

工場電氣의 最新技術

電氣加熱利用의 現狀과 動向 (鐵鋼프로세스를 中心으로)

電氣加熱은 옛부터 工業用에 使用되어 왔다. 최근에는 電氣加熱이 아니면 目的을 達成할 수 없는 프로세스가 增加하고 있으며 電氣加熱의 用途가 擴大되어 技術開發도 활발하다. 여기서는 鐵鋼프로세스를 中心으로 電氣加熱 利用의 現狀과 動向에 대해 記述하기로 한다.

1. 概 要

여기에서는 에너지需要中에서의 電氣加熱의 位置 및 電氣加熱의 特徵, 電氣加熱의 種類에 대해 記述한다.

(1) 電氣加熱의 特徵

電氣加熱은 다른 熱源에 비해 다음과 같은 特徵을 갖고 있다.

- ① 高溫度를 얻을 수 있다.
- ② 加熱效率이 높다.
- ③ 急速加熱이 可能
- ④ 溫度制御가 容易
- ⑤ 爐氣制御, 眞空加熱이 容易
- ⑥ 被加熱物의 汚染이 적다.
- ⑦ 生産의 自動化가 容易
- ⑧ 環境·公害對策上 有利
- ⑨ 局部加熱이 可能

以上은 利點인 반면 熱源에 비해 코스트가 높다는 弱點이 있다.

따라서, 이때까지의 用途로서는

(1) 電氣加熱이 아니면 目的을 達成할 수 없는 프로세스

(2) 競合하는 加熱技術이 있는 경우에는 코스트의

으로 有利한 경우에 使用되고 있었다. 당연하다고 하면 당연하나 최근에는 (1)의 用途가 增加하고 있다.

예로

- ① 電機, 半導體 機械工業에 있어서 加工度의 上昇(生産스피터의 압·高密度·高品質化等)
- ② 鐵鋼業, 非鐵金屬業에 있어서의 多種少量生産 高品質化
- ③ 新素材의 開發
- ④ 化學·纖維·食料品 産業등에 있어서의 마이크로波加熱, 赤外加熱의 普及이다.

따라서 今後 電氣加熱의 和用은 점차 增加할 것으로 생각된다.

(2) 鐵鋼業에서 使用되는 電氣加熱

電氣加熱에는 抵抗加熱, 아아크加熱, 誘導加熱, 誘電加熱, 赤外線加熱, 프라즈마加熱, 電子빔加熱, 마이크로波加熱이 있으나 鐵鋼業에서 使用되는 電氣加熱은 주로 抵抗加熱, 아아크加熱, 誘導加熱, 프라즈마加熱이다.

표 1은 電氣加熱의 基本原理를 表示한 것이다.

2. 電氣加熱의 歷史

〈표-1〉 電氣加熱의 基本原理

加熱方式	原 理 圖	加熱原理
抵 抗 加 熱		導電性被熱物에 通電하여 發生 하는 抵抗損失에 의해 加熱한다.
間 接 抵 抗 加 熱		發熱體로부터의 熱은 放射·傳導·對流에 의해 被熱物에 傳하여 加熱한다.
아 아 크 加 熱	直接式 아아크加熱 	아아크의 熱을 加熱에 利用, 被熱物 自体를 電極으로 하여 또는 아아크의 媒質로 하여 加熱한다.
	間接式 아아크加熱 	아아크의 熱을 放射·傳導·對流에 의해 被熱物에 傳하여 加熱한다.
誘 導 加 熱		電磁誘導作用에 의해 導電性 物體中에 電流를 誘導시켜 抵抗損失에 의해 加熱한다.
프 라 즈 마 아 아 크 加 熱	基本構成은 직진 아아크加熱과 同様, 直流式과 交流式이 있다. 電極은 프라즈마로우치라고 하는 金屬 電極이다. 그속을 프라즈마 媒體用 氣體가 통한다.	프라즈마 아아크의 熱을 加熱에 利用, 프라즈마라 합은 電子와 正이온이 同等한 密度로 存在하는 電離氣體, 螢光燈과 네온사인인 例

鐵鋼프로세스에 있어서의 電氣加熱의 歷史는 오래 된다. 아아크爐에 對해서는 1978년에 W·시이덴스가 電氣爐에 의한 鐵鋼을 試圖했으며 1906년에는 美國에서 파울·엘루博士에 의한 엘루爐가 工業的 操業을 개시했다. 誘導爐에 있어서는 1899년에 스웨덴의 F. A. Kjelin이 誘導電氣爐의 工業化에 成功했으며, 1916년에는 美國에서 노우스렘發明에 의한 아저스·노우스렘爐가 操業을 개시했다.

