

试验研究

# KR工序铁水预脱硅工业试验研究

王小璞

(山钢集团日照有限公司 炼钢项目部, 山东 日照 276826)

**摘要:**莱钢炼钢厂利用KR脱硫设备进行了铁水预脱硅工业试验,试验确定铁水目标[Si]为0.25%~0.35%。采用新型脱硅剂,脱硅氧效率达70%以上,脱除0.1%[Si]脱硅剂消耗量为9.85 kg/t。影响KR脱硅效率的主要是脱硅渣碱度、铁水温度和加料速度。分析认为,合适的脱硅渣碱度为0.5~0.8,脱硅起始铁水温度为<1 350 ℃,脱硅剂加料速度为3.5~4.5 kg/s。

**关键词:**铁水;预脱硅;脱硅氧效率;碱度;下料速度

中图分类号:TF703

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2016)03-0045-02

## 1 前言

传统上,一般将铁水中的[Si]视为转炉炼钢的主要热源之一,但通过相关反应热效应计算,铁水中的[Si]并不是转炉炼钢的主要热源。尽管硅元素氧化反应能放出大量的热,但同时为了调整炉渣碱度又必须加入一定量的石灰,石灰升温 and 熔化需吸收大量的热,这占用了大部分铁水[Si]氧化生成的热量。并且铁水[Si]高对转炉炼钢还有以下不利影响:一是硅元素在炼钢转炉内反应剧烈,供氧2 min内铁水[Si]已为痕量,瞬间产生的热量不利于稳定化渣,且易产生爆发性喷溅;二是为确保炉渣碱度,铁水中[Si]增高需额外增加石灰、白云石等渣料消耗,增加的渣量势必带来金属料的损失<sup>[1]</sup>。以莱钢目前15%左右的炉渣全铁含量计算,降低0.1%的铁水[Si],可以降低渣量10 kg/t,降低金属料消耗1.5 kg/t。因此,低硅冶炼是追求的目标。

转炉炼钢KR工序主要是铁水预处理脱硫,采用机械搅拌的方式将石灰等脱硫剂搅入铁水中,具有生产成本低、搅拌强度大等优点。相比铁水沟和鱼雷罐车内喷吹脱硅<sup>[2]</sup>,具有搅拌强度大、成分混匀性好、炉渣发泡可控的优点,因此组织开展了在KR工序进行铁水预处理脱硅试验。

## 2 脱硅试验基本情况

### 2.1 铁水脱硅目标

根据其他钢厂的生产成本分析经验数据,依据冶炼的钢种不同选择不同的放钢温度。高温出钢(1 700 ± 10)℃时冶炼成本最低的铁水[Si]在0.4%,低温出钢(1 620 ± 10)℃时冶炼成本最低的铁水[Si]在0.2%<sup>[3]</sup>。目前,莱钢现场冶炼钢种放钢温度

基本在1 630~1 660 ℃,因此考虑将脱硅试验目标[Si]确定为0.25%~0.35%。

受当前钢铁市场的影响,莱钢炼钢厂入厂铁水存在成分波动大、铁水[Si]高的问题。2015年1—11月入厂铁水[Si]平均0.403%,但分布不均,铁水[Si]<0.35%的占51.88%,不需要进行脱硅处理;[Si]含量在0.36%~0.55%的占39.2%,需要进行脱硅处理。受铁水罐净空、铁水脱硅过程温降以及处理时间的影响,预处理脱硅量也有一个合适的范围,因此[Si]>0.55%的铁水,建议在脱硅后再进行折罐处理,能够满足铁水[Si]目标要求。本次试验脱硅处理的铁水初始[Si]含量为0.36%~0.55%。

### 2.2 脱硅氧效率及脱硅稳定性

试验所用脱硅剂为新型铁水预处理脱硅剂,相比传统脱硅剂如烧结矿粉、氧化铁皮,优点在于脱硅过程铁水罐炉渣起泡轻微可控,避免了溢渣危害,且脱硅效率稳定,可实现对铁水硅含量的精确控制<sup>[4]</sup>。从脱硅试验数据可以看出,脱硅剂脱硅氧效率平均在73.48%,脱除0.1%[Si]的脱硅剂消耗平均在9.85 kg/t。

