



现代炼铁

下 册

东北工学院炼铁教研室 編著

冶金工业出版社

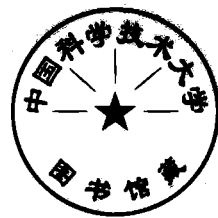
牙口保
市改

高等学校教学用书

现代炼铁学

下 册

东北工学院炼铁教研室 编著



冶金工业出版社

本書分上、下兩冊出版。全書共分十篇，上冊包括：原料、貧礦石處理、高爐冶煉原理、強化高爐的理論和實踐等四篇；下冊包括：特種生鐵和特殊礦石冶煉、煉鐵計算、高爐構造、高爐車間附屬設備、高爐操作、其他煉鐵方法等六篇。

本書可作為高等冶金院校煉鐵專業的教學用書。此外，亦可供生產廠礦、科學研究機關、設計單位以及中等專業學校煉鐵專業師生參考之用。

本書系由東北工學院煉鐵教研室靳樹梁、張清漣、杜鶴桂、李殷泰、范顯玉、楊兆祥、李永鎮、陸暘、張鎮揚、虞蒸霞、許允元、史占彪、張家駒、吳鴻斌、張秀珍、張佑民編著。

現代煉鐵學 下 冊

東北工學院煉鐵教研室 編著

冶金工業出版社出版(北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

北京市印刷一廠印 新華書店發行

— * —

1959年9月第一版

1959年9月北京第一次印刷

印數3,520冊

開本787×1092·1/16·450,000字·印張20 $\frac{8}{16}$ ·插頁4

— * —

統一書號15062·1961 定價2,00元

目 录

(下 册)

第五篇 特种生铁和特殊矿石的冶炼

第一章 锰的还原及锰铁冶炼	415
§ 1 锰还原的理论	415
§ 2 锰在高炉中的还原过程	416
§ 3 锰铁冶炼	418
第二章 硅的还原及硅铁冶炼	426
§ 4 硅的还原理论及其在高炉中的还原过程	426
§ 5 硅铁冶炼及含硅量	428
第三章 含氟矿石的冶炼	431
§ 6 氟在高炉内的变化及其在冶炼产品中的分配	432
§ 7 氟渣的性质	433
§ 8 含氟煤气和炉渣对炉衬及金属结构的侵蚀	434
§ 9 冶炼含氟矿石的劳动保护	435
第四章 钛磁铁矿的冶炼及综合利用	435
§ 10 钛磁铁矿中金属的还原	435
§ 11 含 TiO_2 炉渣的特性	437
§ 12 高炉冶炼钛磁铁矿的操作特点	441
§ 13 钒、钛的提取	443
第五章 铜铁共生矿的综合利用	444
§ 14 选择性硫酸化焙烧	445
§ 15 氯化焙烧	446
参考文献	446

第六篇 炼铁计算

第一章 炼铁配料计算	448
§ 1 MA 巴甫洛夫配料计算	448
§ 2 简易配料算法	448
§ 3 炼铁配料计算例题	451
第二章 物料平衡	458
§ 4 风量、煤气量及煤气成分的计算	459

§ 5 物料平衡表的制訂	463
第三章 热平衡	464
§ 6 高爐总热平衡的計算	464
§ 7 高爐区域热平衡的計算	477
第四章 炼鉄焦比的計算	479
§ 8 A. H. 拉姆焦比計算法	479
§ 9 A. П. 柳邦焦比決定法	481
第五章 拉姆联合配料計算法	482
§ 10 拉姆联合配料計算法	482
現場作業計算	487
1 根据爐頂煤气成份計算鉄的直接还原度(r_d)	487
§ 12 其它簡易計算	489
参考文献	489

第七篇 高爐構造

第一章 高爐爐型	491
§ 1 高爐爐型的發展	491
§ 2 合理爐型	493
§ 3 小高爐爐型的特点	500
§ 4 爐型計算	501
第二章 高爐基础	504
§ 5 高爐基础要求的地質条件	505
§ 6 基础的設計原則	506
§ 7 基础的几种結構	507
第三章 高爐爐襯	512
§ 8 爐襯概述	512
§ 9 爐底	518
§ 10 爐缸	521
§ 11 爐腹	522
§ 12 爐身	522
§ 13 爐喉	525
第四章 高爐冷却	527
§ 14 主要冷却設備	528
§ 15 小型高爐的冷却問題	538
§ 16 高爐的冷却介質	538
§ 17 高爐冷却設備的水力学制度	539
第五章 鉄口、渣口、風口	541

§ 18 鉄口	541
§ 19 渣口	542
§ 20 風口	544
第六章 高爐金屬結構	549
§ 21 爐壳	550
§ 22 爐腰支圈	551
§ 23 支柱	552
第七章 爐頂佈料裝置及佈料器	554
§ 24 料車式裝料裝置	554
§ 25 旋轉佈料器	559
§ 26 料罐式爐頂裝料裝置	562
第八章 高压操作設備特点	564
§ 27 調压裝置	564
§ 28 高压操作的裝料裝置	565
§ 29 高压操作的爐体結構	569
§ 30 高压高爐的煤氣系統	570
§ 31 高压送風系統的特点	572
参考文献	572

