

鋼鐵工業叢書



铁水包吹氧炼钢

張俊英編

科技卫生出版社

內 容 提 要

本書專門推荐洛陽礦山機器厂的鉄水包吹氧煉鋼的先進經驗，書中着重介紹鉄水包吹氧煉鋼的原理及設備、鉄水除硫操作过程及原理、吹煉过程及除磷等。

鉄水包吹氧煉鋼不但設備簡單且操作方便，最適宜于沒有煉鋼設備的中、小企業采用。此外，采用此法煉鋼成本低且能煉出高級合金鋼，值得推廣和采用。

鋼鐵工業叢書

鉄 水 包 吹 氧 煉 鋼

編 者 張 俊 英

*

科技卫生出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市書刊出版業營業許可証出 093 号

科學出版社上海印刷廠 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 1/32 • 印張 5/8 • 字數 14,000

1958年9月第1版

1958年11月第2次印刷 • 印數 20,001—50,000

統一書号: 15 • 907

定 价: (9) 0.09元

目 录

1. “鉄水包吹氧煉鋼”的原理及設備.....	1
2. 吹煉的鉄水.....	6
3. 除硫操作过程及其原理.....	8
4. 吹煉过程及除磷.....	9
5. 吹煉过程的檢查.....	15
6. “鉄水包吹氧煉鋼”所制的鋼質量和經濟价值.....	15
7. 存在問題和今后的方向.....	19

鉄水包吹氧煉鋼

“鉄水包吹氧煉鋼法”，是一个簡單可行的制鋼法。它与其他の煉鋼方法不同，它的特点是設備簡單，操作方便，最適宜于沒有煉鋼設備の中、小型企業和一般地方工業。如果有煉鋼設備の工厂，当鋼鑄件發生緊張的情況下亦可采用。同时用鉄水包吹氧煉鋼还可以生產鋼錠，供軋鋼需要。吹氧煉鋼最大的优点；就是凡有鉄水的地方均可制出鋼來。这对我國發展鋼鐵工業，增加鋼の產量又指出了一條行之有效的途徑，并对在鋼鐵產量上以最短的時間赶上或超过英國和美國提供了一項重要的措施。

“鉄水包吹氧煉鋼”所制得的鋼，在成本上比任何煉鋼設備所制的鋼都要低，在質量上也可以和它們相媲美。同时用此种方法还可以制造各种高級合金鋼，根据我們目前制造的高錳鋼，在質量上已經达到國家電爐高錳鋼的水平。如果这种方法進一步完善化后，还可以制造更多、更好的高級合金鋼，以適應社会主义建設对合金鋼的需要，使煉鋼在全國各地开花結果。

一、“鉄水包吹氧煉鋼”的原理及設備

“鉄水包吹氧煉鋼法”的原理，和貝氏麥煉鋼爐基本原理相同。將氧氣吹入鉄水，使鉄水中的雜質（碳、硅、錳等）氧化，生成氧化錳，氧化硅、一氧化碳、二氧化碳等形式而逸出，使反應進行持續下去，鉄水溫度升高，碳量降至我們需要的數值，最后在鋼

液中加入適量的鐵合金，來調整鋼液的化學成分。再加入微量的脫氧劑而消除鋼水中的氧化物，以獲得優質的鋼水。

鐵水包吹氧煉鋼的設備是非常簡單的，只要煉鐵或者化鐵的地方均可採用此法制得鋼。所用的工具附具大致是這樣一些。

1. 不含碳質的鐵水包：其型式、大小均可根據各地的具體情況加以選擇使用，容量在 100 公斤至 2.5 噸的最為適宜。鐵水包有以下兩種：

(1) 一般大型企業所用的傾轉滾筒式鐵水包，如圖 1 所示。它的構造複雜，製造困難，價格也昂貴，一般中小型企業或地方工業不宜採用。但是他的容量大，吹煉時不用消耗鋼管，直接將氧氣膠帶接 7 處的耐火磚外側即可。

