



先進經驗叢刊

切爾諾布洛夫金著

多排風口的冲天爐

機械工業出版社



先進經驗叢刊

切爾諾布洛夫金著

多排風口的冲天爐

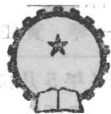
機械工業出版社

先進經驗叢刊

多排風口的冲天爐

切爾諾布洛夫金著

謝寶琰譯



機械工業出版社

1954

出版者的話

本書簡要地介紹了多排風口冲天爐的研究試驗和熔化試驗的結果，它的優點以及它的設計問題等，此外還附有著者制定的三排風口冲天爐的操作規定。

利用多排風口冲天爐工作，可以減低焦炭的消耗，提高鐵水的溫度，並且還可能採用冲天爐無搪修的新式操作法，這樣就節約了耐火材料、燃料和工作時間。

本書可供鑄造車間的工長、技術人員以及冲天爐的設計工作者參考。

本書根據蘇聯 В. П. Чернобровкин 著 'Многорядные вагранки' (Машигиз 1949 年第一版) 一書譯出

* * *

著者：切爾諾布洛夫金 譯者：謝寶琰

文字編輯：顏一琴 責任校對：倪熙忠

1954 年 3 月發排 1954 年 5 月初版 0,001—5,300 冊
書號 0523-11-16 31×43¹/₃₂ 37 千字 29 印刷頁 定價 3,000 元(甲)

機械工業出版社(北京區甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

新華書店發行

目 次

前言.....	5
一 冲天爐內焦炭的燃燒.....	9
二 冲天爐的研究試驗.....	15
三 三排風口冲天爐的熔化試驗.....	18
1 冲天爐在改良前的工作情形	
2 冲天爐改成三排風口後的工作情形	
3 三排風口的熔化試驗	
4 結論	
四 多排風口冲天爐的設計問題.....	38
1 調節閘門	
2 風口的尺寸和位置	
3 風口裝置	
五 連續開爐的方法.....	51
附錄 三排風口冲天爐的操作規則.....	55

前 言

冲天爐是各鑄工間裏應用最廣的熔化設備。在全國範圍內應用着無數大大小小的冲天爐。在這些冲天爐中每年要熔化大量生鐵，同時要消耗大量的焦炭、耐火材料以及上千百萬工時的勞動力。

由此可以看出，在冲天爐中化鐵所要消耗的燃料、耐火材料和勞動力是怎樣的龐大，它應該引起鑄工車間工作人員的特別重視。

遺憾的是，冲天爐雖然已經有了一百五十多年的應用歷史，在這期間也有許許多多人提出幾十種新的構造，但是現在應用的冲天爐基本上跟許多年前應用的並沒有甚麼顯著不同的地方。這種情況可以這樣來解釋，就是冲天爐跟高爐不同，它的研究只是在最近才被重視起來。

現在常用的冲天爐有兩個重要的缺點：第一，它只有一排風口；第二，它需要每天修爐，因此燃料、耐火材料和勞動力都受到很大的損失。

除了技術經濟理由以外，熔化生鐵的質量也有很大的意義。

由於近年來孕育鑄鐵的廣泛應用，對鐵水出爐的溫度就有了較高的要求，對鑄鐵的化學成分和鑄鐵中氣體的含量要求也就更加嚴格了。從冲天爐熔出的鐵水和凝結後的鑄鐵，不久將來還要求作氮氣分析，跟現在經常分析矽分和碳分的情

形一樣。

鑄鐵的質量要求既然這樣嚴格，冲天爐的操作就必須保持在規定不變的條件下進行。因此，在化鐵過程中的變化因素，必須儘可能地把它穩定起來。

不過，把各種因素都固定是很困難的，因為影響冲天爐操作的因素超過了二十五種之多。

主要的因素是：

1. 送入爐中的風量；
2. 各風口間風量的分佈情況；
3. 送入空氣的濕度；
4. 焦炭的化學成分；
5. 焦炭的消耗量；
6. 每次投入爐中的焦炭的體積和重量；
7. 焦炭的物理化學性質；
8. 金屬料的化學成分；
9. 塊度的大小；
10. 每次加入金屬料的重量；
11. 在冲天爐斷面上，焦炭和鐵料的平均分佈情形；
12. 熔劑的化學成分；
13. 熔劑的消耗量；
14. 開爐前的爐襯情況、修爐工作的質量和大修後經過的時間，等等；
15. 熔化進行中的爐襯情況、爐襯燒損速度和化學成分，等等；
16. 出鐵槽的情況，它的乾燥和修理的質量；

