

## 转炉下渣控制技术在首钢的应用与发展

崔 阳<sup>1</sup>,宋春明<sup>2</sup>,王 东<sup>2</sup>,邵俊宁<sup>2</sup>,冯 军<sup>1</sup>,于文涛<sup>2</sup>,包春林<sup>1</sup>,周德光<sup>1</sup>,朱立新<sup>1</sup>

(首都钢铁集团公司 1. 技术研究院,北京 100043;2. 迁安钢铁有限责任公司,河北 迁安 064404)

**摘要:**首都钢铁集团公司迁安钢铁有限责任公司炼钢厂经过设备改造和技术革新,转炉下渣控制水平取得了一定的进步。对于吹炼汽车板等低碳钢种,钢包内渣厚能够控制在平均33.7 mm,下渣量控制在平均4.8 kg/t。此外,转炉终渣中T. Fe含量的升高和未使用下渣检测设备等都有可能导致下渣量增大。

**关键词:**转炉;出钢;下渣量;下渣检测设备

中图分类号: TF703.6 文献标识码: B 文章编号: 1002-1043(2010)02-0013-03

### Application and development of technologies of slag amount control from converter to ladle in Shougang Group

CUI Yang<sup>1</sup>, SONG Chun-ming<sup>2</sup>, WANG Dong<sup>2</sup>, SHAO Jun-ning<sup>2</sup>, FENG Jun<sup>1</sup>,  
YUN Wen-tao<sup>2</sup>, BAO Chun-lin<sup>1</sup>, ZHOU De-guang<sup>1</sup>, ZHU Li-xin<sup>1</sup>

(1. Research Institute of Technology, Shougang, Beijing 100043, China;  
2. Hebei Shougang Qian'an Iron & Steel Co., Ltd., Qian'an 064404, China )

**Abstract:** Technological level for slag amount control from converter to ladle have been improved to some extent by revamp of the equipments and innovation of technologies in Hebei Shougang Qian'an Iron & Steel Co., Ltd. For those low carbon steel grades used in automobile sheets up to date the thickness of the slag layer in the ladle can be controlled within an average of 33.7 mm and the slag amount to ladle from converter be controlled in a mean value of 4.8 kg/t. Besides, a rise of T. Fe content in the end point converter slag and absence of usage of slag detective and measurement devices may cause an increase of slag amount to the ladle.

**Key words:** converter; tapping; slag amount; slag detection equipment

在转炉出钢过程中,合理控制下渣量可以降低合金用量、防止钢水回磷和提高钢水洁净度。特别对于汽车板等高级钢种,对转炉下渣量的控制要求极其严格,控制不当能够直接导致产品降级。首都钢铁集团公司迁安钢铁有限责任公司(以下简称迁钢)为提高转炉下渣控制水平,引进了AMEPA下渣检测设备。结合出钢前期的挡渣塞和出钢后期的挡渣锥技术,转炉下渣控制水平有很大的提高。

本文通过现场生产数据分析了迁钢炼钢厂转炉下渣控制情况,并且讨论了转炉终渣T. Fe含量和有无使用AMEPA下渣检测设备对下渣量

的影响。

### 1 转炉下渣量计算方法

转炉出钢过程中,合成渣和合金会被同时添加,所以出钢后的转炉实际下渣量一般通过计算得到。此外,由于钢包内渣况复杂,常用钢包内测定的渣厚来衡量转炉下渣控制是否合格。

针对转炉下渣量难于计算的问题,本文根据实测数据和前人测定的热力学数据计算了转炉下渣量。转炉下渣渣重和渣厚的计算方法分别如式(1~2)所示。

$$W_1 = (\pi D^2 h \rho) / 4 - W_2 \quad (1)$$

作者简介:崔 阳(1975-),男,首钢技术研究院,工程师,博士,从事炼钢工艺和产品开发。

$$d = 4W_1 / (\pi D^2 \rho_1) \quad (2)$$

式(1~2)中,  $W_1$  为转炉下渣质量, kg;  $D$  为钢包渣线处平均直径, m;  $W_2$  为合成渣质量, kg;  $\rho$  为钢包内渣密度, kg/m<sup>3</sup>;  $h$  为钢包内实测渣厚, m;  $\rho_1$  为转炉终渣密度, kg/m<sup>3</sup>;  $d$  为钢包内转炉下渣渣厚, m。