第八篇 高爐車間附屬設備

第一章 原料供应	574
§ 1 原料供应	574
§ 2 貯矿場	578
§ 3 貯矿槽	579
§ 4 貯矿槽的設備	580
§ 5 料車坑	584
§ 6 自动化称料	586
§ 7 上料机	588
第二章 送風和風的加热	593
§ 8 离心式鼓風机	593
§ 9 小高爐用鼓風机	596
§ 10 換热式热風爐	597
§ 11 換热式热風爐溫度分佈及其強化經驗	601
§ 12 蓄热式热風爐發展	603
§ 13 蓄热式热風爐構造	605
§ 14 蓄热式热風爐設備	607
§ 15 蓄热式热風爐傳热的基本規律	611

§ 16 格子磚	614
§ 17 我国蓄热式热风爐强化經驗	618
§ 18 送風系統管道	619
第三章 高爐除塵及其設備	622
§ 19 粗除塵	623
§ 20 半精除塵—洗滌塔	624
§ 21 精除塵	626
§ 22 高压操作的煤气除塵	631
第四章 渣鉄处理設備	631
§ 23 生鉄处理	631
§ 24 爐渣处理	635
§ 25 渣鉄处理设备計算	636
第五章 高爐車間設計	639
§ 26 設計主要程序	639
§ 27 鋼鉄厂生产規模	640
§ 28 厂址选择	641
§ 29 爐座規劃	642
第六章 高爐車間平面佈置	645
§ 30 对平面佈置的要求	645
§ 31 并列式車間平面佈置	645
§ 32 島式車間平面佈置	647
参考文献	648

第九篇 高 爐 操 作

第一章 开爐与停爐	650
§ 1 开爐前准备工作	650
§ 2 开爐	754
§ 3 高爐的檢修与休風	659
§ 4 停爐	662
第二章 高爐的正常操作	665
§ 5 操作制度	665
§ 6 判断爐况	672
§ 7 調节爐况	683
§ 8 热风爐操作	690
§ 9 高压操作的运用	690
§ 10 高爐行程自动調节	693
第三章 高爐的故障与事故	694

§ 11 高爐行程故障	694
§ 12 高爐事故	701
参考文献	709

第十篇 其他煉鐵方法

第一章 矮高爐	710
§ 1 国外矮高爐的構造及操作概況	710
§ 2 国内矮高爐介紹	713
§ 3 矮高爐与普通高爐比較	715
第二章 电爐煉鐵	716
§ 4 高爐身电高爐煉鐵	716
§ 5 低爐身电高爐煉鐵	718
§ 6 电阻电爐煉鐵	719
§ 7 迴轉爐——电爐联合使用煉鐵	720
第三章 海棉鐵	722
§ 8 坩堝爐煉海棉鐵	722
§ 9 豎爐煉海棉鐵	723
第四章 粒鐵	725
§ 10 迴轉爐煉粒鐵	725
第五章 流态化技术在黑色冶金中的应用	728
§ 11 旋鋼	729
§ 12 H—鐵	729
§ 13 还原焙燒	729
参考文献	732

第五篇 特种生鉄和特殊矿石的冶冻

第一章 錳的还原及錳鉄冶煉

生鉄中的錳在一定限度內是有益的元素，它以碳化錳状态存在，与碳化鉄組成相当稳定的复合碳化物。后者束縛着相当大量的碳素，阻碍着碳的石墨化，从而增加生鉄的强度和硬度。液态生鉄中硫与錳的亲合力比鉄大，按下列反应：

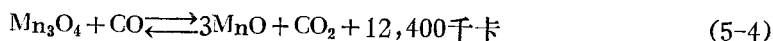
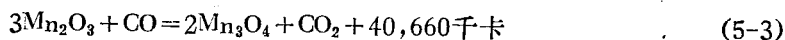
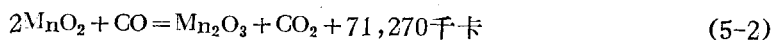


生成不溶于生鉄的 MnS ，因而能减少硫的不良影响。各种規格的生鉄都含有一定量的錳。鑄造鉄一般含錳 0.5~1.2%，含錳过高时，生鉄太硬，使鑄件加工困难。制鋼鉄的含錳率按一般要求为 2% 左右。自 1956 年以来，低錳碱性平爐鉄（含錳 0.5~1%）以及特低錳貝氏鉄（含錳 0.1% 左右）的冶煉及其煉鋼生产在我国均已获得成功。通过实践，我国鋼鉄冶金工作者对于制鋼鉄的錳制度有了新的明确的認識。

含錳量在 10~30% 的生鉄称为鏡鉄。含錳 30% 以上称为錳鉄。錳鉄断口有彩色針狀結晶，質硬易碎，凝固收縮率很大。含錳愈高这些特征愈显著。錳鉄是煉鋼生产中常用的脫氧剂和合金剂，也可作为特殊熔焊剂的原料。

