

아아크爐에 있어서 省에너지

技術資料

福本行男 <日本大同特殊鋼(株)>

李根喆* <高麗大 大學院>

目 次

1. 緒 言
2. 熱精算結果와 省에너지의 方向性
3. 溶解期에 있어서 省에너지 技術
4. 精鍊期에 있어서 省에너지 技術
5. 設備管理改善에 의한 省에너지 技術

1. 緒 言

1973年の 石油危機以來 資源에 대한 認識과 에너지에 대한 價値觀이 커져서 各國에서는 代替에너지의 開發利用과 省에너지를 主要課題로 하고 있다.

省에너지란 간단히 말하면 個人, 組織, 社會, 國家가 나아가서는 人類의 目的達成을 위하여 에너지를 利用할 경우 될 수 있는 限 目的에 一致하도록 最小의 에너지를 사용하는 것이다.

에너지需要의 增大는 이의 效率化의 實績에도 不拘하고 人類의 欲望增大나 人口의 增加에 의해서 指數函數의 形式으로 增大된다고 한다. 따라서 省에너지는 經濟나 技術의 進歩에 依存하는 것도 아니며 人類의 欲望增大와 Trade-off 關係에 있도록 節約이나 倫理感, 習慣 및 儉約의 美德 또는 生活樣式의 變化 등 以外에 産業構造와 社會시스템의 變更과 같은 構造變化에 의한 部分도 있다는 것이다.

이 중에서 어느 部分은 石油價格이나 에너지價格의 上昇에 의한 市場메카니즘에 의해서 省에너지化나 技術進歩를 促進하는 것도 있으나 特別히 財政的, 行政的, 施策이 必要한 部分이 있다. 以上과 같이 省에너지는 節約이나 儉約에 의한 것과 構造變化와 技術進歩에 의한 것 또는 政策誘導에 의한 것 등으로 集積되어 있으며 이것들은 個人에서 國家의 層에 이르기까지 小위 階層에 걸쳐서 努力의 積分으로 達成할 수 있는 것이다.

本稿에서는 最近 日本大同特殊鋼(株)에서 研究開發한 아아크爐의 省에너지 技術事例를 中心으로 考察하고자

한다.

2. 熱精算結果와 省에너지의 方向性

2.1 熱精算結果

表 1은 最近發表된 아아크爐의 熱精算結果의 一例로서 아아크爐의 熱精算方式은 日本工業規格 G0703으로 定해져 있으나 이 데이터도 基本的으로는 JIS方式에서 구한 것이다. 備考欄에 나타난 對象爐등은 測定條件이

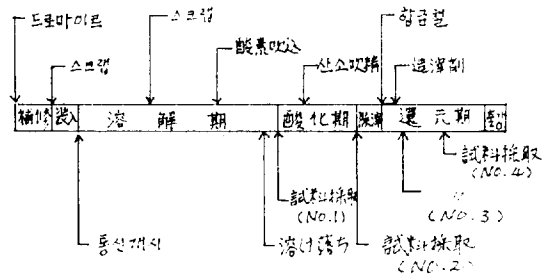


그림 1. 아아크爐熔製作業의 標準사이클

아아크爐의 省에너지

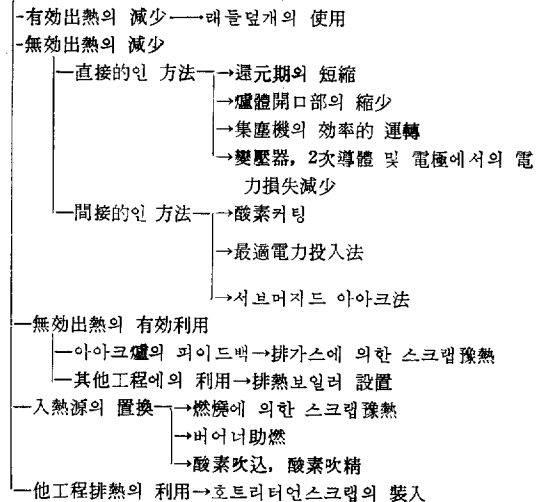


그림 2. 아아크爐省에너지의 考察方法

* 正會員: KORSTIC 技術情報部次長

表 1. 아아크爐熱精算結果의 一例

對 象 爐		100t AF ³⁾		70t AF ⁴⁾		50t AF ⁵⁾		30t AF	
		熱量/溶鋼t (10 ³ kcal)	比率 (%)	熱量/溶鋼t (10 ³ kcal)	比率 (%)	熱量/溶鋼t (10 ³ kcal)	比率 (%)	熱量/溶鋼t (10 ³ kcal)	比率 (%)
入	電力의 熱量	452.6	68.8	438	76.3	465.9	87.9	305.3	51.9
	其他의 燃料發熱量	—	—	—	—	—	—	—	—
	電極의 酸化熱	29.6	4.5	22	3.8	22.2	4.2	30.0	5.1
	元素의 酸化熱	169.1	25.7	103	17.9	37.3	7.0	251.8	42.8
	슬러그의 生成熱	6.6	1.0	11	1.9	5.0	0.9	1.2	0.2
合 計		657.9	100.0	574	100.0	530.4	100.0	588.3	100.0
出	熔鋼의 保有熱	353.3	53.7	326	56.8	324.5	61.2	345.1	58.7
	슬러그의 保有熱	48.0	7.3	51	8.9	31.8	6.0	56.2	9.5
	冷却水 出 熱	63.2	9.6	34	5.9	48.4	9.1	20.7	3.5
	變壓器 損失熱	21.1	3.2	6	1.0	4.7	0.8	4.9	0.8
	二次導體·電極損失熱								
	其他排熱損失熱 (排가스, 爐體放散熱 등)	172.3	26.2	157	27.4	125.7	23.7	156.7	26.7
	合 計		657.9	100.0	574	100.0	530.4	100.0	588.3
備 考				中炭素構造用鋼의 3連爐溶解사이클		溶解期안으로 測定結果		스핀레스鋼의 1熔解 사이클測定結果	

