

高等学校教学用书

煉 鐵 学

第二卷 第二分册

M. A. И. А. В. Л. О. В 著

北京鋼鐵工業學院冶金系煉鐵教研組譯

北京鋼鐵工業學院
圖書館藏書

高等教育出版社

高等学校教学用书

TF5
L13:2(2)C



煉 鐵 学

第 二 卷

高 爐 冶 煉 原 理

第 二 分 冊

M. A. 巴甫洛夫著

北京鋼鐵工業學院冶金系煉鐵教研組譯

SAK48/02

北方工业大学图书馆



GJ011798

高等教育出版社

本書系根据苏联国立黑色与有色冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 出版的 М. А. 巴甫洛夫 (М. А. Павлов) 院士著“煉鉄学第二卷高爐冶煉原理” (Металлургия чугуна часть II. Доменный процесс) 1949 年版譯出。原書經苏联高等教育部审定为冶金工業学院教学参考書。

第二卷系根据最新的数据詳細地、原則地描述了高爐冶煉原理。作为高等工業学校同学的学习参考書，同时亦可供虽未学过煉鉄專門課程，但具有足够理論基础的技术工作者参考用。

本書第二卷譯本分兩分册出版，第二分册为后兩章：煤气上升过程中溫度、压力及化学成分的变化和高爐中热量的發展及使用。

参加第二分册譯校的是北京鋼鐵工業学院冶金系煉鉄教研組陈大受和陶少杰。

煉 鉄 学

第二卷 第二分册

М. А. 巴甫洛夫著

北京鋼鐵工業学院冶金系煉鉄教研組譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇号

(北京市書刊出版業營業許可証出字第〇五四号)

京华印書局印刷 新华書店总經售

統一書号 15010·293 開本 850×1168 1/32 印張 9 10/16 字數 231,000

一九五七年三月北京第一版

一九五七年三月北京第一次印刷

印數 0001—3,500 定價 (10) ¥ 1.10

第二卷第二分册目录

第三章 煤气上升过程中温度、压力及化学成分的变化	335
一、煤气温度	335
高爐爐缸內燃燒反应所产生的温度 爐腹內最普遍的温度 爐身內的 煤气温度 爐頂煤气温度	
二、煤气压力	359
三、煤气的化学成分	369
向爐頂上升途中煤气化学成分的变化 爐頂煤气成分計算 各种因素 对煤气成分的影响 最后煤气成分 应用爐頂煤气分析于計算	
第三章参考書目	418
第四章 高爐中热量的發展及使用	421
一、高爐冶煉中收入的热量及其在各项热量消耗上的分配	421
收入的热量 各项热量消耗的分配	
二、高爐冶煉的物質平衡	439
根据最初的研究者們的数据, 著者組成簡略的物質平衡 現代高爐的 詳細物質平衡	
三、热平衡計算	463
貝尔的計算 格留涅尔的計算 奧盖尔孟的計算 依集夫斯基热平衡 計算方法 热平衡計算典型方法的最新变革 区域热平衡	
四、近代高爐的热平衡	510
热平衡計算及其簡單特征 高爐操作指标 热平衡的意义	
五、应用热平衡数据解决高爐冶煉的理論和实际問題	558
热风 干風, 蒸汽送風 富氧送風 根据热平衡計算燃料消耗 高爐 冶煉中可能的最低理論燃料消耗量	
第四章参考書目	614
附录	
附录 I 化合物的生成热	621
附录 II 固体、液体及气体的热容	626
附录 III 还原反应热效应(千卡)計算举例	637
附录参考書目	638

第三章 煤气上升过程中温度、 压力及化学成分的变化

一、煤气温度

在研究了高爐內完成的所有过程以后，可以得到一个关于高爐內温度合宜分布的共同的結論：即要熔化区域的發展正常，并創造对还原过程最有利的条件（就燃料及热量消耗方面來說），必須有广大發展的中温区，需要热力集中爐缸，并使氧化区限制在尽可能狹小的区域内。

