

鋼鐵生产操作經驗丛书

碱性側吹渦鼓型轉爐吹煉工藝

薛宜达 陳慰都 陳曉光 編著

科技卫生出版社

碱性侧吹渦鼓型转炉吹炼工艺

薛宜达 陳慰都 陳曉光 編著

科技卫生出版社

內 容 提 要

我国的渦鼓型側吹碱性轉爐煉鋼，在世界上是最先進的，但是詳細介紹它的操作過程的書還非常少，上鋼三廠在這方面累積了豐富的經驗。這本書總結了該廠老工人和技術人員在吹煉方面的操作經驗，特別對目前迫切需要了解的搖爐制度和火焰判斷作了詳盡的介紹。可供從事渦鼓型轉爐煉鋼的工人技術人員參考，也可作為培訓教材。

碱性側吹渦鼓型轉爐吹煉工藝

薛宜達 陳慰都 陳曉光 編著

*

科 技 衛 生 出 版 社 出 版

(上海南京西路2004號)

上海市書刊出版業營業許可證出 093 號

中華書局印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

開本 787×1092 1/32 印張 1 9/16 插頁 1 字數 29,000

1959年1月第1版 1959年1月第1次印刷

印數 1—30,000

統一書號：15119·1131

定價：(十) 0.20 元

第一章 概 論.....	1
第二章 吹煉过程中一般情况介紹	3
一、鉄水の温度.....	5
二、渣子的氧化性	6
三、渣子的碱度.....	7
四、渣子的粘度.....	7
第三章 搖 爐.....	8
一、吹煉角度	8
I. 一般吹煉角度的名称和涵义.....	8
II. 不同吹煉角度对冶煉的影响(吊、面、淺、深)	10
二、搖爐制度	11
1. 装入角度的确定	11
2. 动爐原則	13
3. 循环角的确定	13
4. 搖爐角度示意图表	14
三、如何正确决定吹煉角度	15
1. 量鉄水面	15
2. 看风压表水銀柱波动	16
3. 风眼与鉄水面关系的近似值計算	17
第四章 爐前火焰的控制	22
一、吹煉角度的影响——动爐过程火焰的判断	22

1. 正常动爐的火焰变化	22
2. 吊吹、面吹、淺吹、深吹的火焰特征	23
二、温度对火焰的影响	24
1. 温度高低的原因	24
2. 从火焰来判断温度	24
3. 調整温度	25
三、化渣的影响	27
四、終点火焰的判断	27
五、常見的几种不正常火焰和糾正方法	29
第五章 造渣制度	31
一、造渣制度的選擇	31
二、渣料配合	32
三、去除硫磷的一般操作	34
四、化渣的控制	36
第六章 出鋼与脫氧	38
一、鋼样判断	38
二、渣样判断	40
三、脫氧控制	41
四、擋渣及出鋼口操作	42

第一章 概 論

轉爐煉鋼是最簡便快速的煉鋼方法，它具有不需外加燃料、生產率高、投資少和建廠快等特點。但利用酸性轉爐煉鋼時，所用原料需要硫磷含量較低的生鐵，利用底吹轉爐時，所用原料需要含磷很高的生鐵，且成品質量不及平爐，因此轉爐煉鋼的發展受到了限制。但自從1952年我國將碱性側吹轉爐投入生產，能使用含硫磷範圍比較廣的生鐵原料煉成含氮量較低的鋼，轉爐鋼質量已與平爐鋼不相上下。且對生鐵原料的適應性比平爐大得多，因此，轉爐的重要性已有了改變。

特別是渦鼓型碱性側吹轉爐（圖1），由於爐腔容積大，鐵水面的面積比較大，鋼渣的接觸面積也相應加大，有利於去磷去硫和提高溫度，也縮短了吹煉時間，而且爐腔容積比較大，和內部曲線比較符合氣流的運動情況，也減少了噴濺的損失。在生