다르므로 이에 의해서 爐容量의 變化에 對應한 熱效率의 傾向을 論할 수 없으나 現在 아아크爐의 熱效率水準을 약간 알 수 있다. JIS G0703에서 定義된 熱效率은 表 1에서 熔鋼의 保有熱比率와 슬러그의 保有熱比率를 加한 것으로서 이 경우 熔解사이클로서 61~68%의 水準이 된다.

2.2 省에너지의 方向性

省에너지의 方向性에 있어서 基本이 되는 것은 아아크 爐熱效率의 向上으로서 아아크爐의 熱效率은 JIS G0703에서 (1)式과 같이 定義되어 있다.

$$\text{熱效率} = \frac{\text{熔鋼保有熱} + \text{슬러그保有熱} + \text{分解反應熱}}{\text{入熱의 合計} - \text{熔銑保有熱} - \text{熔銑保有熱}} \times 100\% \quad (1)$$

단 入熱의 合計 = 出熱의 合計

上記式에서 아아크爐熱效率向上策으로 생각되는 것은 總出熱에서 熔鋼保有熱 등의 有効出熱을 나눈 나머지의 無効出熱의 減少를 圖謀하는데 있다. 表 1에서 無効出熱을 큰 順序로 表記하면 排가스, 爐體放散熱 등의 損失熱 → 冷水損失熱 → 2次導體, 電極, 變壓器 등의 電氣의 損失熱이 된다. 이 중에서 冷却水損失熱은 耐火物壽命이 강해서 單純히 그의 低減을 指向할 수 있는 段階에 이르지 못하나 排가스와 爐體放散熱 등 損失熱이나 電氣의 損失熱은 極力 그 減少를 推進할 수 있는 性質의 것이다.

無効出熱의 減少는 出熱의 有効利用을 圖謀함과 同時에 有効한 省에너지對策이 되며 아아크爐의 入熱로서 피이드백하는 方法과 其他 用途로서 使用이 大別된다.

前者인 경우 아크爐의 熱效率을 直接的으로 높이나 後者인 경우 事業場全體로 볼 때 토달에너지의 減少가 된다.

其他 아아크爐에 대한 省에너지의 考察方法으로 다른 工程의 排熱을 아아크爐의 入熱로서 利用하는 方法이나 高價格의 入熱源인 電力의 一部를 石油系燃料로서 置換하는 方法 등이 있다.

3. 熔解期에 있어서 省에너지 技術

3.1 스크랩商品의 影響

스크랩의 品質(不純物成分, 熔解留步 및 形狀 등)은 商品에 의해서 다르나 이것에 의해서 아아크爐의 電力原單位는 크게 左右된다. 例를 들면 P나 S 등 不純物成分이 높은 商品을 사용하는 경우에는 精鍊이 必要하며 時間延長에 의해서 放熱損失增加分과 精鍊에 必要한 플럭스 즉 生石灰나 螢石의 熔解增加分에 相當하는 電力量이 必要하다. 또한 熔解留步가 나쁜 경우 슬래그나 더스트가 되는 것을 餘分으로 加熱하게 된다.

한편 스크랩形狀과 電力原單位의 關係는 많은 報告가 있으나 形狀을 計기하는 아아크가 安定하여 電力投入密度가 上昇되었으며 그 結果 熱效率이 向上되어 電力原單位가 低減되었다.

表 2는 이들 스크랩의 質品이 아아크爐의 電力原單位에 미치는 影響을 把握하기 위하여 行한 특수한 實驗 熔解의 結果를 나타낸다. 實驗은 2連爐를 利用해서 스크랩商品別로 單獨溶解를 行하였다.

一般적으로 프레스品은 形狀이 크고 熱傳達가 나빠

表 2. 스크랩 高品質單獨溶解試驗結果

銘 柄	溶解리트數	熔落까지의 所要時間 (min)	溶解留步(%)	熔落까지의 電力原單位 (kWh/裝入t)	電力原單位 (kWh/溶融t)
新斷 프레스	3	73	99.0	615	621
다라이 프레스	2	71	86.9	676	778
A 프레스	2	90	90.2	753	835
플 로 러	2	50	94.1	475	505
甲 山	2	58	93.6	537	574

新斷프레스:自動車메이커의 프레스工場에서 發生하는 薄板의 프레스加工스크랩을 스크랩프레스로서 加工한 것
 다라이프레스:機械切斷된 얇은 스크랩을 프레스한 것
 A 프레스:두께 1~3mm의 鐵板을 프레스加工한 것
 플 로 러:플로워스틸社가 開發한 高速回轉해머로서 가늘게한 스크랩
 甲 山:市中에서 一般的으로 鐵屑라고 부르는 老廢스크랩

서 溶解時間이 길므로 多量의 電力量을 必要로 하나 同一한 프레스品에도 種類에 따라서 熱傳速度에 影響을 주는 프레스性이 다르며 또한 留步에 의하여 差異가 있어 種類間에도 所要電力量에 差異가 있다. 表 2와 그림 3에 新斷프레스, 다라이프레스 및 A프레스 순으로 電力原單位가 惡化된다는 結果를 表示하고 있다.