§ 1. 錳还原的理論

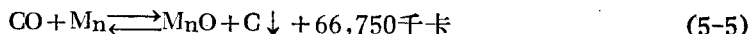
錳的氧化物有 MnO_2 , Mn_2O_3 , Mn_3O_4 及 MnO ，其还原过程和鉄相似，是按高級氧化物到低級氧化物依次进行的。 MnO_2 及 Mn_2O_3 有較大的分解压力。实验指出[1]，当 MnO_2 在 565°C， Mn_2O_3 在 1090°C 时，分解压均已达到 1 大气压，所以它們是極易分解的不稳定氧化物。用 CO 或 H_2 还原 MnO_2 及 Mn_2O_3 的反应，是进行得很完全的不可逆反应。



虽然反应 (5~4) 是可逆反应，实际上当其达到平衡时气相中 CO 的濃度是很小的，因此 Mn_3O_4 仍然是很易还原。

MnO 是相当稳定的氧化物，它的分解压比 FeO 还小得多。（1400°C 为 $10^{-15.2}$ 大气压，1500°C 为 $10^{-14.14}$ 大气压）。在 1400°C 时 MnO 被 H_2 还原的平衡气相中 $\text{H}_2\text{O} = 0.16\%$ ，

在 CO 还原 MnO 的平衡气相中 $CO_2 = 0.03\%$ 。这就是說用气体还原 MnO 必須在純粹的还原剂中才能进行。因此 MnO 的間接还原反应实际上是不可能进行的, 这是 MnO 与 FeO 的还原过程最主要的区别。金属錳不仅可以被 CO_2 氧化 并且在 $600 \sim 700^\circ C$ 間 CO 也成了 Mn 的氧化剂。



只有大量固定炭存在并不断与 CO_2 作用的条件下, CO 还原 MnO 的反应才得以繼續进行。这时已經轉化为 MnO 的直接还原反应了。圖 5-1 表示 MnO 直接还原反应开始的温度条件[1]。

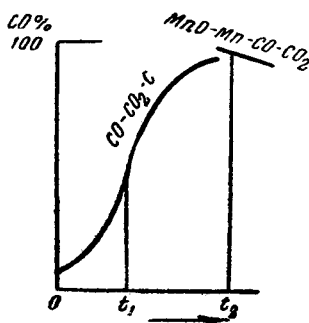
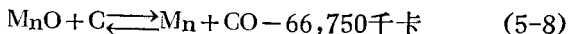
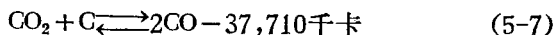
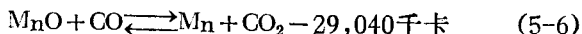


圖 5-1 用固定炭还原 MnO 的条件



MnO 的直接还原也可以一步进行, (如反应 5-8 所示)。在反应 5-8 中固相与固相之間的反应由于在高爐內接触条件不良, 發展受到很大的限制。液相与固相之間 (爐渣中的 MnO 与固定炭) 的反应却得到大量的發展, 并成为 MnO 的直接还原的主要方式, 这是由于在高爐中 MnO 在还原之前已經全部进入液体 爐渣中。

为了簡化問題起見, 假設反应 5-8 的反应物及产物中除 CO 外都是固相, 則反应的平衡常数在数值上可以用平衡气相中的 CO 的分压 ($P_{CO/MnO}$) 来表示。由此得出 MnO 的开始还原条件:

$$P_{CO/MnO} > P'_{CO}$$

P'_{CO} 表示还原反应气相中 CO 的分压)

反应 5-8 是吸热反应, $P_{CO/MnO}$ 的值随着温度上昇而增加。可以这样說, 錳的开始还原温度主要的取决于还原气相中 CO 的分压。实验指出[1], 在氢气气氛中用木炭还原 MnO 的开始温度是 $1100 \sim 1200^\circ C$, 到 $1300 \sim 1400^\circ C$ 間还原才进行得比較完全。还原出来的錳若与炭化合成碳化錳則錳的开始还原温度將降低, 这是因为組成每克分子碳化錳放出 23000 千卡热量, 使得在相同温度下 $P_{CO/MnO}$ 值提高了。

§ 2. 錳在高爐中的还原过程

1. 錳在高爐內的还原条件

MnO 开始还原条件是 $P_{CO/MnO} > P'_{CO}$ 。高爐直接还原区煤气压力是 $1.5 \sim 2.0$ 大气压, $CO = 35 \sim 42\%$, 計算所得的 P'_{CO} 为 $0.6 \sim 0.9$ 大气压。根据热力学計算, $1400^\circ C$ 时即可滿足 $P_{CO/MnO} > P'_{CO}$ 逐漸开始 MnO 的还原反应。当提高温度使 $P_{CO/MnO}$ 值大于高爐下部煤气总压力时, 氧化錳的还原反应进行的非常剧烈見圖 5-2[1]。

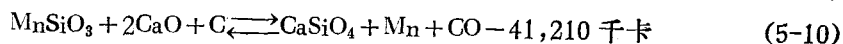
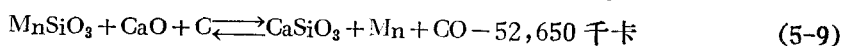
2. 錳从爐渣中还原