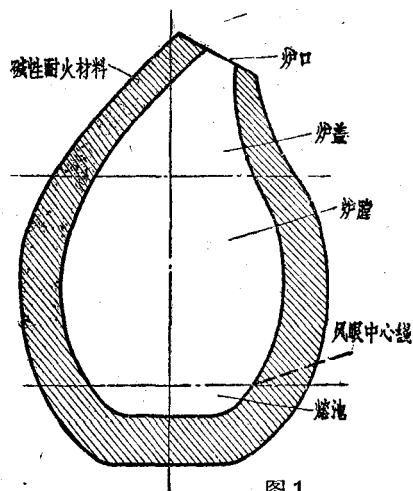


圖 1

产实践中也証实了对各种原料的广泛适应性，曾經吹炼过含磷量 0.2~2% 和含硫量 0.3% 的生鉄，得到合格的鋼材，因此这种轉爐已經是我国今后大量发展的对象。

第二章 吹炼过程中一般情况介绍

渦鼓型碱性轉爐炼鋼主要是靠鼓风將鉄水中杂质氧化为氧化物,放出热量,再与造渣料作用生成渣子(表1,2),去除有害杂质,炼成鋼水的。因此渦鼓型碱性側吹轉爐冶炼的中心环节,是造好一个流动性良好、有适当碱度及氧化性的爐渣来去除硫磷。为了要达到这一目的,除在爐型方面保証适当的技术指标(表3),在爐衬方面要注意耐久,不致因爐衬剝落到爐渣中使爐渣呆滯,破坏了正常的化渣外,在吹炼工艺方面要注意的两个关键問題,就是温度和面吹。因为碱性轉爐要加入相当多的石灰与熔剂(如螢石,氧化鉄等),造渣时消耗相当多的热量。因此保証鋼水温度是碱性轉爐一大关键,必須多方面的开源节流来珍惜一切热量(这对小爐子更为重要)。同样在吹炼过程中要先面吹后淺吹,特別要維持长时间的面吹操作,因为面吹也保証了鋼的质量(含氮低)和鋼的温度。因此适当的造渣配料,保証先面吹后淺吹的动爐方法,控制良好的温度,这三件事构成了掌握碱性轉爐操作的基础。

为了便于掌握这些操作,除了熟悉操作技术規程外,有必要先将冶炼温度以及与造好良好爐渣的一些基本問題作一簡單叙述:

表 1. 爐渣的基本成份

酸性氧化物	$\text{SiO}_2, \text{P}_2\text{O}_5$
碱性氧化物	$\text{CaO}, \text{MgO}, \text{FeO}, \text{MnO}, \text{Na}_2\text{O}$
两性氧化物	$\text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$

〔注〕 酸性物質与碱性物質結合形成多种复杂的化合物, 有时氧化物含量多时形成游离状态。游离的物質影响渣的性能, 如游离 CaO 較多时, 渣子呈强碱性; 游离 FeO 較多时, 則具有强氧化性。

表 2 爐渣各成份的来源

造 渣 料	石 灰	92% CaO < 2% SiO_2
	铁 矿	含 Fe 45~60% 大部份以 Fe_2O_3 形态存在, 少量 $\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$
	铁 磷	FeO , 少量 Fe_2O_3
	萤 石	>90% CaF_2 ,
	锰 矿	$\text{MnO}, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3$ 等

铁水氧化后的生成物 $\text{SiO}_2, \text{MnO}, \text{P}_2\text{O}_5, \text{CaS}, \text{MnS}, \text{FeO}$ 等

爐衬被蝕后生成的物質 MgO, CaO

表 3

铁水装入量 (T)	爐膛容积 M^3	风压 mm Hg	风量 $\text{M}^3/\text{分}$	风眼个数	风眼直径 m/m
0.5	0.6	110~150	~30	4~5	25~30
1	1.2	160~200	40~50	5~6	28~35
3	4	220~280	80~100	6~7	45~48
7	8	260~340	180~210	10~11	45~50
10	12	380~480	280~300	11~12	48~52

〔注〕 多排风眼不在此例。

一、鉄水的温度

轉爐炼鋼热量的基本来源是鉄水，鉄水倒入轉爐时的温度是炼鋼温度的起点，在目前側吹碱性轉爐的原料中，常常只含有不多的矽和磷等发热元素，因而对鉄水温度的要求就更高些。吹炼起点的温度愈高，可以保証操作的順利，同时也保証了最后出鋼的温度。即使温度过高一些，亦可以在吹炼中途投加廢鋼、鉄矿等降温，容易掌握，并且还有增加回收的好处。一般要求如下(表4)：

表 4

	熔 点	要 求 温 度
鉄 水	~1100°C	> 1340°C (光学高温計讀数 1300°)
鋼 水	~1500°C	~ 1660°C (光学高温計讀数 1580°)