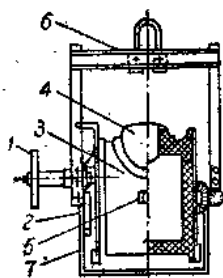


圖 1. 傾轉滾筒式鐵水包
1—手輪 2—轉動機構 3—包身
4—包口 5—支架 6—大梁
7—吹氧口

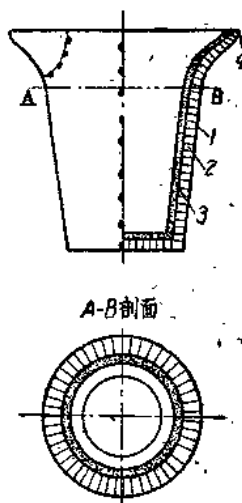


圖 2. 手抬包(容量 300 公斤)
1—外壳(鐵皮作成鑄焊而成) 2—耐火磚(砂磚、鎂磚均可) 3—耐火材料層
4—包咀(兩個在對應的兩側)

(2) 一般大、中、小型企業均有的手抬包，如圖 2 (圖中尺寸未注，應根據各地不同情況加以標注製造) 所示。這種鐵水包構

造非常簡單，制造也方便，价格也低廉，容量較小(最大 500 公斤)，吹煉时要消耗一些吹管，但是使用时最方便。

不論第一种或者第二种均需用耐火磚砌包襯，其耐火磚的性質用矽磚或者鎂磚均可以，但以鎂磚最好，对除硫、磷有好处，吹煉出來的鋼水質量好。

前一階段我們用矽磚砌包襯，包內的耐火材料層 3 采用下列的配合比：石英砂 30%，矽磚耐火磚粉 50%，耐火粘土 20%，適當的水分。后一階段我們采用鎂磚砌包襯，其材料配合比如下：鎂砂 30%；鎂磚耐火磚粉 70%，適當的瀝青。

当把这样的材料混合攪拌均匀后用椿錘緊緊的敲打，使其和耐火磚層密切結合，然后在爐子上或者用木炭漸漸加热烘烤，直至包內的自由水分完全蒸發为止，一般烘烤至發紅的狀態就可，千万應該切記，不干燥不能吹煉，否則將發生爆炸事故。

2. 蓋子：采用第二种鉄水包时必须用，第一种則不用，形狀为圓形的，略比鉄水包的外廓大一些如圖 3 所示，也可以用同形狀砂箱代替，其耐火材料的配合比如下：石英砂 80%，耐火粘土 20%，適當的水分，并且椿緊烘烤干燥。如果鉄水包是碱性的，則必須采用鎂砂 80%，中性耐火粘土 20%，適當的水分。

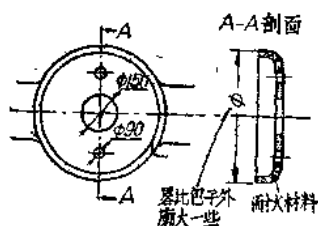


圖 3. 蓋子(圓形狀砂箱可代用)

