 400mm	(C) 420mm	(D) 430mm	(E) 470mm	(F) 470mm
加壁構成						
放散損失	1500 kcal/m ² .h (100%)	1210 kcal/m ² .h (80.7%)	1170 kcal/m ² .h (78%)	1270 kcal/m ² .h (84.7%)	1050 kcal/m ² .h (70%)	1020 kcal/m ² .h (68%)

(2) 霧圍氣가스의 再利用

處熱理인 경우 可燃性 霧圍氣가스와 프레이머킹을 使用하고 있는 것이 많으나 從來는 外部로 放出하였던 것을 部品の 豫熱이나 洗淨液의 加熱 등에 再利用하는 경우가 增加하고 있다. 그리고 原單位에 關係치 않은 경우도 있으나 有効適切한 에너지節約對策을 取하고 있다.

(3) 設備의 仕様

新規設備을 發注하든가 外壁溫度, 爐壁材 또는

爐壁의 外表面積當 處理重量 등을 留意해서 仕様을 決定해야 된다.

4. 今後 課題

以上 電氣抵抗爐의 에너지節約에 關해서 記述했으나 作業의 改善과 設備의 改良 兩側面에서 接近해야 目標에 到達할 수 있을 것이다.