以上的分析还没有确切地反映高爐冶炼进程中錳的还原的許多具体条件。計算的基本出發点是 MnO 及 Mn 都以固体自由状态存在, 而实际上在高爐內 $1100 \sim 1200^\circ C$ 温度区間, 高級氧化錳已經还原到 MnO 而 MnO 的还原反应尚未开始的时候 MnO 就可与 SiO_2 組成硅酸鹽, 而大量地进入熔融的初渣中。因而, 錳的还原过程实际上是从液体爐渣的硅酸鹽中还原出来而成为生鉄中一个組成部份的。

爐渣中 MnO 濃度影响着 MnO 自爐渣中还原反应的 $P_{CO/MnO}$ 值。因为 $P_{CO/MnO} = Kp \cdot (MnO)$ 在一定的温度下, 随着还原反应的繼續进行, 渣中 MnO 濃度不断降低 $P_{CO/MnO}$ 值也随着降低, 直到 $P_{CO/MnO} \leq P'_{CO}$ 时, 还原反应便终止了。若

温度不变, 則殘留在渣中 MnO 濃度也相同; 若温度升高則殘留 MnO 濃度將降低。

爐渣中大部份 MnO 呈硅酸鹽状态存在(也有少数溶解于渣中)。由于复杂化合物稳定性的增加, 也提高了 MnO 的还原温度, 实验室条件下用木炭还原硅酸錳的开始还原温度是 $1300^\circ C$, 比还原 MnO 約高 $200^\circ C$; 显著还原温度为 $1500^\circ C$, 也比还原 MnO 約高出 $200^\circ C$ 。提高爐渣的碱度可以大大改善硅酸錳还原情况。CaO 对硅酸錳还原的有利作用在实践中已获得証实, 按照爐渣分子理論和离子理論都可以得到圓滿的解釋。CaO 与 SiO 結合能力較 MnO 强, 因而在 CaO 可以把 MnO 自硅酸鹽中置換出来, 从而增加渣中自由 MnO 的濃度, 所以使 MnO 还原容易。同样, 从离子理論来看 Ca^{++} 陽离子对 $Si_xO_y^{--}$ 复合陰离子的作用力比 Mn^{++} 为大, 所以 CaO 的加入有利于 MnO 的还原。



3. 鉄液对 Mn 还原的影响

还原出来的錳溶解于鉄水之中, 随即提高了 $P_{CO/MnO}$ 值 ($P_{CO/MnO} = Kp \cdot \frac{(MnO)}{[Mn]}$)。因之鉄的存在显著地降低了錳的开始还原温度。在实验室中有鉄存在下 $1300^\circ C$ 时錳的还原度由 4.2% 提高到 37.9%, $1400^\circ C$ 时还原度由 23.4% 提高到 58.4%。所以若使爐料中氧化錳和鉄份均匀密切地接触, 可以加速錳的还原过程。

4. 高爐內錳的实际还原过程

在冶炼錳鉄高爐上沿不同高度的各断面取样分析和測定温度的結果, 表明錳的实际还原情况, 符合上面分析的規律。爐料中全部高級氧化錳在进入爐腰以前(低于 $1100^\circ C$) 已經完全还原成 MnO 。在 $1170^\circ C$ 时几乎全部 MnO 与 SiO_2 結合, 形成熔融初渣的組成部份——錳鈣橄欖石 ($2CaO \cdot SiO_2 \cdot 2MnOSiO_2$)。从爐腰取出样品中偶然可以看到含有極

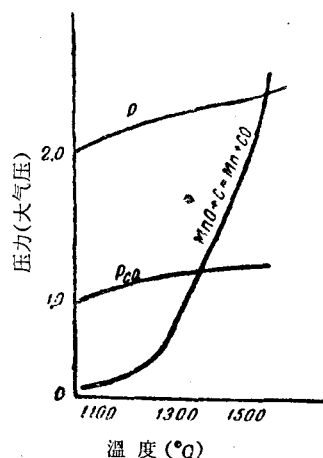
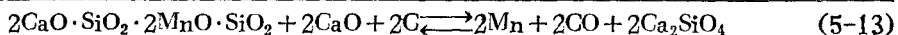
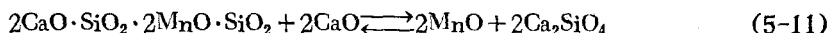


圖 5-2 在高爐內 MnO 直接还原反应的开始条件

少量的金属锰，它总是和金属铁同时出现的，这证明大量的锰还没有还原，仅只紧密与铁接触部份的锰有条件还原出来。在爐腹到風口水平以上温度高于 $1300 \sim 1370^{\circ}\text{C}$ 的区间，才有锰的剧烈还原，主要是自液体爐渣中錳鈣橄欖石（及少量溶于渣中的 MnO ）通过二步反应还原出来的：



