

酸性電爐煉鋼操作法

余 宣 揚 譯

龍門聯合書局出版

酸性電爐煉鋼操作法

Conrad C. Wissmann 原作

余 宣 揚 譯

龍門聯合書局發行

酸性電爐煉鋼操作法

Conrad C. Wissmann 著

余 宣 揚 譯

★ 版權所有 ★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

上海淮海中路 1813 號

新 華 書 店 總 經 售

科學出版社上海印刷廠印刷

上海延安中路 537 號

開本：787×1092 1/32 印數：5,001—13,800 冊

印張：1 20/32

1950年10月第 一 版

字數：30,000

1959年1月第三次印刷

定價：(10)0.26元

介紹給讀者

酸性電爐煉得的鋼多半是用來鑄件的。但是常常在鑄件上發現細泡氣孔；一經鑄飽，才曉得不能應用。浪費材料，損失人工，還要耽誤工程的完成日期。這種困難必須設法解除。大家於是研究到砂模不能太潮，砂的形狀應該圓滑均勻，砂模透氣必須暢適，存鋼口放置地位應該適合實用並且高而又大。是的，這許多條件都是能使鑄件不發生氣孔。但是所用的鋼必須煉得純淨。否則，就是各種條件完全遵辦，氣泡細孔還是會發生的。那末我們應該在這許多物理性條件之外再來檢討化學性的條件了。大家都知道用來鑄件的鋼含矽錳炭不可太低，否則容易受氧化而發生氣泡細孔。所以煉作鑄件用的鋼，決不會把矽錳炭配得太低的。惟有氧化鐵留在鋼裏是許多人所不大注意的。因為化驗單上不會表示出來，煉鋼時候也不會用顯微鏡去察看，不過我們應該注意：鋼裏有了氧化鐵，鋼就不純淨了。這種氧化物留在鋼裏所發生的害處是很大的。大家注意到鋼裏有了硫磷的害處，卻不會十分留心到氧化物。假使鋼裏有了太多的氧化物，軋成各種鋼料就會開裂，鑄成鋼件就會有氣孔。如能將氧化物去除到千分之二以下，那就能保證不會發生氣泡細孔了。那麼怎樣去把握着這個必須爭取的條件呢？這本書裏就講得很詳細。因為鋼裏所有的氧化物和炭在極高溫度時會起作用。這個猛烈化學作用就起了沸騰。

經過十幾分鐘的沸騰，鋼裏的氧化物就被鋼裏的炭化完了（如含炭量足夠的話）。所以沸騰是全部操作中的關鍵。其次、因為根據物理化學原則，“如有兩種液體盛入一器不相融合，而各含有相同的一種物質，在指定溫度中兩種液體對於這種物質的含量會漸趨平衡而維持固定比例的”，足見熔渣裏的氧化物和鋼裏的氧化物的量是永久維持固定比例的。那就是渣裏的氧化物會跑到鋼裏去，倘如鋼裏的氧化物逐漸減少了。否則，固定比例就不能維持。相對的，將鐵礦加到鋼裏去使鋼裏氧化物加多，那末鋼裏的氧化物也要跑到渣裏去，直到雙方含量達到固定比例為止。所以在沸騰時候鋼裏的氧化物和炭化合而減少，於是渣裏的氧化物就向鋼裏跑去，而同時比例的減少了。因此我們如能在熔渣的色澤裏來察覺渣裏的氧化物的多寡，那也就可以知道鋼裏的氧化物的多少了。渣裏的氧化物最多的時候現黑色。如逐漸減少，那就變成棕色。再少，變成深綠色。最少時，變成蒼綠色。在蒼綠色的時候，熔渣含氧化物最少。這也是熔鋼裏氧化物減到千分之二以下的時候。所以蒼綠色的熔渣是指示鋼純的標識。希望讀者能深切的把握着適當時間的‘沸騰’同‘蒼綠色的熔渣’去煉出純淨的鋼質。同時請讀者注意：本冊所講的是電爐，而且是酸性電爐。別種煉鋼爐，譬如鹼性的，就不能完全用這種方法操作了。

