

# 電磁攪拌在台塑河靜鋼鐵煉鋼製程之應用

河靜鋼鐵冶金技術部煉鋼品管處

## 一、前言

隨著連鑄技術的進步和發展，鋼胚的品質成為品管重點項目，因此如何提高鋼胚品質已是刻不容緩的課題。在鋼胚生產過程中，可能發生氣泡、夾渣、角裂、中心偏析和疏鬆等鋼胚缺陷。為解決上述問題，台塑河靜煉鋼廠在連鑄機上裝設電磁攪拌 (Electromagnetic Stirrer, EMS) 裝置，預期能夠發揮功效，獲得良好的品質和提升效果。

## 二、電磁攪拌的發展歷程

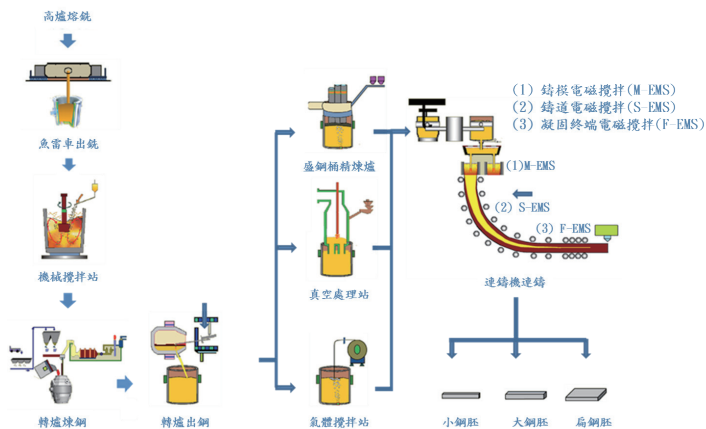
電磁攪拌技術的發展歷史可以追溯到 1920 年代，經多年開發演進，使得相關技術日趨成熟，時至今日國際大型鋼鐵公司仍然持續研究，在設備及製程等控制日益精進，因而配合開發出高品質之鋼鐵產品，表一為電磁攪拌技術各階段之發展歷程。

▼表一 電磁攪拌技術發展之里程碑

年份	各國技術突破項目
1922 年	美國 McNeill J D 獲得了 EMS 控制凝固過程的專利
1948 年	瑞典 ASEA 公司製造出世界上第一台電磁攪拌器並用於電爐煉鋼
1976 年	扁鋼胚連鑄機鑄模電磁攪拌第一次用於德國的扁鋼胚連鑄機上
1981 年	NSC 提出了旋轉式結晶器電磁攪拌，減少針孔、氣孔、夾雜類等皮下缺陷
1995 年	日本神戶製鋼開發從鋼液分配器到鑄模間之電磁攪拌技術，解決了長注嘴堵塞問題，並成功達成低過熱度澆鑄
2008 年	ABB 發明複合磁場凝固終端電磁攪拌技術

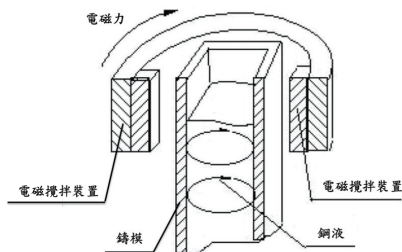
### 三、電磁攪拌的作業流程

- 一貫作業鋼鐵廠的煉鋼製程如圖一所示。煉鋼廠承接高爐產出的熔銑，在轉爐以氧氣吹煉除去雜質，經由二次精煉調整為合格化學成分，再經連鑄機澆鑄後凝固成為鋼胚半成品，然後送往軋延廠繼續生產為鋼鐵產品。而電磁攪拌就是裝設在連鑄機上，成為提升鋼胚品質的有效利器。



