

工業技術通訊文選

冶煉部分

工業技術通訊編輯委員會編



機械工業出版社

工業技術通訊文選

冶煉部分

工業技術通訊編輯委員會編



機械工業出版社

1953

編 者 的 話

「工業技術通訊」是一種綜合性的刊物，它的內容包括機械、電機、化工、礦冶、工業管理等等，因此顯得很雜亂。每一期中，對從事某一專門工業的讀者來說，往往只有三兩篇文章切合他們工作上的需要。爲了解決這個問題，讀者會不斷地提出意見，要求本刊縮小範圍，集中力量於某一專門工業方面；對已經出版的各期，則要求經過選擇，分門別類編輯成冊，以便於翻閱和保存。

對於第二個要求，過去我們雖也出版過一些叢刊，但數量太少，不能滿足廣大讀者的需要，現在我們決定完全依照讀者的願望，將各期中有價值的文章，分工業管理部分、機械部分、電機部分、冶煉部分出版。此外，機械類中，高速切削法部分因已編入「高速切削法參考材料」中，故不再選入，金屬的電加工法則因材料較多，且有獨立性，也另編爲叢刊出版。

本文選中的材料，大都是工廠中的實際工作經驗，或譯自蘇聯書刊而經過工廠實際應用證明適合於我國目前情況的，一定能幫助讀者解決許多實際困難問題。

編者：工業技術通訊編輯委員會

1953年7月付印 1953年9月初版 1—4,500冊
書號 0158-C-55 31×43¹/₁₆ 142千字 34印刷頁 定價 5,600元(乙)

機械工業出版社(北京盛甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷

中國圖書發行公司總經售

目 次

關於電爐煉鋼的報告(工技 51 年 6 期).....	蘇聯專家吉米多夫 (1)
弧光電爐煉鋼與加氧處理(工技 52 年 6 期).....	秦曾志 (6)
酸性轉爐煉鋼的操作方法(工技 51 年 10 期).....	甄永樑 (9)
試製不銹鋼的經驗(工技 52 年 3 期).....	特殊鋼廠 (13)
不銹鋼的加氧冶煉(工技 52 年 8 期).....	奚兆元 (17)
鎳鉻合金鋼的熔煉(工技 52 年 4 期).....	孫欣棠 (20)
鋒鋼的鍛製(工技 52 年 1、2 期合刊).....	徐祖耀 (22)
下注鋼錠的報告(工技 51 年 12 期).....	李振南報告 (25) 王國鈞彙述
鋼錠模的設計和鑄造(工技 52 年 4 期).....	唐書甫 (28)
鋼錠澆鑄中的實際問題(工技 52 年 5 期).....	王國鈞 (30)
鑄錠時澆鑄速率的控制法(工技 51 年 2 期).....	陳夏緒 (35)
鋼錠破裂的因素(工技 51 年 4 期).....	G.A. Worchol 著 (36) 連壽福 編譯
怎樣消除鋼材外表的缺點(工技 51 年 2 期).....	友 華 (38)
關於貝氏爐的操作問題(工技 52 年 5 期).....	陸祖康 (42)
我們挖出了貝氏爐的潛在能力(工技 52 年 7 期).....	連壽福 (45)
小型貝氏爐的設計(工技 52 年 7 期).....	向儒生 甄永樑 (48)
對發展貝氏爐煉鋼的建議(工技 51 年 7 期).....	陸祖康 李振華 (53)
用炭精磚砌造煉鋼電爐頂成功(工技 51 年 4 期).....	臧毅卿 (55)
蘇聯專家對我國馬丁爐煉鋼的改進(工技 51 年 3 期).....	金 永 (57)
爐前鋼的滋性定碳法(工技 51 年 1 期).....	陶美有 李符時 (59)
熔煉合金鋼時所需合金鐵重量的計算法(工技 52 年 6 期).....	朱 覺 (63)

關於電爐煉鋼的報告

蘇聯專家吉米多夫

現有的各種熔煉高級質量鋼的方法中，電爐煉鋼法是最完善的，因為在電爐中比其他煉鋼設備易於調節和得到所需要的溫度，而且可得到脫氧良好的高級合金鋼。此外，電爐煉鋼並可合理的利用合金廢鋼。

現代機械製造業和生產軍用器材的工廠，都對鋼提出高度的要求，這種要求是平爐的鋼和貝士麥鋼所不能滿足的。因此，電爐鋼的生產是人民經濟中的最重要部門，沒有它，就不可能發展現代化的機械製造業與其他的工業。

目前，中國電爐熔煉的鋼約有 10% 是合金鋼，90% 是碳素質量鋼，而 90% 中絕大多數是能在平爐中熔煉的，也有甚至於能在貝士麥爐中熔煉。

由此可見，中國僅有的電爐生產能力，大部都應用於煉製平爐碳素鋼。

工廠中的成品是以化學成分、機械試驗（物理試驗）以及其他大的缺陷（如澆注時因澆道磚的裂縫，鋼水外溢而生成的空心，鋼錠冒口上漲帶蜂窩小孔的收縮孔與大塊非金屬夾雜物）來選別作廢的。

有些鋼種如滾珠軸承鋼、鑄鋼等，根據它的用途應作以下檢查：如非金屬夾雜物（氧化物、硫化物）、縱斷面與橫斷面的顯微組織、斷面顆粒度、多階層式車削等。

由於缺少以上各項檢查的結果，不但把劣質鋼供給購貨者，並且工廠的本身也不瞭解自己鋼錠的缺陷，也沒有採取有效辦法與這些缺陷進行鬥爭。

質量不合格的原因

由於各廠彙報和用料部門所提意見，關於鋼的質量不合格的原因，不外以下幾點：

一、補爐所用鎂砂質量很低，鎂砂中 MgO 的成分小於或等於 85%，顆粒大到 30 公厘，也有大到 30 公厘以上的。因此，爐底與爐埕（坡）不堅固，爐內容易生成粘稠的氧化鎂爐渣，並且鋼水中含有大量的非金屬夾雜物和氣體。一噸鋼消耗鎂砂的數量達到 200 公斤，撫順廠三月份一噸鋼消耗的鎂砂量為 145 ~ 111 公斤（包括鎂砂管子，爐底，爐埕所用），正常的消耗量應為 40 ~ 50 公斤。

二、採用的鋼料重量很小，並且是銹得很嚴重的。
三、熔煉與澆注過程中，有以下幾個很嚴重的缺點：

1. 沒有任意補爐鎂砂的質量。所用的都是粉末與大塊的混合物，這種自碾子上碾碎的鎂砂是不適合做補爐用的。

2. 雖使用過分氧化的鋼料，但每爐配料仍按熔煉後所得到的低量碳分計算。結果，在氧化期脫碳少（0.10 ~ 0.20%），鋼液脫氧也不完全。此外，很多爐鋼在氧化期後做了增碳工作。

3. 精煉時違犯了技術操作，在鋼液與爐渣內含有大量 FeO 時，就在第一批脫氧劑（還元劑）內使用矽鐵粉進行鋼液的脫氧，以致使鋼液內混雜非金屬夾雜物，並產生了其他缺點。熔煉結構鋼時幾乎都在電石渣下出爐，因此，鋼液內爐渣混雜的情況很嚴重，因為要將電石渣與鋼液完全分清是很難的。