17. 風口的位置和離爐底的高度;
18. 底焦點火燃燒情形的好壞;
19. 底焦的高度;
20. 開風前的金屬料預熱情形;
21. 開風前的前爐預熱情形;
22. 出鐵的頻度;
23. 斷續出鐵還是連續出鐵;
24. 出滓的頻度;
25. 在熔化過程中補加焦炭的情形, 包括重量和次數 (除正常加料時投入的以外);
26. 爐中搭棚的情況;
27. 爐料下落到低於容許限界的程度;
28. 在熔化過程中的冲天爐的各種停歇;
29. 冲天爐的清爐質量。

從上面看來, 影響冲天爐操作的因素很多, 這一切都要求化鐵指導者要十分重視才行。

這裏我們主要研究送入爐中的空氣, 在高度方面和在燃燒焦炭周圍的分佈這個問題。

爲了詳細闡明送風分佈是怎樣地影響着冲天爐的操作, 在烏拉爾基洛夫研究所做了專門試驗。

在鑄工試驗室裏利用小型冲天爐做了熔化試驗, 爐的直徑是400公厘, 有效高度是1800公厘, 有兩排輔助風口。

熔化試驗的結果良好。根據烏拉爾基洛夫工業研究所技術館的倡議, 在著者領導下, 同樣的試驗又在工廠條件下重複了幾次。

改造冲天爐的風帶，把一排風口改成三排風口。利用這樣改造的冲天爐所做的熔化試驗，結果是同樣良好的。

以後又把其他工廠的冲天爐，由一排風口改成了三排和四排風口。

本書的編寫目的，就是向廣大鑄造工作者介紹已實驗成功的多排風口冲天爐的實際優點，並指出風口裝置的合理構造。

— 冲天爐內焦炭的燃燒

爲了更深入地瞭解多排風口送風的有效性，必須說明一下碳的燃燒過程。

根據教授格勞德卓夫斯基 (М. К. Гродзовский) 博士的研究^①，碳的燃燒作用可以簡單地說明如下：

碳的燃燒分四個過程進行：吸附過程、氧化過程、發火過程及本身燃燒的過程。

先談一談吸附過程。一般都知道，在零下 80 °C 時，如果把空氣通過炭塊，就要發生碳和氧氣的結合。溫度越高，碳結合的數量越要增加。

不過，就是在零上 150 °C 時還不可能生成氣體的反應物，這就證明由於碳吸收氧氣所生成的是 C_xO_y 型的表面氧化物。

溫度越高，這種表面氧化物的增加就越快。例如，在 150 °C 時，1 公分(重)碳在 40 小時內可以吸收 12 立方公分的氧氣，而在 0 °C 時它只能吸收 2 立方公分的氧氣。

這個現象叫做化學吸附，碳原子和進入的氧氣原子好像發生化學結合一樣。

溫度繼續升高就開始氧化過程。在 +240 °C 和 +370 °C 之間生出二氧化碳，超過 +370 °C，就發生表面氧化物的分解，而

① [Проблемы черной металлургии] (黑色冶金問題) 一書中的 [Проблемы горения углерода и применения его в технике] (碳的燃燒問題和它在技術中的應用) 一章，1946。

生成一氧化碳和二氧化碳。這些溫度限界表示碳和氧結合的每個單元過程都有它的溫度範圍：在一定溫度限界內只能生成二氧化碳，而在較高的溫度下只能生成一氧化碳加二氧化碳。吸附和氧化的進展速度跟燃料的種類有關，並且溫度越高，進展的速度就越快。