3. 包叉(以下的工具均为第二种鉄水包所設計的)：包叉为轉动和运送的工具，一般都鍛造而成，其形式如圖 4 所示。

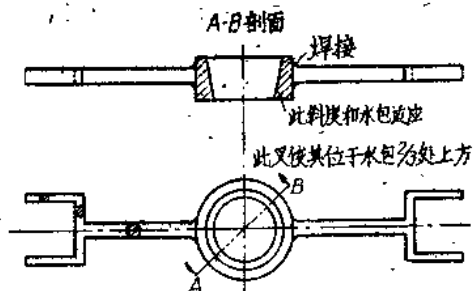


圖 4. 包 叉

包叉的斜度和水包的斜度應該適應，并且使其位于水包三分之二处的上方，为了运送、傾轉时穩定、安全，不致發生事故。

4. 吹氧管：由鋼管和耐火材料組成，如圖 5 所示。

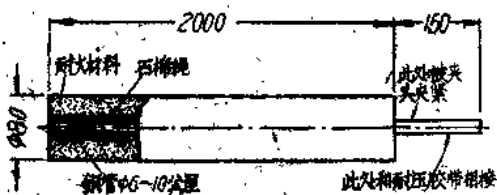


圖 5. 吹氧管結構圖

中間為一 $\phi 6 \sim 10$ 公厘的鋼管，靠近鋼管表面繞一層石棉繩，石棉繩的外側塗一層耐火材料，耐火材料的配合比如下：石英砂 30%，耐火磚粉 50%，耐火粘土 20%，及適當的水玻璃。如果包襯為鹼性材料，則耐火材料層為鎂砂 70%，鎂磚粉 20%，中性耐火粘土 10%，及適當的水玻璃。

吹氧管的有效長度一般為 2 公尺，又因為使用鋼管消耗較大，所以我們建議用耐火材料直接作出和上述規格相同的吹氧管，以降低吹氧鋼的成本。

5. 夾頭：為提升夾持吹氧管的唯一工具，如圖 6 所示。

夾頭為鍛造而成，在夾頭的一側有只頂絲，用搬手松動或者緊固，將吹氧管取下或者夾緊。

另外的兩側有兩只相同的把柄，各與一根空心管相配合，供兩人抬升控制高度之用。如果在吹氧用的鐵水包上方的廠房

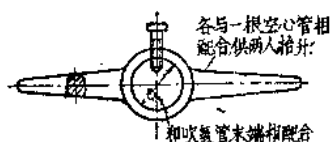


圖 6. 夾頭

處，安裝一個滑輪，就可以不用這套工具，同時節省了操作的工人。

6. 其他一些工具：足夠數量的氧氣瓶（內裝氧氣的壓力一般為 120~150 大氣壓）；氧氣壓力表兩支，耐壓橡膠帶兩根（長度各在 20 公尺左右，內徑 8~10 公厘）；保護板主要防止火焰燒壞橡膠帶，一般用薄鐵皮或者石棉板作成，外徑為 500 公厘，作兩片。試樣勺、試樣模型、手鉗、搬手、鐵絲及其必要的材料等。

7. 吹氧裝置（圖 7）：

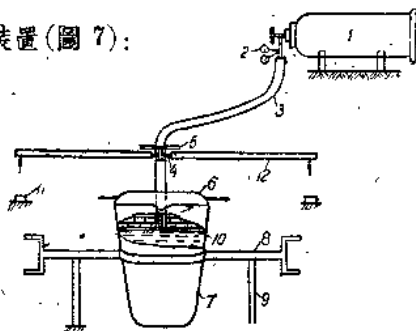


圖 7. 鐵水包吹氧鍊鋼裝置示意圖

- 1—氧氣瓶（足夠多壓力一般 120~150 大氣壓） 2—氧氣壓力表 3—耐壓橡膠帶（20 M） 4—夾頭 5—保護板（鐵皮、石棉板均可用） 6—蓋子 7—鐵水包 8—包叉 9—支持架 10—金屬液面 11—加氧工人站立台 12—兩支鋼管

注：（1）必須準備兩套類似工具（水包裝置例外）

（2）此圖是我們的工具，希各地根據自己情況，設計出合用的工具來。

我們送氧采用單瓶送，各地應根據自己的情況采用單瓶或者制造一個匯流氧氣排，采用多瓶送。根據我們的意見，采用單瓶送，比較節約氧氣，吹煉過程也能很好的進行，氧氣的壓力也容易控制。

二、吹煉的鐵水

吹煉的鐵水品質要求並不嚴格，它和一般化鐵爐熔煉的鐵水並無什麼區別，所不同的就是要求硫、磷稍低些。因此配料時必須嚴格的控制鉄料中的硫、磷數量，其配料依據是貝氏爐鉄水的化學成分（酸性包襯時），見表 1。