3.2 호트리턴스크랩의 裝入

造塊工程에서 發生하는 餘湯이나 熱間壓延工程에서 發生하는 切斷스크랩들을 冷却되어 있지 않은 狀態에서 아아크爐의 原料로서 裝入한다면 當然히 어느 溫度로 上昇될 때까지 熱量이 節約되고 이에 必要한 아아크爐의 電力量이 節減된다.

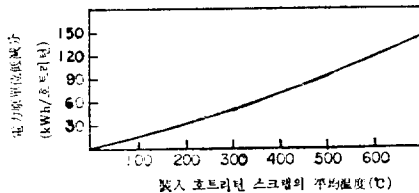


그림 3. 호트리턴스크랩裝入에 의한 節電效果

例를 들면 常溫을 $T_0^{\circ}\text{C}$, 호트리턴스크랩의 平均溫度를 $T^{\circ}\text{C}$ 로 할 때 節約電力量(ΔE kWh/호트리턴裝入t)은 다음과 같이 된다.

$$\Delta E = \frac{1000}{860} \times \frac{C_T}{Q_T} \times (T - T_0) \quad (2)$$

단 Q_T : 裝入리턴스크랩을 常溫에서 $T^{\circ}\text{C}$ 까지 昇溫시킬 때까지의 平均아아크爐熱效率

C_T : 裝入리턴스크랩을 常溫에서 $T^{\circ}\text{C}$ 까지 昇溫시킬 때까지의 平均比熱

여기서 $T_0=20^{\circ}\text{C}$, C_T 에는 中炭素鋼의 數值를 이용하였으며 $Q_T=0.8$ 인 경우 ΔE 와 T 의 關係는 그림 4와 같이 된다.

本 方法은 他의 工程排熱을 아아크爐의 入熱로서 利 아할 수 있으며 매우 合理的인 當에너지對策이 되나 問題는 熱間의 리턴스크랩을 어떻게 해서 短時間內에 아

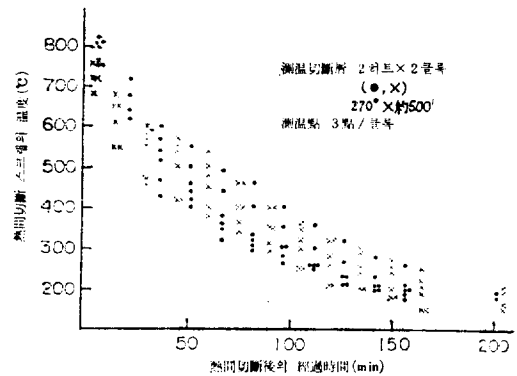


그림 4. 熱間切斷層의 溫度降下狀況

아크爐에 裝入하느냐 하는 것이다.

3.3 스크랩豫熱

普通스크랩 豫熱이라고 하는 것은 아아크爐裝入前의 스크랩에 대한 電力以外的 에너지 주로 石油系燃料를 사용해서 행하는 豫熱이다. 本來는 아아크爐의 排熱로서 豫熱을 행하였으나 實容化에는 各種 問題가 있어 石油系에너지나 天然가스를 投入해서 豫熱하는 것이 現在까지의 趨勢로 되어 있다. 電力은 發送配電의 過程에서 約 65%의 에너지損失이 發生되면서 利用者에 供給되므로 利用者側에서 使用할 수 있는 單位熱量當의 코스트는 漸次 높아지고 있다. 따라서 燃燒加熱에도 比較的 熱效率이 높고 被加熱物溫度가 낮은 領域에서는 電力으로 轉換해서 石油系燃料로 加熱하는 편이 總合的인 에너지의 節減이 된다. 그러나 本 方法은 日本에서 거의 實用化되어 있지 않다.

그림 5는 노르웨이의 Elkem-Spigerverket A.S의 開發에 의한 스크랩豫熱裝置의 原理圖로서 스크랩버케트 위에 燃燒커버가 設置되어 있고 스크랩의 위에서 아래로 버어너를 燃燒시키기는 構造로 되어 있다. 버케트 外壁의 內側에 燃燒커버로부터 冷却用 空氣를 供給하여 커버와 버케트上緣間에 시일機能을 賦果시키는 것

이나 버के트內에 耐火라이닝을 附着하지 않는 것이 特徵이다.

本方式에 의한 스크랩의 豫熱溫度는 最高 430°C 程度이나 500°C 以上으로 上昇되면 豫熱時의 熱効率が 내려가나 버케트 內面에 耐火라이닝이 必要하게 된다.

