

# 高炉冶炼锰铁特殊矛盾的解决

罗耀坤

(康密劳远东发展公司 上海 中国 200124)

**摘要** 论述了“上热下凉”是国内锰铁高炉尚未解决的特殊矛盾以及矛盾产生的原因,目前处理措施的弊端,以及今后的主攻方向。

**关键词** 锰铁高炉 上热下凉 措施

**中图分类号** TF642.3.1 **文献标识码** B **文章编号** 1001-1943(2005)02-0005-03

## THE SOLUTION OF SPECIAL CONTRADICTION IN BLAST FURNACE MELTING FERROMANGANESE

Luo Yaokun

(Shanghai Kangmilao fareast development Co.,Ltd.,Shanghai, China 200124)

**Abstract** The article discusses the special contradiction, “top heat and bottom cold”, which is unsolved in China’s ferromanganese blast furnace and its reason, the shortage of present approaches, as well as main direction.

**Keywords** ferromanganese blast furnace, top heat and bottom cold, measures

### 1 前言

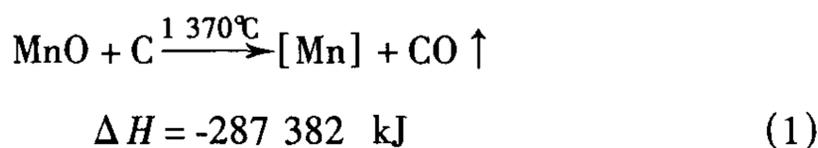
高炉冶炼是诸多矛盾统一的过程。诸如煤气上升和炉料下降;提高炉温与加强冷却,促进有益元素的还原与限制有害元素的还原;径向煤气分布的中心过盛或不足和与之对应的边缘不足或过盛等等。

高炉冶炼锰铁除具有上述矛盾外,还有其特殊矛盾:由于锰矿(特别是国内锰矿)粒度小,粉矿多,在煤气上升和炉料下降这对矛盾中,影响炉况顺行的基本表现为偏行管道;在还原方面,Mn和Si的还原要在高温下进行,但在锰铁冶炼时,既要促进锰的还原又要限制Si的还原;在能量利用方面,既要满足炉缸部位锰还原的热量与温度要求,又要降低炉顶温度,但由于锰还原的特殊性导致下部热量不足,上部热量富余,即通常所说的“上热下凉”现象。高炉冶炼锰铁的这些特殊矛盾,国内同行经过近半个世纪的实践与探索,多数已得到解决或正在解决中。唯独“上热下凉”这对为改善能量利用至关重要的矛盾,解决的进展缓慢。本文将着重探讨解决这对矛盾的主攻方向。

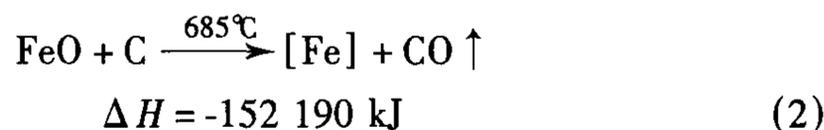
### 2 锰铁高炉“上热下凉”的原因

要解决锰铁高炉“上热下凉”的矛盾,首先必须查明其原因,然后才能从源头处着手解决这个问题。锰铁高炉“上热下凉”是一种冶炼现象,就本质而言是由锰在高炉内的还原特性决定的。

2.1 高炉内锰还原的关键反应为:



高炉冶炼生铁时,其直接还原反应为:



比较式(1)与(2)可知,MnO被C还原的开始温度比FeO高一倍,且还原每公斤锰所吸收的热量为铁的1.9倍。可见锰在高炉内的还原要比铁困难得多。高炉冶炼锰铁时全部为直接还原,既消耗热量又直接消耗碳质还原剂,即使这样锰的回收率还只有80%左右,只有为数不多的厂家能达到86%左右。而

**作者简介** 罗耀坤 男,1936年出生,1961年毕业于东北工学院钢铁冶金系,高级工程师。原新余钢铁公司副总工程师,1992年起享受政府特殊津贴,现为康密劳上海代表处高级顾问。

**收稿日期** 2004-11-20

冶炼生铁时,直接还原度一般在 30% 左右,先进高炉则更低,且铁的还原率几乎 100%。高炉内锰与铁的还原有如此重大的差别,而冶炼锰铁的高炉除内型作了适应性改变以外,其余一律沿用生铁高炉的工艺,这对于满足锰在高炉内的还原是不够的。

2.2 由于直接还原度高,吸收热量大,消耗还原剂多,造成下部热量不足,影响锰的还原。

2.3 由于下部热量消耗大,在下部热补偿条件不具备的条件下,只有降低焦炭负荷,焦炭负荷轻,高炉上部炉料中被预热的矿石少,使炉顶温度升高。

2.4 锰的高价氧化物在炉身上部的间接还原为放热反应,也使炉身上部温度升高。

2.5 由于 MnO 在高炉下部的还原要在高温下进行,使得煤气在离开反应区时的温度特别高。在高焦比冶炼条件下,煤气发生量大,温度高,焦炭负荷轻,上部吸热少,是导致炉顶温度高的最主要原因。

