

# 转炉内加锰铁脱硫的工艺探讨和实践

李聿军<sup>1</sup>, 李 斌<sup>1</sup>, 向 华<sup>1</sup>, 张江萍<sup>1</sup>, 邹节忠<sup>2</sup>

(1 江西九江钢厂有限公司, 江西 九江332500; 2 萍乡钢铁有限公司, 江西 萍乡337019)

**摘要:** 阐述了转炉内加锰铁脱硫的热力学和动力学条件, 在冶炼温度一定的情况下, (CaO) 和[Mn]的提高以及加强搅拌, 可以提高脱硫效果。根据入炉铁水含硫状况选择在终点前1 min加入锰铁1.8~13 kg/t, 再吹1 min并加强搅拌, 可使转炉内加锰铁脱硫效率达到40%~60%, 同时终点残锰量提高0.10%~0.50%, 含锰合金消耗总量增加1~2 kg/t。

**关键词:** 转炉; 锰铁; 脱硫

中图分类号: TF713.3 文献标识码: B 文章编号: 1004-4620 (2008) 02-0035-02

## Discussion and Practice on Fe-Mn Desulphurization in Converter

LI Yu-jun<sup>1</sup>, LI Bin<sup>1</sup>, XIANG Hua<sup>1</sup>, ZHANG Jiang-ping<sup>1</sup>, ZOU Jie-zhong<sup>2</sup>

(1 Jiangxi Jiujiang Iron and Steel Company, Jiujiang 332500, China; 2 Pingxiang Iron and Steel Co., Ltd., Pingxiang 337019, China)

**Abstract:** This article introduced the thermodynamic and dynamic conditions for Fe-Mn desulphurization in converter. Under the condition of same melting temperature, the desulphurizing rate could be increased through increasing (CaO) and [Mn] and mixing round. The desulphurizing rate could reach 40%~60% by the way of putting Fe-Mn 1.8~13 kg/t into the converter at 1 minute before end point according to sulphur content in the molten iron and then mixing round about 1 minute. At the same time, the Mn content was increased by 0.10%~0.50% and the consumption of the alloy including Mn was increased by 1~2 kg/t.

**Key words:** converter; Fe-Mn; desulphurization

### 1 前 言

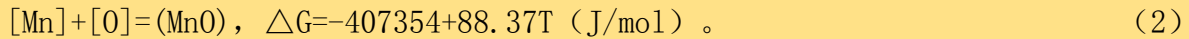
受转炉吹炼氧化性气氛的影响, 要达到较高的脱硫效果必须大幅提高终点温度和碱度, 加大渣量, 其结果往往容易造成喷溅和严重的拉后吹, 这不但会增加钢铁料消耗, 而且对炉况维护不利。常规冶炼最大脱硫率仅为30%~40%, 有条件的钢厂一般采取混铁炉、铁水预处理或二次精炼来弥补转炉脱硫效果不佳的缺陷。

江西九江钢厂有限公司(简称九钢)现有300 m<sup>3</sup>和450 m<sup>3</sup>高炉各1座, 30 t转炉2座, R6 m 150×150三机三流小方坯连铸机2台, 主要钢种为HRB335和HRB400, 已形成年产100万t钢的生产能力。由于受铁水供应不稳定、铁水成分波动大的影响, 炼钢经常出现无铁水可炼的局面。九钢三炼钢厂装备落后, 除转炉外, 没有附加脱硫设备, 因此对于大量硫>0.080%的铁水一般安排铸铁, 更进一步影响了炼钢产能的发挥。为扭转这种局面, 九钢三炼钢厂技术人员和炉长逐渐摸索出一套转炉内加锰铁提高脱硫效果的新工艺, 转炉实际脱

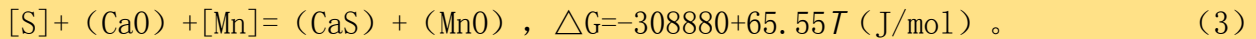
硫率较常规冶炼提高20%~30%，而且对炉况和合金消耗的影响不大。目前对于硫 $\leq 0.100\%$ 的铁水完全有能力消化，对增产降成本起到了积极作用。

## 2 锰铁脱硫的热力学和动力学条件

转炉内加锰铁脱硫可用(1)式和(2)式表达<sup>[1-2]</sup>：



两式相加，得到加锰铁脱氧的情况下，用CaO-MnO系熔渣脱硫反应式为：



渣、钢中硫的分配系数为：

$$\text{Lg}L_S = \text{Lg}C_S + \text{Lg}f_S - \text{Lg}[\text{Mn}\%] - \text{Lg}(\text{MnO}\%) + 21499.88/T - 4.56. \quad (4)$$

式中， $L_S$ 为渣、钢中硫的分配系数， $C_S$ 为硫容量， $f_S$ 为活度系数， $T$ 为冶炼温度。

从式(4)中可以看出，在冶炼温度一定的情况下，渣中CaO和钢水中Mn含量的提高，可以加强脱硫效果。

脱硫主要在渣、钢界面进行，因此限制性环节为硫在钢、渣侧边界层的传质，传质速度方程为：

$$-d[S\%]/dt = A/V_{Fe} ([S\%]L - (S\%)) \cdot k, \quad (5)$$

式中， $A$ 为钢渣界面积， $V_{Fe}$ 为钢液体积， $L$ 为平衡分配系数， $k$ 为传质系数。熔池的强烈搅拌和流动性好的高碱度渣，可增大钢渣界面积 $A$ ，加速钢渣间的传质，从而加快脱硫速度。