图1为28罐次铁水脱除0.1%[Si]吨钢的脱硅剂消耗量。在均值(9.85 ± 2)kg/t的范围内,囊括了24罐次,充分说明了新型脱硅剂脱硅性能的稳定。一方面,有利于操作稳定,可精准控制每罐次铁水硅含量;另一方面,说明了脱硅剂性能的稳定,避免了由于脱硅剂反应不充分而局部聚集,进而在兑铁、运输过程中发生爆发性喷溅的可能性。

## 3 影响脱硅氧效率的因素

脱硅氧效率指的是脱硅剂中参与脱硅反应的氧化物同加入总量之间的比值。影响铁水预处理脱硅效率的因素包括脱硅炉渣的碱度、搅拌强度、温度、下料速度等。搅拌强度主要参考铁水脱硫搅拌参数,因此,主要的研究因素是炉渣碱度、温度和

收稿日期:2016-05-17

作者简介:王小璞,男,1979年生,2001年毕业于鞍山钢铁学院钢铁冶金专业。现为山钢集团日照有限公司炼钢项目部工程师,从事技术管理工作。

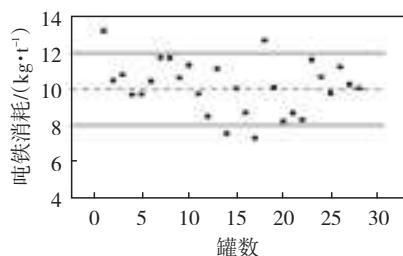


图1 脱除0.1%[Si]脱硅剂吨铁消耗

下料速度。

### 3.1 脱硅渣碱度

图2为试验罐次脱硅氧效率同炉渣碱度的关系。可以看出,脱硅渣碱度与脱硅氧效率呈正相关关系。渣中碱度提高使( $\text{SiO}_2$ )活度下降,而渣中( $\text{FeO}$ )的活度却有所升高,因此提高碱度能够增加脱硅氧效率。太钢在对脱硅渣所做的岩矿相观察与实验研究认为,脱硅渣碱度以0.5~0.8为宜,因为此时脱硅渣处于有强结晶能力的硅灰石区时,炉渣有较强的反应能力,可使( $\text{FeO}$ )中的氧利用较为充分,同时熔渣熔点和黏度均较低,有利于反应气体逸出和扒渣<sup>[5]</sup>。

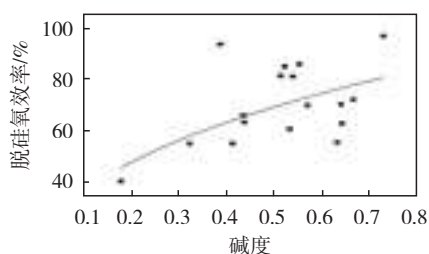


图2 脱硅氧效率同脱硅渣碱度的关系

在现场操作时也可以看出,当脱硅渣碱度低于0.5时,炉渣流动性差,强搅过程一直甩固态的铁花,终渣黏稠。根据渣样将碱度调至0.5以上后,在强搅1~3 min后就可以观察到甩出的液态渣片,扒渣时也能够看到炉渣流动良好。若继续提高碱度,一是增加石灰混合料用量,二是增加了石灰熔化的困难,降低了脱硅渣的流动性,并不利于脱硅反应,因此脱硅渣合适的碱度选择应在0.5~0.8。

### 3.2 反应温度

图3为脱硅氧效率同脱硅温度的关系。可以看出,随着反应温度的提升,脱硅氧效率逐步增加,这同脱硅反应的热力学分析是一致的。根据现场实践,若要确保脱硅过程脱硅效率稳定,初始脱硅温度应在1350℃以上。温度<1350℃,容易出现脱硅剂熔化缓慢,终渣流动性差,也不利于脱硅后的脱硫处理。但若入站铁水温度>1450℃,脱硅剂加入后反应迅速,但炉渣容易发泡,因此需要防范炉渣溢出铁水罐。

