

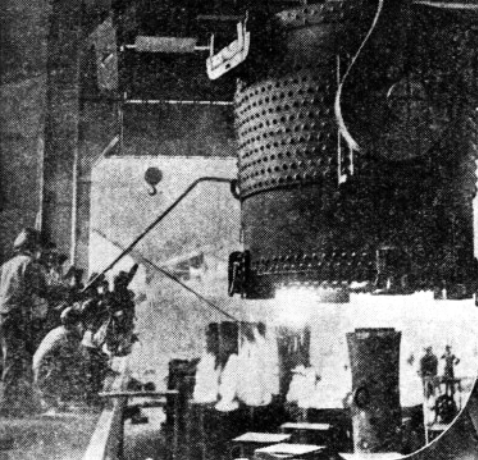
鋼鐵工業知識

平爐煉鋼知識

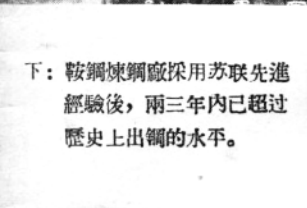
莊宗勳 謝家蘭



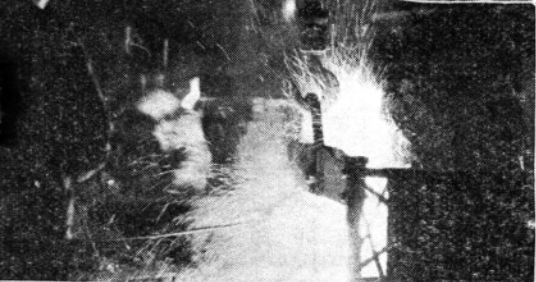
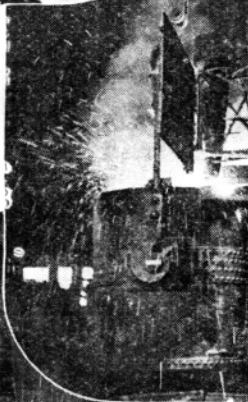
中華全國科學技術普及協會出版



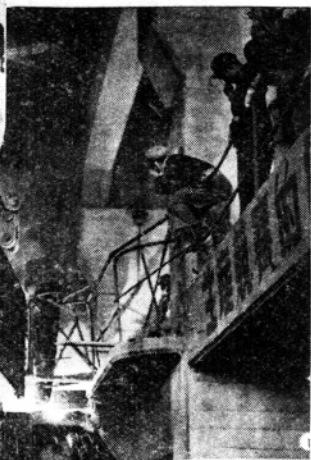
左：西南一〇一鋼鐵廠新建的平爐，已開始出鋼。



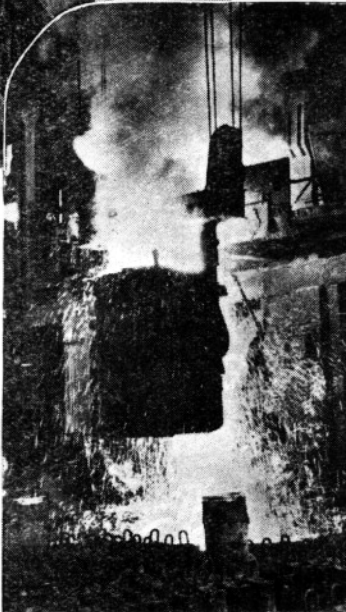
下：鞍鋼煉鋼廠採用蘇聯先進經驗後，兩三年內已超過歷史上出鋼的水平。



右：天津鋼廠學習了蘇聯先進經驗，煉鋼時間比過去縮短了百分之十六強。



左：大冶鋼廠積極學習蘇聯先進經驗，一年來已出優質鋼六十種。



本書提要

这本小册子，首先說明鋼和鐵的區別，簡單介紹了各種煉鋼爐。從而談到平爐的發展史、它的構造、以及它的煉鋼法——其中着重講述了鹼性平爐煉鋼法，因為這是大規模煉鋼的主產方法。最後對於鑄錠，附帶也作了簡要的說明。

