

泡沫渣抑制剂在 60 t 转炉炼钢生产中的应用

兴超¹ 姚娜¹ 张利武²

(1 济源职业技术学院冶金化工系, 济源 459000; 2 石横特钢集团有限公司材料工艺部, 肥城 271612)

摘要 分析了转炉炼钢喷溅产生的原因和危害, 并探讨泡沫渣抑制剂成分、加入量和加入方式对喷溅的影响。生产结果表明, 抑制剂最佳的成分/%: 10 ~ 15C, 35 ~ 40CaO, 5 ~ 10MgO, 25 ~ 30 挥发分 + 灰分, 粒度 20 ~ 50 mm, 加入量 2 kg/t, 泡沫渣抑制使用后炉渣成分/%: 43.97CaO, 17.95SiO₂, 6.8MgO, 碱度 2.45, 达到了预期效果, 喷溅量由使用前 300 ~ 600 kg/炉减少至 100 ~ 300 kg/炉, 吨钢可降低生产成本 5 ~ 10 元。

关键词 60 t 转炉 喷溅 泡沫渣 抑制剂

Application of Foam Slag Inhibitor in 60 t Converter Steelmaking Production

Xing Chao¹, Yao Na¹ and Zhang Liwu²

(1 Department of Metallurgy and Chemical Engineering, Jiyuan Vocational and Technical College, Jiyuan 459000;
2 Department of Materials and Technology, Shiheng Special Steel Group Co Ltd, Feicheng 271612)

Abstract The cause and damage to produce splashing in converter steelmaking are analyzed and the effect of foam slag inhibitor ingredient, adding amount and adding method on splashing has been discussed. The production results show that with using the optimum ingredient of inhibitor /%: 10 ~ 15C, 35 ~ 40CaO, 5 ~ 10MgO, 25 ~ 30 volatile-matters + ash, inhibitor size 20 ~ 50 mm, adding amount 2 kg/t and with after using foam slag inhibitor the ingredient of slag is /%: 43.97CaO, 17.95SiO₂, 6.8MgO and basicity 2.45, the expected aim is achieved to decrease slag splashing amount from original 300 ~ 600 kg/furnace to 100 ~ 300 kg/furnace, and the production cost per ton steel decreases by 5 ~ 10 yuan.

Material Index 60 t Converter, Splashing, Foam Slag, Inhibitor

石横特钢集团有限公司三炼钢车间主要以生产普碳钢为主, 因为转炉炉容比为 0.72 m³/t 较小, 吹炼过程转炉喷溅严重, 不仅恶化了工作环境而且铁损大。为此, 该厂对转炉泡沫渣抑制剂进行了开发, 经过多次工艺实践, 达到了减少喷溅的目的。

1 喷溅产生的原因及危害

1.1 喷溅产生的原因

转炉常见喷溅主要分为爆发性喷溅、泡沫性喷溅和金属喷溅^[1-3]。

(1) 爆发性喷溅产生的原因。熔池内碳氧反应不平衡发展, 瞬时产生大量的 CO 气体, 这是发生爆发性喷溅的根本原因。碳氧反应: $[C] + (FeO) = \{CO\} + [Fe]$ 是吸热反应, 反应速度受熔池碳含量、渣中(TFe)含量和温度的共同影响。由于操作上的原因, 熔池骤然受到冷却, 抑制了正在激烈进行的碳氧反应; 供入的氧气又生成了大量(FeO)并聚积; 当熔池温度再度升高到一定程度(一般在 1470 ℃ 以上), (FeO) 聚积到 20% 以上时, 碳氧反应重新以更猛烈的速度进行, 瞬间排出大量具有巨大能量的 CO 气体从炉口排出, 同时还携带着一定量的钢水和熔

渣, 形成了较大的喷溅。在熔渣氧化性过高, 熔池温度突然冷却后又升高的情况下, 就有可能发生爆发性喷溅。

(2) 泡沫性喷溅产生的原因。除了碳的氧化不平衡外, 炉容比、渣量、炉渣泡沫化程度等因素也会引起喷溅。在铁水 Si、P 含量较高时, 渣中 SiO₂、P₂O₅ 含量也高, 渣量较大, 再加上熔渣中 TFe 含量较高, 其表面张力降低, 阻碍着 CO 气体通畅排出, 因而渣层膨胀增厚, 严重时能够上涨到炉口。此时只要有一个不大的推力, 熔渣就会从炉口喷出, 熔渣所夹带的金属液也随之而出, 形成喷溅。

(3) 金属喷溅产生的原因。当渣中 TFe 含量过低, 熔渣粘稠, 熔池被氧流吹开后熔渣不能及时返回覆盖液面, CO 气体的排出带着金属液滴飞出炉口, 形成金属喷溅。