根据实测渣组成以及计算得到的 FeO 和 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量能够从文献中查得钢包内渣密度  $\rho$  与转炉终渣密度  $\rho_1$ <sup>[1~2]</sup>。在计算过程中, 假设转炉出钢后所加合成渣料在钢包顶渣中重量不变, 即转炉下渣量按照 RH 到站渣量与出钢后所加渣料的差值计算。此外, 假设渣为完全熔融状态和转炉终渣中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 MnO 的影响忽略不计。

图 1 比较了渣中 FeO 和 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 计算值与实测值的区别, 证实了计算值和实测值基本一致, 即在未测定渣中 FeO 和 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量时可以使用计算值表示其含量。

## 2 转炉下渣控制水平

表 1 为 RH 真空精炼前炉渣组成分析结果和

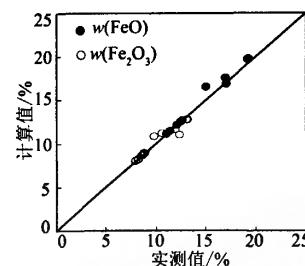


图 1 渣中 FeO 和 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 计算值与实测值的比较

渣密度值, 表 2 为转炉吹炼终点炉渣组成分析结果和渣密度值, 表 3 为 RH 真空精炼前钢包内渣量与转炉下渣渣量的计算结果。基于转炉终渣组成、RH 到站渣组成和文献调查得到的渣密度等数据, RH 精炼到站渣厚为 55~66 mm, 平均为 60.1 mm, 渣重为 7.6~9.6 kg/t, 平均 8.6 kg/t。计算得到的转炉下渣渣厚为 27~41 mm, 平均为 33.7 mm, 渣重为 3.8~5.8 kg/t, 平均为 4.8 kg/t, 基本达到了鞍钢冶炼汽车板转炉下渣控制水平(5 kg/t 以下)<sup>[3]</sup>。

表 1 RH 真空精炼前炉渣组成和密度

炉次	w <sub>B</sub> /%								$\rho$ /(kg·m <sup>-3</sup> )		
	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	T. Fe	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S			
1	33.1~44.1	3.4~6.5	6.1~9.2	10.2~26.6	11.1~30.5	2.4~7.3	0.22~0.51	0.001~0.055	7.8~21.9	6.2~14.0	2 930~3 080
	35.8~43.3	4.0~8.0	6.3~9.7	4.4~24.5	12.7~37.6	0.9~9.8	0.07~0.41	0.006~0.157	2.8~20.0	3.5~12.9	2 820~3 080
3	39.5~41.1	4.7~8.8	6.6~7.5	15.1~23.9	11.0~18.5	5.0~7.9	0.15~0.34	0.006~0.030	12.0~19.5	8.5~12.7	2 950~3 060
	平均	40.3	5.4	7.6	17.2	19.1	5.5	0.29	0.02	13.8	9.5

表 2 转炉终渣组成和渣密度值

炉次	w <sub>B</sub> /%							$\rho$ /(kg·m <sup>-3</sup> )	
	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	T. Fe	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
1	43.5~53.8	7.1~16.0	8.7~12.3	13.3~34.8	0.87~1.60	0.012~0.066	10.5~28.9	7.7~17.8	2 810~3 230
	40.8~50.7	10.4~13.6	10.5~13.7	17.2~26.9	1.05~1.87	0.011~0.072	13.8~22.1	9.5~14.1	2 860~3 040
3	41.9~46.3	10.5~12.2	10.8~12.0	21.7~28.2	1.05~1.25	0.008~0.014	17.6~23.2	11.6~14.7	2 960~3 050
	平均	46.0	11.8	11.1	22.3	1.34	0.027	18.1	11.9

表 3 RH 真空精炼前钢包内渣量与转炉下渣渣量的计算

炉次	RH 实测 渣厚/mm	RH 进站渣 质量/kg	RH 进站 渣量/(kg·t <sup>-1</sup> )	转炉下 渣量/kg	转炉下 渣渣厚/mm	转炉下 渣量/(kg·t <sup>-1</sup> )
1	58.4	1 752	8.3	952	32.1	4.5
2	60.4	1 794	8.5	994	33.5	4.7
3	64.0	1 930	9.2	1 130	37.5	5.4

