

莱钢 50 t EBT EAF-LF(VD)-CC 生产 GCr15 轴承钢的工艺实践

李法兴¹ 兰新哲¹ 宋永辉¹ 胡蒙均¹ 孙永喜²

(1 西安建筑科技大学, 西安 710055; 2 莱芜钢铁股份有限公司, 莱芜 271105)

摘要 莱钢采用 EAF 全程泡沫渣埋弧操作, EBT 出钢合金化, LF 2 次精炼渣碱度 4.0~5.0, 精炼渣的主要成分 (%) 为: 45~50CaO, 9~13SiO₂, 9~13Al₂O₃, 7~8MgO, SiC 扩散脱氧和 40~60 L/min 流量氩气搅拌, VD 处理时间 ≥ 15 min, 连铸全程保护浇铸生产 GCr15 轴承钢。GCr15 轴承钢中的平均氧含量为 7.9 × 10⁻⁶, 最高氧含量为 10 × 10⁻⁶。

关键词 GCr15 轴承钢 EAF-LF(VD)-CC 氧含量

Practice of GCr15 Bearing Steel Production by 50 t EBT EAF - LF(VD) - CC Process

Li Faxing¹, Lan Xinzhe¹, Song Yonghui¹, Hu Mengjun¹, and Sun Yongxi²

(1 Xi'an Architecture and Technology University, Xi'an 710055;

2 Laiwu Iron and Steel Co Ltd, Laiwu 271105)

Abstract The GCr15 bearing steel is produced at Laiwu Steel by using foaming slag submerged arc operation in whole period of EAF steelmaking, EBT tapping alloying, LF secondary refining slag basicity being 4.0~5.0, main composition of refining slag - 45~50CaO, 9~13SiO₂, 9~13Al₂O₃, 7~8 MgO, diffusion-deoxidizing by SiC and Ar stirring with flow rate 40~60 L/min, VD treatment time ≥ 15 min, and casting with shielding practice in whole period. The average oxygen content in GCr15 bearing steel is 7.9 × 10⁻⁶, and the maximum oxygen content is 10 × 10⁻⁶.

Material Index GCr15 Bearing Steel, EAF-LF(VD)-CC Process, Oxygen Content

莱钢特殊钢厂近年来在降低轴承钢氧含量、降低轴承钢夹杂物级别、消除轴承钢碳化物液析等方面取得了显著进步,并获得了国家钢铁产品实物质量“金杯奖”。

1 冶炼工艺流程

莱钢特殊钢厂冶炼工艺流程为:废钢 + 铁水 → 50 t 电弧炉(偏心炉底出钢) → LF(VD) → 连铸。主要工艺设备性能参数及特点见表 1~3。

表 1 电弧炉主要技术参数

Table 1 Main parameters of electric arc furnace

项目	参数
冶炼周期/min	45
日平均炉数	32
平均容量/t	52
炉料组成	废钢 + 铁水
变压器容量/MVA	36/43.5
电极直径/mm	500
电耗/kWh·t ⁻¹	260
电极消耗/kg·t ⁻¹	1.6
氧耗/m ³ ·t ⁻¹	48
产量/万 t·a ⁻¹	55
出钢方式	偏心炉底出钢
投产年份	1996

表 2 LF 主要技术参数

Table 2 Main parameters of ladle furnace

项目	参数
额定处理量/t	50
钢包直径/mm	2 500
自由空间/mm	500
变压器容量/MVA	15
升温速度/°C·min ⁻¹	3

2 电弧炉熔炼

冶炼 GCr15 轴承钢的入炉钢铁料为 35%~45% 铁水, 余量为优质废钢。冶炼过程为全程泡沫渣埋弧操作。

实践证明, 冶炼 GCr15 钢时, 出钢至钢包加入合金后钢水平均温降约 118 °C。考虑其他因素, 出钢温度可控制在 1 640~1 660 °C, 这样可保证供精炼钢水温度 1 515~1 525 °C, 有利于精炼温度的控制和脱氧脱硫等操作的进行。出钢温度虽对平衡氧有一定影响, 但并不大。

3 LF(VD) 精炼

适当提高渣的碱度可使钢中平衡氧降低^[1],

表 3 方坯连铸机主要技术参数
Table 3 Main parameters of billet concaster

项目	参数
机型	全弧型
中间包容量/t	30
铸坯断面/mm	180 × 220, 260 × 300
弧形半径/m	R = 11/16/32
机数 × 流数	3 × 3
流间距/mm	1 600
铸坯速度/m·min ⁻¹	1.00 ~ 1.30(180 mm × 220 mm) 0.55 ~ 0.70(260 mm × 300 mm)
铸坯定尺长度/m	2.7 ~ 6.0
结晶器振动方式	四偏心正弦曲线式
结晶器型式	管式
铜管长度/mm	800
振幅/mm	± 2, ± 2.5, ± 3.5
二冷方式	气-雾冷却
电磁搅拌	M-EMS + F-EMS
矫直方式	钳式拉矫机, 四点矫直
平均作业率/%	> 90
连浇炉数	> 100
平均浇铸时间/min	45
生产能力/万 t·a ⁻¹	55

