

煉焦試俾初期產品 品質控管作業介紹

治金技術部煉鐵品質管處

壹、前言

在由一貫作業大煉鋼廠中，從煉鐵、煉鋼到軋鋼，由上游到下游，一氣呵成，所有製程緊密的結合在一起。其中，煉焦廠是煉鐵製程中，最重要的三大單元之一（另外兩個是燒結與高爐）。煉焦廠將冶金煤製成焦炭，同時產出煉焦爐氣。焦炭供應高爐生產鐵水，煉焦爐氣則供應河靜鋼廠所需的大部分能源與動力。

經過一番的努力，台塑河靜鋼鐵煉焦廠已於二〇一五年十一月二十五日正式投產試俾，並於二〇一五年十一月二十七日產出第一批高爐冶煉用之焦炭。配合高爐於二〇一六年中投產之時程，雖然初期產出之焦炭以外售方式進行去化，但仍

煉焦爐生產流程

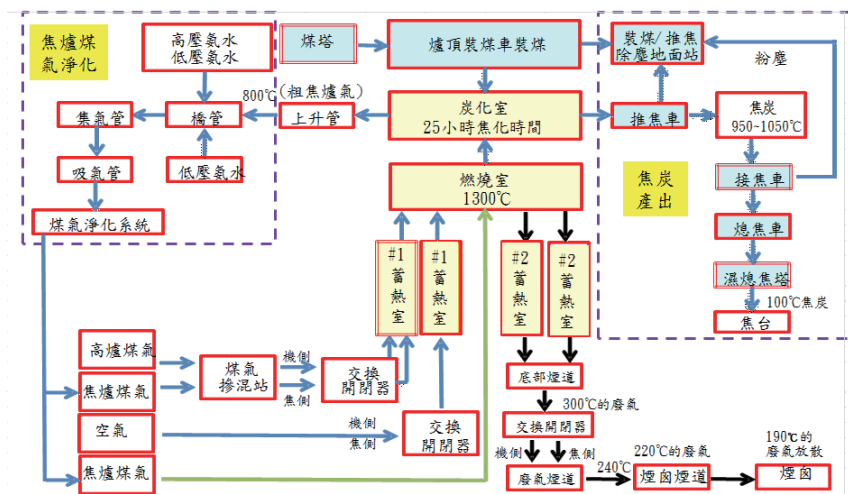


圖 1、煉焦爐生產流程圖

製程概要是要將各種煉焦用煤混合為成分均勻之混合煤，利用裝煤車加入煉焦爐之炭化室中，透過其兩旁之燃燒室傳導之熱量，將煤料加熱至攝氏一千兩百度左右，最終產出熾熱之焦炭及焦爐氣。整個煉焦製程約二十五個小時。完整之煉焦爐生產流程如下圖一所示（由煤塔與爐頂加料開始）。

煉焦製程為煤炭在隔絕空氣的狀況下，利用煉焦爐經過高溫並在長時間的作用下，乾餾的過程。煉焦爐的結構與佈置如上圖所示。主要結構包含炭化室、加熱牆（燃燒室）、蓄熱室及爐頂構造等。

貳、煉焦製程介紹

有必要對其品質進行控管，以符合客戶需求。

影響焦炭品質之因素眾多，總歸可分為原料品質因素、煤製備處理及設備操作因素等三大類。原料品質的好壞，主要影響焦炭之化學及冶金性質，接著仰賴後續加工處理與高溫煉製過程的淬鍊。唯有對各環節進行把關，始能製造出品質優良、符合客戶期待之焦炭產品。

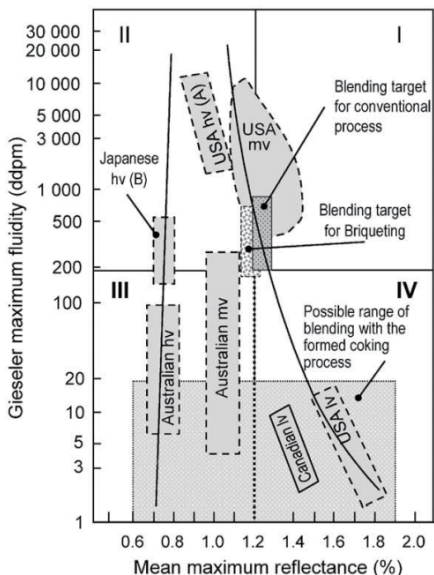


圖 2、Rmax-MF 預測最佳配煤圖



圖 3、煤製備處理（先破碎後混合）流程圖

參、焦炭品質影響因素介紹

以下針對影響焦炭品質之主
要因素，進行簡要之說明介紹：

(一) 原料品質因素：

煤炭乃煉製焦炭之原物料，其為植物在潮濕的沼澤環境下，經過生化腐蝕及堆積擠壓，而變質形成。由於各種植物所受之變質程度皆不同，故世界上沒有完全相同之煤炭。而能夠作為煉焦製程使用的煤種，稱之為冶金煤，其加熱後所具有之性質獨特，為其他煤種所無法取代，如熔融固化性、粘結性、膨脹性等。