### 3.3 下料速度

图4为脱硅氧效率同下料速度的关系。可以看

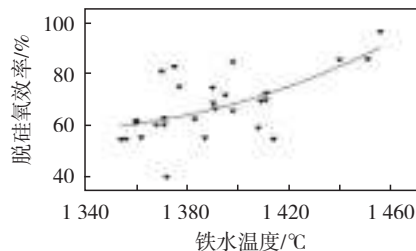


图3 脱硅氧效率同脱硅温度的关系

出,脱硅氧效率同下料速度成反比关系,随着加料速度的增加,脱硅氧效率下降。主要是由于KR工序采用机械搅拌,若下料速度快,则脱硅剂将堆积在液面上方,不能被及时地搅入铁水中参与反应,容易被液态渣包裹形成小球,增加了脱硅剂消耗。同时大量的脱硅剂堆积在液面上方,也容易造成局部全氧富集,造成炉渣起泡。因此,理想的下料速度应根据搅拌工艺参数及设备状况综合确定。试验后期综合确定的下料速度为3.5~4.5 kg/s。

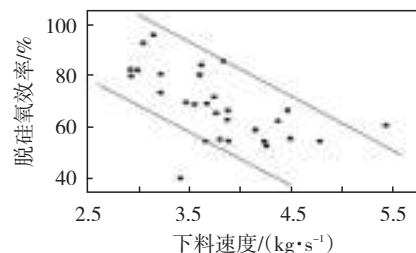


图4 脱硅氧效率同下料速度的关系

## 4 脱硅的直接经济效益分析

1)脱硅处理增加的金属料收益。主要是由于脱硅剂中氧化铁含量均在60%以上,参与脱硅反应后,氧化铁中的铁元素进入铁水中,增加了吨钢金属收得率。按照莱钢试验数据,脱硅量为0.13%时吨钢增加的金属料收益在5.2 kg/t。

2)减少转炉渣量增加的金属收得率。按照降低0.1%[Si]计算,则降低转炉渣量消耗10 kg/t,按照表3转炉渣中全铁成分,则可减少金属料损失1.5 kg/t。同时,还减少了石灰、白云石等渣料的消耗。

3)铁水渣中的金属料收益。在脱硅试验中,发现若铁水罐净空允许,则铁水渣量对脱硅并无影响,因此,在试验中不再扒除铁水渣,仅是在脱硅结束脱硫前将脱硅渣扒除。从表1可以看出,铁水渣中的全铁含量基本在20%以上,而脱硅渣的全铁含量仅在7%左右,如此可以使铁水渣中13%的全铁进入铁水中,增加金属收得率。

表1 铁水渣、脱硅终渣的成分(质量分数)

项目	T.Fe/%	SiO <sub>2</sub> /%	CaO/%	MgO/%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /%	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /%	R
铁水渣	22.96	44.08	41.00	5.06	6.75		0.930
脱硅渣	7.16	47.30	26.04	5.07	8.48	0.266	0.551

(下转第49页)

配精度较差,也不会对轧件的冷却成型产生影响。

## 5 结 语

通过对棒线步进式冷床系统的运动分析,从中可以充分掌握其运动原理及设计者的设计思路,并对现场的施工过程中关键参数点的精度控制起到指导作用,便于及时修正施工过程中的累积误差,

提高装配质量,并对部分有待改进之处进行局部的优化设计。

### 参考文献:

- [1] 卢颂峰.机械零件设计手册[M].3版.北京:冶金工业出版社,1994.
- [2] 吴宗泽.机械设计[M].北京:中央广播电视大学出版社,1997.