煉結構鋼時，沒有考慮用綜合脫氧劑（A.M.S.），去進行鋼液的充分完全的脫氧和減低鋼中的非金屬夾雜物。

有些工廠，出爐前七分鎊或七分鎊以前就把鋁加入爐內，因此出爐時，鋼液中所剩的鋁過少，以致不能調節鋼的顆粒。

也由於以下澆鋼方面的重大缺點，降低了鋼的質量。

一、澆鋼所用的總注管沒有烘乾。

二、所用鋼錠模子設計不正確，是沒有底的，上頭小、下頭大，鋼錠高度與中間橫斷面直徑（或邊長）的比例過大，約為 7 左右。

三、澆鋼時所用的鋼錠模沒有保溫帽口，也沒有用沖壓法（After Filling）把總注管注滿。

四、有些鋼廠所用底盤的構造不適宜。所用的多孔底盤在流道轉彎的地方都是 90° 角。並且每一個流道上所放的鋼模數多於一個，因此有些鋼錠模中發現砂子。

本溪廠將五噸鋼全澆注在一個底盤內，為了使澆注情形正常，鋼液溫度必須提到高於普通出爐溫度。因此，鋼錠表面會發現褶皺現象。

幾乎所有的工廠中，都沒有完善的清理鋼錠部門，沒有削皮車床砂，輪機不能適合正常工作，清理部門或是設置在矮小的偏屋內，或是根本沒有，如撫順廠沒有吊車設備，鋼錠的搬運全靠人工。

目前我們所以不能保證得到質量高的鋼，主要是因為各廠沒有一個完善的每爐熔煉檢驗與必要檢驗的方法。在製定技術操作規程時，也沒有分別說明某種特殊鋼應做何種檢驗，如何做？

由於缺乏累積的鋼的檢驗材料，很難改進所有的熔煉，澆注操作與製成成品的加工方法。

蘇聯煉製長質鋼的經驗

蘇聯也和中國一樣，在電爐鋼發展過程中是有很多困難的。蘇維埃政權時代，電爐鋼的生產飛躍的發展着，1915年產量5500噸，到1937年已經達到了860,000噸，目前蘇聯已有800種鋼種。由於時間限制，我不能把所有蘇聯電爐冶金工業的組織問題，都做個詳細說明，這裏只能談一下關於我們怎樣爭取得到質量好的鋼的問題。

首先，鍊鋼技術操作是建立在高深理論與冶金過程實際研究的基礎上的。因此，蘇聯在科學院中設立了研究所，並有中央黑色冶金科學院，而在工廠中則有研究實驗室，此外高級質量鋼的用戶也有各自的研究院；進行電爐鋼生產的理論與實際的研究工作，研究出新的鋼種，並進行研究各種不同的鋼在機械與工具方面使用的情況。

第二個非常重要的問題，是訓練高級技術熟練的幹部。目前，電爐工人的職務，基本上是由技術員與工程師擔任，而所有熟練技術的工人，都在工廠與勞動後備學校裏經過技術學習的。

新的產品，在沒有取得經驗之前，按照購貨與供貨者之間所訂的技術條件供應產品，等到這些技術條件格外精確以後，再製訂成為國家的標準規格。

雖有國家的標準規格與技術條件，但供貨者與購貨者之間也有時發生關於產品不合乎質量的責任問題的爭執。因為得到質量不好的鋼，錯誤可能在冶金工作者，有時也可能是用貨者的錯誤，所以在蘇聯為了解決國家企業之間的爭執，設有仲裁委員會，以判決錯誤應屬於那一工廠，誰應當賠償造成廢品的損失。

上述方法只能促成得到質量好的鋼，但是並不够完全，所以，在工廠中要進行改進鋼的質量的工作，包括以下幾點：

一、所有修爐、熔煉與澆注等重要工作，都有技

術操作規程，技術操作規程的製定，能够使沒有參加熔煉工作的人，也能够瞭解熔煉與澆注的情況。出鋼以後，檢查的工程師，可從鋼樣、鍛造與爐渣樣瞭解熔煉的情形。此外領導這一爐鋼的工長，應該把一切情況都詳細記載於記錄本上，並有第二熔煉記錄本，由技術檢查科的代表填寫。

二、在煉鋼車間的基本工作方面，技術檢查科代表的工作，是負責防止產生廢品，並登記違犯技術操作規程的事項。同時，在嚴重的違犯技術操作規程，以致能產生廢品時，技術檢查科的工作者有權利在未通過鍊鋼車間同意之前，就阻止繼續工作。例如，裝爐用所配的料與其他爐料摻混，或配料時沒有按照操作的規程進行，檢查工作者可以不准許裝爐。如果吊來的盛鋼桶是潮濕的，就可以不准許把鋼液注入盛鋼桶中等等。

三、每班下班以後，主任工程師（廠主任）或是副主任，大工長與工人共同查看爐前記錄與爐中取出的爐渣樣、化學試驗樣及鍛造樣，找出缺點和缺點生成的原因，並錯誤的負責者。一切都詳細登載在「變班記錄本」上。

四、每班的工人與工程師每星期開會一次，根據鋼的質量研討一週來工作的成績。

五、爲了依照定貨規定，決定結構鋼的正確用途，與避免不必要的損失。每爐鋼送一到三根鋼錠到鍛造場或軋鋼場，進行加工製成90公厘×90公厘的鋼條，按照適當的檢驗操作規程取樣做檢驗，只有得到檢驗結果以後，才能確定鋼的用途，進行鍛製或壓軋。這種工作叫做每爐熔煉檢驗。

每爐檢驗規程上說明那根鋼錠應做檢驗，某種鋼應做某幾種檢驗，如何做法等。

六、爲了得到質量好的鋼，應該把新設計的鋼錠模子先做試驗熔煉，把試驗熔煉的鋼錠慎重的做檢驗（如縱切面，收縮孔，氣孔疏鬆分佈的情況以及其他性質），研究結果，得到滿意的鋼錠性質以後，新的鋼錠模才准許使用。

七、爲了要從用戶方面瞭解鋼的使用情況，工廠中有一個部門經常與用貨廠家進行聯繫。

提高煉鋼質量的方法

中國的冶金工作者面對着上述缺點與新的改進任務，需要即時通過克服這些缺點的方法，提高電爐生產的技術，達到新的現代化的水平。

我們認為要達到這些任務，有以下幾個方法：

一、補爐修爐所用的鑄砂，應該採用含氧化鐵不少於85%，氧化砂少於6%的。

鑄砂顆粒與組成成份如下：

0~0.8公厘的顆粒佔30%，0.8~8公厘的顆粒佔70%，70%中可有8~10公厘的，也可有大於10公厘的，但都不得多於6%。

二、爲了提高爐底壽命與防止生成氧化鐵劣等爐渣，用空氣錘打爐底時，應用上述的鑄砂與無水煤焦油和瀝青混合，其成份比例如下：

鑄砂	88~89%
煤焦油	11~10%
瀝青	1%

撫順廠已經應用這種方法打過兩個爐底。

三、要防止氮氣進入鍋內，用氧化法鍊鋼時，應用從軋鋼廠軋下的平爐鋼的截頭，生鏽很少的低碳鋼與重量大的廢鋼，鐵軌火車外輪，火車輪和軸等等。

四、用不氧化法鍊鋼時，利用本廠和用貨廠家的循環鋼，循環鋼上打有火印，載明鋼種，循環鋼必須按鋼種分別存放，或是把化學成份近似的幾種鋼合成一組存放。

五、低碳合金鋼熔煉時($C \leq 0.25\%$)，應該用好的電極，也就是堅固的，不易剝(掉)皮的，如蘇聯的人造石墨電極。在應用人造石墨電極煉鋼時，電極尾端較細的部分，或是電極尾端在接頭軸絲口地方，都應該打掉。

