



# 铁水喷吹脱硅及铁粉还原技术的开发及应用

刘正华<sup>1</sup>, 曹伟<sup>2</sup>, 崔美棠<sup>1</sup>

(1 济南钢铁股份有限公司 第一炼钢厂, 山东 济南 250101; 2 济南市镁碳砖厂, 山东 济南 250101)

**摘要:**利用混铁炉倒铁水的自然搅拌动能,将含铁粉剂喷入铁水中,脱除铁水中的部分Si。通过选择合理的系统参数,优化脱硅粉剂配比,调节下料速度在10 kg/s以上,并开发了喷吹脱硅自动控制系统,下料量控制精度达到了1%,保证了脱硅反应的平稳进行,脱硅剂反应充分,脱硅量0.07%。

**关键词:**铁水;喷吹脱硅;铁粉还原;脱硅剂

**中图分类号:**TF549<sup>·</sup>9

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4620(2010)01-0027-02

济钢第一炼钢厂目前有3座600 t混铁炉,倒罐时铁水呈搅拌状剧烈运动。利用这一良好的自然动力条件,对铁水进行喷吹脱硅。将配置好的含铁粉剂喷入铁水中,实现了铁水脱硅及还原铁的“预处理”,粉剂中的铁元素高回收率地还原为铁水,降低了转炉的钢铁料消耗。铁水中Si含量得以部分脱除,减轻转炉的冶炼负担,降低石灰消耗,为实现高效炼钢创造条件。为保证稳定喷吹,防止反应过程中渣溢出包外烧坏电子称,济钢第一炼钢厂对脱硅粉剂进行优化配制,实现了脱硅反应的平稳进行。

## 1 实施方案

### 1.1 基本原理

固体脱硅剂的选择以提供氧源的材料为主剂,并配合适量辅剂调整炉渣碱度,改善炉渣流动性。主要是利用铁的氧化物 $Fe_2O_3$ 、 $Fe_3O_4$ 和 $FeO$ 向铁水提供氧,对铁液中的 $[Si]$ 进行选择氧化处理,生成 $SiO_2$ 进入渣相,从而实现铁水脱硅处理。在渣-铁脱硅反应的过程中,硅在铁液边界层的扩散是脱硅反应的限制性环节,在低硅浓度范围内,脱硅速度急剧下降。为了使脱硅反应快速进行,必须创造很好的动力学条件,以增加反应的界面积,提高氧化铁的利用率。脱硅反应是一个放热过程,但固体脱硅剂需要升温融化而吸热,因此采用固体脱硅剂脱硅会导致铁水温度有所下降。

### 1.2 脱硅工艺选择

目前,铁水脱硅应用较多的是在炉外对铁水进行预脱硅处理。济钢第一炼钢厂的高炉为350 m<sup>3</sup>,高炉场地较小。混铁炉一次进罐8~12个,生产节奏快,进混铁炉前不能实现全量扒渣。综合考虑整个工艺,最后选择通过混铁炉喷吹脱硅工艺。工艺

流程为:高炉铁水→混铁炉→铁水脱硅处理→扒渣→深脱硫预处理(或不处理)→转炉。

脱硅工艺设计方案包括:1)在1<sup>#</sup>、2<sup>#</sup>、3<sup>#</sup>混铁炉设3套脱硅系统,采用喷吹法,脱硅剂采用气力输送。当混铁炉倒铁作业时向铁水包内喷入含铁元素的脱硅剂,对铁水进行脱硅处理;2)利用倒铁过程中的铁水搅拌势能,实现铁水与脱硅剂的良好搅拌,不需要任何外加动能消耗;3)铁水预处理作业在正常倒铁作业时同步完成,不占用单独作业时间,在常规的倒铁过程中即完成铁水脱硅和铁元素还原处理。

## 2 实现铁水稳定喷吹脱硅的措施

### 2.1 选择合理的系统参数

为实现脱硅反应均匀平稳,脱硅剂输送的稳定性是决定脱硅工艺能否平稳运行的关键因素之一。输送稳定性的影响因素有:结构参数(管径、管长、喷枪结构等)、操作参数(管顶压力、流化气体压力流量、助吹气体流量、脱硅剂喷吹速率等)和脱硅剂的物化指标。优化配比的脱硅剂是保证反应均衡的另一关键因素。

脱硅剂的物性参数为:TFe≥51%;CaO 15%~20%;P≤0.09%;S≤0.085%;水分≤1.0%;粒度≤1.5 mm;堆密度~1.5 t/m<sup>3</sup>,为了使反应平稳进行,在脱硅剂中含有适量的消泡剂。

为了不影响混铁炉的正常倒铁,要求脱硅剂的喷吹速度为10 kg/s以上,喷吹量10 kg/t以上。根据脱硅剂的物性,对脱硅系统进行了系统设计,设计参数为:发送器采用锥体流化形式,粉气比(浓相输送)为50,输送管道直径100 mm,脱硅剂的喷吹速率10 kg/s。操作参数的设定值为:助吹气体流量95 m<sup>3</sup>/h,发送罐顶压0.2~0.6 MPa,输送气源压力0.5~0.7 MPa,风机转速~255 r/min。

### 2.2 保证下料速度

喷吹的脱硅剂通过发送器流化后,由助吹气体

收稿日期:2009-11-02

作者简介:刘正华,男,1973年生,1994年毕业于山东省冶金工业学校钢铁冶炼专业。现为济钢第一炼钢厂责任工程师,从事炼钢工艺技术及管理工作。

输送到铁水包进行喷吹脱硅,下料速度 $G_s$ 是指单位时间的供料量,通常用 $\text{kg}/\text{min}$ 来表示,是发送器重要的特性参数,发送器的结构应保证均匀而稳定地输送粉料,而且还以能根据喷粉冶金的工艺要求在大范围内调节供料速度。