目次

鋼和鐵的區別	1
煉鋼爐的簡單介紹	2
平爐的發展史	4
平爐的構造	5
鹼性平爐煉鋼法	11
酸性平爐煉鋼法	19
鑄錠	20

鋼和鐵的區別

一般生鐵，不是純鐵，而是鐵與碳的合金；除鐵與碳以外，還含有很多其他元素，如錳、矽、硫、磷等；由於含有這些雜質，特別由於含碳量高，生鐵便成爲一種缺乏可延性的材料，只能在熔化狀態下澆鑄成型，然後進行切削加工，不能用壓力加工的方法變形。

熟鐵所含元素，除鐵元素外，其他元素的數量遠比生鐵爲低。因此，熟鐵有很大的可延性，無論在常溫或在高溫變成紅熱時都可鍛成各種形狀。但是熟鐵的製煉，是在半熔化狀態下進行的，不可能不含有一些熔渣。

鋼是鐵與碳的合金，並含有錳、矽、硫、磷或其他的合金元素。但是一般的鋼，除了很少一部份是由熟鐵滲炭作成外，大多是在完全熔化的狀態下，經過精煉來調節其成份，凝固後具有高度的可延性，幾乎不含熔渣的鐵碳合金。

大體而言，生鐵中含碳量不低於1.7%（高爐煉出的生鐵通常含碳在3.2—4.5%之間），鋼的含碳量不高於1.7%（通

常不超过1.4%)。矽和錳对鋼鐵性質的影响也很大，它們都是有益的成分。硫和磷是在冶煉時不可避免地進入生鐵中的有害雜質。硫對於生鐵有不好的影响，而對於鋼的害處則更大，它能使鋼「熱脆」，就是說金屬在高溫下，例如在軋鍛溫度時，性質變脆，因而產生裂縫。磷的存在，則使鋼「冷脆」，使金屬在常溫下非常脆弱。

普通生鐵的脆性很大，如果不經過預先處理，則不能鍛造。熟鐵的性質很軟，延性很大，很易鍛造。鋼比熟鐵要硬得多，也能鍛造，而且它的硬度是隨碳份的增高而增大。

鋼具有非常寶貴的性能：强度高，韌性大，由不同成分和熱處理、有在很廣的範圍內改變性質的能力；在熱加工時容易變形；可以獲得特別的性能：耐熱性，高耐磨性，抗腐蝕性等。因此，煉鋼工業是許多工業部門發展的基礎。

煉鋼爐的簡單介紹

煉鋼就是把生鐵中的雜質（碳、矽、錳和碱性法冶煉時的磷）氧化，雜質的氧化物呈氣體一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO₂)逸出，或者成為氧化物氧化亞錳(MnO)、二氧化矽(SiO₂)、五氧化二磷(P₂O₅)進入熔渣中。因此，煉鋼過程主要是一個氧化過程。碱性煉鋼法（即爐襯是碱性的）能去除生鐵中的磷，同樣也可以部分地去除生鐵中的硫，硫成為硫化鈣(CaS)進入熔渣中。

用以煉鋼的爐子，有很多種類，各有優缺點；其中碱性平爐是大規模煉鋼生產的工具，現在簡單地把幾種煉鋼爐分別說明如下：

一、轉爐又名吹爐——酸性者為貝氏爐，碱性者為托馬斯爐——是利用高压空氣使鉄水吹煉成鋼的爐子。由于鉄水中的雜質氧化發生放熱反應，因此能保證提高鋼液所要求的溫度。這種吹煉作業的時間很短，每爐只要12—20分鐘。

吹爐煉鋼法的優點是設備費低，吹煉作業時間短，產量高；不需要燃料，成本低；缺點是對於鉄水（原料）成份的要求嚴格（貝氏爐煉鋼法不能去磷和硫，因此要求原料的磷和硫低；而托馬斯煉鋼法要求含磷達1.8—2.2%）；不能大量利用廢鋼做原料。所產鋼質較差。

二、電爐，主要是電弧爐——也有酸性的和碱性的兩種，是利用電流通過電極的下端與爐料間的空隙發生電弧而放出強大的熱量來進行煉鋼的；並由于爐內能經常保持还原氣氛，使爐子便于製造还原性的熔渣，因而能提高鋼的質量；但電爐煉鋼需要消耗大量電能，使成本提高，大規模的生產受到限制，適用於高級合金鋼的冶煉。酸性電爐由于沒有去磷和硫的作用，因此對於廢鋼原料的要求很嚴格。