六、需在爐底堆砌好的爐子內，熔煉高級合金鋼和對於非金屬夾雜物提出特別要求的鋼。

七、用不氧化法煉低碳高級合金鋼時，必須用精鋼材，含碳少於0.04%，含磷不超過0.015~0.20%，這種精鋼材須要預先軋製成100~120公厘的圓條或方條，而不氧化法所用的鐵合金應爲低碳與含有少量有害雜質的。

八、氧化法煉鋼的一般技術操作規程上，應該說明：配料成份應能保證鋼料熔化以後，碳的成分只能高於成品鋼中碳成分中間數的0.30~0.40%，磷的成分少於0.060%。當熔煉結構鋼時，配料計算，鐵的成分約等於碳的四倍。在不含鎳的鋼種中，配料時鎳的成分不可超過0.20%。

爲了避免氣體滲入鋼液，得到平靜的電弧，除去鋼液中有害的雜質，且將酸性氧化物造成爐渣(SiO_2 , P_2O_5)，在熔化期所加石灰的數量爲鋼料重的3~4%，並用螢石來調節爐渣的流動性。

整個熔煉過程中所用的原料(石灰，螢石，螢石，鐵合金，焦炭)都應用乾燥的。個別情況下如煉結構鋼和不銹鋼時，需要把鐵合金先預熱以後再加入。

氧化期開始前，鋼液溫度須與出鋼時溫度相同。

氧化期脫碳應爲0.3~0.4%，這樣能保證鋼液的最大脫氣(氮)量，蘇聯與瑞典的冶金學者，都用研究方法證實了這點。研究結果爲脫碳0.15%時，鋼液中含氮量是比脫碳0.3~0.4%時多三倍。此外，這個研究工作並證明了如脫碳多於0.3~0.4%時，鋼液脫氮並沒有更好的影響，也就是不能再多脫氮。

加入最後一分鐘後到扒渣前，鋼液應保持15~20分鐘。扒渣前應該取樣，趁熱鍛造成橫斷面20×20公厘的長條，並彎180°，彎曲面的地方不應有裂縫，如有裂縫，則加入生鐵或錳鐵，以便得到良好的可鍛性，此後方可扒渣並行開始精煉。氧化期爲1時~1時50分，從扒鐵化渣到加入還渣混合物期間，碳減少的量應該不超過0.05%。

按照鋼種在適當的爐渣下進行精煉：

在白渣下熔煉含碳低於0.60%的鋼，其他鋼種則在電石渣下進行精煉，不銹鋼和耐酸鋼用鐵鋁渣(耐火磚渣)作精煉。

在白渣下進行精煉時，第一個十分鐘必須用焦炭粉或電極粉還原，在這時期應得到發白的爐渣，僅在得到發白的爐渣後，用矽鐵粉與焦炭還原。在好的白渣下($FeO \geq 0.07\%$)精煉應保持一小時以上。煉結構鋼時，出爐前20分鐘，每噸鋼料應加5公斤綜合脫氧劑(AMS)，在出爐前5分鐘加鋁，每噸鋼料加0.5~0.8公斤。

在電石渣下進行精煉時只用焦炭還原，出鋼前20分鐘，把電石渣變爲白渣，出鋼前10~15分鐘，用塊狀矽鐵進行用矽還原鋼液。

變電石渣爲白渣須把加料口爐門抬起，並加入石灰與耐火磚塊，在特殊情況下，先扒去一部份爐渣，然後再加石灰。出鋼前5分鐘加鋁，如煉工具鋼時，每噸鋼料加0.4公斤鋁，在白渣與電石渣下精煉時，出鋼前都應取樣鍛造成樣餅，並在加鋁前取渣樣分析CaO及FeO，FeO的成分不得超過0.70%，CaO等於55~60%。

上述兩種情況，精煉時期爲一小時半至兩小時，熔煉不銹鋼所用的精煉期可到三小時。

盛鋼桶與一切澆注設備(總注管，鋼錠模，保溫

冒口，漏斗，陶塞桿（包芯子）都需要乾燥的，鋼液在盛鋼桶中鎮靜的時間，應該不少於5分鐘。除了鑄鋼，高級合金工具鋼，鉻鉍鋼和數種高鉻鋼以外，其他鋼種都用下注法澆注。

鋼錠模子應該上頭大下頭小，帶底的，並且有保溫冒口。鋼錠尺寸的關係如下：（不帶保溫廢頭者）圓椎度2~5%，軋鋼所用的鋼錠，其本身高度與中間斷面直徑（或邊長）之比為2.8~5.5，鍛造用的鋼錠應為2.0~2.5。

1000公斤以下重量的鋼錠，鋼錠模與鋼錠本身重量（不帶保溫廢頭）之比為2。大於1000公斤重的鋼錠，鋼錠模與鋼錠本身重量之比為1或1.5。保溫冒口中鋼液的容積佔整個鋼錠容積的20%，而保溫冒口中鋼液的重量佔整個鋼錠重的14~18%。

保溫冒口部分的圓椎度為
每邊10~15% $\frac{a-b}{2h}$



鋼錠的形狀——高級合金鋼應該用橫斷面為圓形的鋼錠，其他鋼種則用方形鋼錠；在特殊情況時容易生成裂縫的鋼和重量大於1500公斤的鋼錠，應該澆注在多角形的鋼錠模中。

高級合金工具鋼與鉻鋼最好澆注成200~500公斤的鋼錠，所有其他的鋼種可以澆成400~1200公斤的，或更重於1200公斤的。

鋼錠模的塗料必須合乎以下基本要求：塗料的粘度，應該保證在塗抹時有均勻的一層塗料附在鋼錠模的內面。所以在25°C時，Engter粘度為2.8的塗料最合乎要求。塗料中所含水份不得超過0.5%。脫水煤焦油加50%黑油漆，其水份不超過0.5%，粘度1.0~1.5，發火點55~75°C，燃燒點630~90°C。

澆鑄鋼時以糖漿做鋼錠模塗料（製糖時剩下的）。

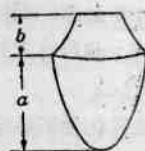
澆注含鋁高於0.5%的鋼錠時，鋼錠模的塗料為四氯化矽，在澆注前傾倒於鋼錠模底部，每噸鋼消耗75立方公分四氯化矽。

工具鋼，滾珠軸承鋼，與其他別種高碳合金鋼，澆注時最好用木頭椎子，這種方法本溪廠已試用過，並且得到的鋼錠表面很好。

爲了在塗抹塗料前，鋼錠模有適當的溫度（約為80°C），和鋼錠有足够的適當時間在鋼錠模內冷卻，所以每個電爐，必須有兩套鋼錠模子。

澆注鋼錠的速度要看鋼的種類而決定。因爲下注

澆注法，鋼液上昇時不得有濃渦在鋼液表面，能看到中間有一層很薄的膜（皮），而靠近鋼錠模四周有一圈約30公厘寬發亮的鋼液。



用下注法澆鋼時必須用沖壓法（after filling），下注法澆滿保溫冒口部份所用的時間b和沖壓所用時間c的總合，應該等於注滿鋼錠本身所用時間a的二倍（ $b+c=2a$ ）。上注法時，澆滿保溫冒口所用的時間