次一個過程——發火——是氧化階段過渡到碳燃燒階段的一個過程。

從以上所述可知，在氧化過程中生成二氧化碳及一氧化碳，而這些就是發火的根源；最初先發生碳的發火，然後發生碳的燃燒。

燃燒的時候，除了發生氧氣和碳的分子結合反應外，還發生表面氧化物 C_xO_y 的強烈分解，而生成 CO 和 CO_2 。

許多研究工作者用各種方法來企圖明確，在燃燒時一氧化碳和二氧化碳到底是哪一種氣體先生成。

格勞德卓夫斯基和楚哈諾夫(З. Ф. Чуханов)很好地解決了這個問題^①。

他們的試驗方法如下：在一大塊無煙煤上做出一個洞。然後把一個管放入洞裏，使管能達到洞底。

往管裏送入氧氣或者加氧氣的空氣。燃燒物經過洞和管之間的空隙，以 $400 \sim 500$ 公尺/秒的高速度排出來。在這燃燒物中含有不超過40%的一氧化碳，另外還有些二氧化碳和氫氣。

從這個試驗的結果看來，如果碳和氧氣的反應物立刻從燃燒帶排出，那麼在碳表面生成的一氧化碳將大量地出現在

① М. К. Гродзовский 和 З. Ф. Чуханов 合著的 [Химия твердого топлива] (固體燃料的化學)，1936年版。

燃燒物中。

但楚哈諾娃姬(Цухановая)、郭羅德基娜姬(Колодкиная)和席特林(Хитрин)研究個別炭粒燃燒的試驗結果證明^①，如果一氧化碳不立刻排出，並且在燃燒物中還有游離的氧氣，那麼一氧化碳就或多或少地要發生燃燒；這時候，一部分直接在碳的表面燃燒，一部分在氣體運動過程中燃燒。

影響碳的燃燒物成分最大的是炭的塊度、炭層厚度、濕度和空氣量等。

在格勞德卓夫斯基的上述實驗工作中，利用了實驗方法得出了以下的肯定結論：送入爐中的空氣中的氧氣，經過炭層後大部分消耗在生成一定比例的CO和CO₂上，因此可以看到 $\frac{CO}{CO_2}$ 的固定比值（在氣體中至少存在有若干氧氣時）。

這個事實利用在實驗室試驗的方法發現後，又利用阿申斯基(Ашинский)工廠木炭高爐氣體成分的實驗，以實際的數據證明了這個事實的存在。

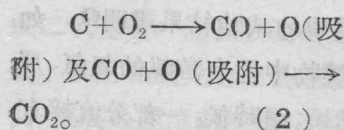
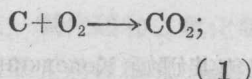
從圖 1^② 可以看到 $\frac{CO}{CO_2}$ 的比值一直是固定的，要是氣體中的氧氣含量不小於 5 ~ 6 % 的話。

氧氣含量小時，由於 $CO_2 + C \rightleftharpoons 2CO$ 生成一氧化碳， $\frac{CO}{CO_2}$ 比值就增大。格勞德卓夫斯基在關於燃燒反應方面這樣說：

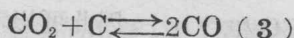
「碳在燃燒時的反應可以歸納如下：氧氣按兩個反應法則進行：

① Процесс горения угля (炭的燃燒過程)，А. С. Предводителев 主編，ГОНТИ, 1938。

② М. К. Гродзовский 著的「Проблемы черной металлургии」(黑色冶金問題)一書中的「Проблемы горения углерода и применение его в технике」(碳的燃燒問題和它在技術中的應用)一章，1946。



反應(2)生成CO,並且它可以在碳的表面發生部分燃燒(或者緊靠着它燃燒,因為不能出現整個體積燃燒……):



如果已經知道各種燃料的反應能($E_1 E_2 E_3$),就可以寫出過程進行的化學作用。]

為了解決有關冲天爐中焦炭燃燒的實際問題,在焦炭塊吸附表面首先生成一氧化碳還是二氧化碳就沒有多大意義。重要的是送入爐中經過焦炭層的空氣中的氧氣消費在生成一定比例的一氧化碳和二氧化碳這一方面。

