

# 精炼渣系优化在 60tLF 脱硫中的技术分析

罗家顶,王翔<sup>1,2</sup>,何勇<sup>1,2</sup>,金俊鑫<sup>1</sup>,肖丹<sup>1</sup>

(1. 首钢贵阳特殊钢有限责任公司, 贵州 贵阳 550005; 2. 贵州大学 材料与冶金学院, 贵州 贵阳 550000)

**摘要:** 本文对首钢贵阳特钢 60 t 精炼炉脱硫的渣系优化成分进行分析, 在生产中根据渣量、钢水温度、炉渣碱度、渣的氧化性和氩气搅拌等脱硫条件, 进行渣系优化, 结果实现脱硫率 80% 以上, 缩短精炼时间 20 min。

**关键词:** LF 精炼 脱硫 精炼渣 碱度

**中图分类号:** TF769.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6886(2011)03-0045-02

## 60tLF Desulfurization of Refining Slag in the Technical Analysis

LUO Jiading, WANG Xiang, HE Yong, JIN Junxin, XIAO Dan

**Abstract:** In this thesis, analyzes Guiyang Special Steel 60t refining furnace of Shougang desulfurization theoretical the main factors. in practice, according to the amount of slag, molten steel temperature, slag basicity, slag oxidation and argon stirring etc, optimize refining slag to achieve results of desulfurization rate of 80%, and shorten the refining time of 20min.

**Key words:** material index LF refining; desulphurization; refining slag; basicity

## 0 前言

首钢贵阳特钢第二炼钢厂自 2000 年 6 月投产以来, 为节能降耗, 提高生产率, LF 炉肩负着快速脱硫的生产任务, 生产中需要将 Consteel 电炉进站的硫从 0.06% ~ 0.08% 在最短时间内快速脱至 0.015% 以内进入真空炉, 因此, 选择一种低熔点、流动性好、碱度合适、脱氧和吸附能力较强的渣系, 以确保 LF 在较短时间内脱硫是生产过程的关键。

## 1 首钢贵阳特钢第二炼钢厂的生产工艺流程

60tConsteelEAF 出钢、加渣料及初始脱氧合金化→LF 座包→喂 Al 线→补加渣料、送电、加 SiC 及精炼渣调渣还原→调整钢水成分、温度→VD→加保温材料、软吹→CCM 浇注

## 2 精炼渣系在 LF 脱硫的技术分析

理论分析认为, 从动力学和热力学条件看, LF 脱硫的条件是: 大渣量、高碱度、适当高的钢水温度、低的炉渣氧化性、良好的吹氩搅拌等是脱硫的有利条件。而在实际生产中, 脱硫剂的好坏往往是制约脱硫速度的因素, 从在生产现场的经验, 就精炼渣系优化在首钢贵钢第二炼钢厂 LF 中的脱硫效果作如下分析。

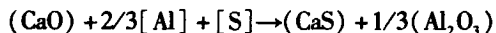
### 2.1 精炼渣系的成分

精炼渣系主要是由石灰和萤石 (CaO70% ~ 75%, CaF<sub>2</sub>25% ~ 30%) 组成, 这些固体合成渣在 70 年代被广泛使用, 出钢时使用固体合成渣可保证钢水脱硫率达 30%

~40%。而随着现代高质量特殊钢的生产要求, 炉外钢水脱硫基本在钢包内进行, 如今的钢水炉外精炼就显得格外重要, 钢包精炼渣系优化, 其作用是保证得到能快速成渣即形成液态流动性良好的泡沫渣, 并以便于快速脱硫。K. Kawakami 等指出<sup>[1]</sup>, 1 550℃下 CaO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 渣系中对于脱硫来说, 最理想的成分是 (重量百分比) 60% ~ 62% 的 CaO, 8% ~ 10% SiO<sub>2</sub>、30% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 因为此时渣中 (S.P) 因子值最低, 脱硫效率最高。

### 2.2 碱度 (CaO)/(SiO<sub>2</sub>) 对脱硫率的影响

在 LF 精炼过程加精炼渣脱氧还原, 其中在造渣系中对脱硫起主要作用的是精炼渣系中的 CaO 组元, CaO 作为造渣料直接加入包中, 其精炼过程它是与钢中的 S 生成 (CaS) 上浮至渣中, 其反应公式为:



(1)

分析认为, 随着渣中碱度的增加, 脱硫率增大, 当碱度增加时, 增加 CaF<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量可以促使脱硫率大大增加, 这主要是由于 CaF<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量增加使炉渣粘度降低从而使脱硫的动力学条件得到了改善。因此, 生产过程要求所造渣系必须含有较高的有效 CaO 和较低的 SiO<sub>2</sub> (即提高了炉渣碱度), 有人认为精炼渣系中 CaO 的成分应高于 60%, SiO<sub>2</sub> 含量不超过 5% 最为适宜<sup>[2]</sup>, 碱度增加可加快脱硫速率, 它可稀释渣中 CaS 浓度, 使钢中硫向渣中转移。因此, 高碱度的精炼渣系对精炼过程钢中脱硫是有利的。

### 2.3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 对脱硫率的影响

理论中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 与 CaF<sub>2</sub> 都是提高渣流动性的组元, 它