1.2 喷溅的危害

喷溅是顶吹转炉吹炼过程中经常见到的一种现象。喷溅的危害如下:

(1) 喷溅造成金属损失在 0.5% ~ 5%, 避免喷溅就等于增加钢产量。(2) 喷溅的喷出物堆积, 清

除困难,严重喷溅还会引发事故,危及人身及设备安全。由于喷溅导致的烧烫伤事故占炉前烧烫伤事故的80%以上,喷溅烧坏炉下渣车、钢包车线,造成停产,曾因转炉喷溅烧坏数据线,造成转炉停机14h。喷溅还会严重冲刷炉衬,造成粘枪、烧枪、炉口和烟罩挂渣等。(3)由于喷溅物大量喷出,不仅影响脱除P、S,热量损失增大,还会引起钢水量变化,影响冶炼控制的稳定性,限制供氧强度的提高。

2 工艺装备

转炉工艺参数:公称容量60 t,炉容比0.72;冶炼周期24.3 min;铁水碳含量3.9%~4.5%。

氧枪参数($\Phi 180$ mm,4孔拉瓦尔型):工作压力0.8~1.2 MPa;马赫数(Ma)1.98;喉口直径 $\Phi 27.6$ mm;出口直径 $\Phi 35.4$ mm;扩张角 12° 。

底吹模式:随着冶炼过程的动力学条件执行底吹曲线,供气强度由前期 $0.03 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{min}$ →中期 $0.02 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{min}$ →后期 $0.07 \text{ m}^3/\text{t} \cdot \text{min}$ 。

3 泡沫渣抑制剂应用工艺方案

3.1 成渣途径

氧气顶吹转炉吹炼过程中,由于熔池温度和金属成分不断改变以及加入石灰、轻烧白云石等多种造渣材料的影响,炉渣成分(硅酸二钙 $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$,硅酸三钙 $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$)和性质在不断变化,因此整个冶炼过程成渣路线不同^[45],如图1。

由图1可以看出,转炉炼钢过程中,吹炼初期,炉渣成分大致位于图1中的A区。A区为酸性初渣区。吹炼中期主要是脱碳,此时炉渣的氧化性有所

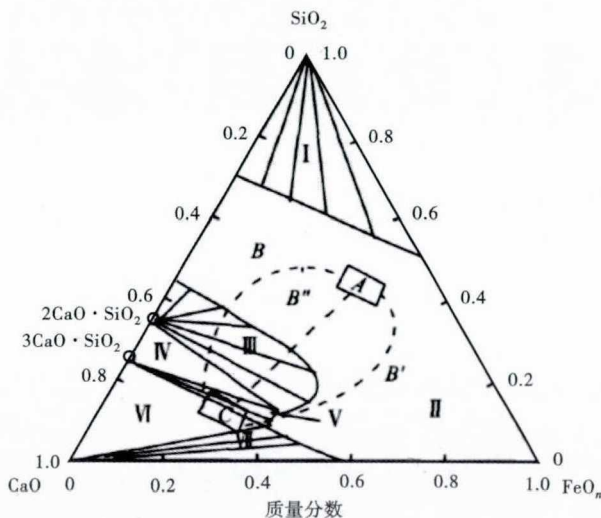


图1 转炉冶炼过程中炉渣成分变化示意图

Fig.1 Schematics diagram of slag ingredient variation in converter steelmaking process

下降,而吹炼后期为了脱磷、脱硫和保持炉渣的流动性,要求终渣具有一定的碱度的氧化性其位置大致在C区,由初渣到终渣可以有多个路线,即ABC区(钙质成渣路径)、AB'C区(铁质成渣路径)和AB''C区,(1)ABC区,必须通过二相区,渣中有固相存在,粘度较大,存在返干现象。(2)AB'C区,渣中 ΣFeO 含量增加较快,炉渣大部分时间在液相区内,炉渣的粘度较小,有利于磷硫的去除。(3)AB''C区,渣中 ΣFeO 含量由高→低→高→低,炉渣大部分时间在液相区内,成渣路径最短,要求冶炼过程迅速升温,容易导致剧烈的化学反应和化渣不协调,一般很少采用。

基于上述情况,石横特钢三炼钢结合铁水等原料条件现状,选择炉渣控制的总体路径为AB'C区不变,该方式适用于较高磷、硫原料条件下的冶炼操作,但是在冶炼过程中容易产生泡沫性喷溅。

3.2 减轻喷溅的措施

为减轻采用“铁质”成渣路线的负面影响,目前解决的方法有:(1)通过改变枪位及供氧制度,但是采用该方法一般滞后于反应,属于补救措施,效果不理想;(2)适时改变炉渣成分,综合考虑,决定采用泡沫渣抑制剂来减轻喷溅现象的发生。