从取样分析，明显看到随着渣中 CaO 含量的急剧增加，渣中 MnO 含量显著降低。

大部份已经还原出来的金属锰通过風口前又重新被氧化，因此爐缸仍然负担着相当繁重的还原任务。終渣中氧化锰含量是随着爐渣碱度和温度的不同而異的。

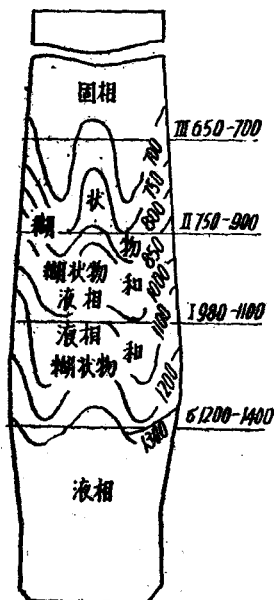


圖 5-3 冶煉錳鉄時在高爐內的相变化系統圖

附：圖 5-3 是冶煉錳鉄高爐內相变化系統[14]。

1—固相： MnO_2 ； Mn_3O_4 ； SiO_2 ； CaCO_3 ；

2—糊狀物和液体相： CaO ； $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ； $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ；

$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ； MnO ；

3—液体相和糊狀物： $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ； $2\text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ； MnO ；

$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ； $2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ； SiO_2 ； $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ；

矿物相的熔化温度(t_1)和形成温度(t_2)：

SiO_2 ： $t_1 = 1713^{\circ}\text{C}$ ； $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ： $t_2 = 1800^{\circ}\text{C}$ ；

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ： $t_1 = 2130^{\circ}\text{C}$ ； $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ： $t_2 = 1450^{\circ}\text{C}$ ；

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{MnO} \cdot \text{SiO}_2$ ： $t_2 = 1170^{\circ}\text{C}$ ；

$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ： $t_1 = 1590^{\circ}\text{C}$ ；

$3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ： $t_2 = 1450^{\circ}\text{C}$ ；

$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ： $t_1 = 2130^{\circ}\text{C}$ ；

§ 3. 錳鉄冶煉

1. 提高錳金屬的回收率

高爐冶煉过程中，存在下面两种錳的损失：

1) 爐渣損失 即隨終渣帶出的 MnO 損失。这部分損失主要决定于高爐下部錳的还原情况及渣量。通常錳鉄爐渣含 MnO 为 $8 \sim 13\%$ ，高者达 20% 。

2) 揮發損失 錳的飽和蒸汽压比較高，沸点是 $1900 \sim 2150^{\circ}\text{C}$ ，在高爐气氛中开始揮發温度为 1300°C 左右。錳的揮發量随着錳鉄含錳率、高爐下部温度，煤气总量和爐身上部温度以及爐喉煤气速度的提高而增加。揮發的錳在上升过程中被氧化后凝結成 Mn_3O_4 塵粒，增加煤气清洗的困难。冶煉錳鉄時錳的揮發損失約为爐料中全錳量的

8~20% 左右，煉鐵時為 5% 左右。爐頂溫度高以及錳礦強度差，也是冶煉錳鐵的爐壓量也比一般生鐵為多的原因。這樣，實際進入生鐵中的錳量最多只是原料含錳的 80~90%。通常用錳的回收率這一指標來衡量錳的損失多少。回收率是指實際還原到生鐵中的錳量與爐料中所含錳量的比值。錳的回收率不僅是經濟指標，同時也是質量指標，當礦石中含錳量與含鐵量的比值固定時，回收率的波動就引起錳鐵含錳率的变化，從而改變錳鐵的品位。影響錳的爐渣損失與揮發損失的因素常常是彼此抵觸的，只有在兩種損失都比較小的情況下，方能獲得最高的錳的回收率。

提高錳回收率的關鍵在於選擇正確的热制度和造渣制度。

1) 热制度的選擇

減少爐渣損失應該從改善 MnO 還原條件開始。從錳還原的理論分析得知必須在高爐下部直接還原區保持足夠高的溫度。爐缸保持高溫還利於高鹼度爐渣操作，也對渣中 MnO 的還原有利。控制錳鐵有適當的含硅量，也就是高爐保持適宜的热制度，有助於提高和穩定錳的回收率。但過分提高含硅量會增加揮發損失，也會超過煉鋼生產對錳的成份要求。適當的含硅量取決於原料條件、操作制度及錳鐵品位。對於我國小高爐冶煉的錳鐵說來，保持含硅量 1~2% 是合適的。小於 10 米³ 用低風溫冶煉錳鐵的小高爐為避免爐缸凍結，可以把含硅量提高到 3% 左右。礦石較富、風溫較高，爐渣鹼度較高時可以選擇下限。

(1) 增加焦比

增加焦比、提高風溫以及富氧送風都是增加高爐下部熱量和提高溫度的措施。但應注意它們在高爐冶煉中的作用並不是完全相同的。

增加焦比僅可以增加高爐下部的熱量，對提高爐缸溫度卻沒有顯著的影响，而錳的還原，不僅需要消耗大量的熱量，同時也要求有足夠高的爐缸溫度。此外，增加焦比還帶來一系列不利於提高錳的回收率的因素，例如渣量與煤氣量的增大，所以只在繼續提高風溫受到限制時才採取增加焦比的措施。雖然如此，實際上冶煉錳鐵的焦比仍然比煉普通生鐵高出 2~3 倍。是由於錳還原需要較多的熱量消耗和較高的還原劑消耗