誘導加熱에 있어서는 1831년에 英國의 파라데이가 電磁誘導에 의한 에너지變換의 發表를 했으며, 1850년경에는 誘導加熱에 의한 金屬도가니의 加熱

이 있었다.

이와같이 電氣加熱의 역사는 오래되었으나 後의 變遷을 정리해 보면 표2와 같다.

3. 鐵鋼프로세스에 있어서의 電氣 加熱의 使用例

鐵鋼프로세스를 그림1에 表示한다. 표3은 各工程에 있어서의 電氣加熱의 使用例를 表示한 것이다.

4. 최근의 技術動向

최근의 技術動向으로서 直流아아크爐, 프라즈마 加熱, 誘導加熱의 動向에 대해서 記述한다.

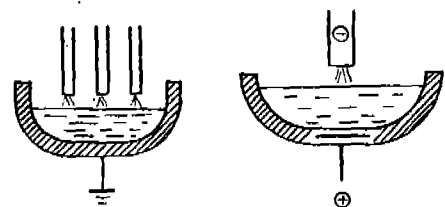
(1) 直流아아크爐

粗鋼을 생산하는 方法에는 轉爐法과 電爐法이 있다. 電爐法은 스크랩을 아아크爐로 溶解精鍊하여 粗鋼을 만드는 것이다. 이 方法에는 종래 交流三相 아아크爐가 사용되고 있으나 直流아아크爐의 開發이 注目을 모으고 있다.

交流아아크爐와 直流아아크爐의 概念圖를 그림2에 表示한다. 直流아아크爐는 上部電極과 爐底電極이 있으며 爐底電極을 ⊕로 하여 通電하는 것이다. 直流아아크爐의 開發은 유럽에 있어서 1970年代에 개시되고 있으며, 이미 50톤 18MVA의 實用機가 있다.

直流아아크爐의 交流아아크爐에 대한 특징은 다음과 같다.

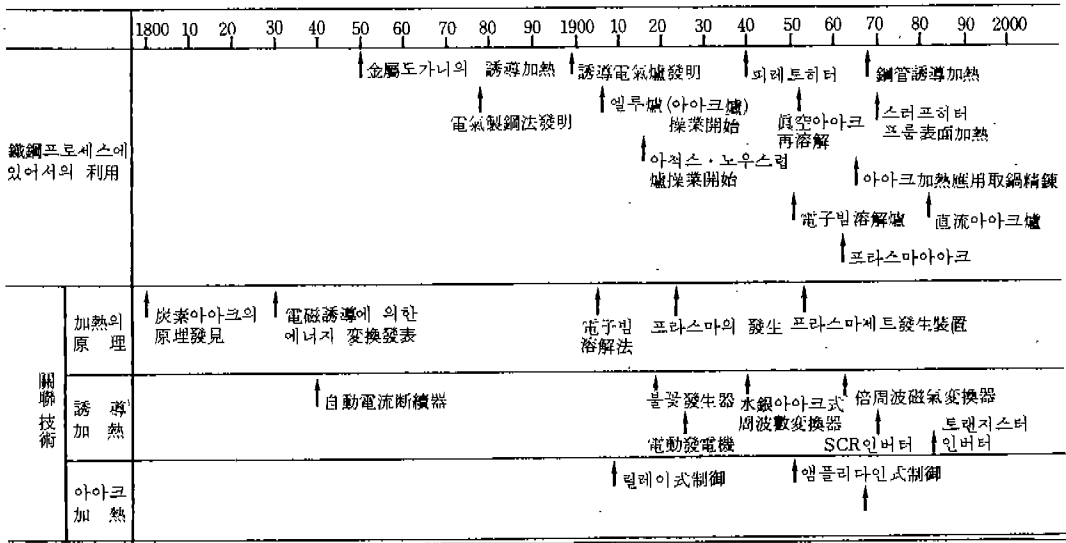
- ① 電極原單位の 低減(交流아아크爐의 約 50%)
- ② 低騒音化
- ③ 爐體의 長壽命化(아아크스포우트 없다)



