

120 t BOF-LF-VD-CC 工艺生产 GCr15 轴承钢的氧含量控制

陈爱梅

(包钢钢联股份有限公司技术中心, 包头 014010)

摘要 采用铁水预处理-120 t 顶底复吹转炉-LF-VD-Φ180 mm 连铸工艺生产 GCr15 轴承钢。统计分析了轴承钢转炉终点 [C] 对钢水氧活度的影响, LF 精炼渣碱度对 T[O] 的影响, LF 末钢中铝含量对 VD 过程铝损和 T[O] 的影响。通过控制转炉终点 [C] ≥ 0.06%、出钢用铝锰铁强化脱氧; 控制 LF 离位时 [Al] 0.020% ~ 0.040%, (FeO + MnO) ≤ 1%, 碱度 2.8 ~ 4.5; VD 软吹时间 ≥ 15 min, 轴承钢中全氧含量为 (6 ~ 12) × 10⁻⁶。

关键词 转炉-LF-VD-CC 工艺 GCr15 轴承钢 氧含量 控制

Control of Oxygen Content in Bearing Steel GCr15 Steelmaking by 120 t BOF-LF-VD-CC Process

Chen Aimei

(Technical Center, Baotou Steel (Group) Corp Ltd, Baotou 014010)

Abstract The steel GCr15 is produced by hot metal pretreatment-120 t top and bottom combined blown converter-LF-VD-Φ180 mm CC process. The statistical data for effect of converter end [C] on oxygen activity in liquid, effect of LF refining slag basicity on T[O] and effect of aluminium content in steel at end of LF refining period on aluminium loss and T[O] in VD process are analyzed. With controlling converter end [C] ≥ 0.06%, using Al-Mn-Fe to deoxidize during tapping, controlling [Al] 0.020% ~ 0.040% and (FeO + MnO) ≤ 1%, slag basicity 2.8 ~ 4.5 at end of LF refining, and VD soft-blowing of argon ≥ 15 min, the oxygen content in GCr15 bearing steel is (6 ~ 12) × 10⁻⁶.

Material Index Converter-LF-VD-CC Process, Bearing Steel GCr15, Oxygen Content, Control

1 转炉冶炼

生产轴承钢的转炉流程为: 铁水预脱硫-120 t 顶底复吹转炉-脱氧合金化-LF-VD-Φ180 mm 连铸 (结晶器电磁搅拌) (5 机 5 流)。

转炉终点钢水氧含量太高, 用铝量大, 钢中酸溶铝过高, 容易造成水口结瘤、堵塞现象^[1]。

由图 1(a) 可得, 要使钢水中氧活度达到 500 × 10⁻⁶ 以下, 转炉终点钢中碳含量应控制在 ≥ 0.06%。

转炉出钢时间控制在 4 min 以上, 转炉出钢前在炉内进行稠渣操作、出钢结束后要进行挡渣, 如果挡渣不好, 渣量大, 必须扒渣。对 100 t 钢水包渣层厚度控制在 ≤ 200 mm。

在生产轴承钢过程中, 一次性加入足够的铝脱氧, 而后再加入其它合金。这是因为在以往加 Si、Mn 预脱氧再加铝的脱氧方法中, 钢水首先生成 SiO₂、MnO 或复合的脱氧产物, 当加入铝后, 发生如