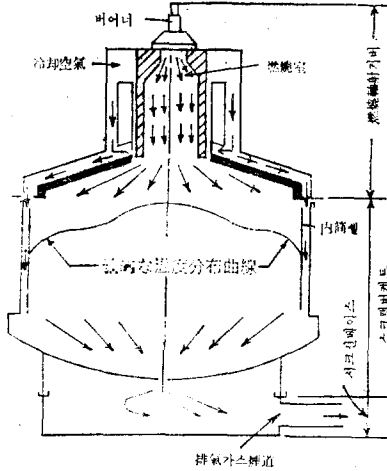


그림 5. Elkem-Spigerverket A.S. 開發의 스크랩 豫熱裝置

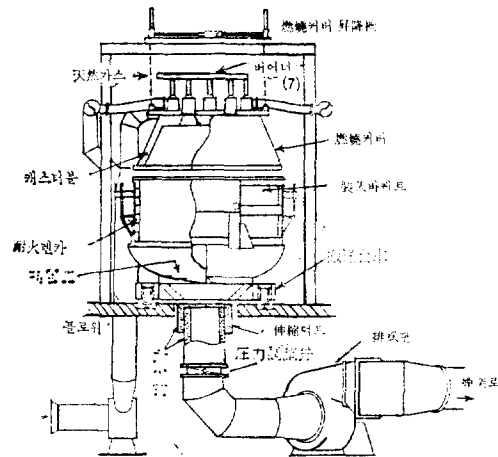


그림 6. Bethlehem Steel Co.에서 實用化시킨 스크랩 豫熱裝置

그림 6은 美國 Bethlehem Steel Co.社에서 實用化 되고 있는 豫熱裝置의 略圖이다. 豫熱燃料로서 天然가스를 使用한 裝入버킷에는 耐火粘土의 라이닝으로 되어 있다. 그림 7은 豫熱用 天然가스原單位와 아아크爐電力原單의 關係를 나타낸다.

스크랩의 豫熱溫度와 아아크爐의 節電量關係는 理論上 스크랩豫熱로서 省에너지를 達成하기 위한 基本的인

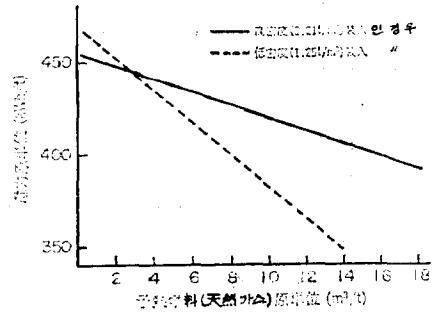


그림 7. 스크랩豫熱에 있어서 豫熱燃料과 電力原單位의 關係

前提條件이 豫熱時의 熱効率 > 아아크爐熱効率(低溫域) × 發送配電効率의 關係이어야 한다. 그러나 豫熱裝置를 위한 設備投資가 必要하므로 實用化에는 매우 低廉한 豫熱裝置를 考察해서 豫熱時의 熱効率을 높일 必要가 있다.

3.4 酸素吹込 및 커팅

아아크爐는 通電開始 후 時間이 經過하면 電極直下 近方에 스포트의인 湯溜가 形成되나 이 時點에서 湯溜로 향해서 酸素를 吹込하면 熔解가 顯著하게 促進된다. 그리고 Fe, Si 또는 C 등의 酸化에 의한 酸化熱이 發發함과 同時에 熔解時間의 短縮으로 放熱損失이 減少하므로 電力原單位의 低減을 圖謀할 수 있다.

表 3. 酸素吹込強化에 의한 操業實績에의 影響¹⁰⁾

酸素原單位 (m³/t)	裝入始~出 鋼完 (min)	電力原單位 (kWh/t)	能率 (t/h)	銑比 (%)	良塊比 (%)
1.9	160	561	27.84	4.8	94.2
5.0	150	551	30.26	5.7	94.2
13.7	129	519	34.68	11.9	93.0
21.0	119	473	37.76	18.7	93.0
27.0	112	463	39.75	26.3	91.3
37.3	105	485	39.4	37.5	89.2

一般的으로 低減量은 酸素 1Nm³/熔鋼 t當 5~10 kWh/熔鋼 t으로 되어 있으나 表 3의 實驗例과 같이 酸素吹込量이 매우 많으면 留步가 低下되어 電力原單位의 惡化를 招來하는 경우가 있다. 酸素吹込은 酸化反應에 의한 發熱을 利用하는 것으로서 酸素吹込量과 爐內 炭素量의 關係는 重要な 意味를 갖는다. 熔解期에 있어서 酸素吹込의 利點은 酸化에 의한 發熱效果以外에 爐內未熔解物의 커팅效果, 熔落前後에 있어서 熔鋼攪拌에 의한 熱効率向上이나 CO反應가스 發生에 의한 아아크의 서브머지드化 등이 있다.

특히 커팅은 未熔解스크랩의 切斷→熔鋼中の 早期落下→스크랩에 있어서 熱傳達率의 大幅的인 向上과 過程을 통해서 熔解를 顯著히 促進시키는 效果를 나타낸

다. 現在 거의 모든 아아크爐에 酸素吹込을 행하는 것은 酸素 1Nm³(電力換算 1kWh에 相當함)를 갖는 數 kWh의 熔解電力節減을 가져오기 때문이다.