鉄水所含的化学元素，是炼鋼时温度不断提高的热量来源，各个元素的发热量及温度上升近似值列于表5。从表5可以看出发热量最高的是磷、矽与生成二氧化碳的炭，在实际的操作体验中，鉄水含磷和矽的总量在1.6%时，一般情况已可以保証熔炼的温度。生鉄含炭量一般在3.5~4%，土鉄的含炭量常常有1.5%或更低的，需要注意在化鉄爐内增炭的措施。在渦鼓型轉爐中，爐气中 CO_2 比其他轉爐高，經常維持有8%， CO 也波动在14%左右。“三排风管”新工艺的目的之一，就是如何把更多的 CO 燒成 CO_2 ，以充分利用热能。錳的发热量比較小，但对化渣会带来一些好处。从表5的化学反应，可看出鉄水所含元素在氧化发热的同时，也是成渣的过

表 5

化 学 反 应	发热量	每吨爐液氧化 1% 元素熔池 ± 升温度 C°				
		1200°	1300°	1400°	1500°	1600°
$2P + 2.5 O_2 + 3.762 N_2 + 4 CaO = 4CaOP_2O_5(\text{渣}) + 3.762 N_2 \uparrow(\text{气})$	8550	155	146	136	136	117
$Si + O_2 + 3.762 N_2 + 2CaO = 2CaO \cdot SiO_2(\text{渣}) + 3.762 N_2 \uparrow(\text{气})$	7838		138	119	110	101
$Mn + 0.5O_2 + 1.881 N_2 = MnO(\text{渣}) + 1.881 N_2 \uparrow(\text{气})$	1650	34	33	32	30	29
$Fe + 0.5O_2 + 1.881 N_2 = FeO(\text{渣}) + 1.881 N_2 \uparrow(\text{气})$	1191.3	22	21	20	19	18
$C + O_2 + 3.762 N_2 = CO_2 \uparrow(\text{气}) + 3.762 N_2 \uparrow(\text{气})$	8137.4	151	140	129	118	108
$C + 0.5O_2 + 1.881 N_2 = CO \uparrow(\text{气}) + 1.881 N_2 \uparrow(\text{气})$	2452.4	25	21.5	17	12.5	7.5

程。每个元素的氧化有不同的要求与条件,于是构成了冶炼过程中不同的阶段。吹炼的开始主要是矽錳的氧化,炭及鉄亦氧化一部份,通常称这一阶段为矽錳期。炭的大量氧化需要 1450° C 以上的高温,矽錳期的氧化作用已足够使爐内温度上升到这个要求,矽錳期終了,炭剧烈氧化而起沸騰噴濺現象,常称之为炭焰期。

二、渣子的氧化性

磷的氧化需要高氧化鉄,强碱度的渣,故而在操作初期就需加入适量石灰及面吹造好渣,使能达成早期去磷的目的。經試驗及实践証明,把前一爐的渣,留在爐内作第一期渣之一部份的留渣操作,对前期去磷有最大效率。

渣中含磷濃度太多時，亦影響其繼續提取鋼水的磷，所以增加渣量，不斷清除舊渣，都是強化去磷的手段。去除低於0.1%的硫，一般操作已沒有問題。當硫含量更高時，同樣也需要強氧化性高鹼度的渣子，使大部份硫成二氧化硫從爐氣中揮發出去。

三、渣子的鹼度

酸性物多奪取 CaO 化合成渣，鹼度代表 CaO 的份量，也就是去硫磷能力的標志。表示鹼度的方法很多，在側吹鹼性轉爐中常採取下列所示的前面第二及第三式。

$$\begin{aligned} \text{鹼定} &= \frac{\text{鹼性物}}{\text{酸性物}} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} \text{ 或 } \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5} \text{ 或 } \\ &\frac{\text{CaO} - 1.18 \text{P}_2\text{O}_5}{\text{SiO}_2} \text{ 或 } \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + 0.681 \text{P}_2\text{O}_5} \text{ 或 } \\ &\frac{\text{CaO} + \text{MgO} + \text{MnO}}{\text{SiO}_2 + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{Al}_2\text{O}_3} \end{aligned}$$