### 3 渣中全铁对转炉下渣量的影响

图2为转炉终渣下渣渣厚与T. Fe的关系。

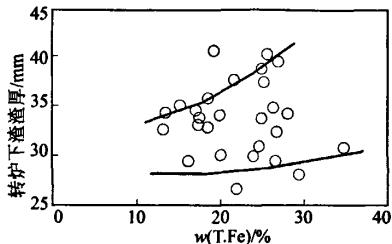


图2 转炉终渣下渣渣厚与渣中全铁间的关系

由图2可见,随着渣中T. Fe含量升高,转炉下渣渣厚变大。渣中T. Fe含量的增加使渣密度升高和渣粘度降低,这两种因素都会导致转炉下渣量的增加<sup>[1, 4]</sup>。

### 4 下渣检测设备对转炉下渣量的影响

在迁钢炼钢厂,判断转炉出钢过程是否下渣的传统方法是肉眼观察,该方法容易受烟气和粉尘等因素的影响,误差较大。对于汽车板等高级钢种,必须控制好转炉下渣量,因此迁钢公司从德国AMEPA GmbH Applied Measuring and Process Control Systems公司引进了AMEPA Thermographic Slag Detection System(以下简称AMEPA下渣检测设备)用于监视转炉出钢过程中下渣情况,该设备在2009年3月开始正式在3座210 t转炉上应用。AMEPA下渣检测设备使用1台长红外线(8~12 μm波长)工作的红外线摄像头,在现场监视器上可以显示摄像头拍摄的实时图像给转炉倾动操作工。当下渣开始时,显示画面发生颜色变化,并且发出警报,操作工开始摇炉。

为了比较AMEPA下渣检测设备使用后的下渣量控制效果,迁钢1号转炉和2号转炉正常使用该设备,而3号转炉停止使用一段时间。表4为有无使用AMEPA下渣检测设备条件下渣厚控制水平的差别。

由表4可见,1~3号炉转炉下渣渣厚分别为32.1、33.5和37.5 mm,对应的下渣渣重分别为4.5、4.7和5.4 kg/t,证实了AMEPA下渣检测设备正常使用条件下的1号和2号转炉的下渣控制

表4 有无使用AMEPA下渣检测设备条件下的渣厚

转炉	下渣检测	渣量/(kg·t <sup>-1</sup> )	渣厚/mm
迁钢1号炉(210 t)	使用	4.5	32.1
迁钢2号炉(210 t)	使用	4.7	33.5
迁钢3号炉(210 t)	未使用	5.4	37.5
日本 NKK 福山(250 t)	使用	16.2 <sup>[5]</sup>	

水平略好于未使用条件下的3号炉。在出钢末期,AMEPA下渣检测设备的及时报警能够缩短现场操作工人的反应时间,及时摇炉。此外,与日本 NKK 福山钢厂 250 t 转炉的下渣控制水平相比,迁钢 210 t 转炉的下渣控制水平还有待于进一步提高,差距主要体现在挡渣设备的选择和挡渣成功率。日本 NKK 福山钢厂 250 t 转炉采用的是 AMEPA 下渣检测设备与气动挡渣设备相结合的挡渣方式,并且吹炼前加入的铁水全部为脱磷铁水,少渣吹炼,这些因素都有利于控制下渣量。

### 5 结 论

1) 迁钢炼钢厂转炉采用下渣控制技术,转炉下渣控制取得了一定的进步。对于吹炼汽车板等低碳钢,目前1号转炉平均下渣渣厚能够控制在32.1 mm,平均下渣量控制在4.5 kg/t,2号转炉平均下渣渣厚能够控制在33.5 mm,下渣量控制在平均4.7 kg/t。

2) 转炉终渣中T. Fe含量的升高导致了转炉下渣量增大。

3) 未使用下渣检测设备导致了下渣量增大。

### 参 考 文 献

- [1] The Iron and Steel Institute of Japan. Physical and chemical data book for iron and Steelmaking[M]. Tokyo, Nissei Eblo, 2006;435.
- [2] 崔 阳,南晓东,朱立新,等. 210 t 顶底复吹转炉脱磷评价[J]. 首钢科技,2008(6):33-36.
- [3] 李德刚,李广帮,黄玉平,等. 鞍钢气动挡渣技术的生产应用[J]. 冶金信息导刊, 2006(5): 25-29.
- [4] 日本铁钢协会. 熔融氧化物高温物性值研究会数据集 [M]. 东京, 2004.
- [5] Morita Y, Kawabata R, Tanaka S, et al. Introduction of thermographic slag detector for BOF[J]. CAMP-ISIJ, 2002 (15): 141.

(收稿日期:2009-06-12)