余名鈺 一九五〇年七月

譯者序

電爐煉鋼至今已有五十年以上的歷史，而酸性電爐因為省電省時應用尤廣。雖然有不少的著作如Sisco所作的電爐煉鋼學等，對一般的電爐均有敘述；然而要專門研究酸性電爐，尚須加以補充。

這本小冊子是美國哥倫比亞鋼廠領工魏司曼所作，他對酸性電爐操作，日常可能遭遇的困難問題幾乎搜羅盡致；並且都有一種以上解決的途徑供讀者採用。對“鋼之沸騰”一節更反覆闡明，不厭其詳，使讀者留下深刻的印象。所以這書對實際操作者固有幫助；而作專科以上學生充實教本內容之用，更是不可少的好書。

因為原文用了很多習語，而句法裝置也不大通常，所以譯成中文似較流暢易懂。

余宣揚 一九五〇年七月於上海

錄 目

介紹給讀者

譯 序

裝爐.....	1
通電.....	2
蝕底.....	5
搭橋.....	6
造渣.....	7
沸騰作用.....	9
基本操作的規定.....	13
放鋼時之適當溫度.....	15
防止過度沸騰.....	18
煉低碳鋼的困難.....	19
鋼的還原作用.....	21
炭是最好的還原劑.....	24
加入合金方法.....	33
合金加入盛鋼桶法.....	36
溶渣.....	40
粘度測驗器.....	42
結論.....	44

酸性電爐煉鋼操作法

著者作此簡冊專為酸性電爐操作者解決酸性電爐煉鋼發生的各種問題及其操作法。至於電爐的裝置及其種類和電流、電壓、電量以及各企業主持人必需了解，藉以選擇煉爐來配合實際應用的，都不列入。只將酸性電爐煉鋼在工場操作時實際遇到的各種問題，分別敘述於后：

裝 爐

原料裝入電爐在熔化的時候往往發生三種困難：（一）電流不易接通；（二）爐底熔蝕；（三）爐內熔料搭橋；以致荒廢時間，消耗電力。如能選擇適當原料，並且裝爐方法合適，則上面三種困難就不易發生。酸性電爐大多數都應用在鑄鋼方面，所以裝爐原料有百分之三十至四十是鑄件上割下來的澆口鋼（俗稱澆口），和排氣口之存鋼（俗稱出氣）。這種回爐鋼多半是大塊廢鋼，可以和其他大塊先裝在底層，不過最大塊的應該裝在正對電極的下面，較小者裝在大塊上面，最後裝碎小鋼料。所有碎鋼板厚度自一分至六分，小於六平方吋的，可以蓋滿全爐。如果沒有碎鋼板，則其他碎料亦可應用，不過必須純淨而不太大；然而在電極間通電常不及碎鋼板傳達之速。在碎鋼板上可加粒屑碎料。如銼刨床之廢屑——除長條蓬鬆或銹污太甚致電力受阻不易通過的，都可以應用。在戰爭

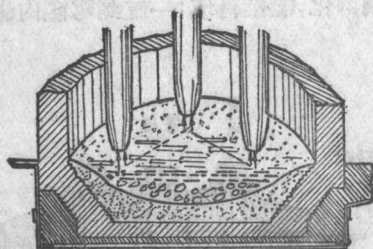
時期油污或含硫高的碎料必須採用，可以將這種碎料，在熱爐底先鋪一薄層，使它們上面的油和所含的硫受熱燃去；再將其餘最後裝置爐壁四周。裝入材料雖隨時變更，不過不出上面所述的原則。