三、平爐——按爐內作業的化学性質，也可以分為酸性平爐和碱性平爐兩種。酸性平爐是用矽磚砌底，上面並以石英砂燒結而成的平爐。由于酸性平爐不適合于造碱性的熔渣，沒有除去磷和硫的條件，因此只能从原料上來限制，这就影响到原料的供应。酸性平爐容積比較小，一般為50—60噸。碱性平爐的容積有達550噸的，它与鋼液和熔渣接觸的地方都是用碱性耐火材料砌製的。在該爐中焙煉時，允許氧化作用進行較快和用含硫、磷比酸性爐爐料較高的爐料，這種爐料，價錢便宜。因此世界上鋼的總產量中有80%以上是用碱性平爐冶煉

的 其優點可歸納如下：

1. 爐子的噸位大，可達 550 噸以上。
2. 能够保證鋼的質量，普通鋼、優質鋼和大部分的合金鋼都能冶煉。
3. 能够大量利用廢鋼，並可採用各種生鐵與廢鋼的比例來配料。
4. 有去磷和去硫的條件，對原料要求的機動性較大。
5. 生產成本低。

因此，用碱性平爐煉鋼的方法是我國發展煉鋼工業的主要方法。

平爐的發展史

1722 年，法國物理學家雷馬曾經指出在反射爐內把生鐵和熟鐵熔化可以製煉成鋼。

從 1846 年至 1865 年，馬丁父子在法國西立爾工廠中，根據這種想法進行試驗，但由於他們所採用的反射爐不能達到煉鋼操作所必需的溫度，未能成功。

1856 年，英國人西門斯兄弟取得了將加熱爐廢氣的熱量加以再生（蓄熱）的專利；這個蓄熱原理起初只用於空氣。

馬丁父子按照西門斯的原理應用於煤氣與空氣，勝利地熔化了生鐵與廢鋼。他倆的功勞是在於把蓄熱原理實際應用到煉鋼用的反射爐上去，而且想出了將原料和熔劑正確配合的廢鋼操作法的技術基礎。西門斯後來改良了自己的爐子，得到了良好的結果，它的特點是爐子與煤氣發生爐直接連上，更好地利用了煤氣的物理熱。

和酸性轉爐的發展一樣，最初的水平爐是用的酸性耐火材料，到1879年才開始試用碱性的。

这种煉鋼爐，在苏联和法國簡称为馬丁爐，在德國採用西門斯馬丁的名字而叫做西門斯馬丁爐，在英國和美國称为開爐，以其上有爐蓋，並可从爐門裝料和取樣而與高爐（認為閉爐）相區別。我國叫它做平爐。

苏联平爐煉鋼的先鋒依茲諾斯考夫工程師早在索爾莫夫工廠（現名「紅色索爾莫夫」工廠）建築了第一個容量2.5噸的水平爐，並在1870年初開始煉第一爐鋼。巴甫洛夫院士指出這座爐子的爐頭結構比在1867年按西門斯圖樣所建造的第一座美國爐子進了一步。接着由于碱性轉爐——托馬斯法——的發明，很快地引起在平爐生產中採用碱性爐底，解除了原料中含磷成份較高的限制；1880年在西方工廠建立了第一座俄國具有碱性爐底的水平爐，這說明苏联在平爐生產的發展史上是很早的，是先進的。

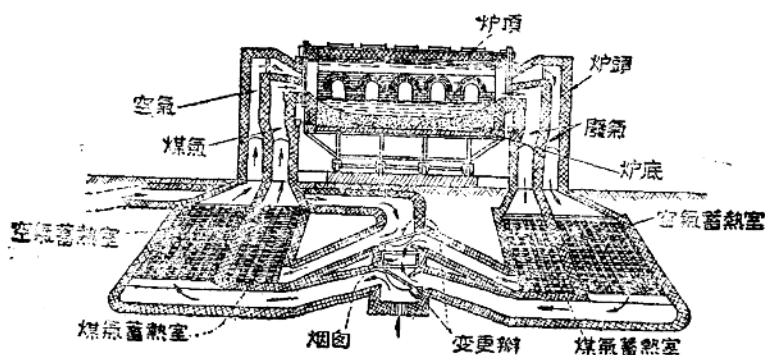
苏联新式平爐的容積（即噸位）都是比較大的。用大型碱性平爐來煉鋼，能節省燃料的消耗，增加爐子的技術經濟指標，降低耐火材料的消耗，增加勞動生產率，使鋼的成本降低。