表 1

種 類	各 種 元 素 的 含 量 %				
	碳	硅	錳	磷	硫
標 准 品 質	2.8~3.5	0.5~1.5	0.6~0.8	0.08	0.06
中 高 品 質	2.8~3.5	0.5~1.5	0.6~0.8	0.07	0.05

注：鹼性包襯時硅量偏低，錳在 1.0~1.6%，磷 < 0.25%。

配料時按標準品質鉄水配比較容易些，磷硫的要求不太嚴格。因此我們建議幾種比較純淨的新生鉄塊：鞍山一號；鞍山二號；本溪一號；石景山一號；陽泉一號；馬鞍山一號等，這幾種生鉄的磷、硫含量較低，是配料最主要的原料，可以全部采用這些生鉄作為“鉄水包吹氧煉鋼”的鉄水。各地如果受條件限制，也可采用其他磷、硫偏高的新生鉄，但必須注意加一部分廢鋼或熟鉄來降低含磷、硫量還是必要的。加廢鋼的目的，是為了降低磷、硫含量，保證鋼鑄件的質量。

雖然我們配料的依據是表 1 的標準，但經過一段時間的摸

索, 还要注意下列各項:

(1) 鉄水中的含碳量保持在 2.8~3.1% 左右比較好, 因为低于 2.8% 鉄水將变成稠粘的状态, 但也不要太高, 太高时消耗的氧气数量比较大, 吹煉時間也会延長。

(2) 硅、錳的含量必須調整在表 1 吹煉成分的上限, 因为这两种元素是“鉄水包吹氧煉鋼”有决定意义的元素, 它們是燃燒后產生热量, 提高鋼水温度的唯一条件, 是“鉄水包吹氧煉鋼”不可忽視的關鍵。

(3) 配料不光注意鉄料中的硫、磷含量, 而且还必須注意燃料中的硫、磷含量, 焦炭最好采用低硫低磷的, 这对鉄水質量有保証。如果用一般的焦炭, 在熔煉过程中焦炭給鉄水中的增硫值大約 0.05%。

(4) 如果配料时發現鉄水中的錳量少时, 應該在化鉄爐里調整, 但需考慮 15% 的燒損。在化鉄爐內調整有两个好处: 第一, 使鉄水中的錳含量均匀一些, 吹煉时可以使鉄水包中鉄水温度普遍、同时提高; 第二, 可以除掉一部分硫, 因为錳最容易和硫結合, 生成硫化錳, 進入熔渣內。

(5) 当配料时發現硅量低时, 應該在鉄水包中進行調整成分, 并需考慮 20% 的燒損, 但必須在用苏打除硫以后進行, 否則鉄水中的硅量增高对除硫是有影响的。

(6) 配料方法和一般化鉄爐一样, 采用的新生鉄、廢鋼、廢鉄件、回爐鉄等最好根据不同地区、不同条件加以灵活变更, 最好这些原料有准确的化学成分。

根据以上的注意事項, 我們建議最好使用这样的配料成分 (在酸性包襯的包子中吹煉时): 碳 2.9%, 硅 1.5%, 錳 0.8%, 磷 0.08%, 硫 0.06%。这样的吹煉成分对吹煉質量、吹煉時間、

氧氣消耗量都較好，吹煉操作進行也正常。

配料的計算方法，這裡不介紹，因為這樣的方法資料非常多，各地可查一些資料立即可以解決。

三、除硫操作過程及其原理

我們在前面的配料中已經對硫加以控制了，如果硫量在一般結構碳素鋼或者合金鋼的要求限度範圍以內，那末這個操作就不必進行，但是根據我們介紹的配料成分，還需要有除硫的必要。

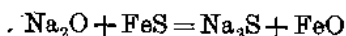
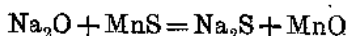
除硫的方法很多，我們採用的是在鐵水包或者出鐵槽加蘇打法，加入的重量約為金屬重量的 1~1.5%，停留 2~3 分鐘，攪拌、扒渣，