(a) 三相交流아아크爐 (b) 直流아아크爐

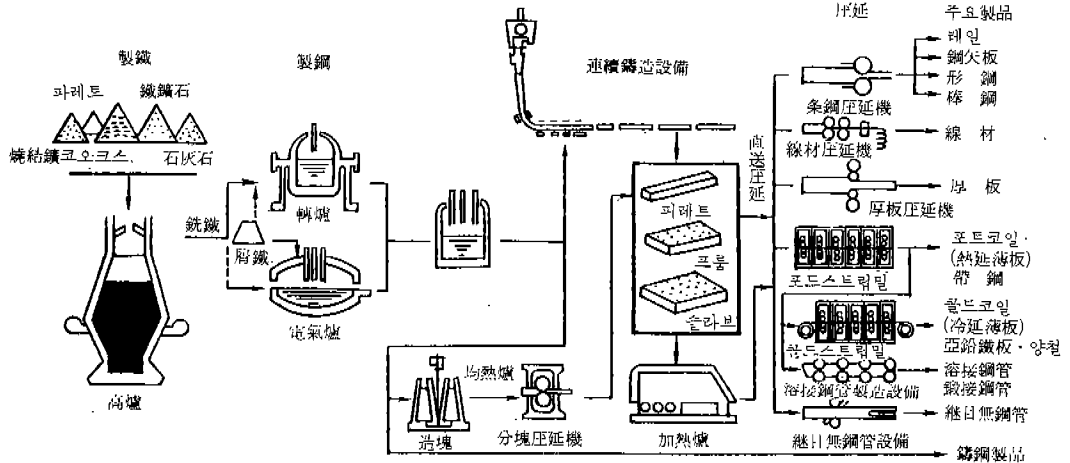
〈그림-2〉 아아크爐

〈표 - 2〉 鐵鋼프로세스에 있어서의 電氣加熱의 變遷



〈표 - 3〉 鐵鋼프로세스에 있어서의 電氣加熱의 使用例

工程	製 銑	製 鋼	取 鋼 精 鍊	連 續 鑄 造	圧 延 加 工	特 殊 溶 解, 精 鍊
工程의 機能	銑鐵石을 還元하여 銑鐵을 만 든다.	銑鐵의 脫炭과 成分調整을 하여 強한 鋼으로 한다.	溶鋼의 成分·濕度의 調整과 介在物·不純物의 除去를 한다.	溶鋼을 連續的으로 鑄造하여 板狀(中間제품)으로 한다	圧延을 加工하여 最終製品으로 한다	高級金屬材料를 만 들기 위한 溶解·精鍊
抵抗加熱			脫가스處理槽의 保熱		加熱爐·메키의 再溶解·塗裝鋼板의 乾燥: 條鋼 다이스피터, 鋼管의 熱處理, 應力除去	엘렉트로슬러그再 溶解(ESR)
誘導加熱	溶銑保熱爐	誘導溶解爐 注湯爐· 인코트피터		탄데이슈피터 탄데이슈노즐피터 슬러브全體加熱	帶鋼: 플레이트 端部加熱 슬라브 端部加熱, 바 아 端部加熱 冷延薄板: 熱處理, 코우	眞空誘導溶解爐 (VIM)
아아크加熱		AC아아크爐 DC아아크爐	精鍊中の 溶鋼保熱 (ASEA-SKF法, VAD法, LF法)		딩材加熱, 鋼板加熱 양철, 亞鉛鐵板: 메키의 再溶解, 溶融亞鉛의 保熱, 걸버니일 條鋼: 다이스피터, 비 레트피터, 棒鋼端 面加熱, 線材熱處理	眞空아아크再溶解 (VAR)
프라스마 加 熱	熱源으로서의 高爐, 熱風爐 에의 吸込	프라스마아아크 溶解				플라스마아아크 溶解(PAM) 플라스마아아크再 溶解(PAR)
其 他						電子빔 再溶解 (EBR) 電子빔 再溶解 (EBR)



〈그림-1〉 鐵鋼의 製造프로세스

④ 플리커의 低減(交流아아크의 約 30%) 따라서 플리커補償裝置가 필요없는 경우가 있다.

⑤ 電力原單位가 同等

技術的문제는 爐底壽命의 長壽命化(現狀 100-150 처어지) 인데 解決되는 것도 時間문제라고 본다.

以上の 특징으로 今後 交流아아크爐의 直流아아크爐에의 轉換이 進行될 것으로 본다.

(2) 플라즈마加熱

(1) 플라즈마라 함은

플라즈마라 함은 글로우放電과 아아크 放電에 의 해 생기는 것으로 電高가 있으므로 電子와 μ 이온 이 거의 비슷한 密度를 갖는 導電性의 部分을 말한다. 螢光燈과 네온사인도 이러한 예이다.