(根據理論計算，假設 MnO_2 及 Fe_2O_3 全部用 CO 還原，每公斤錳比鐵要多消耗 36% 的炭素，再加上 MnO 全部進行直接還原

及錳鐵含炭量較高，實際上所消耗的炭素比計算值高)。蘇聯某廠的生產試驗 [9] 表明，選擇反應性較低，密度較大的焦炭冶煉錳鐵比較有利，這有助於提高爐缸溫度及降低焦比，從而使錳的揮發損失減少(表 5-1)。

表 5-1 [3]

焦 比	錳在煤氣中的損失 (%)
2.469	3.8
2.695	7.7
2.810	9.0
2.952	19.5

(2) 提高風溫

高風溫一章已經闡明，熱風帶入的热量可以 100% 地被利用在高爐下部，這對提高高爐下部溫度及增加下部热量作用非常显著。採取這一措施與提高焦比相比，煤氣量和渣量都減少了，並且由於焦比降低將進一步提高錳的回收率。對於冶煉高品位的錳鐵，含 Mn70~80% 以上，高風溫是必要的條件。一般說來，冶煉錳鐵的焦比較高，高爐料柱具有良好的透氣性，可以接受較高的風溫。

(3) 富氧送風

和提高風溫措施比較，富氧送風使热量更集中於爐缸，對提高高爐下部溫度及減少煤氣量方面的作用也更強烈些，因而更利於使用高碱度的爐渣操作。如鼓風含氧 30%，可用碱度 2.5 的爐渣操作，在風溫 712~750°C、焦比 1.58~1.98 條件下，渣中含 MnO 能降至 1.5~2.0% [1]。應該指出，富氧送風雖然沒有增加帶入爐缸的总热量，但是由於燃燒溫度增高，使热量比高風溫冶煉時更加集中爐缸。因此富氧鼓風冶煉鐵合金比冶煉一般生鐵的优越性更大。蘇聯第六個五年計劃規定 1960 年全部高爐鐵合金，將採用富氧鼓風冶煉。

附各國富氧鼓風冶煉錳鐵的一些生產試驗數據：

蘇聯新圖柱廠（1 號高爐）[11] $O_2=30.4\%$ ，焦比 1.79，產量提高 90%（利用係數 2.14 [Mn]=73.44%）

德國 (60m³ 高爐) [1.1] $O_2=30\%$ ，生產率提高 12~33% 焦比降低 24~16%

美國 [11]	$O_2=23\%$	生產率提高 15%	焦比降低 3%
	$O_2=25\%$	生產率提高 27%	焦比降低 7%
	$O_2=27\%$	生產率提高 38%	焦比降低 12%
	$O_2=29\%$	生產率提高 46%	焦比降低 8%

(4) 降低爐頂煤氣溫度

冶煉錳鐵時，由於單位礦石煤氣生成量大，和高級氧化錳間接還原反應在爐身上部放出热量的結果，爐喉溫度很高（一般為 400~500°C，有些高爐甚至達 700°C），而高爐

表 5-2 [8]

爐頂溫度	錳在煤氣中的損失 %
300°C	4.53
350°C	5.04
400°C	6.28
500°C	7.10

热能利用率較低（僅為 50~60%）。這不僅引起錳的大量揮發損失和爐塵損失，也容易造成爐頂設備燒損事故。通常用在爐頂向爐內噴水或者用在爐料內噴水的方法來降低爐頂溫度。日本八幡制鐵所採用爐頂加入礦粉的方法以降低煤氣流速。鞍鋼煉鐵廠試驗爐所採用爐頂噴

水的辦法效果比較显著（表 5-2），當錳在煤氣中的損失下降至 4.53% 時，還創造了錳回收率達 82.32% 的記錄。這說明了爐頂煤氣溫度對錳的回收率的影響不可忽視。

2) 造渣制度的選擇

在一定的風溫及焦比下，爐缸的溫度和熱量很大程度上取決於爐渣的物理化學性質。

(1) 高 MnO 渣的特點

綜合現有的一些試驗和生產實踐結果， MnO 對爐渣性質的影響是：①降低爐渣的熔化性，並且由於 MnO 本身熱含量低也降低爐渣熔化時的熱含量；②降低爐渣的粘度與結晶溫度。И. П. 肖米克還指出， MnO 對酸性渣的稀釋作用比對鹼性渣更大。 Mn^{++} 的加入使硅-氧離子鍵的構造簡化，並且 Mn^{++} 與硅-氧離子團之間是弱結合，降低爐渣結晶的強固性，這就是 MnO 降低爐渣粘度及結晶溫度的本質解釋。儘管含 MnO 渣的這些性質有利於高爐順行，但卻妨礙爐子下部熱量和溫度的提高。所以錳鐵的終渣溫度總比一般生鐵的低。