至於回爐之各種澆口碎鋼形狀大小極不整齊不能裝填爐底的，可裝在第三層的上部靠近爐壁處。但切忌大塊鋼料裝置頂層，因為原料熔化下落的時候未熔之大塊鋼料向裏傾倒，極易碰碎電極。鑄工場內回爐廢料表皮多粘泥沙不易通電，應裝在電爐底部或貼近爐壁，切勿裝置電極之下，使電流受阻，通電發生困難。操作者應該注意他的裝爐工作是否優良；須牢記爐內容量，應該裝料到爐頂三分之二或四分之三。並且事前要有計劃分裝大小原料，以免裝好後再費人工鉤動大塊鋼料到適當的位置。如果在部分熔化後再設法鉤動，那末費工更大了。電爐裝有轉動機關而用流槽裝原料的，常易使大塊堆集爐前或爐後；應特別注意，以免發生困難。原料裝入太鬆，熔煉時間延長而用電量及電極消耗量亦隨着增高，結果成本增高。如能裝料合法，爐蓋爐壁都可以得到保護，不受弧光高熱過烈反射。於是爐蓋與爐壁的壽命延長，修補工作亦因此減少了。電爐裝有爐蓋移動機關而採用筐裝法裝料者，對於原料裝入筐內時，亦應注意前述各項原則，以免發生困難。

通 電

這裏我們從材料熔化的過程來了解上述裝料方法的重要。電爐熔鋼的熱力在電流通過電極和廢鋼發生弧光，弧光自每一電極發出到達廢鋼，通到其他電極而回，或經過廢鋼通到爐底，（因爐磚

在普通溫度不通電，但在高溫能傳電。)傳達爐壳而通大地。電流自擇阻力最小的方向流通。電極所發弧光經過空氣以達廢鋼過程中，即發生高熱，足以熔鋼。故欲熔鋼，必須使電流自一電極經過廢鋼通達至其他電極；或自電極傳到爐底，如第一圖所示。所以裝入爐內的原料必須有數層純淨廢鋼，容易傳達電流；並且他們的大小和形狀能彼此裝堆緊密，電流就可以在各塊廢鋼間暢自流通。反之，裝入的廢鋼如仍有大空隙存在，電流即無從傳達，而又發生弧光了。



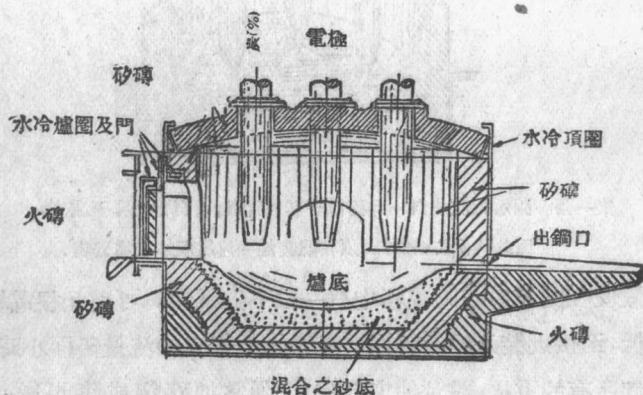
第一圖 圖示電流能自一電極傳至其他電極，或自電極傳至爐底。

因此欲使裝料快熔，須在爐底鋪一層鐵板或裝填緊密。

假使在開始通電時電極中有一根不過電者，可將此根電極竭力降低，至接近裝入的廢料而電流表上所表現的流量仍極小時，立即升起所有的電極，設法使它過電。通常加碎鋼或焦炭屑一二鎰在兩電極中間和不能過電的電極下，電流即能通過。倘仍不過電，可以放鐵棒一根在兩電極間，再在鐵棒之上蓋鐵屑少許，使不過電的電極和能過電的電極經此鐵棒而使電流接通。因為鐵棒有大量電流通過，受高熱而熔化，於是電量就能順利流通了。倘若

裝爐原料不能收集純淨廢鋼，而且它們的形狀又極不整齊，使裝爐時無法裝填緊密。爲了避免通電時發生困難，最好在裝入第二層或第三層鋼料時，先裝條形鋼數條於各電極的下面，預先佈置通電的道路。

有時電極中有一根熔鋼特快，於是在該電極之下熔成穹窿。電極繼續向下熔化，與裝在爐底的大塊鑄鋼澆口等接觸。然而鑄鋼澆口上所附着沙石阻力甚大，以致不易過電，電就驟然中斷。於是電極即須升起，並選純淨碎鋼填入電極所熔成的穹窿內。然後開電。等碎鋼熔化，繼續再填；一直到穹窿內滿盈熔鋼時，電流纔暢通無阻了。