而且可提高硫在渣钢之间的分配比, 利于脱氧和脱硫。精炼渣碱度控制在 4.0 ~ 5.0, GCr15 钢专用精炼渣系主要成分列于表 4。

表 4 GCr15 钢精炼渣系主要成分/%
Table 4 Main ingredient of refining slag for GCr15 bearing steel /%

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO
45 ~ 50	9 ~ 13	9 ~ 13	7 ~ 8

采用 SiC 扩散脱氧, 送电过程氩气低流量搅拌, 流量 40 ~ 60 L/min, 液面微动; 适时喂入铝线, 氩气流量稍大, 流量 80 ~ 120 L/min, 促进渣钢反应和 Al₂O₃ 生成物上浮, 同时保证钢液不裸露, 控制一次样铝含量; 取样后保持白渣操作, 以使精炼渣在具有强吸附夹杂物能力的同时又能保证脱氧脱硫效果; 精炼前期大电流埋弧操作, 迅速提升渣温和钢水温度, 有利于脱氧脱硫反应和夹杂物吸附。后期保温操作或适度提升温度, 且出钢前不喂铝线或少喂铝线, 减少后期 Al₂O₃ 生成量。

LF 出钢后, 进入 VD 工位前, 扒掉部分精炼渣, 加入调渣剂, 调整渣组成, 增强真空脱气和吸附钢中夹杂物的效果, 以获得低氧高洁净度轴承钢。在 67 Pa 下, 保持时间 ≥ 15 min, 平均温降 2 ~ 3 °C/min。目前, 真空处理完毕后, 钢水中氢含量 ≤ 1.5 × 10⁻⁶, 氮脱除率平均仅 16.9%。

真空处理后连铸开浇前, 软吹过程加覆盖剂和炭化稻壳双层保温, 平均温降 0.5 °C/min, 控制钢包钢水浇注温度 1 505 ~ 1 515 °C。

4 连铸

浇铸过程钢包包加盖保温, 减少浇铸过程中钢液面下降高温包衬裸露向外界的散热, 中间包加盖并适时加炭化稻壳, 减少散热, 保证过程温度平稳。控稳拉速, 使同炉中间包钢水温差波动在 5 °C 以内, 中间包钢水温度可控制在 1 470 ~ 1 480 °C。钢包浇铸加长水口吹氩保护, 中间包铸流加浸入式水口保护, 减少钢液二次氧化和吸气。

二冷配水采用气-雾冷却方式, 使用的压缩空气压力为 0.2 ~ 0.25 MPa, 二冷比水量 0.25 kg/t 钢。180 mm × 220 mm 小方坯正常拉速 1.00 ~ 1.30 m/min, 260 mm × 300 mm 大方坯正常拉速 0.55 ~ 0.70 m/min, 可以保证在目前二冷配水模型条件下, 铸坯进拉矫机温度为 900 °C。

采用外置式 M-EMS, 置于结晶器中下部, 通过铸流内钢水的运动来均匀温度, 消除过热, 析出气体及促使夹杂物上浮, 形成细小的等轴晶带, 并能使铸坯获得良好的表面质量^[2]。

5 GCr15 轴承钢的质量

莱钢特殊钢厂 2003 年 8 月份前, 平均氧含量为 11 × 10⁻⁶, 最高 15 × 10⁻⁶; 通过不断改进冶炼、连铸和轧制工艺, 到同年 10 月份, 平均氧含量已降低到 7.9 × 10⁻⁶, 最高为 10 × 10⁻⁶。目前, 轴承钢夹杂物级别低, 分布均匀, 未出现 C 类和 D 类夹杂物, 并消除了碳化物液析现象。由于充分考虑了钢中氧含量及氧化物夹杂的降低, 会使硫化物夹杂的有害作用逐渐显示出来, 因此, 提前采取有效措施, 避免了这一现象的出现。

参考文献

- 于平, 陈伟庆, 冯军, 等. 高碱度渣精炼对轴承钢夹杂物的影响. 特殊钢, 2004, 25(4): 41
- 王昌生, 周建男. 钢铁生产工艺装备新技术. 北京: 冶金工业出版社, 2004: 357

李法兴(1978-), 男, 2000 年辽宁科技大学毕业, 现西安建筑科技大学研究生, 主要从事钢铁冶炼工艺研究。