3.5 버어너助燃

아아크爐버어너助燃에는 주로 石油系 燃料가 使用되고 있으며 스크랩 豫熱의 경우와 같이 아아크電力에 의한 加熱의 一部를 燃燒加熱로 置換하여 에너지의 節減을 圖謀하고 있다. 助燃法으로는 石油와 酸素의 混合燃燒, 石油와 空氣의 混合燃燒, 石油와 酸素 및 空氣의 混合燃燒 등으로 大別되나 石油와 酸素의 混合이 主流를 이루고 있다. 이 경우 助燃用으로 供給되는 酸素量은 燃料燃燒에 必要한 理論酸素量보다 상당히 많이 過剩酸素는 熔鋼中 元素酸化에 寄與된다고 생각된다.

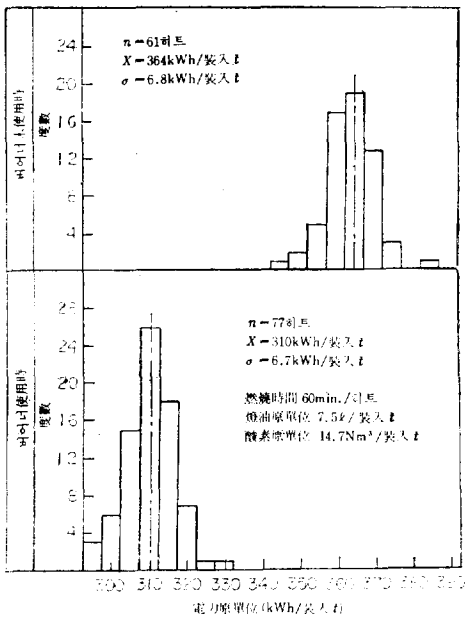


그림 8. 버어너助燃前後에 있어서 電力原單位比較

그림 8은 助燃을 實施한 경우와 實施하지 않은 경우의 電力原單位를 比較한 一例이다. 燈油 7.5l/裝入 t 酸素 14.7Nm³/裝入 t로서 助燃하고 54kWh/裝入 t의 電力原單位를 低減시키고 있으나 一般적으로 使用되는 計算法으로 에너지의 節減量을 算定하면

$$\begin{aligned} \text{에너지의 節減量(kcal/裝入 t)} &= 54\text{kWh/裝入 t} \\ &\times 2,450\text{kcal/kWh} - (7.5\text{l/裝入 t} \times 8,716\text{kcal/l} \\ &+ 14.7\text{Nm}^3/\text{裝入 t} \times 1,700\text{kcal/Nm}^3) \\ &= 4,190\text{kcal/裝入 t} = 17.1\text{kWh/裝入 t} \quad (3) \end{aligned}$$

이 되어 實質으로 17.1kWh/裝入 t에 相當하는 에너지를 節減할 수 있다.

4. 精鍊期에 있어서 省에너지技術

精鍊期은 酸化期과 還元期로 大別된다. 酸化期은 普通 材料가 熔落되어 分析用試料가 採取되는 時點에서 酸化스크랩이 除滓될때까지의 期間을 말한다.

4.1 酸化期에 있어서 省에너지技術

酸化期作業의 役割은 所定の 脫炭을 행함과 同時에 H₂ 등 가스를 除去하여 또한 除滓前에 熔鋼을 必要한 溫度까지 昇溫시키는 것이다. 一般적으로 酸化期에 들어가면 熔鋼面은 平滑하게 되어 熱放散이 많아져 熱效率이 低下된다. 따라서 이 時期의 省에너지對策은 여하간 熱效率을 높이는에 重點을 두어야 한다.

4.1.1 서브머지드 아아크法

이것은 슬러그두께를 增加시키고 電極先端을 슬러그中에 浸漬시킨 狀態로서 아아크를 發生하며 아아크輻射의 放散을 防止하는 方法이다. 이를 위하여 슬러그成分에 있는 CaO(生石灰)을 增量시키고 더욱이 슬러그性狀을 泡立의 狀態로 함과 同時에 低電壓으로 操業하여 아아크 길이를 짧게하는 方法이다. 本方法은 操業上 爐壁耐火物의 熔損防止에도 效果가 있으며 아아크爐 竈業法으로서 一般화된 通電法이다.

4.1.2 스타러의 利用

스타러(電磁攪拌誘導裝置)는 鋼中成分의 均一化와 슬러그 메탈反應의 促進을 圖謀하기 위하여 利用된다. 스타러의 電磁攪拌作用은 均一溶解의 促進에 의한 熱效率의 向上 등 熔解期 末期에 있어서 效果가 期待된다. 表 5는 아아크爐仕樣과 스타러仕樣을 나타낸다. 本爐에서는 從來電力을 438~450kWh/裝入 t으로 消費되는 時點에서 溶解期에서 酸化期로 移行하고 있으나 313kWh/裝入 t의 消費時點에서 스타러를 稼動시켜 400~425kWh/裝入 t로서 酸化期로 移行한 것이다.

5. 設備管理改善에 의한 省에너지技術

5.1 放熱損失 抑制技術

5.1.1 原料, 副原料投入時 放熱抑制

아아크爐에 있어서 原料나 副原料의 投入은 通常 爐蓋나 爐扉를 開放하여 행하고 있다. 原料(스크랩)은 大部分 爐蓋를 旋回하여 爐頂部에서 크랙웰에 投入되나 히트當 2~3회의 分割投入이 普通이다.