在高爐內做到温度分布适宜的措施是：(1)用高風温，(2)使高爐內各水平断面上的气体分布均衡，(3)增大高爐尺寸，特别是高度。

(1) 高風温——这是使热力集中于爐缸及爐腹下部的特种方法；过去已多次說过高風温在这方面的作用，这里應該指出这是降低高爐上部各水平層温度的最重要的因素。

(2) 煤气的均匀分布，这在第一章中已經指出是使高爐行程合理和經濟的必要条件；当然高爐中煤气能均匀分布，也就能造成温度的合宜分布。

(3) 至于高爐尺寸，則这里还没有提到增大高爐尺寸对降低爐頂煤气温度（因而也扩大了中温区域）的意义。这是很久以前就意識到的。

1860 到 1870 年間在英国某些工厂的高爐高度已經达到現在也認為是極限的高度（1870 年高达 31.5 公尺）。下列数字[1]④示

④ 編者注 — 書中 [1], [2], [3] 等系指参考書目號碼。

出克里夫林特某工厂中三个高爐的煤气温度。各高爐的高度相同，均为 24.4 公尺，仅容积不同而操作条件也完全一样。

容积, 立方公尺	328	440	722
爐頂煤气温度, °C	321	312	308
日产量, 吨	37	50	80

由于各高爐的焦比相同 (1.125)，冶炼强度相同 (即矿石在爐

内停留同样的时间，而每一单位高爐容积的产量也差不多相等)，所以温度几乎相等，差别很少。

当高爐高度由最初 14.33 公尺增至 24.38 公尺，容积由 170 立方公尺变为 440 立方公尺时，爐頂煤气温度自 399°C 下降到 336°C (这个温度所以较高是由于使用刚焙烧过的和干燥的矿石的缘故，同时焦炭也是干燥的)。

当高爐尺寸扩大时，高爐内温度分布的变动情况 (从 1010° 开始到爐頂温度) 可从比较 170 及 440 立方公尺的两个高爐的数据 [2] 看出来。这些数据均列于圖 106 中。

由于这两个高爐——大的及小的——所煉生鉄种类相同，所用原料也一样，因而很明显，小高爐中的高温区域将与大高爐中同样有着很好的发展，虽然大高爐的爐頂温度还是相当高，但小高爐的中温 (不超

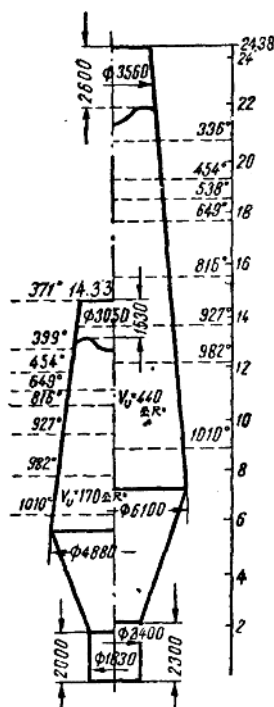


圖 106. 克利夫林特大小高爐的温度分布。

过 1000°C) 区域的高度比大高爐小 7 公尺。

高爐的高度增加了 10 公尺，爐頂煤氣溫度僅降低 40°C ，貝爾根據這一點假定在高爐上部進行放熱反應，這限制了增加高爐高度時爐頂煤氣溫度的下降。這一假定曾用機智的試驗加以證明，在焦批上裝入高爐渣（用來代替礦石）和正常數量的熔劑；這樣，當裝入了若干批這樣的爐料（空焦）以後，爐頂煤氣溫度就下降了，相反，當變回礦石料時，爐頂煤氣溫度又上升到平常溫度 [3]。

這一點證明了 CO 還原鐵的氧化物的反應能放出熱量（低溫時高爐爐渣的熱容和礦石的熱容是相等的，在爐喉加熱這兩種原料所需要的熱量是相等的）④。

以後曾指出增加高爐高度時限制煤氣溫度下降這第二個原因是由於 $2\text{CO} = \text{CO}_2 + \text{C}$ 反應的發展。當中溫區域愈低時，這個反應發展愈多，放出的熱量也更多。

由此得出一個結論，增加高爐高度時，爐頂煤氣溫度僅下降到一定程度，很明顯，從煉鐵時節省熱量和節省燃料的觀點上看來，進一步增加高度是沒有多少用處的。

高爐爐缸內燃燒反應所產生的溫度 過去常用 30 到 40 公厘直徑的鐵杆經風口窺視孔伸入爐缸（一直伸到對面爐牆）來研究爐缸狀況。鐵棒在爐缸中停留一段時間後取出，其停留時間的長短根據爐缸情況決定。鐵杆使我們相信，在爐缸內沿着一個風口的中心綫從這個風口到對面風口的溫度分布是不均勻的：靠近風口，但在離風口某一距離處，鐵杆常被燒到耀目的白熾色，甚至在這一點（燃燒焦點）把鐵杆燒化了，而後可以明顯地看出鐵杆的加熱程度向爐缸中心的方向逐漸降低。