因此，發展大型平爐是我們發展煉鋼工業的基本道路。

平 爐 的 構 造

鋼水的出鋼溫度一般在 1600°C 左右，而熔渣溫度又要比鋼水溫度高出 40°C 左右，所以要想在製鋼的過程中逐漸提高到這樣高的溫度，必須使燃料的燃燒具有比這種溫度更高的燃燒溫度，才能把熱傳遞給熔池。我們要提高燃燒溫度可以从兩

方面着手：①採用高發熱量的煤氣(或燃料)來提高其燃燒熱，②增加煤氣和空氣的顯熱，這就是說要把空氣(和煤氣)在未混合燃燒之前，必須分別經過預熱的過程。假如沒有把空氣(和煤氣)經過預熱，則任何一種煤氣的燃燒都不可能達到很高的溫度。因此空氣(和煤氣)要通過蓄熱室的格子磚預熱到 $1150-1250^{\circ}\text{C}$ ，來大量地增加它的顯熱。在另一方面必須利用燃燒後的廢氣的熱來加熱空氣(和煤氣)用的格子磚；這樣往返循環，形成再生式的蓄熱作用，這就是平爐最基本的構造原理。



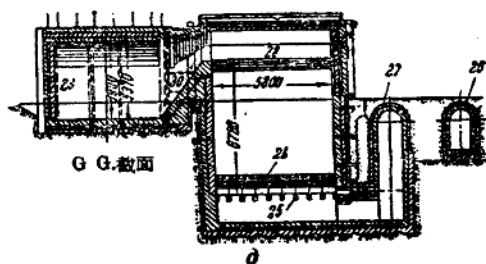
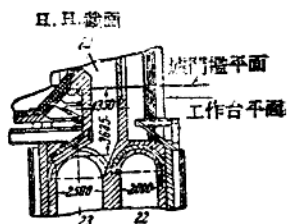
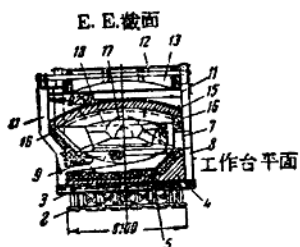
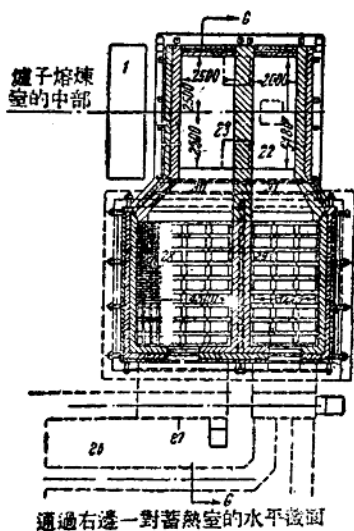
圖一

圖一為平爐組織系統示意圖，煤氣由煤氣管道沿箭頭方向經過煤氣變更瓣、煤氣支煙道而到煤氣蓄熱室預熱，然後通過煤氣上昇道、煤氣噴出口而流入熔煉室；它與由鼓風機沿箭頭方向經空氣蓄熱室、上昇道、噴出口的空氣在熔煉室匯合燃燒，而燃燒後的廢氣則沿另一方向分別經過煤氣及空氣蓄熱室而加熱格子磚，然後由支煙道經總煙道匯合向煙囪排出。經過