第二圖 酸性電爐之切面圖，表示耐火材料與火磚襯裏之情況。

廢鋼入爐前應注意選出形狀整齊，可能裝填緊密的純淨鋼料，分做三堆，專供裝在正對電極下用，使電流容易通過。因爲有適當廢鋼，而又堆裝合法，電極通電自少困難了。

晝夜繼續工作中通電多無困難，因爐底常熱，容易傳電。如果晝作夜息，爐底經一夜退熱，翌晨開爐時，通電常常發生困難。所以補救的方法可以在日班下工前裝料入爐，趁熱通電約五分鐘，使裝入的廢鋼有多處邊尖互相熔粘，則翌晨開爐時爐底雖已退冷，而通電仍不致有什麼困難。

蝕底

開爐初期，各電極將裝入的鋼料逐漸熔化，形成較電極大的穹窿，繼續向下熔化，而接近爐底。此時正對電極下的熔鋼須能向四邊流動，否則電流無法傳到其餘鋼料，而使他們熔化。而且應有適量熔鋼在爐底儲存。因爐底經高熱後傳電性能也高，否則爐底將被熔蝕成穹窿了。這種情形發生的時候，可從爐頂和爐門上部所發的煙中檢別出來。因為弧光和廢鋼接觸起熔化作用時，煙色為灰紅或棕黃，但與爐底砂石接觸而起熔蝕作用時，則煙色為白色。因砂石熔化後，遇電極之炭質而成砂質，故所發之煙為白色。此種爐底熔蝕的作用稱為蝕底。同時應該注意，這種白煙也不能一定表示蝕底作用。因爐底中之鑄鋼澆口等件厚粘白砂，亦能被還原而發白煙。即廢鋼中含砂錳高者在熔化期間亦常能發白煙的。無論如何，當大量砂質燃燒，在爐頂電極四周及爐門口出淡黃亮火，可以斷定無疑的是電極蝕底了。操作者應從速升起電極，並裝入純淨廢鋼，填滿穹窿，通電熔化，再填廢鋼。繼續再熔再填，一直到電極下的穹窿積滿熔鋼，好似池塘一樣，於是電力可和熔鋼發弧光過電，而不至蝕底了。由此可見，爐底必須平坦，雖有少量熔鋼，

亦能鋪滿全爐底；使電極下面因有熔鋼，而不至蝕底。反之，爐底中心低窪或有深孔，那末熔鋼集聚爐底中心，不能鋪達電極下面，於是電極隨時有蝕底的危險。操作者必須鋪平爐底，化工而費時。總之，熔料中有足量大鋼料合法裝填底層，就不容易發生電極蝕底的現象。反之，裝料若不合法，即電極之下未曾用大塊鋼料填足，那末爐底就常有被電極熔蝕而成穹窿的危險了。

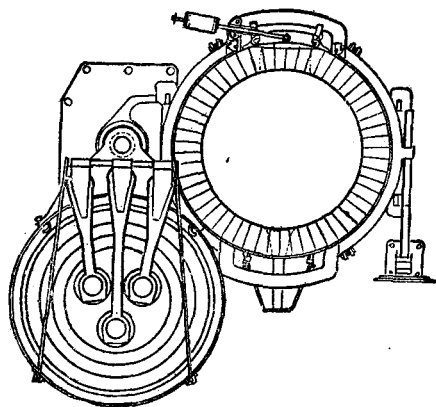
搭 橋

當電流暢通，爐底滿鋪熔鋼的時候，上層鋼料未曾隨時坍塌，而互相焊結拱成橋形，與熔鋼不相接觸。這種熔鋼搭橋的情形相當嚴重，應設法補救。最初，可由爐門用鐵棒將焊結部份分裂，使他們落在熔鋼的上面。倘若他們焊結的非常堅固，沒有辦法分裂，只有加入鋼料，使它逐漸熔化，到搭橋的部份為止。不但費工，而且費時。