這個現象是正常的，並可在高爐操作正常時看到。但在個別

④ 在進行這一試驗時，還沒有足夠的資料來決定 CO 還原鐵的氧化物的熱效應；一部分人認為是吸熱反應，另一部分人則認為既不吸熱也不放熱。

情况下,例如爐缸內集結大量碎屑时,鉄棒来不及被集結在爐缸中心的加热不良的物料燒热(当停留時間短时)棒的内部仍呈現暗色。最后,甚至有时根本不能把鉄杆穿过爐缸中心——这說明爐缸中心的温度更低,有尚未熔化的物質。

在所有这些情况下,从爐缸拉出的鉄杆都能很清楚地說明爐缸內温度的分布,这些对实际操作者完全够用了的指示却無法單靠它們就換算成温度来。采用光学高温計,能够很便利而相当精确地測定放出时的爐渣及生鉄以及在風口前燃燒的焦炭的温度。呂·查德里[4]曾首先做了这种測定,但他的数据一直是唯一的数据,在很長时期中沒有人再做过这种測定。其后美国在32个高爐[5]的爐缸內进行了大量的温度測定(共計7600个馬尔司光学高温計測数),其中20个高爐冶煉普通生鉄,含硅0.92到2.4%,7个高爐冶煉錳鉄及5个高爐冶煉鈹鉄;后来进行观察的焦炭高爐数目又增加16个,此外并在5个木炭高爐上进行观察。焦炭高爐冶煉普通生鉄的結果如下:

	温度 °C		
	風口	爐渣	生鉄
鑄造生鉄	1748	1553	1493
平爐生鉄	1689	1522	1468
48个高爐的平均数	1708	1526	1472

由各高爐風口窺視孔(校正 25°C)所观察到的温度的波动范围很大,自 1595 到 1862° ,这与高爐操作条件有关,同样也可能受仅由熾热的焦炭或渣液及生鉄的点滴向高温計發送的光綫的影响。根据計算48个高爐的風口平均温度为 1708°C ,必須承認这是低于燃燒焦点达到的温度的,那里的温度不是用光学高温計所能測到的。从上面引用的数字可以看出渣口放出的爐渣的温度低于風口温度,而各高爐的爐渣温度变动則較少,48个高爐爐渣温度的平均数为 1526°C (注意到輻射的损失)。生鉄的温度常較爐渣

溫度低 43 到 55°C, 其平均溫度為 1472°C。

研究者們按所煉生鐵將所有高爐分為 4 類, 並提出下列數字作為各種類型的特征:

生鐵含硅量, %	1.02	1.23	1.49	1.96
生鐵含硫量, %	0.038	0.034	0.033	0.031
風口溫度, °C	1656	1720	1732	1737
爐渣在放出時的溫度, °C	1498	1515	1493	1539
生鐵在放出時的溫度, °C	1448	1470	1468	1477
渣中 $(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ 的比	1.04	1.01	1.01	0.86

根據這些數字可以得出一個結論, 溫度較高和生鐵中含硫量較低時, 生鐵中的含硅量必相應較高。但在一定的操作條件下, 對硅來說, 這種現象並不是在所有高爐上都是正確的。因為有時在比冶煉低硅生鐵更低的溫度下會煉出含硅量較高的生鐵來。這是由於所得爐渣成分不同的原因: 或為高 Al_2O_3 的爐渣 (16—17% Al_2O_3), 或為通常爐渣 (11.8—13% Al_2O_3)。曾在前面(硅的還原部分)講過高 Al_2O_3 爐渣使硅易于還原, 即當燃料消耗較少及爐缸溫度較低的情況下用這種爐渣能獲得用通常爐渣操作時同樣含硅量的生鐵。

研究者們忽略了這一情況, 同時忽略了曾用過量的易熔爐渣煉出過鑄造生鐵的事實, 便根據鹼性氧化物對酸性氧化物的關係加以判斷, 像實際操作者的錯覺一樣, 輕率地否定了還原硅必需要較高溫度的必要性, 這當然是不正確的。