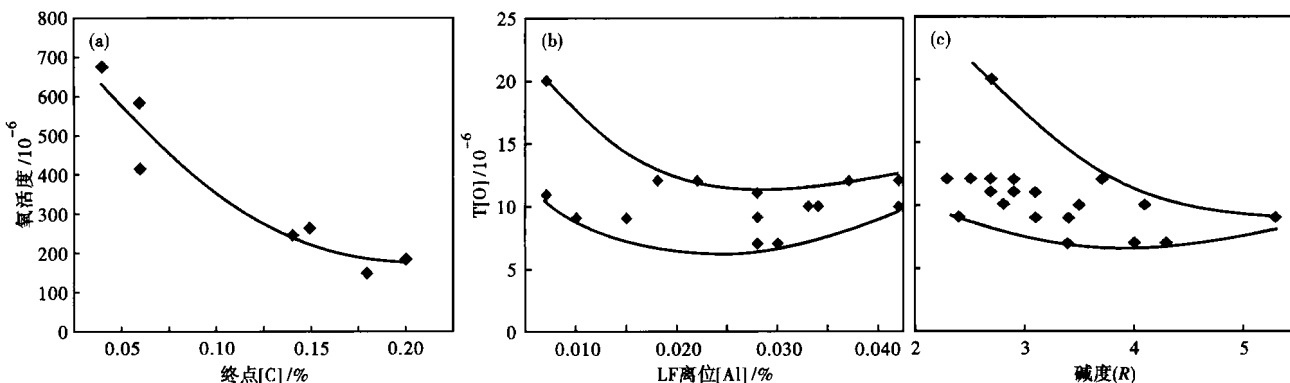
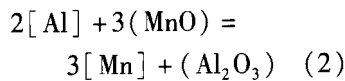
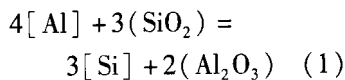


图 1 (a) 转炉终点 [C] 与氧活度的关系; (b) LF 离位 [Al] 和 (c) 精炼渣碱度对 T[O] 的影响

Fig. 1 (a) Relation between converter end [C] and activity of oxygen; Effect of LF refining end [Al] (b) and refining slag basicity (c) on T[O]

下反应^[2]:



而在试验生产中,钢水中的脱氧产物首先为 Al_2O_3 , 不会发生(1)和(2)反应,而由于脱氧产物 Al_2O_3 与钢水的界面张力较大,容易从钢液中上浮。

轴承钢生产中转炉出钢过程当 $[\text{C}] 0.10\% \sim 0.15\%$ 时加入 400 kg 铝锰铁合金, $[\text{C}] > 0.15\%$ 加入 350 kg, $[\text{C}]$ 在 $0.06\% \sim 0.10\%$ 加入 450 kg。保证 LF 前钢中铝含量在 $0.06\% \sim 0.09\%$ 。

2 LF 精炼

2.1 LF 离位钢中 $[\text{Al}]$ 与钢水全氧含量的关系

从图 1(b) 可见,当 $[\text{Al}] 0.022\% \sim 0.038\%$ 时, $T[\text{O}] \leq 12 \times 10^{-6}$, 当 $[\text{Al}] \leq 0.022\%$ 时,随 $[\text{Al}]$ 减少, $T[\text{O}]$ 有上升的趋势,当 $[\text{Al}] \geq 0.038\%$ 时,随着 $[\text{Al}]$ 增加, $T[\text{O}]$ 也有上升的趋势。因此,要保证轴承钢 $T[\text{O}] \leq 12 \times 10^{-6}$, 需将 LF 离位铝控制在 $0.020\% \sim 0.040\%$ 。

2.2 炉渣性能与钢中全氧含量的关系

研究表明,当 $(\text{FeO}) \leq 1\%$ 时, (FeO) 对 $T[\text{O}]$ 影响不大^[2]。生产轴承钢时,在保证电石加入量的同时,分二批向钢水包中加入,并保证白渣时间 ≥ 20 min, 实际渣中 $(\text{FeO} + \text{MnO})$ 控制在 $0.53\% \sim 1.25\%$, 平均 0.81% ; 当炉渣碱度 CaO/SiO_2 大于 4 时,炉渣中 SiO_2 已不再成为钢液的氧源,主要是由于 CaO 和 SiO_2 作用,使 SiO_2 稳定存在不易被还原^[3]。图 1(c) 为轴承钢生产过程中炉渣碱度与钢中 $T[\text{O}]$ 的关系,要保证轴承钢全氧含量在 12×10^{-6} 以下,炉渣碱度控制在 $2.8 \sim 4.5$ 。