한편 副原料는 爐扉에서 投入되는 경우가 많으나 酸素吹精이나 出滓 등으로 爐扉는 頻繁이 開閉된다. 表 6의 計算例과 같이 單位時間當의 放熱量이 크나 事實上 放散熱은 回收가 不可能하다.

그러나 具體적인 放熱損失의 抑制手段으로서 基本的으로 投入時 爐蓋나 爐扉의 開放時間을 매우 짧게하고

表 5. 8t 아이크爐의 爐仕樣과 스탈러仕樣¹⁷⁾

項 目		仕 樣		
爐 仕 樣	能 力 · 型 式	8t 사이드차이지얼		
	變 壓 器 容 量	3,000kVA		
	爐 殼 徑	3,778mm		
	熔 製 鋼 種	스테인레스鋼主體		
스 탈 러 仕 樣	規 格 容 量	東京芝浦電氣(株) 200kVA		
	規 格 電 壓	300V		
	周 波 數	0.3~0.6~1.5Hz(基準 0.6)		
	極 數	2		
	冷 却 方 式	空冷式(測溫抵抗付)		
主 變 壓 器	容 量	一	400kVA	
		二	282kVA	
	電 壓	次	3,300V	次
付 帶 設 備		攪拌方向 自動轉換裝置		

表 6. 爐蓋開放시의 損失熱計算例
(40tAF, 4min/回開放의 場合)

區 分	損 失 熱 量
輻射에 의한 損失熱	395,094kcal/回
對流에 의한 損失熱	23,208
排가스放散 損失熱	1,704
合 計	420,006kcal/回

表 7. 操業口閉鎖에 의한 節電效果²⁰⁾
(2爐도 同仕樣的 50tAF)

	電力原單位	熔 製 時 間
操業口閉鎖爐	556.1kWh/t	182.2min/리브
操業口非閉鎖爐	576.1	182.3

開放面積을 最小로 하고 있다.

5.1.2 爐體開口部の 放熱抑制

아이크爐는 通常 그 爐體側壁에 出滓口나 操業園등의 開口部를 갖고 있다. 이것은 扉閉閉機構를 具備하고 있으며 使用時 以外는 閉止되어 있으나 密閉가 充分하지 않다. 따라서 集塵플로워의 吸引에 의해서 爐內에 冷風侵入이 일어나며 排가스損失의 原因이 된다. 省에너지의 立場에서 보면 操業口는 全閉出滓口만의 操業이 바람직하나 實際로는 어느程度 放置되어 있는 實態이며 表 7은 操業口를 完全히 閉鎖하여 試驗한 結果 約 20kWh/t의 電力原單位가 低減된 것을 나타낸다.

5.1.3 爐補修時的 放熱抑制

아이크爐는 每回마다 出鋼後 爐內를 點檢하고 爐床部 등 熔解時에 熔損된 箇所를 補修한다. 裝修는 時間이 길면 길 수록 生産性低下나 爐體蓄熱의 放散을 招來하므로 時間短縮은 必須의 課題이다. 특히 最近 爐容量

의 大形化나 超大電力操業에 따르는 熔損箇所の 擴大 등 從前의 人力作業만으로는 追從할 수 없는 狀態이다. 現在 大部分의 事業場에서는 機械化를 圖謀하고 있다.

5.1.4 래들로부터의 放熱抑制

특히 아이크爐製鋼인 경우에 限定된 것은 아니나 出鋼後 래들 內容鋼의 溫度低下를 極力防止한다는 것은 省에너지面에서 매우 重要하다. 通常 鑄込時의 熔鋼에는 品質面의 制約에서 어느 一定溫度를 確保할 必要가 있으며 鑄込中 溫度降下가 적으면 그만큼 出鋼溫度의 低下가 可能하는 表 8은 實施例로서 脫가스處理終了時點에서 鑄造末期까지의 溫度降下는 蓋의 有無로서 25°C 差를 差를 그리고 出鋼溫度를 15~20°C까지 低下시킬 수 있다는 報告가 있다.

表 8. 래들덮개設置에 의한 效果²¹⁾

蓋의 有 · 無	脫가스處理終了時點과 鑄造末期의 溫度差	鑄造初期와 末期의 溫度差
有	-11.3°C	- 4.3°C
無	-37.5	-15.8

5.2 變壓器損失과 2次導體 및 電極에서의 電力損失

아이크爐用 電力은 普通 高電壓으로 아이크爐用 變壓器에 給電되며 熔解操作에 必要한 低電壓大電流로 變換된다. 變壓器는 電壓의 變換에 따라서 電力損失이 發生하는데 이것을 變壓器損失이라고 한다. 이것은 變壓器容量의 1% 以下이나 變壓器容量이 增大하면 損失電力量의 絕對值가 커지므로 變壓器選定時에 注意할 必要가 있다. 특히 無負荷損失에 대하여는 아이크爐休止時給電停止를 徹底히 行하므로 低減시킬 수 있다.