耶科勃威涅爾 [6] 曾用多次測定 (用呂·查德里普通高溫計和中央冶金研究所的科學工作者們所創制的碳鎢特殊儀器來做這樣的測定 [7], 用這種儀器使能夠全面地測定了查波洛什鋼廠三號高爐爐缸半徑上——從風口到爐缸中心——各點的爐渣溫度和從爐缸放出的平爐生鐵的溫度) 來訂出在用同樣爐料冶煉時 (即爐渣鹼度僅隨硅的還原而變動) 溫度對硅和錳的還原的影響。耶科

勃威涅尔的圖解(圖 107 及 108)清楚地指出硅和錳的含量随着溫度的增高而增加。圖 109 并指出这时含硫量是怎样的逐渐降低。

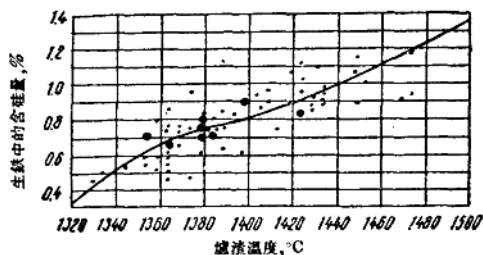


圖 107. 查波洛什三號高爐平爐生鉄中的含硅量和爐渣溫度的关系。

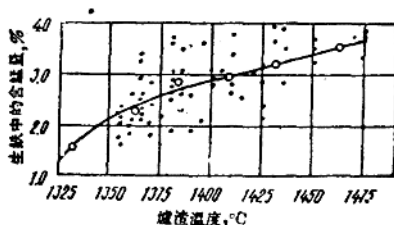


圖 108. 查波洛什三號高爐平爐生鉄中的含錳量和爐渣溫度的关系。

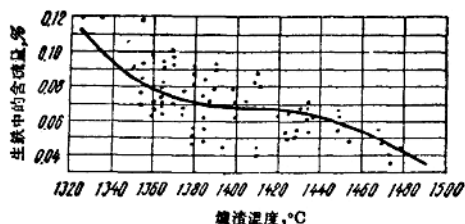


圖 109. 查波洛什三號高爐平爐生鉄中的含硫量和爐渣溫度的关系。

但在一定溫度下，硫在生鉄和爐渣間的分配則与爐渣的鹼度有关，观察的結果也很好地証实了这一情况，使能訂出一个公式，

依据这一公式，一方面按生鉄及爐渣的含硫量，另一方面按爐渣的鹼度可以算出生鉄的溫度。其公式如下：

$$t = 1521 + 30S - 61B - 1666s.$$

式中 S 为爐渣含硫量， s 为生鉄含硫量， B 为鹼度 $(\text{CaO} + \text{MgO})/(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$ 。就計算出来的生鉄溫度加上 45°C 就是相应的爐渣溫度。

用这个公式計算出来的数值与实际观察的結果很相近（平均差別为 7.4°C ，只有一次差別最大达 16°C ），但好像公式假定爐渣重量和生鉄重量的比例不变（式中根本没有列入渣鉄比的因素，同时爐渣的含硫量显然与渣量也是有关系的）。因此可以想到在某些情况下，我們將获得很不精确的数值，如当渣中含硫很高（苏联南方高爐），渣量很多（克利夫林特高爐）或生鉄含硫很高（在煉鹼性轉爐生鉄时，生鉄中的硫量有时比适用于公式結論的生鉄含硫量高 3 到 4 倍）。但是，著者根据已知的生鉄和爐渣的成分所計算出来的数值（例如苏联南方工厂轉爐生鉄为 1472°C ，克利夫林特鑄造生鉄为 1480°C ），虽然略高一些，但均是可能的。对勞倫鹼性轉爐生鉄來說当含硫为 0.12 到 0.15% 时，生鉄溫度仅为 1250 到 1300°C ；但当含硫 0.07% 时，生鉄溫度已可能是 1380°C 。

下列为冶煉鈹鉄和錳鉄时所測定的平均溫度数值 [8]：

	溫度 $^\circ\text{C}$		
	風口	爐渣	生鉄
鈹鉄(5 个高爐).....	1597	1427	1392
錳鉄(7 个高爐).....	1550	1426	1386