間為澆注鋼錠本身時間的70~80%（ $b=70\sim80\%a$ ）。

用過篩的白渣或加熱劑加在保溫廢頭上，做為保溫的用處，加熱劑的成份如下：

鋁粉	25%
45%砂鐵	5%
木炭	25%
火磚	50%
礬土(Bauxite)	15%

上述材料必須乾燥的並且磨成很細粉末。上注時一噸鋼消耗一公斤加熱劑，下注時用白渣，只有幾種鋼是用加熱劑。在澆注時，如在保溫廢頭上，安置刻有爐號和鋼錠號的鐵環時，必須等着加過加熱劑，並等加熱劑已完全燃燒後再澆注。

澆注大於200公斤以上重的鋼錠時，最好用六孔或八孔的放射性流道的底盤，在每一條流道上只許安置一個鋼錠模。

爲了檢查澆注情形，必須測量鋼液在流鋼槽中的溫度及澆注開始（按照鋼錠澆到一半高時的溫度）與澆注終了時的溫度。此外，必須詳細記載鋼液澆至保溫冒口（鋼錠本身）與澆注保溫冒口的速度，用沖壓法（after filling）澆滿一個底盤所用的時間，和澆完一爐鋼所用的時間，並澆注過程中的特性。

在用不氧化法煉鋼時，配料須特別加以注意，配料成份應使鋼料熔化後，所得的矽磷和其他化學成份能保證正常地進行精煉。配料中所用循環鋼量由50~80%，要看成品鋼中的含碳量和其他合金元素的含量而決定。

九、爲了能檢查熔煉過程中的操作，爐前分析室必須在30~40分鐘以內，能分析出錳、鈾、鈷、鋁等元素，碳、矽，硫的鑑定不得超過十分鐘，磷不得超過20分鐘。

十、應製定典型的一般的煉鋼、澆注、每爐熔煉檢驗與必要檢驗的技術操作規程。

十一、爲了提高工作者的專門技術，在工廠中應該組織技術學習。

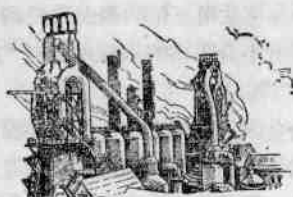
十二、鑑於在小於十噸的小電爐內，很難於熔煉低碳（ $C=0.15\%$ ）不銹鋼和耐酸鋼，以及在小電爐內煉鋼很不經濟，今後需要準備建設容量大於 10 噸的電爐。

十三、某廠今年第一季所做的鋼錠，在質量方面，是絕對使人不滿意的，要改變鋼錠樣子，須先解決改裝軋鋼機或添設鍛造汽錘的設備，因爲在現有的軋鋼機上，是不能軋製所要設計的新鋼錠。

十四、另一廠最好加速改用正確的鋼錠模澆鋼，因爲該廠到現在還用設計不合規格的鋼錠模澆鋼，並且沒有保溫冒口。

十五、鑑於高級合金鋼錠需要車削，所以要設置車削車間，或是在機械場中進行車削鋼錠工作。

十六、製定或更改一個舊的經常生產用的操作規程時，或是改變鋼錠模的結構與澆鋼用的設備（總注管，保溫冒口，底盤，漏斗等）時，最好事先經過必要的研究檢查工作，在得到滿意的結果後實行或使用。

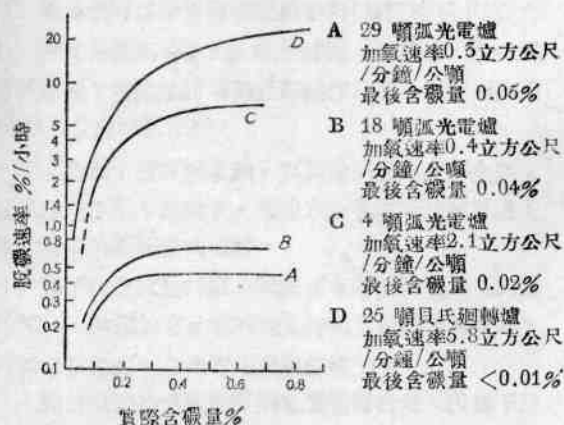


弧光電爐煉鋼與加氧處理

秦 會 志

由於工業上鋼鐵的需要數量一天天的增加，冶煉專家們極力在設法提高鋼鐵的產量。二次世界大戰以後，煉鋼工業又創造了一種加氧處理(Oxygen Enrichment)的煉鋼方法。由於最近三、四年來各煉鋼廠實際操作的結果，發現用加氧處理法來煉製低碳鋼、不銹鋼和合金鋼，對於產品的數量與質量都有顯著的提高。下圖是說明四種煉鋼爐利用加氧處理煉鋼後，因脫碳的速率加大而縮短了煉鋼的時間。加氧處理非但能增加產量，而且適用於平爐煉鋼、弧光電爐煉鋼、和貝氏迴轉爐煉鋼。在很多工業先進國家裏，加氧處理已成為正規化的生產方法，於是氧氣即成為煉鋼工業中不可缺少的原料。我國煉鋼工業界中目前也逐漸試用加氧處理，現在把弧光電爐加氧處理的煉鋼方法介紹在下面，以供大家參考。

大家都知道，弧光電爐是利用碳質或石墨電極通入電流後，藉弧光發出的熱力來熔煉鋼料。在弧光附近的溫度約為 $1,900^{\circ}\text{C}$ ($5,000^{\circ}\text{F}$)。鋼料熔化時，由於電極與鋼液表面間的距離很近，往往電極中的碳質很容易滲入鋼液裏，而且溫度愈高，滲入的碳量也愈多。爲了這個緣故，鋼液中的含碳量就大為增加。以往用弧光電爐煉製低碳鋼時，一般都是加鐵礦石使鋼液中的碳分氧化，而降低其含碳量，但是這種方法需要很長的時間。現在採用加氧處理後，非但可將煉製時間縮短，而且含碳量能隨需要而降低（參看下圖說明），操作方法也簡單。



加氧處理的主要原則是在精煉階段時將氧氣通入電爐內。操作的方法可分成兩種：一是氧氣由鐵管通導，將鐵管直接插入爐內，透過熔渣，使鐵管的噴口略在鋼液表面之下。氧氣由噴口陸續噴出。氧氣的壓力與流量需視電爐的容量與處理的情況而定。一般處理時，氧氣壓力是每平方公分 9~12 公斤，流量是每小時 283~849 立方公尺。處理時間根據實際操作情況而定。插入用的鐵管，其內徑約為 $\frac{1}{2}$ ~1 吋，容量大的電爐也有用 2 吋鐵管的。鐵管經常插入高溫的鋼液內，鐵管也逐漸溶化，所以工作人員應逐漸將鐵管插入，不要給鐵管的噴口露出鋼液表面。工作人員應穿戴面罩、手套、和防火衣履，以防燙灼。最好在爐門前放一塊鐵的隔離遮板，工作人員可站在遮板後面工作，以策安全。另一種方法是在爐內安裝一噴嘴設備，高壓、高速的氧氣，由噴嘴裏噴出，氧氣透過熔渣而深入鋼液。噴嘴設備需附有水冷裝置，以防熔渣。這種方法不如前一種的簡便，設備也比較複雜，實際應用也不如前一種來得廣泛。氧氣可利用液體氧氣，裝在容量較大的氯化器內，等蒸發後應用。