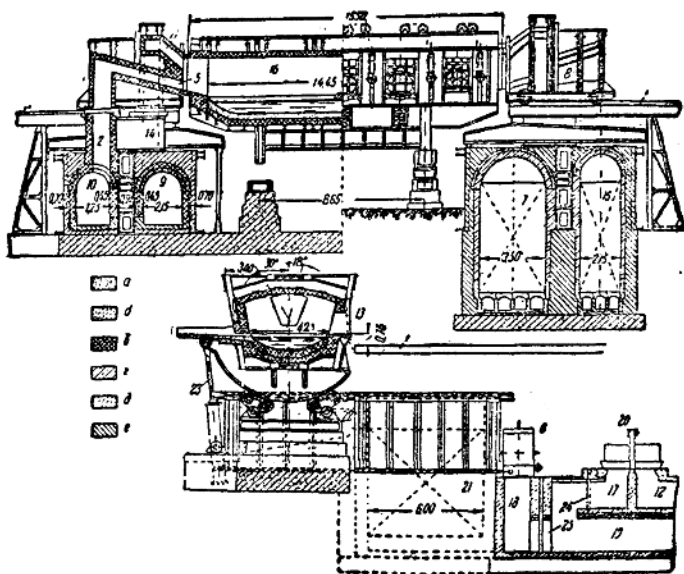
一定的時間，通常約 15 分鐘，變更變向瓣的方向，使煤氣和空氣沿另一方向通入熔煉室，以保持煤氣及空氣一定的預熱溫度。因此平爐的全部組織構造是完全對稱的，左右兩旁各有一對蓄熱室以及與蓄熱室相聯系的支煙道、上昇道、沉渣室等。平爐的構造如圖二所示，茲分別就主要部份簡述如下。

熔煉室——是進行熔煉工作的地方，包括爐頂、爐底、前牆和後牆等部份，都用耐火材料砌成，外部為鋼板鋼樑所包圍。爐頂通常是用矽磚砌成拱形的，由於平爐煉鋼的溫度接近於矽磚的耐火度，故不僅要求爐頂磚的質量較嚴，而在煉鋼過程中對於爐頂的維護亦須特別注意。爐頂壽命的長短，直接影響到冷修時間的多少。鹼性平爐爐頂除了用矽磚砌築外，現在也有用耐崩裂性的鉻鎂磚的，它的壽命可以達到熔煉 600 次以上。爐底鋪砌在爐底鐵板上，它的下層是由火磚和一層絕熱材料做底。爐底上層及爐牆下部則由鎂磚（鹼性法）或矽磚（酸性法）鋪成。在這上面是燒結層，酸性爐中是用石英砂，鹼性爐中是用鎂砂或白雲石。爐床面積是爐床沿爐門檻水平面的面積，通常用其長度及寬度之乘積來表示。平爐按照爐身能否傾動可分為可傾式平爐和固定式平爐兩種，鞍鋼煉鋼廠平爐都是可傾式的。圖三是可傾式平爐的構造圖。

爐頭——位於爐身的兩端，包括噴出口、橫道、及上昇道，由蓄熱室分別出來的煤氣和空氣，分別沿上昇道、橫道、噴出口而流入熔煉室混合燃燒。爐頭的設計，決定着煤氣和空氣進入熔煉室的速度、方向和廢氣由熔煉室流出時的燃燒程度和向蓄熱室分配的比例，關係着整個供熱的效率和爐體的壽命。爐頭的種類很多，鞍鋼煉鋼廠幾年來在蘇聯專家的具體指



圖二(3)



圖三 75噸可傾式馬丁爐縱切面及橫切面圖（該爐的爐頭可以移動）：
 1—工作台（爐台）；2—煤氣上昇道（左邊）；3—鋼渣室底（傾斜的）；
 4—出鋼槽；5—煤氣斜道（左邊）；6—移動式空氣變向閥；7—空氣蓄熱室（右邊）；8—爐頭（右）；9—左邊空氣蓄熱室的鋼渣室；10—左邊煤氣蓄熱室的鋼渣室；11—空氣斜道；13—煤氣往變向閥的進口；
 15—爐門；14—空氣上昇道（左邊）；15—煤氣蓄熱室（右邊）；16—熔煉室；
 17—由煤氣變向閥到烟囱的廢氣排出道；18—由空氣變向閥出來的廢氣排出道；
 19—通向烟囱的總烟道；20—煤氣變向閥（鼓式）；21—蓄熱室；22—由蓄熱室到鋼渣室的口；23—轉動馬丁爐的機械裝置；
 24—空氣變向閥附近的烟道開板；25—煤氣變向閥附近的烟道開門。
 所用耐火材料：a—白雲石或鎂砂粉；б—鎂磚；в—砂磚；г—一級火磚；
 д—二級生磚；e—紅磚。