為煉製符合需求之焦炭，故須將各種不同的冶金煤混合使用，也就是所謂的配煤。欲做好配煤，首先就必須對冶金煤的品質進行篩選：

(1) 煤中之灰份、P、S、K₂O、Na₂O、Fe₂O₃ 屬有害雜質，不僅僅是形成焦炭裂紋之源頭，亦

是削弱焦炭強度之催化劑，故愈少愈好。

- (2) 需有足夠之粘結性 (Caking Property)，即流動性 (Max. Fluidity)、自由膨脹指數 (FSI) 等，以形成結構緻密、強度良好之焦炭。

接著，利用配煤原理，將各單煤依適當配比進行混合。圖 2 註 1 為日本鋼管學者宮津隆 (Miyazu) 所提出註 2、3 以煤的平均最大反射率 (R_{max}) 和最大流動度 (M_f) 綜合反映煤的黏結性質註 4。圖中深色網狀方塊為最佳配煤區。於配煤時將 R_{max} 調配至 1.2%，流動度 50-1000dpm 之間，則混合煤品質即可落於此區。

(二) 煤製備處理：

煤製備製程依煤料混合及破碎先後時機可分為兩種製程：

- (1) 先混合後破碎製程：

將個別煤混合後再群體破碎，控制簡單，混合後統一破碎，無法依個別煤之特性進行破碎，焦炭品質不易控制。

- (2) 先破碎後混合製程 (河靜鋼鐵製程)：

不同原煤經由煤場輸送至煉焦廠之破碎機破

碎後，再送至混合倉分別暫存，然後利用稱重飼料機配煤、混合機均勻混煤，最後提供煉焦之混合煤至煤塔，供煉焦爐生產合適之焦炭。可依據個別煤之特性進行破碎調整，破碎更為均勻，焦炭品質較佳；但控制較為複雜，設備成本亦較高。

(三) 煉焦爐操作因素：

煉焦爐之操作狀況乃影響焦炭品質之重要因素。主要影響焦炭之強度、粒度大小及耐磨性等。這些性質將對下游客戶、高爐之操作帶來一定程度之衝擊。在擬定之煤種配比及處理製程下，操作狀況乃成為影響焦炭品質之主因。一般而言，可從以下幾個面向探討：

- (1) 裝煤方式：

可分為爐頂裝煤與側向裝煤。前者乃利用裝煤車將煤料自爐頂以自由落體之方式加入煉焦爐中，煤料堆密度較低；後者則利用搗固裝煤車，事先將煤料搗固成密實之長方體，再由煉焦爐爐室正面送入，堆密度較高。堆密度增高，煤粒間之空隙減少，有助於形成較強的界面結合註 5，進而提升煤料之黏結性，因此焦炭強度自然提升。

- (2) 煉焦周轉時間：

火紅焦炭熄焦前



圖 4

熄焦後焦炭



圖 5

指炭化室自本次推焦（裝煤）至下次推焦（裝煤）之時間間隔。此時間將直接影響焦炭成熟度及過火度。時間不足則焦炭成熟度不佳，體積收縮未完全、耐磨性差；時間過長，則焦炭過火，其微裂紋增多，容易脆裂，強度差^{註4}。一般成熟度良好之焦炭，揮發份含量約在 1% 左右。

(3) 煉焦溫度：

煉焦溫度直接影響焦炭的成焦過程，進而影響焦炭塊度、氣孔率。因此對於乾餾過程，一是要確定合適的標準溫度，滿足成焦需要；二是加熱溫度應均勻平穩，使煤質成焦過程均勻、穩定。

(4) 熄焦方式：

可分為乾式與濕式，前者乃利用惰性氣體通入置於密閉空間中的焦炭，將其熱量吸收而冷卻之，冷卻過程緩慢。後者為利用大量熄焦水，對焦炭進行直接噴灑，而將其淬熄。因赤熱紅焦（圖 4）在熄焦水的作用下，驟然冷卻收縮，內應力增大，故產生大量的微裂紋，使得熄焦後（圖 5）抗碎性能降低^{註6}。熄焦方式對焦炭的氣孔率與顯微結構影響甚鉅^{註6}。