## 3 锰铁脱硫工艺路线和可行性分析

1) 装入制度。对于高硫铁水，总装入量不变，但铁水装入量比常规冶炼铁水增加4%~8%，重废钢少加或不加。装入制度的改变有利于前期迅速升温，避免中后期靠拉后吹升温提高脱硫速度。

2) 造渣制度。高硫铁水炉次的石灰加入量比常规冶炼石灰增加10~18 kg/t，以提高渣中CaO，从而增强脱硫能力。

3) 冶炼终点前1 min倾炉加锰铁。锰铁加入量根据铁水硫配加，一般为1.8~13 kg/t。

4) 加锰铁后再吹1 min，测温取样，视终点情况决定补吹时间。

转炉内加锰铁脱硫工艺，首先要考虑加入的时机。九钢三炼钢厂开始探索加锰铁脱硫工艺时，曾一度将锰铁在兑入铁水之前加入。从冶炼的结果来看，兑铁水前加入锰铁脱硫效果不明显。究其原因，在于吹炼前期炉内温度较低，石灰熔化速度慢，溶解有限，渣中CaO含量低，且吹炼前期处于升温的过程，铁水中的Si、Mn大量氧化，造成初期渣中SiO<sub>2</sub>、MnO含量较高，炉渣碱度较低，影响了(CaO)的脱硫，而锰铁直接脱

硫反应，即 $[Mn]+[S]=(MnS)$ ，又随着温度的升高向相反的方向进行，兑铁水前加入锰铁，不能发挥锰铁脱硫效果。在冶炼接近终点时，炉内金属熔体的温度较高（1 600 ℃左右），接近终点温度，此时渣子基本化透，渣中CaO含量较高，具有较强的脱硫能力，此时加入锰铁脱氧，降低了金属溶液中的 $[O]$ ，促进了被还原的钙再生成（CaS）。因此，锰铁实际上是脱硫的促进剂和稳定剂，可大大增强（CaO）的脱硫能力。

加锰铁后再吹1 min，利用氧枪吹氧强大的搅拌能，能快速形成CaO-SiO<sub>2</sub>-MnO渣系。氧气下冲促使金属熔体下冲形成漩涡，形成紊流，不断将熔渣卷入钢水中，增大了钢渣界反应面积，促进了硫在钢渣界面传质，使反应趋向平衡，提高脱硫效果。

## 4 锰铁脱硫工艺应用效果

### 4.1 加锰铁后的脱硫效果

九钢三炼钢厂经过多次反复试验，为达到钢种HRB335和HRB400最低要求的硫含量，找出了不同铁水S与配加锰铁的关系（见表1）。

表1 不同铁水S与锰铁配加量关系

铁水S/%	0.051~0.060	0.061~0.070	0.071~0.080	0.081~0.090	0.091~0.100	0.100~0.110
锰铁配加量/（kg·t <sup>-1</sup> ）	1.8~3.6	3.6~5.4	5.4~7.2	7.2~9.0	9.0~11	11~13

自2006年11月实施转炉内加锰铁脱硫新工艺以来，共冶炼2 038炉次S>0.050%~0.110%的高硫铁水，除极少数由于石灰质量差和中后期渣未化透的炉次外，绝大多数炉次脱硫效果良好，满足了钢种对硫的最低要求，脱硫率稳定在42.36%~64.18%。其中铁水硫0.051%~0.080%时，脱硫率稳定在42.36%~54.24%。铁水硫为0.081%~0.110%的脱硫率稳定在50.12%~64.18%，平均脱硫率50.3%。冶炼钢种为HRB335、HRB400，终点温度1 630~1 660 ℃，终渣碱度2.2~2.5，碱度提高了0.2~0.5。具体的脱硫率见表2（由于石灰质量差和中后期渣未化透的炉次未列出）。

表2 不同铁水S配加锰铁的脱硫率

炉数	铁水S/%	平均脱硫率/%
446	0.051~0.060	42.36
521	0.061~0.070	52.24
298	0.071~0.080	50.16
508	0.081~0.090	50.12
178	0.091~0.100	59.75
73	0.100~0.110	64.18

加锰铁脱硫工艺一般情况不需提高终点温度，不会造成拉后吹，终渣碱度也仅提高0.2~0.5。因此，对钢铁料消耗影响不大，对冶炼过程控制和炉况的维护非常有利。

### 4.2 加锰铁对终点残锰的影响

转炉终点前加的锰铁，除部分参与脱硫反应生成（MnO）外，在反应趋于平衡状态下，仍有部分锰铁熔解于金属熔体，导致终点残锰升高。终点残锰的增量与加入锰铁量和终点水平有关。根据已经冶炼2 038炉

次高硫铁水统计情况，加锰铁后终点残锰比不加锰铁的炉次残锰提高0.10%~0.50%，且加入锰铁越多，在相同情况下残锰越高。因此，在脱氧合金化过程中要特别注意调整含锰合金的加入量。

统计已经冶炼的高硫铁水含锰合金消耗情况，加锰铁炉次锰铁和脱氧合金化含锰合金的加入量之和比常规炉次加入的含锰合金要多1~2 kg/t，对合金消耗影响不大。

## 5 结束语

转炉内加锰铁提高脱硫效果的关键在于选择好加锰铁的时机。锰铁选择在终点前1 min加入，符合脱硫的热力学和动力学条件，促进和提高了(CaO)的脱硫效果。通过生产实践，在不大幅提高终点温度和碱度的情况下，转炉内加锰铁脱硫效率能提高到42.36%~64.18%，减少了高硫铁水铸铁比例，有利于炼钢增加产能和降低生产成本。

### 参考文献：

- [1] 陈家祥. 钢铁冶金学(炼钢部分)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1990: 115.
- [2] 黄希祐. 钢铁冶金原理(第3版)[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2002: 438.

---

[返回上页](#)