煉製低碳素軟鋼

以往用弧光電爐煉製低碳素軟鋼時，每出一次鋼需要很長的時間。前面已經講過弧光電爐由於電極與鋼液表面接近，電極內的碳質不斷地滲入鋼液裏，增高了鋼液內的含碳量。而低碳素軟鋼的含碳量大都在 0.10% 以下，這種低碳素的軟鋼若用弧光電爐煉製，就要使鋼液內的碳素去除很多。一般都是在控制鋼液內的含碳量時，用鐵礦石作為氧化劑，藉以氧化鋼液內的碳素，降低其含碳量。但是鐵礦石發出氧氣的速率很慢，而且鐵礦石與碳素起作用時又是吸熱反應，需要吸收熱量，所以電爐內加入鐵礦石後，使爐子溫度大為減低；同時鋼液內碳量降低，其融點增高，爲了要保持鋼液的澆鑄溫度，就需要消耗更多的電力。所以用鐵礦石作為氧化劑是極不經濟的，因煉製時間又長，生產成本也高。如果使用加氧處理時，將氧氣作為氧化劑直接噴入鋼液內，則氧氣很快就與鋼液內的碳素氧化，發出棕色的濃煙。因氧氣與碳素起作用

時為散熱反應，發出大量的熱量，使爐子溫度大大地升高，甚至很快的使鋼液沸騰。氧氣陸續通入後，濃煙逐漸減少，變成有光的火焰，此時鋼液已經沸騰，但要小心控制氧氣的壓力和流量，不使鋼液因沸騰太猛烈而流出爐門之外。有時氧氣停止通入時鋼液仍沸騰，這是由於爐內氧化未完所致。火焰逐漸短縮，表示鋼液內的含碳量已逐漸低落，當火焰很短時，爐內鋼液的含碳量約為 0.05~0.10%。如必要時，可繼續再將氧氣通入，使含碳量降低到 0.025% 左右。氧氣通入後，爐子溫度達 1,660~1,700°C，較未通入氧氣前的爐溫高出 60~100°C。氧氣停止通入後將熔渣除去，再加砂鐵與鋁脫氧，隨後再在鋼液表面上撒上一層很薄的石灰石，此時即可開始出鋼，其溫度約為 1,620~1,640°C。由此可見加氧處理後，能將爐子溫度升高，脫碳的速率加快，精煉時間縮短 15~20 倍，這樣能節省了很多的電力，降低了生產的成本。

煉製不銹鋼和合金鋼

用弧光電爐煉製不銹鋼和合金鋼時，在以前不能完全用不銹鋼廢鋼料或合金鋼廢鋼料作為原料。只有用高週波電爐煉製時，才能用這種廢鋼料用作原料，但是生產量太小。用弧光電爐煉製不銹鋼時，在控制含碳量的脫碳階段內，以往也是利用鐵礦石作為氧化劑來降低鋼液內的含碳量，其情況與煉製低碳素軟鋼時相同。因廢鋼料內含有價值很高的鉻、鎳等元素，尤其是鉻元素，在精煉階段時，極易氧化而消失。如

果精煉時間愈長，則消失的鉻元素也愈多。因此，在弧光電爐內，完全用不銹鋼廢鋼料煉製不銹鋼，或用合金鋼煉製鉻合金鋼，會受到了嚴重的限制。但是使用加氧處理後，就基本上消滅了這種局限性。國外某煉鋼廠的一個 5 噸容量的電爐，完全用不銹鋼廢料作為原料。等鋼料熔化後，關閉電門，切斷電流，升起電極。將通氧氣的鐵管插入鋼液內，氧氣向鋼液內噴射，處理情況與煉製低碳素軟鋼時相同。因為加氧處理可將精煉時間大為縮短，所以鋼液內原來含有的鉻元素的損失量極少。氧氣通入後爐溫能升高，這是由於氧與矽、錳、鉻、碳等元素氧化時發出大量的熱量。當然也有部分的鉻隨同氧化，這些氧化鉻即溶入鋼液表面上的熔渣內。但在最後加砂鐵與鉻鐵時，這些溶入熔渣內的鉻元素，約有 96% 左右仍能回收入鋼液內。該廠將鋼液內含碳量降低到 0.04%。氧氣通入的時間約為 50 分鐘。

用加氧處理，無疑地已成為煉製不銹鋼和合金鋼的捷徑。尤其是含鉻的鋼材，用以煉製低碳素軟鋼，其結果也非常優良，而且控制碳量容易，使產品質量提高。今將國外某煉鋼廠的實際生產情況列表（表 1, 2）如下，以供大家參考：

用弧光電爐煉製不銹鋼，在最後控制含鉻量時，以往都是加砂鐵使熔渣內的鉻元素能回收入鋼液內，但是鉻的回收率並不太好，需要再加低碳鉻鐵合金來增加鉻量。最近使用加氧處理後，可以加砂鉻鐵合金，其效率很好，而且它的價格較低碳鉻鐵合金便

表 1 合金鋼（鹼性電爐）

每爐產量（公噸）	碳		鉻		加 氧		
	未加氧前	加 氧 後	未加氧前	加 氧 後	消耗量（立方公尺）	時間（分鐘）	爐溫升高 °C
56.5	0.35%	0.027%	3.2 %	2.73%	451	56	249
54.9	0.41%	0.08 %	4.52%	3.61%	516	27	229
55.3	0.40%	0.08 %	4.26%	2.04%	417	44	52
51.5	0.16%	0.09 %	10.72%	9.51%	317	51	148

表 2 砂 鋼（鹼性電爐）

每爐產量（公噸）	碳		錳		氧化鐵		加 氧	
	未加氧前	加 氧 後	未加氧前	加 氧 後	未加氧前	加 氧 後	消耗量（立方公尺）	時間（分 鐘）
41	0.51%	0.062%	0.41%	0.54%	7.72%	11.54%	153	10
43	0.29%	0.05 %	0.30%	0.12%	25.38%	14.40%	328	15
42	0.41%	0.03 %	0.39%	0.17%	—	—	150	18

宜。表3與表4所示是使用矽鐵與矽鉻鐵合金時，鎢量回收的比較。

加氧處理的優點很多，總起來說，有下列數項：

(1) 控制鎢量容易，能縮短精煉時間；(2) 能在短時間內將含鎢較高的鋼液煉成低鎢鋼；(3) 煉製不銹鋼時能完全利用不銹鋼廢鋼料作為原料；(4) 能利用矽鉻鐵合金與鉻礦石還原而煉製不銹鋼或鉻合金鋼，並且降低生產成本。

弧光電爐可分為兩種，一種是鹼性電爐，另一種是酸性電爐。鹼性電爐大部分是煉製鋼錠用鋼料，縮短煉鋼時間是一個非常有利於生產的因素，所以用加氧處理，對於鹼性電爐來說，在生產上它的貢獻是較大的。酸性電爐大部分是供給翻砂車間內澆鋼，鑄件用鋼料，對於縮短時間雖然不是重要的因素，但是加

氧處理對於酸性電爐煉鋼說來仍有極大的價值。

表5所示是酸性電爐煉鋼脫碳操作的結果。

由表5可以看出加氧處理後脫碳的效率很高。根據過去的經驗，加氧處理後的鋼液在澆鑄時它的流動性很好，鑄出的鑄件質量也很高。

弧光電爐煉鋼時，電極棒時常發生突然的斷裂而落入爐內，使鋼液內的含碳量增加，超過了規定範圍，但通入氧氣後，就能在很短的時間內矯正過來。這是加氧處理的另一優點。

加氧處理雖然只有四、五年的歷史，但在煉鋼工業中已奠定了相當的基礎，為煉鋼工業開闢一條新的途徑。在增產節約運動中，這種新的煉鋼技術，是值得我們重視的。

表 3 分 析 結 果

還原時使用合金	分 析 結 果				還原時使用合金元素加入數量		還原後分析結果	
	未 加 氧 前		加 氧 後		% 矽	% 鉻	% 矽	% 鉻
	% 矽	% 鉻	% 矽	% 鉻				
75%矽 矽鐵	0.59	18.2		14.2	1.55	—	0.31	16.0
46%矽 矽鉻鐵	0.36	17.45		13.85	1.51	0.83	0.31	17.0
52%矽 矽鉻鐵	0.28	17.69		14.37	1.14	1.13	0.31	17.0