3 VD 铝损和处理时间对 $T[\text{O}]$ 和夹杂物的影响

LF 离位钢中 $[\text{Al}]$ 越高,VD 过程铝损越大(图 2a)。VD 处理过程中铝损越大,钢中全氧含量越高(图 2b)。

为去除钢中的夹杂物,VD 破空后的软吹就十分重要^[4]。试验过程中分别在 VD 破空后 5 min、10 min 取钢样,在电镜下计算单位面积夹杂物个数。结果表明,单位面积夹杂物个数分别为 1.7、3.16、1.4 个/ cm^2 。因此,采用较弱的吹氩模式,在保证钢

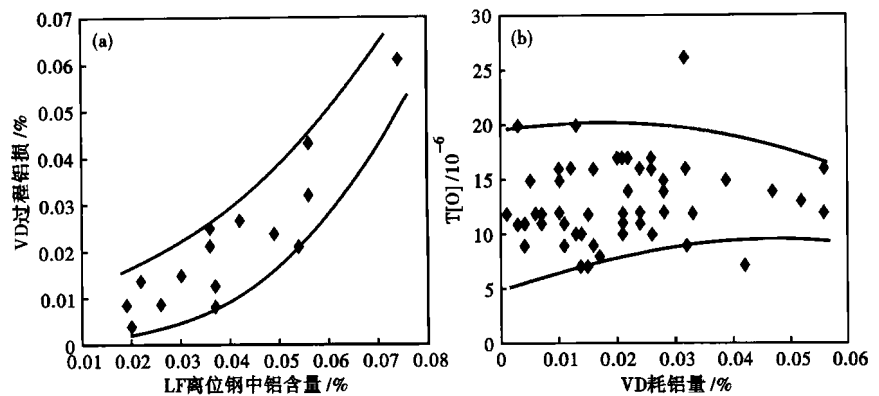


图 2 (a) LF 离位 $[\text{Al}]$ 对 VD 过程铝损的影响; (b) VD 过程铝损对 $T[\text{O}]$ 的影响
Fig. 2 Effect of LF refining end $[\text{Al}]$ on aluminium loss in VD process (a); Effect of aluminium consumption in VD process on $T[\text{O}]$ (b)

液面不裸露前提下,将软吹时间控制在 15 min 以上。

4 连铸保护浇注

生产轴承钢时采用全程保护浇注^[5],钢包到中间包采用长水口,并进行吹氩保护,自动开浇率达到 100%,中间包到结晶器采用侵入式水口,中间包和结晶器分别采用覆盖剂和保护渣。

2011 年 4 月至 11 月期间,炼钢厂共生产轴承钢 235 炉,钢中全氧含量全部满足轴承钢中全氧含量 $\leq 12 \times 10^{-6}$ 的标准要求,最低可达到 6×10^{-6} ,平均氧含量为 10.8×10^{-6} ,实现了轴承钢的批量生产。

5 结论

转炉终点控制钢中 $[\text{C}] \geq 0.06\%$ 、转炉出钢采用铝锰铁强化脱氧;LF 精炼离位钢中全铝含量控制在 $0.020\% \sim 0.040\%$,渣中 $(\text{FeO} + \text{MnO}) \leq 1\%$,碱度控制在 $2.8 \sim 4.5$;VD 软吹时间控制 15 min 以上;连铸全程保护浇注,自动开浇率 100%,可使轴承钢中全氧含量 $\leq 12 \times 10^{-6}$ 。

参考文献

- 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[J]. 特殊钢, 2005, 26(6): 47-49.
- 牛海云,雷勇. 超低氧含量钢的生产实践[J]. 甘肃冶金, 2008, 30(5): 8-9.
- 刘明,柯晓涛,邓通武,等. 120 t 转炉-LF-RH-CC 流程生产 GCr15 轴承钢的工艺和冶金质量[J]. 特殊钢, 2009, 30(3): 38-39.
- 巩飞,董大西,刘勇,等. 低氧含量 GCr15 轴承钢生产工艺实践[J]. 特殊钢, 2010, 31(6): 51-52.
- 邢梅恋,李晶. 60 t 转炉-60 t LF 冶炼 GCr15 轴承钢氧含量的控制[J]. 特殊钢, 2006, 27(3): 49-50.

陈爱梅(1967-),女,正高级工程师,1989 年鞍山科技大学毕业,炼钢工艺和质量研究。

收稿日期:2012-03-25