다음에 2次導體損失은 그림 9와 같이 變壓器와 電極間에 2次側母線(銅板製 또는 水冷管)이나 可撓케이블(裸케이블 또는 水冷케이블) 및 母線管이 導體로서 存在하는데 이들 導體에 電流가 흐르면 抵抗熱이 發生하여 發熱되나 周圍大氣나 冷却水에 吸收된다. 抵抗損失

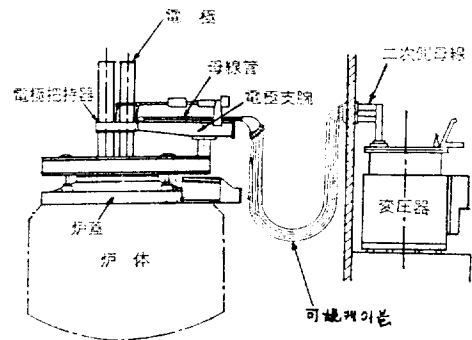


그림 9. 아이크爐變壓器와 電極間的 構造

의 減少를 위하여 斷面이 큰 導體의 採用이나 導體의 並列本數를 增加시키는 것이 가장 效果的이다.

한편 電極과의 接觸部에 있는 電極홀더에 대해서는 高溫의 電極과 直接接觸하는 關係로 對策이 困難하므로 接觸面을 恒常 淸淨히 할 必要가 있다.

電極의 發熱은 導體部全體內에서 가장 크나 그全體가 損失熱로 나타나는 것이 아니고 爐內部的 發生熱은 入熱로서 動作한다. 一般의 電極의 熱損失은 電極이 크고 또한 爐外部의 길이가 짧을수록 적어지나 이것은 設計時點에서 熱損失, 作業性과 機構等 總合的인 平衡을 圖謀해야 된다. 또한 電極目體的 絕對抵抗値는 電極에이커에 있어서 原料의 選定法이나 製造方法에 따라서 差異가 있으므로 抵抗値가 낮은 것을 購入하면 된다.

5.3 集塵機의 省에너지技術

5.3.1 風量制御

아아크爐集塵裝置에 必要한 風量은 그림 10과 같이 아아크爐의 操業期에 따라서 顯著히 變動되는데 直接集塵裝置나 建物集塵裝置와 같이 많은 風量이 必要치 않은 時期에는 주로 送風機入口 또는 出口에 댐퍼를 設置해서 風量을 調節하여 節電을 行한다.

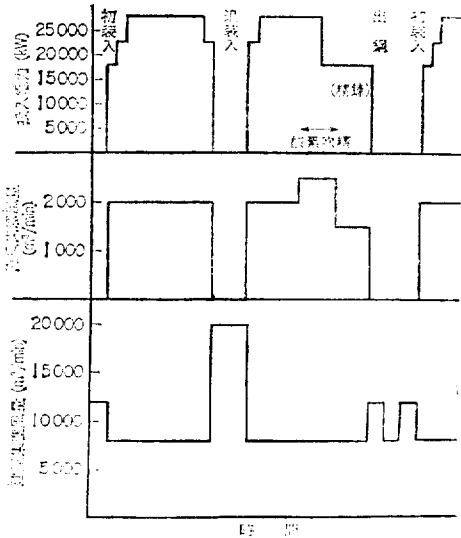


그림 10. 熔製사이클과 所要集塵風量의 關係 (60t AF인 경우)

최근 送風機와 같이 2乘減負荷토크를 갖는 設備에서는 驅動機를 可變速함으로써 大에너지節減의 可能性이 注目되었다. 즉 電氣技術의 顯著한 發展에 의하여 送風機모우터의 on-off 制御捲線形 모우터의 2次抵抗變更에 의한 回轉數制御, 籠形 모우터의 電磁的結合機나 流體結合機에 의한 回轉數制御, 모우터極數變更에 의한 回轉數制御 및 세르비어스方式이나 인버터驅動

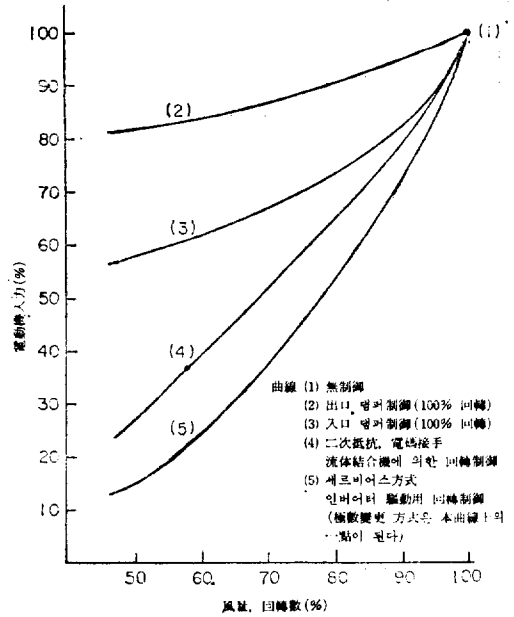


그림 11. 送風機와 電動機入力電力特性

에 의한 回轉數制御 등 모우터의 回轉數制御法이 利用되고 있다.