(2) 工業적으로 이용되는 플라즈마

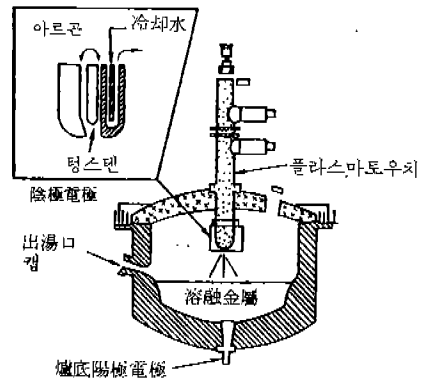
플라즈마는 高溫플라즈마(媒体氣體溫度數萬 ~ 數十萬度)와 低溫플라즈마(3500~10000℃)가 있다. 工業用으로 이용되는 것은 後者로 氣體중의 電氣放電 속에 形成되어 플라즈마토우치에 의 해 발생한다.

(3) 플라즈마토우치

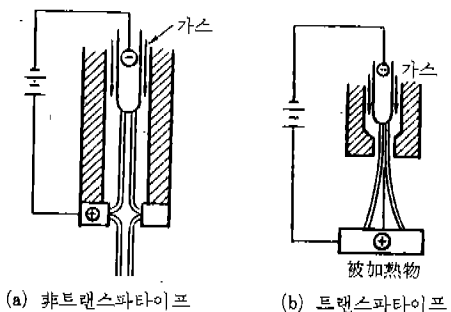
플라즈마토우치는 플라즈마가 되는 가스의 供給과 電氣에너지의 供給을 하는 것이다. 그림 3은 直流플라즈마 아아크溶解爐의 例이다.

플라즈마토우치는 서로 絶緣된 토륨含有 텅스텐 製의 陰極과 銅製의 노즐로 되어 있는데 함께 水冷이 되어있다.

플라즈마토우치의 形式으로는 그림 4 (a)와 같이



〈그림-3〉 플라즈마아아크溶解爐(PAM法)



〈그림-4〉 플라즈마토우치의 種類

토우치 內에 電路를 形成하는 非트랜스파타이프와 토우치의 被加熱物사이에서 (被加熱物을 한쪽의 電極으로 한다) 電路를 形成하는 트랜스파타이프가 있다.

(4) 플라즈마加熱의 特徵

① 대단한 高溫을 얻을 수 있다. 따라서 從來의 熱源으로서 얻을 수 없었던 加工이나 反應이 可能하다. 또 化學反應의 속도도 빨라진다. (化學反應의 速度는 溫度의 上昇과 함께 指數關數의 으로 上昇한다)

② 高度의 淸淨 분위기하에서 反應이 可能하다. 非金屬介在物과 가스等의 不純物이 없다.

③ 電極의 消耗가 極히 적다.

④ 不活性가스 분위기하에서 金屬性의 向上 最小限의 슬러그溶落이 가능하다.

⑤ 다스트, 排가스가 거의 없으며 또한 低騒音이다.

⑥ 電力原單位는 通常 電氣爐와 같다.

(5) 應用動向

공산국가인 東獨과 소련에서 開發이 한창이며 플라즈마아아크溶解爐는 舍金과 高級鋼의 제조에 쓰여지고 있다.

鐵鋼프로세스의 應用으로서는 研究開發段階에 있다.

① 高爐로 코오크스의 代替에 사용한 플라즈마가스 還元프로세스

② 熱風爐에의 熱源으로서의 불어넣기

③ 펠로실리콘, 還元鐵, 펠로크롬製造 프로세스

④ 아아크爐 發生데스트內亞鉛回収 등이 보고되고 있다.

(3) 誘導加熱

誘導加熱은 電磁誘導作用에 의해 導電性 物체중 에 電流를 유도시켜 抵抗損失에 의해 加熱하는 것이다.

誘導加熱에는 表 4에서 表示한바와 같이 基本的

으로 세가지 타입이 있다. 變壓器形은 被加熱物이 等價의 으로 變壓器의 2次卷線이 된다. 縱軸磁束加熱形은 被加熱物의 길이 方向의 軸에 따라 磁界를 加하는 方法이며 橫軸磁束加熱形은 面을 貫通하는 것과 같이 磁界를 加하는 方法이다.

誘導加熱에 있어서의 최근의 技術動向은 다음과 같다.

(1) 電源裝置로서의 트랜지스터 인버터의 開發 종래 50kHz 以下의 周波數 범위는 다이리스터에 의한 반도체화가 實現하고 있으나 그 以上은 스위칭時間等의 문제로 半導体化할 수 없어 眞空管發振器가 大部分이었다.