4 泡沫渣抑制剂应用实验

4.1 泡沫渣抑制剂的成分设计

4.1.1 泡沫渣抑制剂的使用原理

(1)喷溅是由于炉渣中 FeO 、 SiO_2 、 P_2O_5 等活性物质多,造成炉渣分子间张力小,比表面积增大,炉渣体积增大,气体含量高,导致炉渣外溢式从炉口中喷出。

(2)泡沫渣抑制剂是以少量含碳的复合物料构成,加入炉内时和炉渣的氧化物发生反应,能迅速破坏炉渣中的活性物质,降低渣层厚度,从而达到控制转炉喷溅的目的。

4.1.2 泡沫渣抑制剂的成分

根据吹炼过程中渣中 CaO 含量对转炉渣粘度和熔点的影响可知, CaO 含量升高影响炉渣粘度升高,因此设计抑制剂成分时应加入一定量的 CaO ,同时加入易燃易爆挥发的物质,有利于消除滞留在炉渣中的 CO 气泡,通过高位料仓加入的抑制剂,为避免在炉口处随着烟气排除,达不到使用效果,将混合好的抑制剂做成直径20~50 mm球状,以增加抑制剂的体积密度,具体成分见表1。

4.1.3 泡沫渣抑制剂的加入方法

在吹炼过程中,尤其2~3 min时, Si 、 Mn 基本

表 1 泡沫渣抑制剂成分设计

Table 1 Ingredient design of foam slag inhibitor

焦炭粉/%	CaO/%	MgO/%	灰分+挥发分/%	粒度/mm
10~15	35~40	5~10	25~30	20~50

表 2 泡沫渣抑制剂使用前后的冶炼指标

Table 2 Steelmaking index before and after using foam slag inhibitor

抑制剂	枪位/m	氧气流量/m ³	加入量/(kg·t ⁻¹)	喷溅情况	喷溅量/kg	脱磷率/%	脱硫率/%
应用前	0.8~1.5	15 000~18 000		喷溅严重	300~600	76	26.4
应用后	0.8~1.5	15 000~19 500	1.9	轻微喷溅	100~300	74	26

表 3 泡沫渣抑制剂使用前后的渣料量、炉渣成分

Table 3 Slag material adding amount and slag ingredient before and after using foam slag inhibitor

抑制剂	渣料加入量/(kg·t ⁻¹)	炉渣成分/%			碱度(R)
		CaO	SiO ₂	MgO	
未加抑制剂	30.5	42.75	16.13	6.5	2.65
加抑制剂	28.7	43.97	17.95	6.8	2.45

氧化结束,C-O 反应迅速加快,最容易产生泡沫化喷溅。应随时观察炉口的火焰情况,如果有喷溅征兆,可以从高位料仓向转炉加入抑制剂,加入量为1.5~2 kg/t。出钢过程中,操作人员可以根据炉渣泡沫化程度从炉口向炉内加入抑制剂,加入量为 0.1~0.2 kg/t,控制炉渣从炉口溢出即可。

4.2 泡沫渣抑制剂的使用效果

高线 HRB400 钢通过在转炉冶炼过程中加入泡沫渣抑制剂有效地降低了喷溅,保护了操作人员与设备的安全。同时,在出钢过程中加入少量泡沫渣抑制剂能够抑制炉渣进入钢包内,减少了下渣量,具体见表 2、表 3。

使用泡沫渣抑制剂后,增加材料成本与减少喷溅铁损比较,喷溅量减少了 300 kg/炉左右,吨钢可降低生产成本 5~10 元。但由于泡沫渣抑制剂碱度较低,加入炉内后,对脱磷产生了一定的负面影响,结合冶炼过程中的实际情况,

吨钢加入量不宜超过 3 kg。

参考文献

[1] 王明海. 钢铁冶金概论[M]. 北京:冶金工业出版社,2004.
 [2] 王雅贞,张 岩,张红文. 氧气顶吹转炉炼钢工艺与设备[M]. 北京:冶金工业出版社,2005.
 [3] 郭传奇,刘 谦. 优化过程枪位控制减少复吹转炉炼钢喷溅[J]. 中国冶金, 2015, 25(3): 45-47.
 [4] 高泽平. 炼钢工艺学[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.
 [5] 联邦德国钢铁工程师协会. 渣图集[M]. 王 俭,彭清强,毛裕文,译. 北京:冶金工业出版社,1989.

兴 超(1980-),男,讲师,硕士(2011 年安徽工业大学),冶金技术研究. E-mail:Yaon0416@163.com

收稿日期:2018-10-11

欢迎订阅 2019 年《特殊钢》杂志

全国各地邮局均可订阅(可破订)

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

邮编:435001

地址:湖北省黄石市黄石大道316号、新冶钢-大冶特殊钢股份有限公司《特殊钢》杂志社

电话:0714-6297386 6297313 0714-6297888-8010