由上述分析可见,高炉冶炼锰铁时直接还原消耗热量多,且要求在比生铁高炉高得多的温度下还原,负荷轻、焦比高,是造成锰铁高炉上部热量过剩,下部热量不足的根本原因。

### 3 现有调控方法的弊端

只有深刻了解锰铁高炉现有热制度调剂方法的弊端,才能为寻求新的调剂方法打开思路。目前国内锰铁高炉为保证炉缸直接还原的热量和温度要求,主要靠焦炭负荷变动来调节。其缺点如下:

3.1 从碳的氧化反应看:

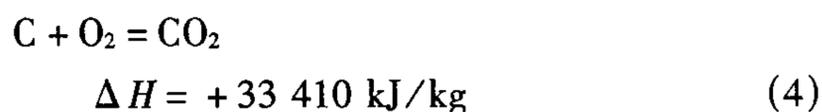
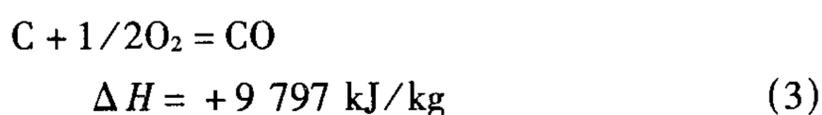
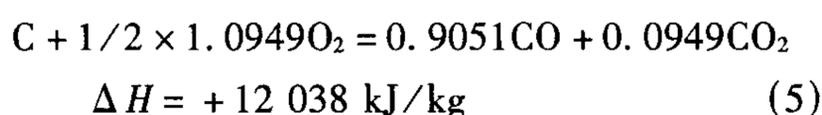


表 1 2003 年广康公司锰铁高炉平均炉顶煤气成分 %  
Tab.1 Average gas composition of top ferromanganese blast furnace in Guangkang Company of 2003 %

| 项 目 | CO <sub>2</sub> | CO    | H <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | 合计  |
|-----|-----------------|-------|----------------|-----------------|----------------|----------------|-----|
| 报表  | 3.80            | 36.21 | 0.21           | 0.30            | 57.52          | 1.93           | 100 |
| 扣氧后 | 4.18            | 39.88 | 0.23           | 0.35            | 55.35          | /              | 100 |

广康锰铁高炉 2003 年平均炉顶煤气成分如表 1 所示。

广康公司锰铁高炉不加生熔剂,炉顶煤气成分可视作焦炭中碳氧化反应的末态,将 CO<sub>2</sub> + CO 换算为 100%,得:CO = 90.51% CO<sub>2</sub> = 9.49%,即炉内实际碳氧化反应式为:



将式(5)和式(4)比较可知,在锰铁高炉内碳氧化反应的潜能只发挥了 12 038/33 410 = 36%,而生铁高炉此项值可达 58%,甚至更高。

3.2 锰铁高炉煤气化学能利用差,即 CO 利用率低。

$$\text{广康公司 2003 年 } \eta_{CO} = \frac{4.18}{39.88 + 4.18} = 9.49\%$$

生铁高炉一般在 41% 或更高。

3.3 锰铁高炉煤气热能利用差,炉顶温度高,一般为 550 ~ 650 °C,吨铁煤气量多,煤气带走物理热多,生铁高炉炉顶温度一般为 200 ~ 250 °C,且吨铁煤气量少,炉顶带走的热量少得多。

通过上述分析,可得出下列结论:一是为了满足高炉下部热量需求,目前多采取增加焦比的办法,但由于锰铁高炉碳利用率低,且煤气化学能和热能利用差,不仅事倍功半,而且半犹不足;二是锰铁高炉通过负荷调剂保温的效果要比生铁高炉差得多;三是焦比的办法主要是增加炉缸热收入,不能对提高理论燃烧温度起显著作用(见式(6));四是通过焦比增加炉缸热收入的同时,单位产品煤气发生量增加会导致上部热量进一步过剩,炉顶温度更高,严重影响炉顶设备寿命,并危及布袋除尘设备的安全运行。

### 4 改善锰铁高炉能量利用的合理措施

在分析了锰铁高炉产生“上热下凉”的原因和现有炉温调控措施的弊端后,认为合理的炉温调控措施,应该是既有利于提高下部温度,又有利于降低上部温度,使锰铁高炉纵向温度分布趋向合理。可引用理论燃烧温度的经验公式来加以说明,即:

$$T_{理} = 1\ 570 + 0.808 T_{风} - 5.85 W_{湿} + 4.37 V_{氧} - 2.5 W_{煤} - 4.4 W_{油} \quad (6)$$