그러나 최근 靜電誘導트랜지스터를 사용한 인버터가 開發되어 50kHz 以上의 周波數 범위에서도 半導体化가 實現할 수 있게 되었다. 트랜지스터 인버터는 眞空管 發振器에 비해 高效率, 콤팩트, 保守가 容易, 長壽命, 瞬時始動等의 메리트가 있다.

表 5는 電源의 比較를 表示한 것이다.

(2) 誘導加熱의 시뮬레이션技術의 進歩 유도가열의 시스템이 大形化·複雜化하여 또 加熱溫度 分布의 精度要求가 엄밀하게 됨에 따라 加熱途上에 있어서의 物性值에 變化에 對應하는 非線形計算 過渡溫度上昇의 解明이 시스템設計上 중요한 要素가 되고 있다.

이같은 現象을 解析하기 위해 여러가지의 시뮬레이션技術(例로 有限要素法 사용)이 開發 實用化되어 가고 있다.

(3) 高效率이며 柔軟性이 있는 誘導加熱코일의 開發 誘導加熱코일은 高效率인 동시에 柔軟性(必要部分만 的 加熱, 필요시만 的 加熱, 多種少量材의 加熱)이 要求된다. 이들에 대한 開發노력은 계속적으로 추진되어 왔다. 多層卷코일은 이러한 例이다. 또 縱

〈表 - 4〉 誘導加熱의 基本形

타입	變壓器形 A	縱軸磁束加熱形 B	橫軸磁束加熱形 C
原 理			
備 註	$I_2^2 R$ 의 ジュール熱로 加熱		

〈표-5〉 周波數變換裝置의 比較

項 目	트리프러	MG	다이리스터인버터	眞空管發振裝置	트랜지스터인버터
周 波 數	150 / 180Hz 固定	~10000Hz 固定	~50kHz 可變	50~500kHz 可變(스텝)	~400kHz 可變
單 機 容 量	~2000kW	~2000kW	~3000kW	~1200kW	~200kW
電壓制御範圍	50~100%	~100%	20~100%	電壓調整器에 의해 IVR 40~100% 다이리스터 ~100%	
應 答 性	0.2 秒	0.5 秒	0.1 秒	IVR 2~3 秒 다이리스터 ~0.1 秒	0.1 秒
總合變換效率	0.7~0.8	0.8~0.9	0.8~0.95	0.6~0.7	0.8~0.9
力 率	0.5	0.9	0.6	0.8	1.0
用 途	溶解, 담금질 설담금 (비레트피이터)	溶解, 담금질 설담금 (비레트피이터)	溶解, 담금질 설담금질 (비레트피이터)	(溶解) 담금질 (비레트피이터) 電縫管熔接	(溶解) 담금질 (비레트피이터) 電縫管熔接

(注) 불꽃放電式은 거의 사용되지 않기 때문에 省略

軸磁束加熱方式보다도 橫軸磁石加熱方式이 유연성이 있으며 이 方法의 改良발전이 기대되고 있다.

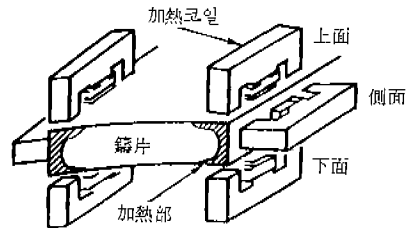
(4) 컴퓨터, 마이컴制御에 의한 最適加熱制御

(5) 用途의 多樣化

鐵鋼프로세스에 있어서는 省에너지, 品質向上, 停滯向上을 目的으로 하여 誘導加熱의 用途가 증가하고 있다.

예로 省에너지 用途에서는 連續生産라인에 있어서의 제품의 局部的 溫度降下部分의 再加熱을 誘導加熱로 行하고 있다.

大形鋼材의 전체를 電氣加熱하는 것은 化石燃料에 의한 方法에 비해 コスト的으로 不利하나, 加熱을 鋼材의 局部에 限定함으로써 化石燃料(全體加熱만이 할 수 있다)에 의한 加熱에 비해 コスト的으로



〈그림-5〉 슬라브端部加熱裝置

로 有利하게 된다.

그림 5는 슬라브端部 加熱裝置의 例이다.

그리고 誘導加熱에는 온라인으로 加熱할 수 있다는 長點도 있어 用途는 더욱 增加할 것으로 생각된다. *

本協會 前理事(東亞그룹 명예회장)

崔 竣 文 씨 別世

崔 竣文 本協會 前理事(東亞그룹명예회장)이 6월 21일 상오 5시 서울 中區 獎忠洞1가 109 자택에서 宿환으로 별세했다. 장례식은 이날 하오 1시 忠南 大田 東亞工高에서 회 사장으로 거행됐다.