表 4 最 後 回 收 結 果

還原時使用合金	廢鋼料內回收鎢量 %	鎢加入量 (低鎢鉻鐵) %	最後所得含鎢量 %	全部鎢量回收率 %
75% 矽 矽鐵	87.9	2.87	18.6	88.0
46% 矽 矽鉻鐵	92.9	1.27	18.06	92.7
32% 矽 矽鉻鐵	90.3	1.66	18.66	91.6

表 5 酸性電爐煉鋼脫碳操作結果

每爐產量 (公噸)	碳 (%)		錳 (%)		矽 (%)		加 氧		
	未加氧前	加氧後	未加氧前	加氧後	未加氧前	加氧後	消耗量 (立方公尺)	效率%	時 間
6	0.52	0.24	0.55	0.45	0.52	0.43	18	123	2 分鐘
6	0.41	0.30	0.26	0.19	0.48	0.10	16	151	1分45秒
5	0.59	0.23	0.28	0.08	0.16	0.03	51	125	6 分鐘



酸性轉爐煉鋼的操作方法

• 甄永樑 •

轉爐煉鋼，以型式來分有兩種：一種是側吹式；一種是底吹式。以性質來分也有兩種：一種是酸性；一種是鹼性。本文僅談酸性側吹式轉爐煉鋼的操作。酸性轉爐煉鋼的簡單原理，是把高壓的冷空氣送入熔鐵中，以產生各種氧化物，利用氧化時所發生的各種熱量，來提高熔鋼的溫度。氧化發熱的原素，以砂為最好，錳次之。這種煉鋼法，對原料化學成分的控制和要求，非常嚴格，不過事實上由於客觀的原因，很難做得恰到好處。

酸性轉爐對於磷、硫、不能控制，要打算得到較良的鋼質，原料應該採用低磷低硫的生鐵、廢鋼及含硫較低的焦炭。酸性轉爐的產品為普通低碳鋼，多用於建築鋼材。原料和產品的化學成分如下：

1. 生鐵；C 4~5%， Si 1.0~2.2%，
Mn 0.6~0.8%，S和P 0.03% 以下。
2. 廢鋼；普通碳鋼，不含鋼及其他爆炸物。
3. 焦炭；固定碳 85% 以上，S 0.6% 以下，灰分 10% 以下。
4. 石灰石；CaO 54% 以上，SiO₂ 1% 以下，S和P 微量。
5. 錳鐵；Mn 50~80%，S和P 1% 以下，C 6~8%。
6. 砂鐵；Si 40~80%，S和P 0.05% 以下，C 0.5~1%。
7. 產品成分 C 0.15~0.35%，Si 0.2~0.7%，
Mn 0.4~0.9%，S和P 0.075% 以下。

根據以上所說的原料和產品，現把操作過程概述如下：

化鐵→吹煉→增碳→出鋼

化 鐵

把固體生鐵經過 1320~1550 °C 的高溫，化成鐵水流，並且把成分調整為適合轉爐冶煉的要求。

一 裝料計算 生鐵廢鋼裝入計算，原料成分的控制適當和計算正確，是能直接影響操作時間的長短，煉鋼效率的增減和溫度的正常的。根據我們的經驗以下列鐵水成分為佳：

Si 1.5~1.5%，C 3~4%，Mn 0.5~0.6%

但同時也要注意以下幾點：

1. Si : Mn = 2.5 : 1 (即 1.4% Si, 0.55% Mn, 1.3% Si, 0.52% Mn, 1.5% Si, 0.6% Mn)
2. 如果初次吹煉，爐溫不正常，可以酌量增加含 Si 量 0.55~0.5%。
3. 如果氣候溫度高，則鐵水含砂和錳量應予提高；如氣候乾燥，則鐵水含砂和錳量應予降低。

(a) 生鐵裝入量計算：

1. 生鐵含砂高於 1.8% 時的裝料計算。

設：生鐵含砂量 = B 廢鋼含砂量 = S

生鐵裝入量 = x 廢鋼裝入量 = y

Si 熔化損失率 = 20~30%

則 x, y 的計算式為：

$$1.5\% + (1.5\% \times 0.2 \sim 0.5) = \frac{x \times B + y \times S}{x + y}$$

2. 甲種鐵含砂量高於 1.8%，乙種鐵含砂量低於 1.8% 時的裝料計算。

設：甲生鐵含砂量 = B 乙生鐵含砂量 = S

甲生鐵裝入量 = x 乙生鐵裝入量 = y

Si 熔化損失率 = 20~30%

則 x, y 的計算式為：

$$1.5\% + (1.5\% \times 0.2 \sim 0.5) = \frac{x \times B + y \times S}{x + y}$$

3. 在生鐵含砂量低於 1.5% 時，則應加砂鐵以增砂量。

設：生鐵含 Si 量 = B 砂鐵含砂量 = S

生鐵裝入量 = x 砂鐵含砂量 = y

Si 的熔化損失率 = 20~30%

則 x, y 的計算式為：

$$1.5\% + (1.5 \times 0.2 \sim 0.5) = \frac{x \times B + y \times S}{x + y}$$

4. 關於 Mn 的含量也可按此式計算

(b) 焦炭裝入量計算：

固定炭：生鐵 = 1:12~10 (註 1)

計算式：設生鐵加入量為 A

焦炭的固定碳百分率為 B

$$\text{則焦炭裝入量} = \frac{A}{B (12 \sim 10)}$$

(e) 石灰石裝入計算：石灰石是一種熔劑，加入量應該根據焦炭灰分含 SiO_2 量的多少來計算：

$$\text{根據渣比} \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 0.6$$

設：焦炭裝入量 = A 焦炭的灰分率 = a

灰分含 SiO_2 百分率 = b

則計算式為：

$$\text{石灰石加入量} = \frac{0.6(A \times a \times b)}{\text{石灰石含 CaO 百分率}}$$

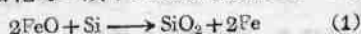
二 熔煉過程 等化鐵爐設備完全整理齊備，預熱到適當溫度後，作業開始，把木柴裝入點火，然後把底焦分次裝入，底焦高度為風眼以上 800~1000 公厘，利用自然通風，把風口、渣口、鐵口洞開。到底焦大都燃燒，燒到自風口能看見通紅，或加料門上見藍色長焰射出，然後開始裝料：把焦炭、石灰石、廢鋼、生鐵、按照次序循環裝入，裝到加料門底邊為止，然後送風。點火距送風時間須 2~3 小時，送風時把風口閉上，滓口、出鐵口打開，使雜滓等盡量吹出，並把一部分低溫鐵水，由出鐵口流出，等鐵水流出後，將出鐵口和渣口塞住，繼續送風並進行熔化作業。這時，溫度逐漸提高，所有鐵口水都匯入爐底或前爐 (Fore hearth)，至熔鐵上部的熔渣達到渣口時，把出渣口打開，使熔渣流出，放渣後塞住渣口，見鐵水量能滿足要求時，隨即停風 (註 2)。這時把鐵水桶靠近工作台，將鐵水口打開出鐵，出鐵後塞鐵水口，繼續送風化鐵，這樣循環不已，如果不打算再熔化，則將爐底的門打開清理。