和已往提出的数字相对照，很易看出冶煉錳鉄时的爐缸溫度比冶煉普通生鉄时低。

这一結論充分証明了爐渣的熔度控制着高爐下部的溫度而增加燃料消耗量对提高高爐爐缸溫度的作用很小的理論。有关冶煉

錳鉄的資料，当爐料組成(过于易熔的酸性爐渣)和高爐行程不正常时，更明显地証明了这一理論，尽管这时的燃料消耗非常高，也不能减少爐渣中 MnO 的含量。像从下列数据中看到的，这时所达到的温度或与冶炼普通生鉄的温度相等或稍高一些（風口温度却比煉普通生鉄的平均温度为低）：

焦比	3.55	3.53	3.62	3.83
爐渣鹼度($\text{CaO}:\text{SiO}_2$)	1.38	1.48	1.52	1.40
爐渣含錳量，%	6.1	6.1	4.9	6.6
風口温度， $^{\circ}\text{C}$	1611	1614	1622	1623
鉄水温度， $^{\circ}\text{C}$	1450	1460	1475	1480

柳滂在考沙哥尔斯克工厂一号高爐上冶炼錳鉄时进行的測定，指出金屬和爐渣的温度在广大的范围内波动(当焦炭消耗相同时)，这与爐渣的鹼度和金屬与爐渣中錳的濃度有关。

当用只含 CaO 25% 及 MnO 16% 的酸性爐渣冶炼时，含錳 72% 的錳鉄的温度下降到 1295°C ，这时的爐渣温度則下降到 1350°C 。含 35% CaO 及 13.5% MnO 的爐渣温度为 1430°C ，这时錳鉄含錳 75%，其温度为 1415°C 。含錳 80% 的錳鉄具有最高的温度— 1515°C ，相应的爐渣含 CaO 39% 及 MnO 11%，其温度为 1587°C 。

由于焦炭消耗高(2.4)，在爐缸中風口水平面上的气体温度很高，在燃燒焦点达 1950 到 2000°C (根据石墨-鎢高溫計的讀数)，而爐缸中心(爐缸直徑为 3.5 公尺)，即距离燃燒焦点 1 公尺处为 1500 到 1620°C 。

关于木炭高爐爐缸内的温度，在很长一段时間中均用粗略方法——把鉄棒插入爐缸中停留一些时間——来測定的。这些測定指出鉄棒在木炭高爐爐缸中停留的时間可以比在焦炭高爐內稍長，这一方面是由于木炭的气孔度大，因而木炭高爐爐缸中的热量不像焦炭高爐中那样集中，另一方面因为木炭高爐所用風温比通

常風溫較低,同样也因为木炭高爐的爐渣較易熔化。

焦瑟夫發表的測定結果[9]列于表 66 中。

像苏联研究者們最近的測定所指出的[10],表 66 中的数字过高,但他們也肯定了早已訂出的結論(这些結論是很早以前根据从爐缸取出的熾熱鐵杆所提供的指示訂出的),木炭高爐即使用高風溫操作时,其爐缸也比焦炭高爐爐缸內的溫度較低。在用焦炭和木炭操作时,燃燒焦点的溫度差数应比在風口前所观察到的更大,这是因为多孔的燃料和致密燃料的燃燒过程不同,同时也因为爐渣的难熔度不同。

表 66.

燃燒焦点或接近燃燒焦点部分的溫度既不能用光学高溫計,也不能用普通热电偶来作准确測定,因为光学高溫計不可能看到爐缸內部,普通热电偶則不能承受燃

高 爐 号 数	風溫, °C	加 热 溫 度, °C		
		風口	爐渣	生鉄
1.	493	1682	1454	1405
2.	527	1611	1485	1413
3.	560	1710	1440	1423
4.	371	1687	1413	1398
5.	635	1655	1465	1435
5 个高爐的平均数	—	1699	1451	1415

燒焦点所能达到的那样高溫(1809—1900°C)。

在燃燒焦点至爐缸中心的方向上溫度下降得很多,使有可能用冷却管把热电偶經風口插入測量,但在这里进行測定是困难的。虽然过去曾进行了很多測定。

曾在三个德国高爐完成了[11]大量的这样研究,其中有兩個高爐的操作条件相同,即用同样的爐料,冶煉平爐生鉄,風压均为 0.8 大气压,用韋司脫發里焦炭。第一个高爐当風溫为 620°C 时的焦比为 0.86。第二个高爐当風溫为 520°C 时的焦比为 0.85。第三个高爐制造鹼性轉爐生鉄,用薩尔焦炭,風溫为 700—800°C,風压

为 0.43 大气压,焦炭消耗量为 1.2 吨/吨生铁。

第一高爐爐缸溫度($^{\circ}\text{C}$)的測量結果如下:

距風口距離, 公厘	250	500	750	1000	1250	1500	1750
第一次觀察	1850	1670	1600	1600	1600	——	——
第二次觀察	1770	1750	1700	1650	1630	1550	1450
第三次觀察	1750	1700	1670	1600	1550	1500	1400

因为这一高爐的爐缸直徑为 3.9 公尺, 所以从上列各溫度中看出来爐缸中心部分的溫度最低。

虽然第二高爐的爐缸直徑为 5 公尺, 爐缸面积为第一高爐的 $1\frac{2}{3}$ 倍, 但每晝夜燃燒的焦炭只比第一高爐增加 7% (643 吨比 602 吨); 在同一風压下, 風口断面积恰好使經風口送入的風速(按照在 0°C 及 760 公厘水銀柱压力时計算) 相同, 即每秒 44.5—45.5 公尺。第二高爐爐缸溫度得到不同的測定結果是可以理解的。

距風口 500 公厘处的溫度最高, 达 1750°C , 此后很快下降, 在距風口 1250 公厘处下降到 1100°C , 即降到了不足熔化爐渣甚至不足熔化生鐵的溫度。

在第三高爐冶煉較冷的生鐵, 所用爐渣为更易熔化的爐渣, 同样發現在爐缸中有溫度在 1000 到 1100°C 範圍內的固体核心。需要注意, 第三高爐風口前的溫度这样低, 相应地在爐腰上面爐胸爐牆边的煤气溫度很高。在距風口水平面 12.2 公尺及距爐胸爐牆 380 公厘的地点的溫度达 815 到 930°C 。研究者正确地指出了这一原因是因为在用很多風口时, 風口的总断面积很大, 使流入的風速仅为每秒 21.4 公尺的緣故(在 0°C 及 760 公厘水銀柱压力时), 而当时德国新高爐的一般風速(每秒 65 公尺)是这一速度的 3 倍, 而最高速度(每秒 81.4 公尺)差不多是 4 倍。

送入第一高爐及第二高爐的風速相同, 为了解釋它們的溫度分布所以不同; 必須注意二者燃燒強度的差別。第二高爐的風量按爐缸尺寸來說是不够的, 因为該爐爐缸中的燃燒強度仅为第一

高爐的三分之二。

馬格尼托哥爾斯克一號高爐（爐缸直徑為 7.62 公尺）在冶煉鑄造生鐵時所用風溫為 650°C 。根據 1934 年的兩次測定，風口平面爐缸中心的溫度為 1495 及 1485°C ；庫茲涅茨三號高爐所得的數字也為 1485°C ，其爐缸直徑和馬格尼托哥爾斯克高爐爐缸直徑相等。同一馬格尼托哥爾斯克一號高爐熔煉平爐生鐵時，其爐缸中心的溫度為 $1405—1410—1425^{\circ}\text{C}$ ，甚至在高爐休風 $2\frac{1}{4}$ 小時後，其溫度僅下降到 1375°C [10]。

為要了解馬格尼托哥爾斯克高爐和兩個德國高爐從風口到爐缸中心之間溫度分布的差別，必須注意前面提出來的關於馬格尼托哥爾斯克高爐燃燒過程的圖解（見圖 94），並要注意用來進行比較的高爐在送風制度上的顯著區別。1934 年馬格尼托哥爾斯克高爐每分鐘送風 2250 立方公尺；在測定時一號高爐用 15 個風口送風，其斷面積總和為 0.265 平方公尺，流過風口的風速曾達每秒 140 公尺（在 0°C 及 760 公厘水銀柱壓力時）。

同時當每小時消耗 45.6 噸焦炭時，馬格尼托哥爾斯克高爐爐缸中的燃燒強度已為每小時每平方公尺爐缸面積 1000 公斤焦炭，事實上這一高爐消耗的焦炭常達每小時 50 噸。這樣由於進入爐缸的風量大，風壓高（1.3—1.5 大氣壓）和進入爐缸的風速高（在 0°C 及 760 公厘水銀柱壓力時達每秒 140 公尺）使燃燒焦點離開風口，使爐缸中心的溫度能不低于 1400°C 。寬大的馬格尼托哥爾斯克高爐爐缸並不妨礙爐缸中的正常燃燒強度。