## Local Motion Analysis and Optimization Design of Wire Rod Step Cooling Bed

LI Yongfeng

(The Bar Plant of Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271200, China)

**Abstract:** The bar step type cooling bed structure is complex. The design of dynamic and static rack tooth profile and bed abreast roller directly affects the forming quality of workpiece. The resultant motion of spindle eccentric wheel with the rack frame in step type cooling bed were analyzed. The optimization design is taken for the bed surface abreast modular roller suspension and short static rack, the cumulative error assembly is reduced, the forming quality of workpiece is improved.

**Key words:** step cooling bed; block motion analysis; eccentric wheel; rack

(上接第44页)

## Geological Characteristics and Genesis of Joe Puka Iron Ore Deposit

ZHANG Xiaodi, SHAO Mingguo, GUO Chao

(Shandong Jinling Iron Ore, Zibo 255081, China)

**Abstract:** The Joe Puka iron ore deposit of Xinjiang Taxkorgan county is located in the Taasi tower-tulugou ore belt of Taxkorgan landmass, the magnetite is in the stratoid or lenticular form, the ore body is controlled by the Paleoproterozoic bulunkuoole group, the ore bearing rocks are magnetite amphibolite schist, on both sides of surrounding rock is the biotite quartz schist. The genetic type of ore deposits is marine sedimentary metamorphic iron deposit, and was influenced by different degrees of volcanic activity in the process of mineralization.

**Key words:** Joe Puka iron ore; geological characteristics; genesis

(上接第46页)

## 5 结 论

1)由于KR设备机械搅拌的优点,可以利用KR设备进行脱硅操作。2)采用新型脱硅剂,脱硅氧效率可达到70%以上,且脱硅效率稳定,炉渣起泡较轻。3)脱硅操作的碱度在0.5~0.8,脱硅氧效率同碱度成正比关系。4)适宜脱硅的铁水进站温度应在1350℃以上,脱硅氧效率同铁水温度成正比。低于此温度,不适宜脱硅操作。5)KR工序脱硅操作,脱硅氧效率同脱硅剂的加入速度成反比,加入

越快,脱硅氧效率越低。加料速度在3.5~4.5 kg/s。

### 参考文献:

- [1] 杨世山,刘志敏,刘胜涛,等.模拟铁水罐喷吹脱硅的实验研究[J].炼钢,2008,24(3):25-29.
- [2] 张龙强,田乃媛,徐安军.新建钢厂铁水预处理模式的选择[J].炼钢,2008,24(1):58-62.
- [3] 张鹏科,杨印东,李光强.用赤泥进行铁水预处理[J].矿业快报,2005,21(3):26-30.
- [4] 林成城,施月循.铁水脱硅过程泡沫渣的基本特征[J].钢铁,2000,35(11):8-10.
- [5] 陈景锋,王振梅,杨贞彪.铁水预处理技术在太钢的应用[J].太钢科技,2004(1):11-16.

## Experimental Study on Industrial Test of Hot Metal Desilicon in KR Process

WANG Xiaopu

(The Rizhao Company of Shandong Iron and Steel Group Co., Ltd., Rizhao 276826, China)

**Abstract:** The hot steel which contains lower silicon is the goal in the converter process. Because of the limitation of the raw material conditions and blast furnace operation conditions, it is unstable that [Si] in hot metal in converter steelmaking. The KR industrial desiliconization were test using hot metal desulphurization equipment in the steel-making plant of Laigang. The 0.25%-0.35% range of the target [Si] is determined in the experiment. Using new type of silicon removal agent, the efficiency of desiliconization and deoxygenation are more than 70%. And the consumption of desiliconized agent of removing 0.1% [Si] is 9.85 kg/t. The main sections in the process which influences the efficiency of KR removal is the basicity of the desiliconization slag, the temperature of hot metal and the speed of feeding. By analysis, the basicity of the slag is 0.5-0.8, the temperature of the starting metal is over 1350℃, and the rate of feeding is 3.5-4.5 kg/s.

**Key words:** hot steel; desiliconization; efficiency of desiliconization and deoxygenation; basicity; speed of feeding