爐後裝料工作是根據裝料計算，按焦炭、石灰石、廢鋼、生鐵次序裝入，以裝到裝料門為原則，不使高出或低於裝料門 500 公厘。

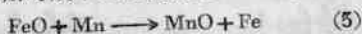
三 熔化的化學反應減耗 裝入的材料，如主鐵、廢鋼、焦炭、石灰石等，及爐料表面的鐵銹與所附着的泥砂，以及爐壁的耐火材料等；在高温下都起了化學反應。同時各元素，因為變化的關係有增有減。

1. 熔化減耗

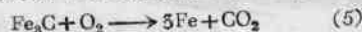
Si 在熔化時，成下列反應而減耗 20~50%。



Mn 在熔解時成下列反應減耗 15~20%。

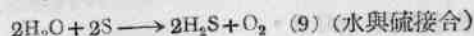
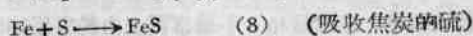
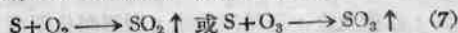


C 在熔解時成下列反應減耗 10% 至增加 5%

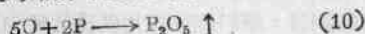


(低溫 C 素過剩時)

S 在熔解時成如 (7) 的反應，生鐵中可能減耗少數成反應 (7) (4)，而焦炭的硫質則跑進鐵裏，約佔焦炭含硫量 30% 強，如反應 (8)，焦炭的硫質遇水可能成反應 (9)，不過這一反應僅屬少數。

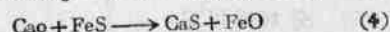
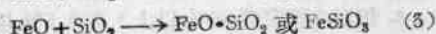
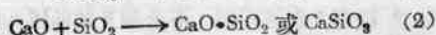


P 在低溫度時熔解可能成反應 (10) 而減耗少數。



2. 熔滓造成：

裝入原料中多屬酸性，但造滓料石灰石屬於鹼性，接觸後成下列反應，而成溶滓：



造滓的控制在冶煉過程上非常重要，熔鐵爐雖僅屬於熔化工作，但對於熔滓的控制有影響。如果熔滓不正常，可能影響鐵水溫度過高或過低，鐵水的成分不準確，爐壁的損壞等等。熔滓一般以下列成分為標準：

SiO_2 50%， MnO 6.4%， CaO 20.8%，

FeO 15.0%， Al_2O_3 6.5%，S 14%

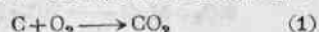
$$\frac{\text{CaO} + \text{MnO} + \text{FeO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} = 0.7 \quad \text{鹼性} = 70\% \text{酸性}$$

熔滓是否正常，看顏色就可知道：方法是將鐵棒插入滓口拉成絲狀，在日光下檢查顏色，一般以咖啡色，或青綠色較好；如為黑色或黑青色表示含 FeO 多，如為黃色、褐色表示含 MnO 較多，如為黑灰色則表示 CaO 過多。在正常時，熔滓的重量是裝入生鐵的 5~10%，其來源的百分率大概如下：

焦炭的灰分	12~7%
熔融減耗	16~34%
石灰石	19~23%
爐壁 (包括泥砂)	14~53%

材料所附的泥砂 5~17%

3. 爐內氣體變化：爐內氣體對爐溫有極大的關係，當空氣進入燃燒層即起反應(1)，進入熔解層及堆積層時成反應(2)，進至裝料門以上成反應(5)。



在熔解時看爐頂的火焰，能推測爐內燃燒的情形；

(1) 火焰成淡紅色表示熔解順調。

(2) 如紅焰較多則表示有效氣體損失大，浪費燃料。

(5) 烟突內外絡續昇黃白色烟，表示缺乏空氣。如果爐內熔解情況良好，爐頂氣體的成分應為：

CO ₂	CO	O ₂	N ₂
15.4	2.0		80.6
16.7	7.5	1.0	75.6

爐內熔解情況不良時，爐頂氣體的成分應為：

CO ₂	CO	O ₂	N ₂
5.1	21.2	1.2	72.5
9.2	16.6	0.4	73.8

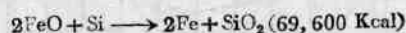
吹 煉

一 操作情況 爐的準備工作妥當後，爐內加以木柴焦炭烘烤，將爐溫提高到適當溫度(1200°C)，然後把焦炭倒出，爐體橫臥，熔鐵裝入爐內，即開始送風，至風壓提高到正常，然後爐體直立，空氣進入與熔鐵中各元素氧化燃燒，開始吹煉時，氧氣和砂接合生成一短尖不明的紅色火焰，並密罩棕色的煙霧，這時即為砂熔時期。然後火焰漸漸變黃且明亮寬大，後成沸騰狀況，這時爐溫提高，炭素開始氧化，鐵滓大量噴出，同時風壓降低，爐身略偏正度，此為礬熔時期。沸騰完了以後，火焰明亮一個長時期(此時火焰呈白光且甚長)，火焰漸小，出褐色的氣體，同時火焰突然下降，即行停止吹煉，此為礬熔下降時期。將爐身橫臥，停止鼓風，吹煉作業到此結束。

二 爐內化學反應 在吹煉中原料的化學成分，對於鋼質、溫度、吹煉時期及煉鋼效率等都有很大的關係。現在把各元素的化學反應及熔滓的形成略述如下：

1. 化學反應 砂是主要造滓元素，也是主要的生熱物，含量最好在1.5~1.5%左右，如果低於1%的時候，很可能使爐子太冷或鑄鋼時發生困難；如砂超過1.5%時，則可能增加滓液的生成，減低煉鋼率與

延長吹煉時間。在開始吹煉時，即成下列反應，同時發生熱量

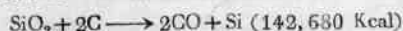


(溫度低於1,400°C)



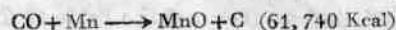
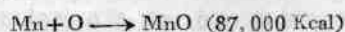
(溫度低於1,400°C)

砂氧化溫度逐漸提高達到1450°C~1550°C時，起下列反應，如果這時一部分砂素尚未氧化，則可能產生「遺留砂」。(此情況為鐵水含砂在2%以上)



Si經過吹煉後正常情形是剩下0.05%左右。

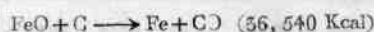
錳是生鐵中次於砂的造滓元素，含量如在0.7%以上時，可能產生一部分熱量，可使滓液太稀，使吹煉時滓與鐵水大量的飛濺，也可能使鋼錠表面帶有斑點；如太少時可使滓黏而漿，且易過吹(Over blow)增加FeO量；如砂量在1.5~1.5%之間，則錳應在0.52~0.6%之間(見裝料計算)。在吹煉時Mn起下列反應。



(T < 1,400°C)