同時又將吸收的熱來預熱煤氣和空氣。它位于爐身兩端下部，各有一對，即一個煤氣蓄熱室和一個空氣蓄熱室。蓄熱室的前面分別與支烟道相联接，後面與沉渣室相联接。蓄熱室內整齊

地排列着磚格子，熱交換的效率与磚格子受熱面積大小有密切的關係。鞍鋼煉鋼廠以往採取西門斯格子磚，根據苏联專家的建議現已全部改用彼得生格子磚，受熱面積增加了10—12%。

沉渣室——在上升道下面有沉渣室，使黏附在上升道的灰塵在熔化成液態時不落入蓄熱室而積存在沉渣室中；同時使廢氣氣流中攜帶的灰塵不致大量地進入蓄熱室中去，這是因廢氣流經上升道降入沉渣室，由于體積發生很大的變化，而使氣流的速度降低的緣故。

變向瓣——是變更煤氣和空氣方向的裝置。由于蓄熱室要進行熱交換的工作，按照週期變更方向，人們就操縱變更裝置來達到這個目的。鞍鋼煉鋼廠現用的變更裝置為福特式變向瓣，採用這種變更裝置要增加烟道的轉折，因而增加氣流的阻力，並且在變更的瞬間，使爐內停止煤氣供應，生成負壓力，引入冷空氣，容易降低爐溫。現在苏联專家已經給設計好了一種最新式的閘閥式變向設備，將來按裝使用以後，可以完全消除上述的缺點。

碱性平爐煉鋼法

根據原料供應的條件，用碱性平爐煉鋼，大致可以分下列三種方法：

一、廢鋼法——以廢鋼為主要原料。但是為了增加熔畢炭量，在裝入廢鋼的同時，必須加上一定量的製鋼生鐵或其他增炭材料。廢鋼法一般是應用於擁有大量廢鋼和沒有高爐生產，不得不採用從外處運來煉鋼生鐵作原料的平爐車間。在這種情況下，平爐的配料一般由55—70%的廢鋼和30—45%固體煉

鋼生鐵組成。

二、廢鋼鑄石法——它是在有足夠量的高爐鐵水和廢鋼來源有限的條件下採用的。在這種情況下，於爐內裝入很少量的廢鋼——通常為金屬裝料重量的30—50%，必需量的鐵鑄石和石灰石，裝入的原料良好加熱後，兌入金屬裝料重量50—70%的液體高爐煉鋼生鐵水。鞍鋼煉鋼廠採用高鐵水煉鋼法，鐵水與廢鋼之比為80:20甚至到85:15。偽滿時，高爐鐵水首先必須經過預煉的過程，在預備精煉爐用鑄石氧化一部份雜質，然後再加入平爐，幾年來在蘇聯專家的具體幫助下，煉鐵廠試製低矽鐵成功，給平爐直接使用高爐鐵水創造有利條件，因而煉鋼廠的預備精煉爐也在蘇聯專家的幫助下先後改建為平爐，使煉鋼廠的生產設備增加50%以上。這種方法適用於冶金生產週轉完全的、擁有高爐鐵水的工廠。

三、鑄石法——鐵水的比例增多，一直到100%，就是鑄石法，實際上單純地在一座平爐上採用100%鐵水的鑄石法煉鋼的情況是很少的。不是與其他設備如貝氏爐配合進行二重法煉鋼，就多少會配合一定數量的廢鋼。

就以上的三種煉鋼方法中，只有廢鋼鑄石法是鹼性平爐大規模生產最普遍最重要的方法。採用這個方法有下列幾點好處：

1. 可以根據原料供應的條件，採取並保持一定的鐵水和廢鋼的比例，使裝爐原料正常化，便於掌握正常的操作。
2. 由於冷料裝的少，可以縮短裝料時間。
3. 由於鐵水帶來大量顯熱，可以縮短熔化時間。
4. 由於縮短裝料和熔化時間，因而縮短整個製鋼時間，