表一、煤焦品質控管項目表

品質項目	管制項目
混合煤品質	粒度 - 100mesh (%)
	灰份 (%)
	揮發份 (%)
	硫份 (%)
	流動性 (MF)
	自由膨脹指數 (FSI)
	弱冶金煤配比 (%)
焦炭化性	灰份 (%)
	揮發份 (%)
	硫份 (%)
焦炭物性	水分 (%)
	平均粒度 (mm)
	抗碎強度 (M40)
	耐磨強度 (M10)
	反應後強度 (CSR)

肆、煤焦品質控管項目

本公司煉焦品質課針對煤焦品質之管制項目及標準如表一：

焦炭中的品質以抗碎強度 (M40) 與反應後強度 (CSR) 為首要，M40 及 CSR 與冶金煤品質之關係式如下註 8)：

$$M40 = a + b \times (c \times Rmax + d \times LN (MF) + e)$$

其中，a/b/c/d/e 為係數

$$CSR = A \times Rmax + B \times \log (MF) - (Ash-B / Ash-A) \times C - D$$

$$Ash-A = SiO_2 + Al_2O_3 :$$

$$Ash-B = K_2O + Na_2O + Fe_2O_3 + CaO + MgO$$

其中，A/B/C/D 為係數

伍、焦炭品質控管作業流程

焦炭品質控管首先須由煤料品質控管做起，並做好生產全流程的管理，作業流程歸納簡述如下：

- (1) 於煤料採購前即須訂定各品質項目及其控管值，確保進場煤料皆符合需求。
- (2) 合格煤料之品質分類。依各煤種黏結性、成焦性等之強弱，分為強冶金煤與弱冶金煤；強冶金煤再依照其揮發份高低分類。
- (3) 配煤品質制定。確保各單種煤品質皆符合規範後，主要依照混合煤之目標揮發份進行各單種煤的混合。
- (4) 定期從現場取樣分析混合煤之品質，以確保各項品質皆落於管控目標內。
- (5) 監控並記錄每日焦炭之各項品質，並主動了解煉焦廠生產動態。一發現品質下降趨勢，超出管控目標或煉焦廠即將改變操作條件時，則於確認須變料後，透過生產執行系統 (Manufacturing Execution System)，下達配比變更通知予相關單位。
- (6) 依照 PDCA (Plan-Do-Check-Action) 之品質管理循環，追蹤與掌控變料後之品質，確保其改善效果，並於必要時採取後續行動。

陸、總結

台塑河靜鋼鐵自產出第一批焦炭迄今，已半年餘，配合現場操作條件及焦炭品質狀況，歷經多次變料，焦炭品質合格率始終高達九成以上。針對焦炭品質管作業要領歸納如下：

- (1) 焦炭品質控管作業須結合對原料性質、現場操作及品管技能之掌握，三者缺一不可。
- (2) 保持用料之彈性，確保若某種料源因特殊事故斷料時，有其他品質相近之煤種可替換。
- (3) 保持與生產單位之聯繫，不容錯過任何製程上之異常，才能於品質發生變異時，多方分析原因及時改善。

焦炭品質的好壞，直接影響高爐操作的順利與否，在執行煉焦品質管時，應在產品品質合格的前提下，盡量保持其穩定性，而非一味地追求高品質，卻忽略成本。所謂設計合理的品質，乃品保之第一步。品管任務，人人有責，在河靜鋼鐵即將全面投產之際，煉鐵品質處同仁更將發揮螺絲釘精神，全力以赴，攜手打造企業產品之競爭力。

柒、參考資料

- 1) “Coal for metallurgical coke production : predictions of coke quality and future requirements for cokemaking”, International Journal of Coal Geology 50 ,2002 389 - 412 · M.A. Díez, R. Alvarez, C. Barriocanal.
- 2) 日本鋼管技報・No. 67, 125, 宮津隆、奧山泰男等三名。
- 3) Preprint for IISC, Dilsseldorf, T. Miyazu, Y. Okuyama, T. Fukuyama, N. Suzuki & T. Mori.
- 4) “煉焦學”，冶金工業出版社，第三版，2012，姚明章、鄭明東。
- 5) “焦炭強度預測方法探討”，天鐵冶金，第六期，2010，張亮亮。
- 6) “乾熄焦焦炭質量特性研究”，冶金能源，Vol.33, No.2, Mar.2014，張文成。
- 7) “配煤煉焦技術”，遼寧科技大學，2013，奚白。
- 8) 河靜鋼煉鐵品管處內技術訓練教材。