吹煉後錳僅剩下少數。

礬也能發出一部分熱量，在1400°C以上時即開始氧化成下列反應，如氧化到0.05%下，則非常困難，且不易還原。



在吹煉後礬約在0.05~0.1%左右。

P和S在吹煉後其百分率增加(數字值仍為一樣)，P有一小部分成反應：



2. 熔滓造成 砂和錳經氧化後與一部分FeO接合成為熔滓，造成熔滓的化學反應；



正常熔滓成分為：

SiO ₂	45~60%
MnO	10~45%
FeO	5~35%

試驗操作記錄如圖 1。

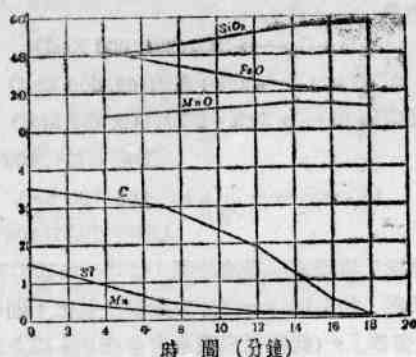


圖 1

7:50' 化鐵爐出鐵水

7:59' 轉爐鐵水裝入 (C 5.5%, Si 1.5%, Mn 0.55%)

7:55' 開始吹風 (同時砂焰出)

8:02' 碳焰開始 (沸騰)

8:15' 碳焰下降 (End point)

8:13'15'' 停風

8:14'30'' 取樣 (C 0.1%, Si 0.03% Mn 微量)

8:16' 去渣 (SiO₂ 256%, FeO 19.6%, MnO 12%)

8:18' 加合金 (FeSi 5 公斤, FeMn 17 公斤)

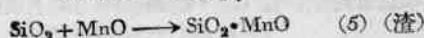
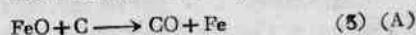
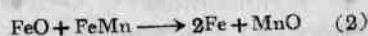
8:19' 取樣 (溫度正常 C 0.17% Si 0.25%, Mn 0.56%)

8:20' 出鋼

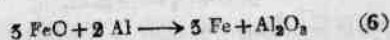
增 碳

一 操作過程 吹煉完畢後，即行取樣看它的氧化程度，取樣倒入取樣盒內看火花和它凹凸的情形，就可以知道氧化程度。然後將溶渣取去，加入矽鐵有二個作用：一為去氧，使鋼水中的氣體還原；一為調整鋼質的成分。加入後以鐵棒插入爐內，在鋼水面打並且攪拌，然後取樣看它還元程度如何，以樣面微凹者為佳，若凸者或有火花跳出，這就表示還元的程度不夠，仍需加入還原劑；另一方面看鋼水入取樣盒後的流動性可以知道溫度高低。

二 化學反應 加入合金起了二種作用，根據經驗告訴我們，加入合金中的 65~75% 作為配成分，25~35% 作為還原劑，或下列反應：



增碳後如取樣仍有氣體存在，則加入鋁或矽鐵起反應 (6)。



吹煉後的鋼水成分為：

C 0.05~0.1% Si 0.03% 左右，

Mn 微量，S 和 p 0.07% 以下，

增碳後將成分調整為

C = 0.12~0.5%, Si = 0.2~0.5%

Mn = 0.4~0.7%, p 和 S = 0.08% 以下

三 合金加入計算 (a) 矽鐵加入計算：

設 每爐鋼水量 = A，鋼水含砂量 = a，

矽鐵之含砂量 = b，矽鐵之加入量 = x，

矽鐵之加入效率 = 65%

則式為：
$$\frac{x \times b \times 65\%}{A} + 0.03\% = a$$

(b) 錳鐵加入計算：

設 每爐鋼水量 = A，鋼水的含錳量 = a，

錳鐵之含錳量 = b，錳鐵之加入量 = x，

錳鐵的效率 = 75%

則
$$\frac{x \times b \times 75\%}{A} = a$$

出 鋼

增碳後將鑄鋼桶吊入爐前，爐咀下傾，倒入鑄鋼桶出鋼，出鋼畢，將鑄鋼桶吊入鐵坑，以底注式或頂注式鑄成鋼錠。

註 1：關於生鐵與焦炭的熔爐比，根本是沒有一個固定的數字。加入炭量的多少其因素要視爐的構造、鐵的成分（為高磷低磷）、操作方法等等來決定的。這個公式是限於化酸性轉爐生鐵及以下操作情況所適合。

註 2：普通化鐵爐操作，多在化至鐵水量滿足時隨即停風，如不停風，在出鐵時亦須將風閘關上，以便於操作。我廠操作情況就是與文中所述相同。



試製不銹鋼的經驗

特殊鋼廠

今年我廠先後接受某廠及某局的要求，試製了三批 15% 鉻的不銹鋼（作透平機輪葉材料），獲得不少經驗，也發現不少問題，現在提出來，供大家參考，並望給予指導。

熔煉

在試煉中我們用了兩種不同的熔煉方法：一是在鹼性電爐中用完全氧化法煉製，一是在酸性高週波爐（High Frequency Induction Furnace）中煉製，後者是利用廢品的不銹鋼以及他的切頭和純鐵為原料。第一、二兩批試製中都產生了一些廢品，廢品產生的原因，主要是碳素控制得不好。第三批試製中就防止了這個毛病，並且控制碳素都在 0.12% 以下。第一次試製的廢品是 50% 強，第二次是 55% 強，第三次是 9%，因此從鋼錠廢品率看來多少是有了一些進步。

熔煉的規格我們是根據訂戶的要求而製作的，這規格如表 1。

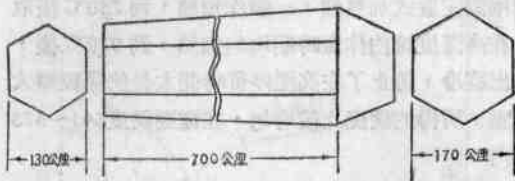


圖 1

表 1

	碳	矽	錳	鉻	鉍	鎳	磷	硫
第 1 號	0.07~0.12	<0.35	0.30~0.60	11.50~12.50	0.40~0.60	<0.60	<0.03	<0.03
第 2 號	<0.15	<0.60	<0.60	12~14	—	—	<0.03	<0.03

表 2

碳	矽	錳	鉻	鉍	鎳	磷	硫
0.07~0.15	<0.30	0.30~0.60	12~14	<0.60	<0.60	<0.03	<0.03

從兩次試製後，對於今後製作 15% 鉻不銹鋼的目標，我們決定了如表 2 的規格：

大家知道，不銹鋼不生銹的原因，主要是由於鉻的存在。如果碳太高，則碳與鉻化合成碳化物而減少固溶體的形成，相對的也就是減少耐銹作用。鉍的存在不僅有助於軋鍛的加工，而且可與碳結合成碳化物，即增加鉻的固溶體的存在。矽以 0.35~0.50% 為宜，過高時能稍增加在高溫的耐蝕性，但易使結晶粒變大，並降低成品的衝擊值。鎳一般的範圍是 0.10~0.55%，太高時能降低耐蝕性。在不銹鋼中加入鎳也稍能降低臨界點，並促進鋼的組織微細化，改善機械性能。

在第二、三批試製中，初步摸索了在高週波爐內各種合金元素的熔損率如下：

	最高熔損率	最低熔損率	平均熔損率
鉻	70%±	16%±	50%±
矽	37%±	13.9%±	20%±
鎳	4.95%	極小	5%±
鉍	16%	極小	5%±

鑄錠

三批試驗，均採用下注法。鋼錠尺寸如圖 1，鋼錠重量每根連冒口約 120 公斤。鋼錠模均經預熱，並塗刷臭油。鑄錠溫度，均用光學高溫計測定，依照鋼