四、渣子的粘度

渣子的粘度也是爐渣的一個非常主要的性質。粘度的大小，直接影響到爐渣的流動性，從而影響到渣與鋼液間化學反應的進行，特別是硫、磷等有害雜質的去除。

影響爐渣粘度的因素很多：

(一) 鹼度——它與粘度成正比例，鹼度愈高則粘度愈大。

(二) 溫度——溫度高時，粘度降低，流動性增加。

(三) 爐渣成分—— CaF_2 ，是稀釋爐渣的主要材料之一。

Al_2O_3 ——作用同上，但效果較低。

MnO ——也有一定的稀釋作用。

MgO ——多了會使渣子變粘。

第三章 搖 爐

轉爐主要靠鼓風中氧氣與鐵水中雜質作用吹煉成鋼的，吹煉的好壞，顯然與風眼鉄水面間的位置有關，也就是說與鼓風吹煉的角度有關。但在冶煉過程中，由於鉄水不斷的損耗，鉄水面也不斷的降低，要維持所需要的角度，必須及時轉動爐子；因此搖爐操作是吹煉工藝中的重要組成部份，是煉好鋼的基本關鍵。

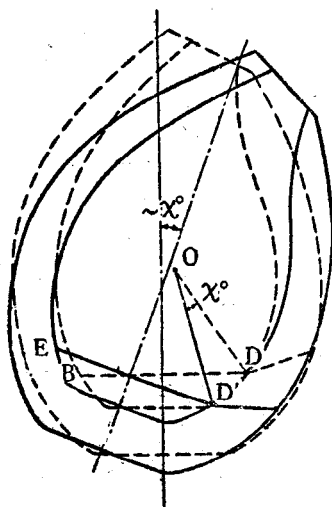


圖2 X° 系負角度

一、吹煉角度

1. 一般吹煉角度的名稱和涵義

1. 正角度和負角度 以爐子水平位置時為零度，向出鋼面轉動的角度叫做正吹煉角或正角，向相反方向轉動的叫做負吹煉角或負角（圖2）。無論爐子在什麼位置，向出鋼面轉時叫做退爐，向相反方向轉動時叫做進爐。

2. 裝入角度 裝入角並不是爐子裝鉄水時的角度，而是開始吹煉的角度。爐子裝鉄

水时的角度比开始吹炼时角度大。爐子装鉄水后，轉到风眼的下弦正好碰到鉄水面上时的角度，就是装入角度。

3. 終点角度 吹炼終了时的角度。

4. 循环角度 是装入角减去終点角的角度，即炼一爐鋼角度盘指針从装入角度起到終吹时所經過的角度（图 3）。

5. 吊吹、面吹、淺吹、深吹的吹炼角度 吹炼时风眼与鉄水面的相对位置可以分吊吹、面吹、淺吹和深吹四种，根据第一次全国轉爐炼鋼會議統一規定（图 4）：

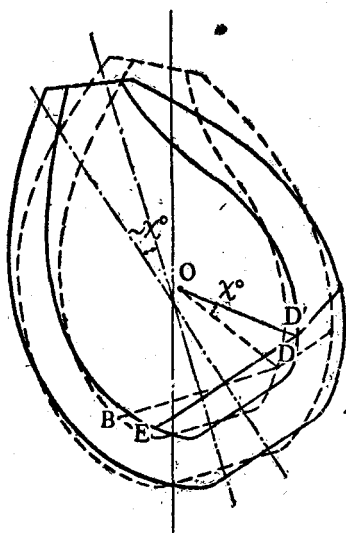


图 3 实綫系爐子在装入角的位置，虚綫系爐子在終点角的位置， X° 系循环角。

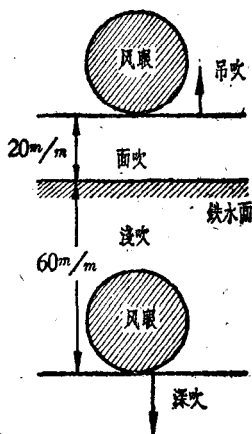


图 4

当风眼的下弦离开鉄水面 20 m/m 以上吹炼时叫吊吹。

当风眼的下弦在离鉄水面以上，20 m/m 以內时吹炼叫面吹。

当风眼的下弦在鉄水面以下 60m/m 以内时吹炼叫淺吹。

当风眼的下弦在离开鉄水面 60m/m 以下时吹炼叫深吹。

II. 不同吹炼角度对冶炼的影响

在吹炼过程中究竟采用什么吹炼角，是根据吹炼角对冶炼的影响决定的。因此在介绍确定吹炼角原則之前，先看一看它們对冶炼的影响。

1. 吊吹 这是一种最坏的操作，因为风眼离开鉄水面比較远，风流对于渣与鋼水間的攪拌力極差，往往使石灰結团推向风眼的对面。这样渣子不容易熔化，对去硫去磷沒有保障。同时鉄水表面由于沒有良好渣子掩盖，氧化非常厉害，又增大了金属的损失。其次风眼离开鉄水面比較远，也使氧的利用率减低，造成吹炼時間延长，温度不易提高。在吹炼过程中，还容易造成风眼結管，风眼这一面的爐衬侵蝕损坏。