能促进脱硫反应的进行,当渣中直接加入  $\text{CaF}_2$  的量较多时,易造成渣中  $\text{CaO}$  被稀释和破坏还原渣的稳定性,从而使  $\text{CaO}$  的浓度降低不利于钢中脱硫。而在实践中,为保证精炼渣系优化的脱硫效果,提高还原渣的流动性,一般要求精炼渣系中的  $\text{CaF}_2$  最好在 8% ~ 10% 最为适宜<sup>[2]</sup>。实践中我们强调用复合精炼渣调渣,目的旨在增加渣中的  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量以提高渣的流动性,促进脱硫反应的进行。根据我厂实际使用效果,认为精炼渣系中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量较低,精炼渣用量较大,为提高脱硫效率应适当增加精炼渣系中  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的含量,根据渣样成分分析,生产中要求的精炼渣系  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量应达到 23% ~ 30% 为最佳<sup>[3]</sup>,当精炼渣系中的  $\text{CaO}$  量增加时,在渣流动性良好的情况下可适量减少精炼渣的用量即可达到最佳的脱硫效果。因此,适量成分  $\text{Al}_2\text{O}_3$  的精炼渣系对加速钢中脱硫是有利的。

#### 2.4 精炼渣系中 FeO 含量对脱硫速度的影响

理论分析认为,当精炼渣系中 FeO 含量高时它是制约脱硫效果的,FeO 含量高是增加渣中氧化性的根源,它能降低渣的还原气氛有碍渣中脱硫,实践中生产低硫或超低硫钢时使用的精炼渣系组分要求 FeO 的含量应 < 0.5%<sup>[2]</sup>,低 FeO 的精炼渣系可进一步为创造还原性气氛渣脱硫创造良好条件。因此,在精炼渣系中 FeO 含量应越低越好,根据渣样分析结果,在精炼渣系优化成分中 ( $\text{FeO} + \text{MnO}$ ) < 1.0% 为最佳,这要求在 LF 精炼过程脱氧应越低越好。

#### 2.5 渣量和温度对脱硫效率的影响

理论分析认为,大渣量和适当高的温度 (> 1560℃) 是脱硫的有利条件。实际生产中使用大渣量,当温度大于 1560℃ 后,渣料熔化较快,这可加快脱硫速度,实践中当渣料过大不仅会增加冶炼成本,也不利于氩气搅拌影响钢渣接触面从而对钢水脱硫不利,同时也因渣量过大而减小钢包净空空间,抽真空时易造成跑渣现象。实践中,对于抽真空品种渣量应控制在一个合适的范围内,根据现场控制,渣量应控制在钢总量的 2% ~ 2.5% 最为适宜<sup>[3]</sup>,当精炼渣系成分稳定后,不仅可以减少脱硫剂的加入量和降低渣量,而且还可以为提高渣的流动性创造条件,这对加速脱硫和减小钢包净空空间是很有利的。因此,在采用精炼渣系成分优化还原后,在适当提高炉渣碱度和冶炼温度脱硫时,渣量是得到有效控制的,这对于抽真空钢种是很有利的。

#### 2.6 钢包吹氩对脱硫率的影响

在本厂 LF 精炼过程中,钢水应始终处于良好的氩气搅拌状态,氩气搅拌可增大钢—渣之间的反应接触面,促进钢渣的化学反应,这有利于脱气和脱硫的进行,同时,吹氩搅拌还具有使非金属夹杂物聚集上浮的作用。因此,

在采用精炼渣系成分优化还原时,氩气搅拌显得非常重要,它不仅具有加快脱硫速度,还具有均匀钢水温度和成分的作用,便于提高连铸生产率和铸坯成材率。因此,生产中根据现场钢水量控制,氩气使用压力要求应为 ≤ 0.3 MPa,以钢水微微翻动不裸露为准<sup>[3]</sup>。

#### 2.7 结果分析

根据上述各因素对脱硫率的分析,在脱硫良好的情况下,表 1 为生产现场取渣样分析得出的最佳脱硫渣系成分。

表 1 最佳脱硫渣系成分范围 (%)

(CaO)/SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	MgO %	CaF <sub>2</sub> %	FeO + MnO %
4 ~ 6	20 ~ 28	5 ~ 9	8 ~ 18	< 1.0

经过采用精炼渣系成分优化脱硫工艺后,LF 精炼时间明显缩短,真空连浇炉数达 8 炉,从而降低了连铸中间包成本。根据对造渣料检验,在  $\text{CaO}$  烧透率达 80% ~ 85% 时,脱硫速度可缩短 15 min ~ 20 min,已能满足冶炼 [S] 从 0.080% 降至 ≤ 0.015% 的低硫钢要求,表 2 为用精炼渣系现场冶炼的数据统计,说明采用精炼渣系优化冶炼低硫钢工艺是行之有效的。

表 2 精炼前后 [S] 含量对比表 %

试用炉号	精炼前 S 含量	精炼后 S 含量	精炼时间 (min)	脱 S 率 %
1	0.070	0.012	45	82.86
2	0.067	0.010	42	85.07
3	0.059	0.008	40	86.44
4	0.065	0.009	43	86.15
5	0.061	0.008	46	86.89
平均	0.064 4	0.009 4	43.2	85.40

### 3 结论

通过对精炼渣系成分优化的操作,结合首钢贵钢第二炼钢厂现有生产实际,渣系优化结果实现快速脱硫率达 80% 以上,这对于生产不易抽真空品种钢 GCr15 和 ZK8Cr 是有利的,且破空跑渣量基本为零,这表明用精炼渣系成分优化冶炼低硫钢工艺是可行的,且效果良好。

#### 参考文献

- [1] K. Kawakami, Y. Kiguchi, et al., Stahl. Eisen, 102 (1982), p. 227
- [2] 全国炉外精炼生产技术交流研讨会文集. 2009. 8, 中国金属学会, P: 215-217; P230-233
- [3] 首钢贵阳特殊钢有限责任公司第二炼钢厂. 精炼炉工艺技术操作规程. 2010. 5. 16: P2

作者简介: 罗家顶 (1977 -), 男, 贵州都匀人, 大学本科, 助理工程师, 从事 Consteel 电弧炉炼钢的冶炼工艺。

收稿日期: 2011-3-3