그림 11과 같이 風量이 比較的 많은 領域에서 制御하는 경우 댐퍼制御와 回轉數制御에 큰 差異가 없으나 風量이 低下하면 回轉數制御에 있어서 省에너지의 效果가 매우 현저하다. 實際로 集塵裝置의 試算을 보면 無制御일 때의 必要電力에 대하여 댐퍼制御에서는 10~20%이고 捲線形 모우터의 2次抵抗制御나 籠形 모우터의 電磁結合機로서 回轉數를 制御하는 경우 15~35% 그리고 세르비어스 方式이나 인버터驅動인 경우 20~55%를 節電할 수 있다.

省에너지對策을 實施할 때 集塵裝置의 運轉패턴이나 모우터의 入力特性 및 設備費를 考慮해야 되나 既存設備나 遊體設備을 利用할 경우 現況에 適合하게 加味할 必要가 있다. 實施된 興味있는 例로서 遊體모우터를 捲線交替에 의하여 6p/12p의 極數變更모우터로 또한 從前의 댐퍼制御에 의하여 低風量時 650kW의 電力을 150kW로 低減했다는 報告가 있다.

5.3.2 集塵方式

集塵方式은 大別해서 백필터方式과 電氣集塵方式의 2種類가 있다. 백필터方式인 경우 필터의 壓力損失만 이 送風機壓力을 높이는데 必要하나 많은 送風機入力電力이 必要하다. 例를들면 設置條件이 同一한 10,000m³/min80°C의 舍塵가스를 集塵하는 경우 백필터方式의 送風機에서는 1,760kW, 電氣集塵方式에서는 1,310kW

로 試算되었다.

한편 이들의 風量이 적을때는 모우터의 回轉數制御(세르미어스와 인버터 제어)가 4,500m³/min이었으며 백필터方式에서는 21kW, 電氣集塵式에서는 175kW가 되었다. 이것들을 10,000m³/min 25%의 比率로서 1年間運轉했을 때 電力量의 差異가 17×10⁶kW였고 백필터式보다 電氣式편이 使用電力量이 적었다. 그러나 現實에서는 電氣式인 경우 含塵量變動이 큰 排가스에 대하여 安定된 集塵效率를 얻기가 困難하므로 백필터方式이 많이 使用되고 있다.

5.4 排熱回收

아아크爐는 表 1과 같이 總入熱分에 대하여 排가스로부터 約 25%, 슬러그에서는 數 %, 그리고 冷却水에서도 數 %로서 合計 40%가 排熱된다. 이러한 排熱을 有效하게 利用하기 위하여 여러 가지方案이 提言되고 있다. 즉 排가스의 熱로서 스크랩을 豫熱하거나 또는 空調設備에 利用한다든가 슬러그熱에 의하여 蒸氣를 發生시켜 터어빈을 作動시키는 것 등이 있다. 그러나 現實에서는 排熱의 回收는 排出된 溫度가 아아크爐操業時期에 의하여 顯著히 變動되며 利用에 있어서 制御가 困難하므로 實施되는 例가 적다.

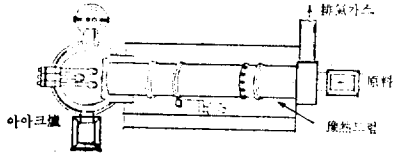


그림 12. BBC/Brusa 시스템

그림 12는 Brown Boveri Company의 BBC/Brusa 시스템으로서 連續裝入裝置와 아아크爐 사이에 回轉드림으로 接續되어 있어 이 중에서 아아크爐排가스와 裝入材間에 熱交換이 행해지고 있다.

本 드림에는 軸方向에 天然가스의 터어너가 設置되어 있어 豫熱能力을 補完하고 있다. Villodossola에 設置된 36t 유닛인 경우 耐火物에 內藏된 드림의 內徑은

1,800mm, 外徑은 2,200mm, 길이 13.36m, 드림回轉數 1rpm으로서 드림內의 熱平衡은 表 9와 같이 報告되어 있다. 또한 이 경우의 드림入口의 아아크爐排가스溫度가 1,050°C, 出口에서의 天然가스에 의한 燃燒가스와의 混合에서는 650°C 그리고 裝入材는 드림內에서 1,000°C까지 豫熱된다는 報告도 있다. 하여간 아아

表 9. BBC/Brusa 시스템의 熱收支²⁴⁾

區 分	項 目	熱 量 (10 ⁶ kcal/t)
豫熱 드림 入熱	아아크爐부터의 排 가스顯熱	105.1
	天然가스燃熱	279.5
	合 計	384.6
豫熱 드림熱效率	스크랩 豫熱顯熱	172.0
	熱 効 率	45%
시스템全體의 原 單位	電力 原 單 位	284.3
	天然가스原單位	279.5
	電 極 原 單 位	19.1
	合 計	582.9

크爐는 工業爐中 排熱回收가 가장 늦은 것으로서 이를 위한 技術開發이 要望되고 있다.

參 考 文 獻

1. 日本金屬工業; 第10回電氣爐部會第2分科會資料 (電II-10-8), (1977).
2. 川崎製鐵; 第60回 熱經濟技術部會資料 (熱 60-4-11), (1977).
3. 川崎製鐵; 第11回 電氣爐部會第2分科會資料 (電 II-11-6), (1977).
4. 住友金屬工業; 第6回 電氣爐部會第2分科會資料 (電 II-6-2), (1975).
5. H.T. Sheridan; Ironmaking and Steelmaking, 2(1975) 4, p.267~268.

科學技術人的 信條를 지키자