使產量大為提高。

現在以廢鋼鑛石法為例，來敘述一下冶煉的過程和實際操作。在正常情況下，整個煉鋼操作是在控制鋼水的炭素，在配合炭素下降的速度來適當地調整熔渣和提高鋼液的溫度。但在整個製鋼週期，仍然劃分為以下的幾個階段，各階段間都有互相連帶的關係，只有在貫徹平爐技術操作規程的條件下，統一操作，步步抓緊，上階段為下階段創造條件，才不僅能夠保證鋼的質量，而且還可以達到快速煉鋼的目的。

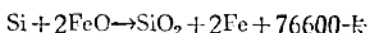
① 補爐——這是上爐出鋼後的清理工作，在正常情況之下，包括檢查爐底，清理並通順出鋼口空盡殘渣，投補後牆渣綫及堵出鋼口等，在這段時間一般會增多變更次數或減少煤氣用量，但為了使熔煉室和蓄熱室溫度不致降低，必須調節烟道閘板，使爐內保持正壓，同時必須組織力量爭取時間，使通順出鋼口與投補後牆渣綫同時進行，並且為了縮短補爐時間，在上爐出鋼前就開始投補後牆渣綫以上部份，在出鋼兩罐的間歇時間投補後牆中部，在冷料加熱時間才補前牆。補爐時間必須做好高溫快速投補，不僅能保證補爐質量，而為快速煉鋼打下有利基礎。

② 裝料——在廢鋼鑛石法中，主要氧化劑鐵鑛石裝入量的多少，是控制熔畢炭量的關鍵。因此在配料時必須根據所有原料，特別是鐵水和廢鋼的成份和數量來調整鐵鑛石的裝入量。當然，鐵鑛石本身的成份也必須事先掌握。熔畢炭量的規定，是要求在熔化完畢時鋼水的含炭量較鋼種規格中項高出0.5—1.0%。裝料的次序和每層裝爐的快慢，對於熔化時間的長短有很大的關係。必須指出，並不是裝料的時間愈快則熔化。

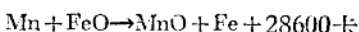
時間愈短。而主要的應該根據各種原料傳熱的能力來調整裝爐的速度，例如鐵礦石的傳熱能力是很低的，因此除墊爐底層的礦石外，每層礦石裝完之後都應該加熱 5—10 分鐘。這就是說，應該快裝的就必須快裝，應該慢裝的就不僅要慢裝，而且裝完一層，還要加熱，必須做到高溫快速分層燒透的裝料方法。兌鐵水的遲早，對於熔化時間的長短也有密切的關係，不是愈快愈好，而是要看冷料加熱的程度，一般應使大型廢鋼加熱到開始熔化發生點滴冒汗的時候兌入鐵水較為適當。冷料加熱正常，鐵水溫度較高，在這樣的情況下是不易形成泡沫渣的。

③ 熔化——從兌完鐵水到精煉開始是熔化期，實際上則自第一箱廢鋼加入後熔化工作即已開始。

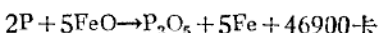
兌入鐵水後，鐵水中所含的雜質立刻被裝入爐內的鐵礦石和在熔化時所生成的一部分含氧化鐵的熔渣所氧化。它的反應如下：



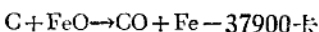
(矽 + 氧化亞鐵 → 二氧化矽 + 鐵 + 76600卡)



(錳 + 氧化亞鐵 → 氧化亞錳 + 鐵 + 28600卡)



(磷 + 氧化亞鐵 → 五氧化二磷 + 鐵 + 46900卡)



(碳 + 氧化亞鐵 → 一氧化碳 + 鐵 - 37900卡)

矽、錳和磷氧化時放出或多或少的熱。因此它們的氧化是在熔化期和熔化開始時進行的，因為此時熔液的溫度比較低。碳的氧化反應，僅在熔液達到高溫度後和熱能不斷地流入爐內