式中,  $T_{风}$ ——热风温度, °C;

$W_{湿}$ ——鼓风湿分, g/m<sup>3</sup>;

$V_{氧}$ ——每千立方米风富氧量, m<sup>3</sup>/1 000 m<sup>3</sup>;

$W_{煤}, W_{油}$ ——每千立方米风喷煤、喷油量, kg/1 000 m<sup>3</sup>。

从(6)式可知高风温、富氧和脱湿鼓风是提高炉缸温度的有效措施,同时通过下面的分析,还可证明这些措施能有效降低炉顶温度。

#### 4.1 提高风温

提高风温可以增加鼓风显热,提高燃烧产物温度,并可因焦比降低,减少单位产品煤气发生量,既

增加高炉下部热量收入,又提高理论燃烧温度,还可降低炉顶温度,减少煤气带走的物理热。锰铁高炉焦比高,约为生铁高炉的3~3.5倍,吨铁耗风量亦为生铁的3~3.5倍,加上炉缸温度提高,促进锰的还原,高风温降低焦比的数值比生铁高炉大得多。2003年廊坊会议有人通过计算认为每提高1℃风温可降低焦比1 kg/t,而生铁高炉风温在1 000~1 100℃时,每提高100℃风温降低焦比3.5%,当原焦比为500 kg/t时,降低焦比值只有17.5 kg/t。若以生铁冶炼中风温对焦比的影响量,去看待锰铁高炉高风温的使用效果,在技术上就会失策。

锰铁高炉由于下部直接还原消耗热量大,容易接受高风温;其煤气富余且发热值高,又容易获得高风温。采用高风温获得节焦增产的效果,无需增加变动成本,只需一次大修改造投入,可使两代高炉受益。广康公司高温热风炉项目,应先做好技术准备,把设计委托出去,一旦时机成熟,立即组织实施,风温目标可按1 200~1 250℃确定。如能将现有风温水平提高150~200℃,回报将是非常可观的。

#### 4.2 富氧鼓风

笔者曾就锰铁高炉富氧鼓风理论依据,实践依据和对指标改善的作用、经济效益等向法国股东方作了全面的论述。锰铁高炉富氧的主要作用是减少了燃烧产物的体积,极大地提高了理论燃烧温度和减少了高温区和炉顶煤气带走的热量。新余的试验得出在富氧4.23%时,每富氧1%,焦比降低2.76%,增产9%,回收率提高1.13%,且整个试验期炉况顺行。这一结果充分证明了锰铁高炉富氧对增产、节焦的作用远远大于生铁高炉,它丰富了高炉锰铁冶炼的实践,鼓舞了锰铁高炉从业者对实施富氧鼓风的信心。

#### 4.3 脱湿鼓风

锰铁高炉脱湿鼓风,减少炉缸中水分解所消耗的热量,提高了理论燃烧温度,有利于降低焦比和增加产量。在广康公司实施前,作者曾就提高鼓风质量

与脱湿鼓风问题作了论证,根据广康公司和绍兴公司提供的数据,每脱湿1 g/m<sup>3</sup>,可降低焦比11~14 kg/t<sup>[1]</sup>。2000年下半年在广康公司2#高炉实施后,验证了这一节焦效果。这比生铁高炉每脱湿1 g/m<sup>3</sup>降低焦比0.75~1.05 kg/t的数值<sup>[2]</sup>高出10倍以上,并且由于负荷加重,焦比降低和顶温下降,相应还增加了产量。

高风温、富氧、脱湿三项措施,直接增加了高炉下部热量收入或减少下部热量支出,有效提高了理论燃烧温度,同时又降低了炉顶温度。从三项措施对节焦增产的量化数据中可以看到下部热量不足由下部直接补给最为经济,可以收到事半功倍的效果。

## 5 结束语

5.1 高炉冶炼锰铁一系列矛盾中,“上热下凉”这对矛盾尚未很好解决。

5.2 “上热下凉”现象是由锰在高炉内的还原特性决定的。

5.3 通过上部加焦去满足下部热量和温度需求的办法,其作用不如生铁高炉,而且会使上部温度升高加剧,事倍功半。

5.4 合理的调控措施,应该是既有利于增加下部热量,提高下部温度,又有利于降低上部温度。高风温、富氧和脱湿鼓风是高炉冶炼锰铁解决“上热下凉”的有针对性的措施。

5.5 国内锰铁高炉在热制度调控方面,一直采用效果不如生铁高炉的负荷调剂方法,对于富氧、脱湿和高风温等效果数倍甚至10倍于生铁高炉的措施采用少,不能不说是一种技术路线错误。

## 参 考 文 献

- 1 罗耀坤. 广西康密劳锰铁高炉脱湿鼓风实践. 钢铁, 2002(2):52~55
- 2 张宜万. 宝钢高炉脱湿鼓风. 炼铁, 1984(1):20~23