1934 年在馬格尼托哥爾斯克工廠進行的第一次測定，在其後的一些年代中，曾在馬格尼托哥爾斯克工廠、在馬凱也夫工廠、在新里畢茨工廠、在查波洛什鋼鐵廠、在亞速鋼鐵廠舉行多次重複測量。圖 110 為查波洛什鋼鐵廠三號高爐（曲綫 1 為 1938 年的測定）和馬格尼托哥爾斯克工廠一號高爐（曲綫 2 為 1935 年的測定，曲

綫 3 为 1936 年的測定, 曲綫 4 为 1937 年的測定) 爐缸內溫度分布的圖解。

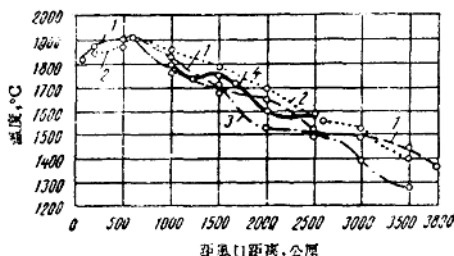


圖 110. 高爐風口平面上的爐缸溫度:

1—查波洛什三號高爐, 2—馬格尼托哥爾斯克一號高爐
1935年的測定, 3—1936年, 4—1937年。

像這些曲綫所指出的, 順着風口向燃燒焦點的方向(燃燒焦點在燃燒產物中 CO_2 含量最高的地點) 溫度很快增高, 達到 1900°C (里畢茨冶煉鑄造生鐵的高爐, 焦炭消耗量很高, 其最高溫度達到 1950°C), 然後向爐缸中心逐漸均勻下降, 在爐缸中心為最低: $1390\text{—}1370^\circ\text{C}$ 。在查波洛什鋼鐵廠三號高爐(直徑為 8 公尺)的爐缸中多次測定的平均溫度也為 1370°C (煉的是平爐生鐵, 風量為每分鐘 2400 立方公尺——非全風)。在 1939 年當風量增到每分鐘 3000—3200 立方公尺時, 爐缸中心溫度曾上升到 1410°C 。

冶煉錳鐵時, 整個爐缸平面上的溫度都較冶煉制鋼生鐵和鑄造生鐵時的溫度高出很多: 燃燒焦點的溫度到達 2000°C 甚至更高, 在爐缸中心達 1550°C , 約較同一高爐冶煉制鋼生鐵時高出 150 到 250°C [10]。

冶煉硅鐵時, 柳滂注意到差不多有着和冶煉錳鐵時同樣高的溫度, 在燃燒焦點為 1900 到 2000°C , 而在爐缸中心為 1500 到 1650°C [10]。

用肉眼观察,经常可以看到各个风口的温度常常是不同的,同一风口前在相当短的期间内温度就有变动。在高炉风口附近的测定,首先使能将这种温度差用度数表示出来,表 67 示出高炉 8 个风口中 4 个风口(每隔一个)每昼夜的平均温度及 10 天的平均温度[11]。

表 67.

在高炉上观察的日期	各 风 口 平 均 温 度, °C				全部风口 平均温度, °C
	2	4	6	8	
第一天.....	1675	1775	1800	1650	1725
第二天.....	1650	1750	1800	1650	1710
第三天.....	1750	1850	1700	1600	1725
第四天.....	1825	1775	1800	1700	1775
10天平均数.....	1720	1778	1778	1693	1742

像从表 67 所看到的,在全部时间内,第八个风口前的温度均比其他风口前的温度为低;其中位置在出铁口对面的第四个和第六个风口 10 天内的平均温度,比出铁口上面的第八个风口高出 85°C;中间位置的第二个风口的温度则在二者之间(第八个及第四个风口之间)。

这些在博胡姆高炉上进行测定的结果,证实了在其他高炉操作的观察中做出的结论:在出铁口上面的炉料下降得较快,相应地这里生成的炉渣也较冷,同时这里的视砖被侵蚀得也较快。

关于每一风口前温度的时刻变化,则是由于下列各因素的变动引起炉缸温度也变化:(1)风量,风温及风压;(2)燃烧强度,燃料消耗量和燃料的物理性质;(3)落近风口的渣量及其难熔性;(4)炉缸周围对煤气通过的阻力的不均造成各风口进入的风量不同。

葆赫维斯涅夫、脱列卡洛、伏洛维克在查波洛什钢铁厂一号高炉上进行的特种研究的结果指出[12],经不同风口送入的风量的