(2) 提高爐渣鹼度

提高爐渣鹼度對冶煉錳鐵有雙重意義；首先，它有利於爐渣中硅酸錳的還原、減少爐渣損失。其次，它提高爐渣的熔化溫度。爐渣熔化溫度高，能夠使爐子下部溫度提高，熱量增多，從而有利於錳的還原；而減少渣中含錳量，也同時促使爐渣熔化性提高。圖 5-5 是石鋼高爐渣中 MnO 濃度與鹼度的關係[3]。如果爐渣鹼度過高，則將使爐渣流動性變壞，以及相對渣量提高，從而導致 MnO 還原情況變壞和爐渣損失絕對量的增加，甚至可能產生爐缸凍結的現象。因此必須通盤考慮，使爐渣鹼度與爐子熱制度相適應以保證順行，同時盡量降低爐渣中 MnO 的濃度，以減少爐渣帶走的絕對錳量。

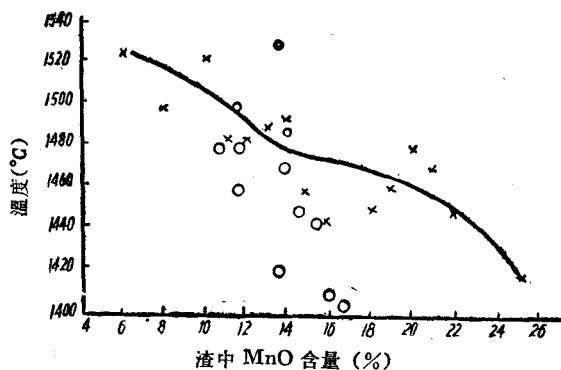


圖 5-4 爐渣溫度與 MnO 含量的關係[1]

x—Ворошилов 工廠的爐渣
n—Косогорск 工廠的爐渣

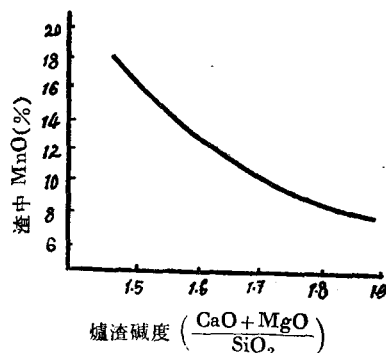


圖 5-5 爐渣鹼度與 MnO 含量的關係[3]

(3) 改善高鹼度錳渣流動性的途徑

加入適量的 MgO 能夠改善高鹼度錳渣的流動性。鞍鋼和石鋼採用部分白雲石作為熔劑使爐渣中含有 6~8% 的 MgO ，便能順利地採用鹼度達 1.7 以上的爐渣冶煉。 CaF_2 也有稀釋爐渣的作用，加入適量的螢石也可以產生上述效果。

也有一些工廠採用較酸的爐渣冶煉錳鐵以保證爐子順行，例如蘇聯某工廠的爐渣鹼

度为 1.05~1.1 ($MgO=3\%$) 渣中 $MnO=22\sim25\%$ [1]。这种高锰渣被利用做炼制其它生铁的含锰原料。但这种操作由于炉温较低, 不仅渣中锰损失大, 而且也有导致渣冷的可能。

(4) 渣量对锰的回收率的影响。

渣成份及炉缸温度决定后, 渣中 MnO 的浓度也被决定了。损失于渣中的绝对

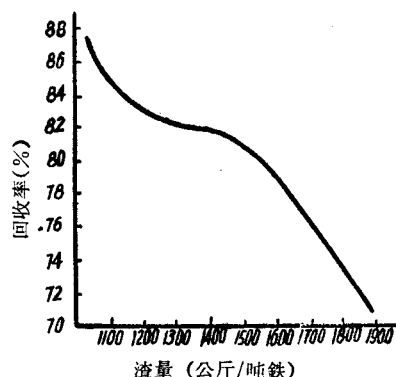


圖 5-6 相对渣量与锰回收率的关系。[3]

锰量将随着相对渣量增加而升高。圖 5-6 是石鋼鉄高爐中相对渣量与锰回收率的关系[3]。由于下述原因, 冶炼锰鉄的渣量往往比炼一般生鉄的渣量大; ① 锰矿的脉石主要是酸性的; ② 渣碱度高, 熔剂消耗量大; ③ 焦比高因而带入的灰分多。降低渣量的途径, 除了使用高温以降低焦比, 尽量降低焦炭含灰量以及选择适当的渣碱度以外, 锰矿的质量及其准备处理有重要的作用。随着锰矿中含 Mn 的降低, 焦比及渣量均上升, 因而用贫锰矿直接冶炼锰鉄的经济价值就小。石鋼鉄矿品位与焦比关系见表 5-3。

石鋼鉄矿品位与焦比关系

表 5-3 [12]

矿石中含锰 (%)	含 SiO_2 (%)	矿石消耗 (公分)	渣 量 (公斤)	焦 比 (公斤)
35	11	2660	1430	2000
33	13	2830	1840	2150
31	15	3010	1890	2280
29	17	3220	2210	2440
27	19	3460	2531	2600
25	21	3730	2880	2780