2. 面吹 面吹时风眼比較接近鉄水面，攪拌力比吊吹强得多，并能生成适当的氧化鉄，有利于渣子的熔化，能有效的去硫磷，还能保持爐气中适量的富余氧，使一氧化碳能充分作用生成二氧化碳，温度容易提高。

3. 淺吹 在渣子未化好之前，是不希望这个操作的，因为淺吹不能生成較多的氧化鉄，使化渣速度减慢，而且富氧比較少也影响二氧化碳的大量生成。但当渣子化好后，为了避免大量的氧化鉄繼續生成，而造成严重噴濺，应该进行淺吹。

4. 深吹 也是一种不希望有的操作，前期深吹，不但不能很好地熔化渣子（因为它的攪拌作用是局部的，很难生成較多的氧化鉄）和充分生成 CO_2 ，影响温度的提高。同时深吹也

会使鋼的含氮量增加，对于风眼侵蝕也会加快。深吹的缺点比淺吹更严重，化渣后淺吹已能防止金属大量噴濺，因此应避免深吹操作。

根据以上几种吹炼角度影响的比較，可以看出深吹、吊吹都应该避免（吊吹是近年来不正常操作中新添出来的名詞）。比較合理的操作是先面吹后淺吹，目前在碱性側吹渦鼓爐中已被确定为基本的操作方法。

二、搖 爐 制 度

1. 装入角度的确定 装入角有一定的范围，过大过小对冶炼都不利。如果装入角过大，风眼与鉄水面所构成的角度也比较大(图5)，这样风流所搅动的地方就比较少，造成风眼

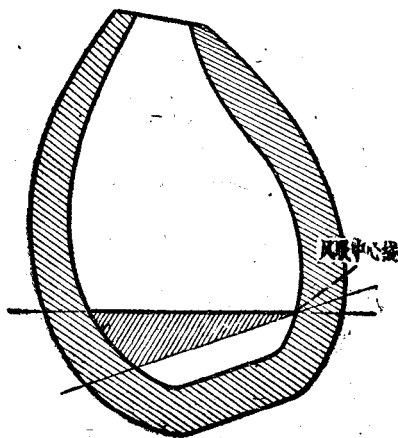


图 5

对面的石灰很难熔化，也使风鼓入鉄水很深，不容易产生氧化鉄，造成去除硫磷困难。假若装入角度太小，风流与鉄水面构

成的角度也比较小(图6),风流只通过鉄水的表面,这样渣子与金属液間的互相搅动就不强烈,同样也会把一些石灰推至风眼对面不熔化。而且装入角度过小,由于吹炼过程中,鉄水损失了一部份鉄水面势必降低,要保持面吹或浅吹,也会造成末期吹炼有負角度出現。这样鉄水受风面更小,特别是当风眼与鉄水面間的角度小于 0° 时,风眼已經在鉄水下面,风眼将

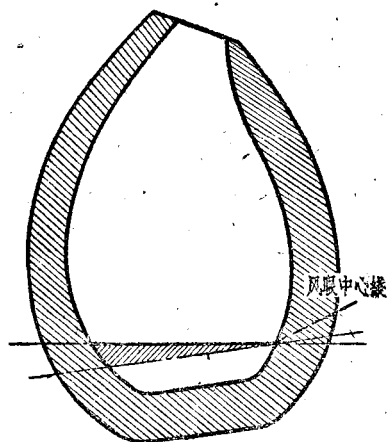


图6

有朝上的趋向,这就使风与鉄水的接触面更小,搅拌范围更小,氧的利用率也更低。而且鉄水在风眼之上,风眼受损很厉害。

装入角也与爐子大小有关,爐子愈小,装入角愈大,因为从开始冶炼到出鋼,风眼要走过适当的距离,爐子愈小,每轉过一度风眼所走的距离也愈小。为了保持风眼轉过一定的距离,小爐子的循环角总要比大爐子来得大(例如6吨爐子的循环角一般是 $4\sim 5^{\circ}$ 左右,而3吨爐子的循环角一般是 $8\sim 10^{\circ}$),因为循环角大了,要避免吹炼后期造成負角度,装入角也必須