往往因電極中有一根蝕底而發生搭橋的現象，則熔化之後必有大量濃粘之熔渣浮起，使電流難以通過。此時應加適量鐵礦石，使熔渣變稀薄，易於過電。但渣量太多，則應傾轉爐身，由出鋼口放去過多的熔渣，以免熔鋼內含炭有逐漸增高的可能。因熔渣太多，電流從電極傳到熔鋼比較困難，於是電極尖端有浸入熔渣的趨勢，來增加電流的通過量，則電極的炭被熔渣吸收，而逐漸進入熔鋼裏。

有時，大塊鋼料放置爐底，未曾裝填緊密，亦能發生搭橋之弊。此外，鐵板極易搭橋，而長條鋼料常常阻礙上部熔料下落，亦應注

意。



第三圖 圖示爐頂活動之巨型電爐，採用爐頂筐裝法裝料。圖中爐頂已移至一邊。

造 渣

爐內鋼料全部或大部份熔化後，應即提高熔鋼的熱度；並且將少量鐵礦石與石英砂均勻播在熔鋼上面。如裝爐鋼料多為鑄鋼澆口等件，因為它們含矽錳較高，經養化後變成熔渣。且廢鋼在熔化過程中亦有氧化鐵產生，變成熔渣。則可少加石英砂。一般而言，熔鋼上面最少須蓋有一分厚的薄層熔渣，不過配成如此薄層，在操作上頗為費力。但如造成熔渣太厚，足以延長熔煉時間，則決非上策。石英砂在加熱造渣時期若不加入，則熔鋼過程產生的氧化錳及氧化鐵能自動和爐底及壁的砂質化合，以致損傷底壁。

爐內鋼料全熔後，取出渣樣應為黑色玻璃，表示飽含氧化鐵。

因為隨後熔鋼或須經過沸騰作用呢！同時取出鋼樣，經化驗後，炭應稍高於實際需要。因多餘的炭素在沸騰時間自能除去。倘渣樣不為黑色，而是棕或豆綠者，表示含氧化鐵太少，應加入鐵礦，使其變黑。如裝爐材料多為回爐鑄鋼澆口，則在全熔之前即應加入鐵礦。所加鐵礦熔入鋼內為氧化鐵，與鋼內之矽錳起變氧作用，而成氧化矽氧化錳及氧化鐵。 $(即 2FeO + Si \rightarrow SiO_2 + 2FeO)$ $(FeO + Mn \rightarrow MnO + Fe)$ 氧化錳為鹼性，而氧化矽為酸性，互相化合而為矽酸錳。因其比重輕，遂上浮而成渣。矽和錳的氧化應先於炭之氧化，然後開始沸騰。所以操作上事先應加入鐵礦，使它在熔鋼熱度極低時被矽錳還原，使矽錳氧化而浮出熔鋼。否則熔鋼熱度漸高，有利於炭之氧化，則錳矽即不能完全氧化了。

因熔鋼所含之氧或氧化鐵量與熔渣所含之氧或氧化鐵量經常成正比例，所以熔渣的色澤表示其含氧量，也能表示熔鋼的含氧量。若熔渣為淡綠色，表示渣內氧化矽高而氧化鐵低。因為這種熔渣的顏色只能存在於含氧極少的熔鋼上，而不致變色。倘在含氧極多之熔鋼上，則大量氧化物迅速轉入熔渣，造成渣與鋼含氧之比例平衡；於是熔渣即由綠色變為棕色而黑色了。經科學家試驗結果，在不同爐溫的各式熔渣含氧量，與鋼之含氧量有一定的比例；所以如果加鐵礦入熔渣，則熔鋼即向熔渣吸收氧化鐵，至雙方達比例平衡為止。反之，若加還原劑入熔鋼內以減低其含氧量，則渣內之氧又復向熔鋼輸送至達再度平衡為止。所以重復再述熔渣的色澤，能指示熔鋼氧化的程度，或者說能指示它的含氧量或氧化鐵量的多寡。