▲圖一 一貫作業煉鋼生產流程圖

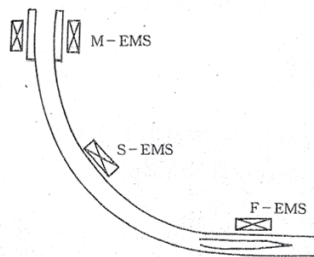
2. 電磁攪拌是根據冶金製程要求，改變鋼胚凝固過程中鋼液的流場，從而提升鋼胚的品質。其優點在於”無接觸”和”無污染”，使得電磁攪拌在操作過程中，具有複雜性和專業性。在實際生產中，電磁攪拌的冶金效果受許多因素的影響，包括鋼液過熱度、澆速、攪拌位置、攪拌強度和鋼種等，且依裝置位置的不同，而發揮不同的效果。
3. 電磁攪拌原理示意圖如圖二。電磁攪拌就是借助電磁力的作用，強化鋼胚液相中鋼液的流動，改變鋼液凝固過程中的流場、熱傳和導引，進而達到提升鋼胚品質的目的。



▲圖二 電磁攪拌原理示意圖

#### 四、電磁攪拌之分類

用於連鑄機上的電磁攪拌裝置，依安裝部位可分為鑄模電磁攪拌裝置 (M-EMS)；鑄道電磁攪拌裝置 (S-EMS) 及凝固終端電磁攪拌裝置 (F-EMS)，詳細位置如圖三所示。



▲圖三 電磁攪拌線圈安裝位置示意圖

目前河靜鋼鐵所使用的電磁攪拌分別安裝在大小鋼胚的連鑄機上，大鋼胚連鑄機使用的是鑄模電磁攪拌 (M-EMS)；小鋼胚連鑄機使用為鑄模電磁攪拌 (M-EMS) 及凝固終端電磁攪拌 (F-EMS)。各種電磁攪拌之特點比較表如表二。

▼表二 各種電磁攪拌型式特點比較

	鑄模電磁攪拌 (M-EMS)	鑄道電磁攪拌 (S-EMS)	凝固終端電磁攪拌 (F-EMS)
位置	鑄模	鑄模以下，凝固終端以上之鑄道區	凝固終端
類型	旋轉或三相	旋轉或線性	旋轉或三相
電磁特性	低頻、高功率、可裝置於鑄模內或鑄模外	電網頻率、低功率	小斷面用電網頻率，大斷面用低頻、高功率
功能	提高澆鑄速度，提升鋼胚表面及內部品質	提升鋼胚內部品質	降低高碳鋼和高合金鋼的中心偏析
建置費用	高	低	高

## 五、電磁攪拌作業對冶金品質的影響

河靜鋼鐵採用電磁攪拌作業後，對鋼胚品質特性提高作用如下：

### 1. 調整鋼胚金相組織

電磁攪拌可以促進鋼液的流動，改變柱狀晶的生長方

---

向，造成凝固組織發生改變。可提高鋼胚等軸晶率約 15~20%，使得鋼胚晶粒呈現細小且均勻。

#### 2. 減少氣泡之殘留

在鋼胚凝殼及表面易形成氣泡和針孔，造成後續軋延之表面缺陷。利用電磁攪拌可以使殘留氣體之發生率大為降低。

#### 3. 化學成分之均勻化

鋼液的流動及冷卻對成分均勻性造成影響，採用電磁攪拌，可對鋼液成分發揮均勻化效果，避免偏析 (Segregation) 現象。

#### 4. 機械性能

電磁攪拌具有降低鋼胚應力集中效果，使得鋼胚易於後續之加工軋延，而達成最終成品良好之機械性質。

## 六、結語

無缺陷的鋼胚是現代鋼鐵業努力的目標。採用合適的電磁攪拌裝置可以使連鑄製程更加穩定，避免漏鋼發生，並可提高鋼胚澆鑄速度、增加合格鋼胚產量。電磁攪拌作業是台塑河靜鋼鐵擠身國際一流鋼廠的重要利器，對提高鋼胚的品質，增強產品競爭力扮演非常重要的角色。