

60 t 转炉-60 t LF 冶炼 GCr15 轴承钢氧含量的控制

邢梅峦^{1,2} 李晶¹

(1 北京科技大学冶金与生态学院, 北京 100083; 2 石家庄钢铁有限责任公司, 石家庄 050031)

摘要 石钢采用 60 t 转炉-60 t LF-150 mm × 150 mm 方坯连铸工艺生产 GCr15 轴承钢。工艺实践表明, 采用高拉碳操作法, 转炉平均终点碳含量为 0.30%; 改进工艺控制转炉出钢下渣量; LF 精炼时采用 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 高碱度渣; 连铸时钢包到中间包采用套管和吹氩保护, 中间包水口使用密封垫, 有效地控制了钢中的氧含量。统计表明 25 炉轴承钢氧含量为 (6.5 ~ 11.9) × 10⁻⁶, 平均氧含量为 10.2 × 10⁻⁶。

关键词 60 t 转炉 GCr15 轴承钢 氧含量

Control of Oxygen Content in Bearing Steel GCr15 Steelmaking by 60 t Converter - 60 t LF

Xing Meiluan^{1,2} and Li Jing¹

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Shijiazhuang Iron and Steel Co Ltd, Shijiazhuang 050031)

Abstract The bearing steel GCr15 is produced by 60 t converter - 60 t ladle furnace (LF) - 150 mm × 150 mm billet concasting process at Shijiazhuang Steel. The process practice showed that the oxygen content in steel was effectively controlled by catch carbon practice with average converter end [C] 0.30%, improving process to control slagging amount during converter tapping, using CaO-SiO₂-Al₂O₃ high basicity slag in LF refining, adopting casing tube and argon blown protection from ladle to tundish and using sealing washer at tundish nozzle. The statistic results showed that the oxygen content in bearing steel, 25 heats, was (6.5 ~ 11.9) × 10⁻⁶, the average oxygen content was 10.2 × 10⁻⁶.

Material Index 60 t Converter, GCr15 Bearing Steel, Oxygen Content

钢中氧含量是影响轴承钢疲劳寿命的最重要因素^[1], 近年来国内已采用铁水-转炉配合钢包炉(LF)精炼工艺生产出 GCr15 轴承钢^[2,3]。石钢根据自身工艺特点, 采用转炉作为初炼炉-LF 精炼-连铸工艺生产的轴承钢, 满足了 GB/T18254-2002 标准中氧含量 ≤ 12 × 10⁻⁶ 的要求, 最低氧含量达到 6.5 × 10⁻⁶, 实现了转炉轴承钢的批量生产。

1 工艺流程

石钢采用 60 t 转炉工艺流程生产 GCr15 钢: 高炉铁水 → 60 t 转炉 → 60 t LF → 60 t VD → 连铸 → 轧钢。转炉容量 60 t, 冶炼周期 32 min, 铁水执行炼钢用生铁标准。钢包炉(LF)和连铸机主要技术参数见表 1 和表 2。

2 冶炼工艺

2.1 转炉冶炼

2.1.1 转炉终点碳的控制

为适应转炉的快节奏, 最大限度地降低钢中

表 1 60 t LF 主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of 60 t ladle furnace

项目	参数
额定处理量/t	60
钢包直径/mm	2 360
自由空间/mm	600
变压器容量/kVA	10 000
升温速度/℃·min ⁻¹	3 ~ 5

表 2 连铸机主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of Concaster

项目	参数
弧形半径/m	6
铸坯断面面积/mm × mm	150 × 150
拉坯速度/m·min ⁻¹	1.4 ~ 1.7
流数	4

氧含量, 提高轴承钢的质量, 需控制钢中原始氧含量。在转炉尽量采用高拉碳操作法, 根据碳氧平衡的原理, 进而降低钢水进精炼炉前的氧含量, 减轻精炼炉的压力, 轴承钢转炉终点碳控制情况见表 3。