2. 贫锰矿及鉄锰矿的利用

1) 优质锰鉄要求低鉄与低磷

对于鋼质量的要求愈高, 就愈加要求高爐生产出高锰低磷的优质锰鉄。在冶炼锰鉄的过程中, 原料中的鉄份几乎 100% 地还原进入生鉄中, 而锰在最有利的条件下也只能有 80~90% 还原。所以锰鉄的最高含锰率决定于锰矿中的锰鉄比 (含锰量与含鉄量的比值)。如以锰鉄中含锰 82%, $(C+S+P)=8\%$, 回收率 80% 計算, 锰矿中锰鉄比不应低于 10。影响锰鉄含锰率的另一个重要的因素是锰的回收率。

我国有大量的品位较低和锰鉄比低的锰矿, 其中有的是鉄锰矿。直接利用这些锰矿冶炼, 不仅得不到高锰低磷锰鉄 (由于矿石消耗量增多, 进入生鉄中的磷素可能超过炼

鋼生产所允許的範圍), 而且成本也高。鋼鐵生产的飞躍發展要求我們找出貧錳矿或鉄錳矿的利用途徑以扩大錳矿資源。

2) 錳矿石的自熔燒結

富集錳矿的途徑之一是选矿和燒結。使用自熔性燒結矿煉錳鉄有許多优越性: 首先是减少了高級氧化錳在高爐內的間接还原反应及石灰石的分解反应, 因而节省焦炭消耗, 降低爐頂煤氣溫度从而减少錳的揮發損失。还應該注意到, 爐身上部溫度上升到一定程度后, 高級氧化錳的直接还原反应有可能产生。使用燒結錳矿可以避免由此引起的焦炭附加消耗。其次, 自熔性燒結錳矿使 CaO 与 MnO , 及 Fe 与 MnO 有良好接触, 因而改善錳的还原条件。圖 5-7 是苏联 Чигатурск 錳矿燒結后的还原反应試驗[1]。此外, 由于初渣形成过程的加速, 也能使高碱度爐渣获得順行。П柳邦等人特別指出: 为了提高爐子下部溫度和增加錳的还原度, 應該尽量改善錳在爐腹及爐腰部分的还原条件, 以此减少流到風口附近的爐渣中的含錳量。使用自熔性燒結矿很容易达到这个目的[2]。

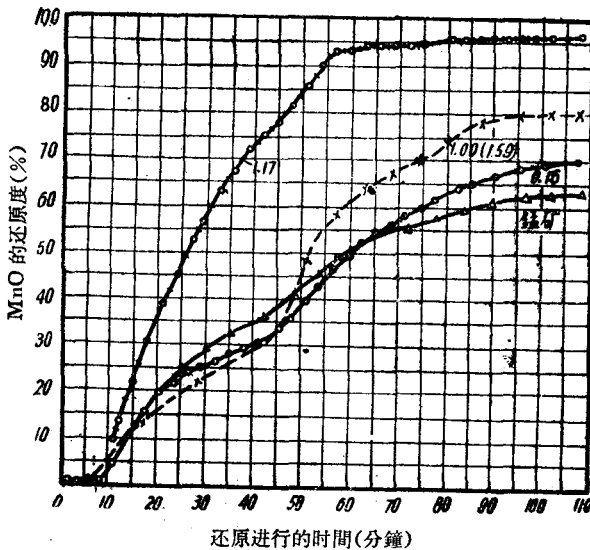


圖 5-7甲 在熔融溫度下燒結矿碱度对 MnO 还原度的影响[1], 各曲綫的数字表示燒結矿的碱度

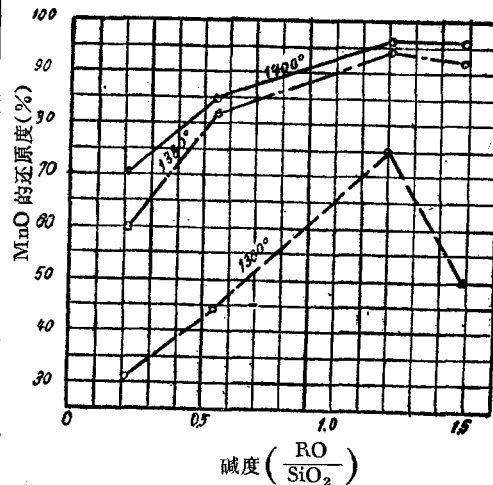


圖 5-7乙 碱度对 MnO 还原度的影响[1]

3) 二步煉錳鉄方法

尽管燒結錳矿有很多优点, 但是送矿方面还缺乏适当的方法使錳和磷酸鹽分离以及使錳鉄比提高。近来我国和其他一些国家, 对直接利用品位較低的錳鉄矿或者高磷貧錳鉄矿冶煉錳鉄进行了一些試驗研究。这些試驗的基本方法是先将含鉄高的貧錳矿在高爐中用酸性渣在加大焦炭負荷下冶煉, 以获得高錳低磷及錳鉄比大的爐渣及普通高錳生鉄, 然后把高錳爐渣作原料, 再度冶煉以获得高錳低磷的優質錳鉄。59年初湖南邵陽資江鉄厂