可以說,在利用焦炭的冲天爐中,氣體生成的性質,原則上跟阿申工廠的高爐一樣。不過,因為冲天爐所用的燃料是焦炭,而不是木炭, $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$ 的比值就應該小些;在曲線圖中比值開始增大的氧氣含量同樣也要小些。

在冲天爐操作條件中有許多影響 $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$ 比值的因素,這些因素包括焦炭的塊度、多孔隙性、物理化學性質和往冲天爐中送風的方法、送風量等等。

例如,一般都知道的,鑄造用的焦炭是一種難以燃燒的燃

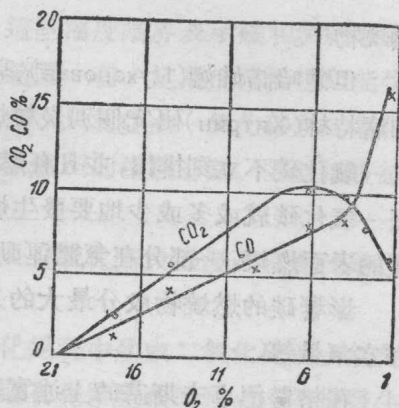


圖1 CO和CO₂的生成跟氧氣的關係(在阿申斯基工廠木炭高爐所做的實驗)。

料，在冲天爐爐氣中的二氧化碳含量要比在高爐爐氣中的高。這可以這樣解釋：一方面（從碳在燃燒過程中的上述現象來看）鑄造焦炭在風口附近燃燒時就已經生成了很多二氧化碳（ CO_2 ）；另一方面，由於焦炭反應性能很低，對於發生第三個反應的條件不夠。由於目前資料缺乏，不可能把這兩個原因分開，並指出哪一個是主要的。

從底焦出來的氣體中含的二氧化碳和一氧化碳對這兩個的比值影響最大的另一個因素，是往冲天爐中送風的方法。

通過單排風口往冲天爐中送風，主要地有以下幾個缺點：

1. 各風口之間不能保證有足夠的空氣量，這就引起了下述反應的進展：



2. 單排風口要是爭取送入足夠的空氣量，那末通過風口附近燃燒的焦炭表面上每個單位面積的風量就要很大，因而容易發生結渣現象。

3. 爲了得出足夠溫度的鐵水，底焦燃燒的焦炭柱很高，可以達到 800~900 公厘，這就有利於 $\text{C} + \text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$ 反應的進行；這個反應是吸收熱量的，結果就會使燃料消耗量增大。

經過第二排、第三排、第四排輔助風口（風口位置是交錯的）送入空氣時，焦炭的燃燒條件有了很大的改變：

第一，氧氣通過輔助風口正好進入到氣體中氧氣含量最小的地方。

氣體中氧氣少的時候， $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$ 的比值會急劇地增大。通過輔助風口通入空氣，就使 $\frac{\text{CO}}{\text{CO}_2}$ 比值的增加宣告停止。因爲氣體中有了某些遊離氧氣，反應 $\text{C} + \text{CO}_2 \longrightarrow 2\text{CO}$ 就不再進展。

第二，這裏的燃燒條件也跟單排風口送風的條件不同了。

在輔助風口水平線上的灼熱焦炭塊，將受到第一排風口附近焦炭燃燒發生的氣體接觸。

這個氣體含着某些一氧化碳和二氧化碳，而氧氣含量不多；經過輔助風口送入的氧氣首先跟這氣體相遇，因為在後者氣體中含着某些一氧化碳，那麼遇到氧氣後就必然會發生一氧化碳燃燒為二氧化碳的反應。

第三，為了使落在底焦的灼熱焦炭上的鐵水達到足夠的溫度，不但這個地帶要有很高的溫度，而且鐵水滴落也要經過足夠的距離。

經過第二排、第三排、第四排風口送入空氣，可以大大地增大了這個距離，因而更有利於鐵水的過熱。

就整個說來，利用多排風口把空氣均勻地送入到化鐵爐中的這個方法，大大促進了焦炭在爐的周圍、中心和高度方面的燃燒過程。這時候，燃燒更加完全的結果就使底焦層高溫帶更加擴大，因而有利於滴落鐵水的過熱。