因沸騰為煉製上等淨鋼之必要過程，故須牢記，全熔之後鋼宜氧化，作隨後沸騰作用的必要條件。而且全熔後鋼內含炭量應高於實際需要，使隨後沸騰強而有力。

沸騰作用

假設熔鋼已蓋有黑色氧化熔渣，而其含炭量亦頗充分，則即須增加熱度，使鋼熱極而沸。這種沸騰為鋼內所含的炭，和氧化合而起的作用。因為炭在適當高熱即同氧化合成為氣體的一氧化碳($2C + O_2 \rightarrow 2CO \uparrow$)。這種氣泡湧出熔鋼之外，形成沸騰現象。熔鋼若含足量的氧化鐵和炭，不論它們是原始存在或者隨後加入的，務須把握沸騰能達十分鐘之久。經驗豐富的操爐者認為“沸騰愈久，鋼質愈優”。但作者對此至今尚未證實。作者曾試驗多爐沸騰時間不同的鋼，它們的品質沒有勝過十分鐘沸騰的。同時，鋼質經十分鐘短時間的沸騰，的確比未經沸騰的優良。所以沸騰作用或為操作中最重要的一段。

當沸騰進行時，炭氧逐漸湧出鋼外，應隨時取渣樣察看它的顏色，來檢定渣內存氧的多寡。如渣色由黑變棕，而綠，而淡綠；即氧化鐵由多，而少，而微，而極微了。再來檢驗鋼的含炭量：可自爐內取鋼澆到六吋長六分到一吋方的鐵模中，將樣鋼浸入水內數次，冷後擊斷為二。精於此者，能從它的斷面組織的粗細檢別它的含炭量。含炭愈低，則組織愈粗。含炭愈高，則組織愈細。在檢別斷面尚未精確之前，應將肉眼估計的鋼樣含炭量，和化驗結果隨時對照。多數工場現皆採用驗炭器，能迅速而精確的檢定炭量，

用這種方法較斷面檢驗確實可靠。

當鋼內含氧量逐漸減少，於是沸騰的烈度亦隨而衰退，渣色亦起變化。及至豆綠色時，熔渣已相當濃厚。如用樣瓢拍擊，就能取得成塊熔渣。這時鋼內氧化鐵想被炭還原而去盡了。必須先行試驗鋼的含炭量，配合至實際需要，然後再加矽鐵與錳鐵，俟其完全溶化分散鋼內，立即放鋼。如再使熔鋼留存爐內，徒然使溶入的矽錳氧化，而浮入渣內。有部分矽或錳溶入鋼內，即與鋼內少量沸騰後剩餘的氧化鐵起作用。因矽錳的氧化力較鐵強，所以矽錳從氧化鐵中取氧化合而成氧化矽或氧化錳，上浮入渣。或存留鋼內，為鋼的內在雜質。它們的化學作用很是簡單： $(Si + 2FeO \rightarrow SiO_2 + 2Fe)$ $(Mn + FeO \rightarrow MnO + Fe)$

鋼質要它完全純淨，不含些微氧化物，是普通煉鋼操作不能達到的。因為熔鋼中的氧化鐵量雖因加入錳矽而減少，但渣內的氧化鐵又復分佈鋼內，重求鋼與渣間含氧化鐵的平衡。由渣傳入鋼中之氧化鐵又和鋼內的矽錳起作用，產生氧化矽和氧化錳，又復增加鋼內的雜質。因雜質損害鋼的物理性，所以加入還原劑後應速將爐內熔鋼放出，不使再生雜質。熔鋼經去氧後，鋼與渣間的氧化鐵往來輸送十分緩慢，因此熔鋼在靜止狀態中，其間互相來往的道路，僅在熔鋼和渣的面與面接觸之極薄一層，佔全爐鋼量百分比極少。由此可知，已經去氧靜定的鋼若不存在爐內太久，決不至增加更多的氧化物。在正當操作法中，應該在加入合金溶化均勻分佈熔鋼後幾分鐘就放出。熔鋼留存爐內雖只數分鐘短少的時間，已足夠氧化雜物上浮。如果延遲太久，反而損害鋼質了。