表 3 转炉终点碳的控制情况

Table 3 Control of end carbon content in steel of converter

炉数	终点[C]/%		
	最高	最低	平均
20	0.45	0.15	0.30

2.1.2 控制转炉出钢下渣量

为减轻初炼炉出钢下渣对精炼工艺的影响,达到工艺及质量的稳定控制,充分发挥精炼炉的作用,须加强对出钢下渣的控制。出钢挡渣由原来采用挡渣球改为多面挡渣体,并在出钢前在出钢口加挡渣帽,以尽可能控制转炉出钢过程下渣,实现工艺过程的稳定控制。

2.2 LF 精炼工艺

转炉作为初炼炉冶炼 GCr15 钢时,因转炉节奏较快,要求实现快速成渣的高效精炼。为了充分发挥精炼作用,石钢经过探索和实验,采用高碱度的 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 渣系进行处理,其渣系组成见表 4。

表 4 LF 精炼渣系组成和碱度

Table 4 Ingredient and basicity of refining slag series

精炼渣成分/%			ΣFe	碱度 R
CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃		
50~60	13~18	15~20	≤1.0	≥3.5

LF 内的精炼时间对钢液的脱硫有很大的影响。增加精炼时间有利于钢液的脱硫。但受转炉节奏的影响,LF 最佳控制精炼时间在 45 min 左右,为此,选择合理的精炼渣系,快速成渣是充分发挥精炼效果的关键。另外,炉渣的氧势对脱氧过程影响极大,而降低炉渣氧势的可靠措施就是降低炉渣中 FeO + MnO 含量提高碱度。采用以上渣系进行精炼,脱硫率达到了 80% 左右,钢中硫含量基本控制在 0.010% 以下,见表 5。

在 CaO-SiO₂-Al₂O₃ 渣系中,因为与脱氧产物有一致的组分,两者界面张力小,易于结合成低熔点的化合物,具有较强的吸收 Al₂O₃ 的能力,起到了较好的脱氧作用。

表 5 石钢 GCr15 轴承钢中硫含量

Table 5 Sulphur content in bearing steel GCr15 produced at Shijiazhuang Steel

炉数	硫含量/%		
	最低	最高	平均
100	0.002	0.011	0.006

2.3 加强连铸保护

钢中氧含量的控制是系统工程,需要从整个流程进行控制,否则即使前部工序已经将氧含量降低,还会因为保护浇铸做得不好而影响成品钢材的氧含量,导致前功尽弃,严重时甚至影响钢水的可浇性。因此,生产轴承钢等高质量的钢种对连铸保护的要求更为严格。石钢对从钢包到中间包的保护采用钢包套管,并进行吹氩保护,同时尽可能减少钢包开浇时的非保护时间,中间包水口采用密封垫的保护方式,减少了连铸过程的二次氧化。

3 氧含量控制情况

通过采取措施,克服转炉作为初炼炉冶炼轴承钢的不足,使钢中氧含量满足了 GB/T18254-2002 标准中 [O] ≤ 12 × 10⁻⁶ 的要求,钢中氧含量控制情况见表 6,并实现了转炉流程轴承钢的批量生产,2005 年 1~9 月累计达到了 21 486 t。

表 6 石钢 GCr15 轴承钢中的氧含量

Table 6 Oxygen content in bearing steel GCr15 produced at Shijiazhuang Steel

炉数	氧含量/10 ⁻⁶		
	最低	最高	平均
25	6.5	11.9	10.2

4 结语

石钢采用转炉作为初炼炉生产 GCr15 轴承钢,通过优化工艺和加强全程控制,其氧含量能够满足国标要求,达到 12 × 10⁻⁶ 以下,最低氧含量可达到 6.5 × 10⁻⁶,满足了轴承钢用户的需要,实现了轴承钢的批量生产。由于受转炉节奏等因素限制,氧含量总体水平还偏高,有待于进一步优化工艺,降低轴承钢中氧含量。

参考文献

- 1 王昌生,谢亚庆,周德光.我国轴承钢生产的发展.特殊钢,1996,17(1):9
- 2 杨广前.120 t 转炉冶炼 GCr15 轴承钢的生产实践.特殊钢,2004,25(1):41
- 3 刘跃,吴伟,刘浏,等.100 t 转炉-LF(VD)工艺冶炼轴承钢的氧含量控制.特殊钢,2005,26(6):47

邢梅峦(1971-),女,高级工程师,1993 年唐山工程技术学院毕业,从事冶炼及连铸工艺研究。