從底焦層排出的氣體，它的溫度增高了，從而把熱量大量地傳給裝入爐中的材料。由於這些材料落入熔化帶時已經很熱，這就可以節省了熱量的消耗，而使大量降低焦炭的消耗成為可能了。

熱工計算指出，利用含碳 80% 的焦炭在冲天爐中化鐵，當焦炭的消耗率在 6 % 時，可以得出溫度達到 1500°C 的鐵水。這時排出的爐氣溫度是 300°C ，二氧化碳含量是 19%，熱損失是 15%。從這些數據中可以看出，焦炭的完全燃燒是有多麼大的意義。

二 冲天爐的研究試驗

研究試驗部分主要解決下列問題：

1. 確定通過主風口和輔助風口的送風量的最適合比例；
2. 明確輔助風口對於鐵水質量的影響；
3. 冲天爐設置輔助風口時的設計問題。

爲了解決這些問題，在烏拉爾基洛夫工業研究所鑄工研究室鑄造試驗工場裏做了許多次熔化試驗。

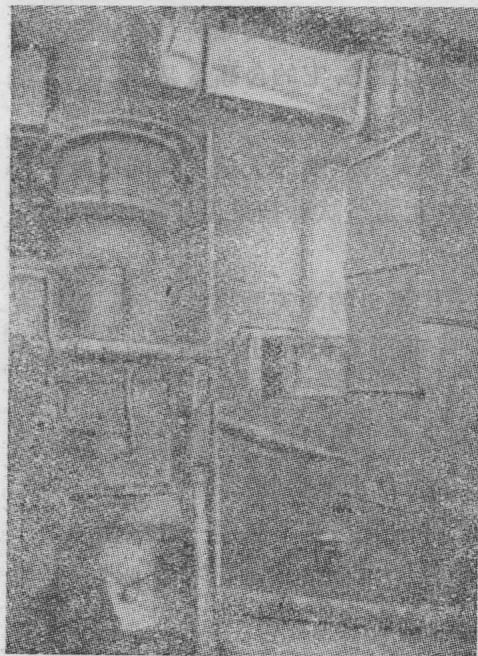


圖 2 試驗用的冲天爐。

圖 2 表示試驗工場用的冲天爐，它的內徑是400公厘，外徑是550公厘，有效高度（從主風口上邊到加料口下邊的距離），是1800公厘。

這個冲天爐原來只有一排風口，在這排風口上共有三個圓風口，直徑是100公厘。爲了通過第二排和第三排輔助風口送風起見，特地做了一個環形風帶像圖 2 所

示的那樣。

利用兩個送風機往爐中送風：一個送風機通過主風帶及主風口把空氣送入爐中；另一個送風機通過環形風帶及第二排和第三排上的六個風口把空氣送入爐中。第二排第三排上的風口互相交錯着，在高度方面彼此相距200公厘。這樣構造就有可能計量出通過主風口和輔助風口送入爐中的空氣量了。

送入冲天爐中的空氣量；不論在單排風口和三排風口時都保持一定。在這兩種情形下所用的材料也儘量選用質量相同的。在進行各種熔化試驗的時候，所加的鐵料和焦炭，它的塊度大小也儘可能保持固定。試驗時用的焦炭是蘇聯階麥洛夫斯基(Кемеровский)地方出產的，它的含碳量是80.5%，塊度大約是100~150公厘。

利用單排風口及三排風口的試驗冲天爐，在同樣的條件下做了許多次的熔化試驗，把這些試驗結果做了精細的研究，得出了如下的數據：

1. 雖然工作是利用三排風口的冲天爐來進行的，而每次加入的焦炭量却從10%降低到7.6%，出爐鐵水的溫度比用單排風口時增高了40~65℃；
2. 這樣的成績，是在通過主風口送入總風量的70%，及通過輔助風口送入30%的條件下取得的；
3. 鑄鐵雜質(矽和錳)的氧化還是不超過一般範圍的；
4. 風口能在整個操作時間內都很整潔而不需要特別維護；
5. 爐襯的燒損位置比在單排風口時向上移了250~300