當蘇打加入鐵水中時，發生碳酸鈉的分解和熔化，並吸收大量的熱量，因此出鐵的溫度要偏高，（根據各地的條件不同，以盡量提高鐵水的溫度為宜）。

蘇打分解後生成氧化鈉，而和硫的化合物、硫化鐵、硫化錳相互作用後，生成不溶於鐵水中的氧化錳、氧化鐵和硫化鈉，一同進入熔渣中。其反應過程如下：

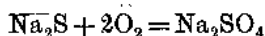
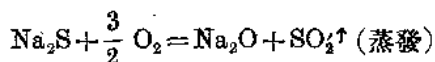


此時所生的 CO_2 蒸發，而 Na_2O 則依下列反應除掉鐵水中的硫：



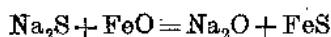
用碳酸鈉除硫，酸性的化鐵爐溶渣必須除掉。否則 Na_2O 將不能除硫，而和溶渣中的自由 SiO_2 結合，形成 $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$ ，因此加硅調整成分必須在除硫以後進行，道理也在此。

此时所生成的 Na_2S 浮在金屬表面,可能部分被氧化,構成氧化鈉和硫酸鈉。



这两个反应都可能减少硫化物中硫的数量,对除硫是有好处的。

当加苏打生成 Na_2S 后,在其他条件不变时 Na_2S 是稳定的和熔渣一齐扒出。当时间加长,温度和化学成分发生变化时,则会使反应发生可逆,使渣中的硫重新进入铁水,除硫效应失效。

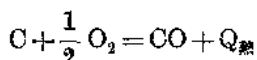


因此除硫操作的时间不宜延长。一般在 3~2 分钟以内扒掉最为适当。

当把这样的操作进行完了后,铁水中的硫量大約可减少原来含量的 50~55%。如我们吹炼低碳钢时,原来配料中的硫为 0.088%,除硫操作后降至 0.044% 左右。因此用苏打除硫获得了良好的效果。

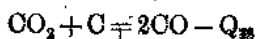
四、吹炼过程及除磷

我们采用的吹炼方法是顶部表面吹,讓吹氧管垂直于金屬液面。吹氧管和金屬液的距离为 15 公厘左右。前一阶段我们采用的金屬液内部吹氧法,这样和大型貝氏爐的底吹原理一样,在單位面積的铁水上,單位时间和氧气的接触机会較少,因而有氧气量供应不足的情况出现。这样氧气在铁水中发生反应:



就增多,这个反应虽然是个放热反应,但放出的热量是較少的。

当氧气的供应量很不足时,还会把原来生成的一部分 CO_2 被还原:



反应的结果使温度下降,因为这个反应是吸热过程。

当我们采用了“表面吹氧”后,却使钢液的温度很高,这主要是在金属表面有过剩氧气存在,氧气供应量对单位铁水来说非常充足,因此,这样的反应就增多, $(\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2 + Q_{\text{热}})$ 反应结果放出大量热量,使温度有显著的提高。

沿着水包的顶部到底部成分都是一致的。其原因可能是“含碳量不同的铁水有不同的比重”,含碳量多的铁水比重小,而含碳量低的铁水则比重大。这样在水包表面的铁水当碳被燃烧完了后,比重就要加大,势必要下沉至包底,相对包底的铁水比重小,就必上浮。由于上浮、下沉的铁水对流作用在铁水包内发生,迫使整个铁水包中的化学成分趋于一致。

整个的吹炼过程及特点如下:

当把前面优质铁水取得之后,开始进行吹炼,根据我们初步的观察与摸索,基本上把整个的吹炼过程分做前期和后期,这主要根据吹炼各期的操作特点而划分的。

吹炼的前期一般在氧气瓶出口的压力为 10~12 个大气压,实际和铁水接触面处的压力为 5~6 个大气压,这样的氧气供应量还是充足的,足以燃烧大量的硅、锰和微量的碳,产生了渣子形成的前期,并放出大量的气体。前期进行的时间一般在 10~12 分钟。硅由原来的 1.5% 降至 0.4% 左右;锰由原来的 0.8% 降至 0.3% 左右;碳的燃烧速度大约为 0.08~0.09% /分(参看图 8, 9, 10)。前期由于主要氧化的是硅、锰,因此温度大概由原来的 1300°C 升至 1550~1600°C。根据我们经验燃烧