发送器的供料速度可按下式计算:

$$G_s = k A_b \sqrt{2 \rho_m (\Delta P)}$$

式中: $k$ 为系数,与喷粉罐的结构和粉料的性质有关; $A_b$ 为发送罐出料管的截面积, $\text{m}^2$ ; $\rho_m$ 为流态化粉料的密度, $\text{kg}/\text{m}^3$ ; $\Delta P$ 为压差,即发送罐内的压力 $P_1$ 减去发送罐出口处的压力 $P_2$ , $\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s}^2)$ 。根据上式,选择通过调节压差和罐底下料阀的开度来调节下料速度的方式,保证下料速度在 $10 \text{ kg}/\text{s}$ 以上。

### 2.3 开发控制系统

为保证脱硅操作平稳,防止喷吹时出现剧烈反应,除配制反应平稳的喷吹剂外,还必须保证喷吹下料重量的均衡和控制精确,为此,开发了混铁炉喷吹系统的控制系统,并配套开发了脱硅剂配比技术。

控制系统主要有控制软件和控制设备组成。控制设备包括:PLC模块、称重传感器、压力变送器、就地控制箱等,实现了对料仓、发送器重量称量、发送器内的压力和输送管路上压力检测,并根据测得的压力对相关的阀门进行调节,还可实现输送管道的排堵功能。在就地控制箱上设置就地控制方式和远程控制方式,实现了就地手动和远程自动/手动控制。控制软件包括PLC控制软件和HMI组态软件。PLC控制软件实现设备的完全自动化控制。HMI组态软件实现对设备的运行过程可视化。开发的控制系统使喷吹脱硅系统具备“一键式”操作功能,即按下运行按钮后,整个系统根据生产工艺设定的参数自动运行,操作方便。同时对运行过程中的数据进行归档保存,以便于后期的查询。并具有故障报警功能,可以实现对喷吹脱硅剂重量、罐顶压力、助吹气体流量等参数进行设定,实现了喷吹脱硅剂量的精确控制,误差控制在 $\pm 10 \text{ kg}$ 以内。

## 3 运行效果

对2008年5月10~12日铁水脱硅喷吹系统的运行数据进行了统计,结果见表1。

表1 铁水脱硅喷吹系统运行数据

炉座	喷吹时间/min	设定喷吹量/kg	实际喷吹量/kg	误差/kg	平均温降/°C	平均脱硅量/%
1	32~48 42	500	502~508 503	2~8 3	17	0.07
2	35~40 37	500	500~505 502	0~5 2		

由表1可以看出,脱硅过程中的喷吹速率控制在 $10 \text{ kg}/\text{s}$ 以上,下料精度控制达到 $\pm 1\%$ 以内,实现了喷吹过程的精确控制。脱硅剂用量 $10.4 \text{ kg}/\text{t}$ ,脱除硅为 $0.07\%$ 。在喷吹过程中分别在没脱硅和脱硅的包次取了5个渣样进行化验,结果如表2所示。

表2 铁水包渣样 %

项目	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TFe	FeO	S	P
未脱硅	37.9	11.4	3.3	11.9	24.0	29.2	0.061	0.133
脱硅	38.8	18.9	1.4	11.5	18.2	22.8	0.04	0.164

从表2可以看出,脱硅后渣中的全铁不升反降,说明脱硅剂中铁元素已全部进入了铁水中。考虑到扒渣带铁等影响,可以回收铁元素约 $4 \text{ kg}/\text{t}$ ,转炉少耗石灰 $4.5 \text{ kg}/\text{t}$ ,年可降成本在2000万元以上。

## 4 结语

通过合理的设计和选择合适的工艺参数,及合理的脱硅剂的配比技术,使该工艺达到了如下效果:1)在不需外加搅拌动力的条件下,利用铁水倒罐的自然动能,采用喷吹的方法,实现了铁水脱硅及铁还原。2)喷吹脱硅剂量达到了 $10 \text{ kg}/\text{s}$ ,喷吹脱硅剂能反应充分,不影响倒铁和转炉冶炼节奏,完全满足了生产要求。3)研制的喷吹设施,自动化控制程度高,下料控制达到了 $1\%$ 的高精度,实现了喷吹过程的精确控制,同时,采用合理配比的脱硅剂,实现了平稳脱硅反应,杜绝了溢渣到包外等不安全因素。4)该系统自动化控制程度高,实现了“一键式”操作。

## Development and Application of Molten Iron Injection Desilication and Iron Powder Reduction Technology

LIU Zheng-hua<sup>1</sup>, CAO Wei<sup>2</sup>, CUI Mei-tang<sup>1</sup>

(1 The No.1 Steelmaking Plant of Jinan Iron and Steel Co., Ltd., Jinan 250101, China;

2 Jinan Magnesium-carbon Brick Factory, Jinan 250101, China)

**Abstract:** Making use of unforced agitation moving force in course of tipping molten iron, the iron powder was injected into the molten iron to remove the partial silicon in the molten iron. Through selecting reasonable parameters of the injection system, optimizing the proportioning of the desilication powder agent, adjusting discharge rate above  $10 \text{ kg}/\text{t}$  and developing the automatic control system for injection desilication, the control precision of discharge rate reached  $1\%$  and then the desilication reaction was calm. The desilication agent reacted fully and desilication rate was  $0.07\%$ .

**Key words:** molten iron; injection desilication; iron powder reduction; desilication agent