1% 的硅使鉄水升温 $100\sim150^{\circ}\text{C}$ 左右, 燃燒 1% 錳, 使鉄水升温約 $50\sim60^{\circ}\text{C}$ 左右。

在前期扒渣工作很重要, 因为前期主要燃燒硅、錳, 溶渣变得非常稠粘, 如果不及时的扒出, 会使氧气消耗量增加, 同时氧气直接和鉄水接触的机会减少, 会使吹煉時間延長, 操作也受到影响。所以, 前期扒渣应進行 2~3 次。

前期取試样的次数不宜过多, 因前期鉄水还未变成鋼液, 因此也可以不取或者取一次。

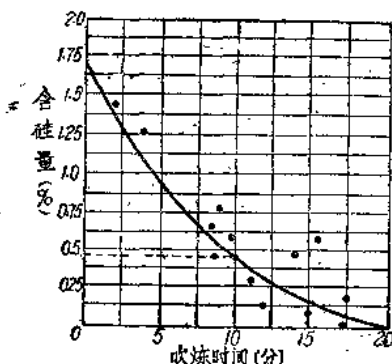


圖 8. 含硅量与吹煉時間的关系

注: (1) 吹氧管内徑 10 公厘。 (2) 鉄水重量 300 公斤。 (3) 氧气压力 $10\sim15$ 大气压。 (4) 含硅量在 0.4%, 時間在 10 分鐘时为前期和后期之分界点。 (5) 鉄水全用本溪 #3 生鉄。 (6) 在吹煉达 $18\sim20$ 分鐘时硅燒光。 (7) 此圖表根据化学分析而得。 (8) 此圖表的时间均为有效時間。

前期的基本特点大概是这样一些:

1. 噴出大量的锈紅色的烟和气体, 这主要是鉄、錳、硅被强烈氧化結果。

2. 鉄水包中噴出的火花, 呈現暗紅色, 同时落在地面炸开的火花分枝非常多。

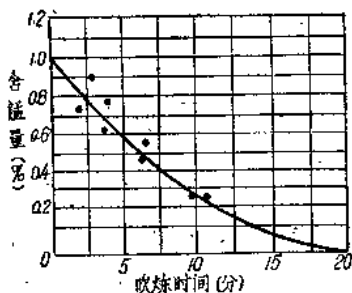


圖 9. 含錳量與吹煉時間的關係

注：(1) 吹管內徑 10 公厘。(2) 鉄水重量 300 公斤。(3) 氧氣壓力 10~15 大氣壓。(4) 鉄水全用本溪 #3 生鉄。(5) 含錳量 0.3%，時間在 10 分鐘時為前期和後期之分界點。(6) 在吹煉達 18~20 分鐘時錳已燒光。(7) 此圖根據化學分析而得。(8) 此表所用時間均為有效時間。

3. 鉄水處於平穩的狀態。

4. 渣子呈現黑色，主要是氧化鉄和氧化錳的含量增高，同時渣很稠粘。

前期進行完了後，把鉄水包中的熔渣扒除干淨，接着進行除磷操作，除磷的同時也伴隨着除硫的進行。除磷是用造鹼性渣法，加入等於金屬重量 1.5% 的各占三分之一的生石灰、電石和鉄鱗^①。這樣的操作進行兩次，並充分的攪拌，並且扒除所造的渣。

去磷在前期結束以後比較好，因為這時硅量很少了，對除磷幫助很大。根據我們的試驗，用石灰 2%，螢石 1%，鉄鱗或者礬石 1%，食鹽 1% 的混合物；加入量為鉄水重 1.5%，除磷的效果也很好，並且還除掉了一部分硫。用石灰和電石 1:1 的混合物，加入約等金屬重 1~1.5%，除磷也獲得了良好的效果。

這樣的操作進行完了後，大約可除掉原來鉄水中的磷值

① 鉄鱗：為鍛造的氧化鉄皮。

40~50% 左右,如果用碱性鉄水包,加入的碱性造渣材料适当的多一些,还可以除掉更多的磷和硫。

除磷操作進行完畢,馬上可以轉入吹煉的后期,后期又叫沸騰期。后期的主要任务是讓碳氧化至我們要求的含量范围以內,主要燃燒的是碳,因此氧气的压力一般控制在 12~15 个大气压左右,和鋼水接触处的压力为 6~7.5 个大气压,氧气的供应量較前期为大,这样作是必要的。后期一般進行的時間不等,根据鋼的含碳量不同,時間長短也不一样,一般作高碳鋼和中碳鋼时,時間較短,大約是 7~12 分鐘之間。如果要作低碳鋼或者碳量很低的合金鋼,則吹煉時間可达 15 分鐘之久。接近后期結束时錳、硅均已降至微量的程度。碳在后期的燃燒速度平均为 0.2~0.21%/分。温度升至 1650~1700°C 左右(參看圖 8、9、10)。

在后期進行扒渣次數要稍微减少,因为渣子的数量少,同时

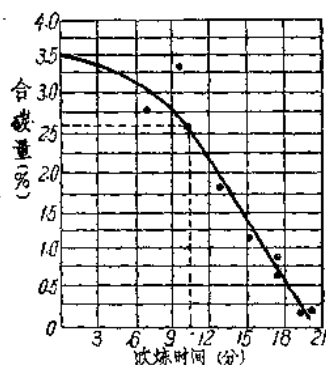


圖 10. 含碳量与吹煉時間关系

注: (1) 吹管内徑 10 公厘。 (2) 鉄水重量 300 公斤。 (3) 氧气压力 10~15 个大气压。 (4) 鉄水为 100% 本溪 #3。 (5) 含碳在 2.6%, 時間在 10 分鐘时, 为前期和后期之分界。 (6) 此表根据化学分析而得。 (7) 此圖表所采時間均为有效時間。

扒渣次数加多还会使温度降低,造成鋼液凝固的危險。

后期取試样的次数要增多,随时可以控制鋼液的碳值。

在后期將要結束时,氧化沸騰会突然出現,并伴随着大量的鋼水和熔渣溢出。据我們分析,这时碳燃燒很可能是两种方式進行,一是靠吹入的氧气燃燒;而另一种是靠氧化鉄中的氧進行。氧化鉄中的氧是不饱和的,随着時間的延長而趋于饱和,这样才有可能氧化碳,因此產生突然爆發。这种現象一般用改变吹氧角度和調整氧气压力而進行,很快就会消失的。在后期結束之际最明顯的是包口燃燒熊熊的火苗。

后期最大而明顯的特征大概是这样一些:

(1) 烟呈現黑色,主要是碳被大量氧化而生的烟塵。而在作低碳鋼时到了后期的終結时,沒有絲毫的烟塵,只剩下些“白气”。

(2) 后期鋼液始終处于沸騰的状态,主要是碳被大量燃燒,產生了大量的一氧化碳和二氧化碳,从鋼液中向外逸出,帶动着鋼水翻騰。

(3) 后期的火花和火焰有明顯的區別,这时的火花非常光亮,溅出后落在地上炸开的火花很少,或者直線落下而熄滅。后期的火焰也呈現光亮的顏色,主要是碳燃燒的特征。

(4) 后期的渣子呈現暗灰色。

当把后期操作完了之后,馬上扒渣,進行調整成分工作。后期終了硅、錳已經燒光了,所以必須根据不同鋼号,对一些合金元素進行調整,如果作一般的碳素結構鋼时只調整硅、錳这两种元素就可以了,但必須对硅考慮 15% 的燒損,对錳需考慮 10% 的燒損。接着应加入約等金屬 0.1% 的純鋁進行徹底脫氧:

