

70 t EAF-LF-CC 流程生产 GCr15 轴承钢的工艺实践

王忠英 张银生 王 前 于滨海 仝太钦

(江苏淮钢有限公司, 淮安 223002)

摘 要 淮钢有限公司采用 70 t 高阻抗电弧炉-80 t 钢包精炼炉-5 流 150 mm × 150 mm 方坯连铸-连轧工艺生产 Φ12 ~ 60 mm GCr15 轴承钢。36 炉轴承钢生产结果统计表明,为降低钢中残余元素和氢含量,通过炉料中配入 40% ~ 50% 铁水,精炼时全程氩气搅拌、钡合金脱氧、保护浇注等工艺措施,可使 GCr15 轴承钢连铸坯中平均氧含量 $\leq 10 \times 10^{-6}$, 钢材疏松 0.5 ~ 1.5 级,偏析 0.5 ~ 1.0 级,夹杂物 0.5 ~ 2.0 级,各项指标均符合 GB/T 18254-2002 标准要求。

关键词 轴承钢 70 t 电弧炉 钢包炉 连铸 热装

Practice of Process for Production of GCr15 Bearing Steel by a 70 t EAF-LF-CC Flow Sheet

Wang Zhongying, Zhang Yinsheng, Wang Qian, Yu Binhai and Tong Taiqin

(Jiangsu Huaigang Co Ltd, Huaian 223002)

Abstract Φ12 ~ 60 mm bar products of GCr15 bearing steel are produced by a 70 t high impedance UHP EAF - a 80 t ladle refining furnace - 5 strand 150 mm × 150 mm billet concaster flow sheet at Huaigang Co Ltd. The statistical results of 36 heats bearing steel production data showed that with the process operation such as electric arc furnace charging 40% ~ 50% hot metal to decrease residual elements and hydrogen content in steel, whole time argon stirring in refining, deoxidation by barium alloy, and shielding casting, the average oxygen content in billet of GCr15 bearing steel was less than 10×10^{-6} , the porosity rating in steel products 0.5 ~ 1.5, the segregation rating 0.5 ~ 1.0, inclusion rating 0.5 ~ 2.0, and each quality index was to meet the requirement of GB/T18254-2002 standard.

Material Index Bearing Steel, 70 t Electric Arc Furnace, Ladle Furnace, Concasting, Hot Charging

1 淮钢轴承钢生产线的技术特点

淮钢主要生产线为 1 台 70 t EAF-80 t LF-150 mm × 150 mm CCM-18 架连轧机(CR)。70 t 高阻抗电弧炉于 1995 年 12 月投产(表 1)。

1.1 电弧炉铁水热装

为降低钢中残余元素和氢含量,冶炼轴承钢

时配入铁水 40% ~ 50%。为促进熔化后期脱磷,控制氧化渣碱度 2 ~ 3,强化流渣操作,保证渣中 FeO 为 25% ~ 30%。除此之外,在熔化后期应控制好炉内温度,采用较低功率输入以防止升温过快,脱磷困难,一旦脱磷完毕,增大吹氧量以尽快脱碳。

1.2 采用钡合金对轴承钢进行脱氧

为防止点状夹杂的生成,轴承钢冶炼时不可采用钙合金处理,并要求钢中钙含量 $\leq 10 \times 10^{-6}$ 。对于钡在钢中应用的理论与试验研究证明^[1],钡的脱氧产物不会与 Al₂O₃ 形成高熔点的铝尖晶石。在钡合金处理钢中未发现含钡点状夹杂,且氧化物夹杂级别略低于铝终脱氧钢。对氧化物进行电解夹杂分析发现:钡合金处理钢中 Al₂O₃ 占氧化物夹杂的比例小于 45%,而铝处理钢中 Al₂O₃ 占氧化物夹杂的比例大于 60%。将钡合金处理和铝终脱氧两种工艺生产的钢进行疲劳寿命对比试验^[2],在氧含量为 8×10^{-6} 的情况下,钡合金处理钢的额定疲劳寿命比铝处理钢高 63.55%。

表 1 淮钢 70 t 高阻抗电弧炉主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of a 70 t electric arc furnace at Huaigang

项目	参数
熔炼周期/min	49.5
出钢量/t	80
炉料组成/%	废钢 80, 铁水 20
变压器容量/MVA	60(+20%)
电极直径/mm	550
电耗/kWh·t ⁻¹	265
电极消耗/kg·t ⁻¹	1.4
氧耗/m ³ ·t ⁻¹	39
燃气耗/m ³ ·t ⁻¹	0
产量/万 t·a ⁻¹	66

1.3 非真空脱气及配套措施消除钢材白点缺陷

在非真空脱气的情况下,LF 精炼时全程氩气搅拌并通过钡合金处理、增大电弧炉配碳量、渣料及合金料的烘烤、出钢过程的保护及配制高挥发性初渣等措施,可生产氧含量小于 10×10^{-6} 、氢含量小于 4×10^{-6} 的高质量轴承钢,再通过缓冷处理可使轴承钢材的氢含量低于 1.5×10^{-6} ,确保钢材无白点缺陷。

1.4 优化小方坯连铸工艺,提高铸坯质量

淮钢连铸设备为 150 mm × 150 mm 铸坯的 5 流连铸机(表 2)。主要优化工艺措施有:

(1) 在钢包→中间包采用长水口保护浇铸;钢包与长水口之间采用氩封;中间包加覆盖剂和保温剂;中间包→结晶器采用浸入式长水口;结晶器采用轴承钢专用保护渣。

(2) 通过采用钢包新型绝热材料及加快钢包

周转,采用连勤包及钢包增加保温剂用量和中间包覆盖剂等措施,使中间包钢液温度控制在很窄的范围内,从而保证了低过热度浇铸。

(3) 正确控制二冷段的冷却强度和喷淋水的均匀性,保护铸坯出二冷室到拉矫机前的表面温度在 900 °C 以上,可以有效防止铸坯表面裂纹的产生,因此采用 0.3 ~ 0.7 L/kg 的弱冷抑制柱状晶生长。

(4) 铸坯热装温度大于 800 °C,同时加热炉炉尾“预热段”温度提高到 1 000 °C 以上。

2 轴承钢试生产

试生产分 3 个阶段进行:(1) 通过采用低铝洁净钢技术使钢中的氧含量降到 10×10^{-6} 左右,除中间包第 1 炉外,钢水过热度控制在 20 ~ 35 °C,连铸拉速控制在 1.2 ~ 1.3 m/min,1 炉钢浇铸过程中间包钢水平均温度降低 7.6 °C。整个浇铸过程没有出现水口结瘤现象;(2) 针对加热炉短,按常规生产无法解决碳化物液析的情况,采用高温热送,提高加热炉整体温度,放慢轧制节奏,使铸坯在加热炉高温段停留足够的时间,解决了碳化物液析问题;(3) 对烧嘴角度和步进梁进行调整,通过严格控制电弧炉出钢碳,充足的铝预脱氧及钡处理,采用连铸强化保护浇铸及低过热度 and 低拉速连铸,轧钢优化高温热送、高温剪切及入坑缓冷工艺。

3 轴承钢的质量

通过工艺优化,12 月批量生产 4 个中间包,36 炉次钢材经分析检验,化学成分如表 3 所示;

表 2 淮钢小方坯连铸机主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of billet concaster at Huaigang

项目	参数
中间包容量/t	20
铸坯断面/mm × mm	150 × 150/120 × 120
流数/流	5
铸(拉)坯速度/m · min ⁻¹	0 ~ 4.0
铸坯定尺长度/m	9 ~ 12
冶金长度/m	11.8
矫直方式	三点矫直
二次冷却方式	水冷
电磁搅拌(M-EMS)	有
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	95
连铸机连浇铸炉数/炉	12 ~ 15
平均浇注时间/min	50
生产能力/万 t · a ⁻¹	66

表 3 GCr15 轴承钢成品化学成分(%)和氧含量

Table 3 Chemical composition (%) and oxygen content of GCr15 bearing steel

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ti	Al	T.[O]/10 ⁻⁶
最大	1.01	0.35	0.39	0.012	0.010	1.64	0.13	0.002 8	0.031	13.2
最小	0.95	0.16	0.30	0.004	0.005	1.42	0.07	0.001 0	0.005	7.1
平均	0.98	0.25	0.34	0.010	0.007	1.50	0.10	0.002 0	0.023	8.9

钢材的夹杂物为 0.5 ~ 2.0 级,疏松 0.5 ~ 1.5 级,偏析 0.5 ~ 1.0 级。

淮钢采用“70 t EAF-80 t LF-150 mm × 150 mm 小方坯连铸-热装-18 架连轧”轴承钢生产线,目前已生产轴承钢 13 256 t,产品规格为 Φ12 ~ 60 mm,钢中平均氧含量 $\leq 10 \times 10^{-6}$,质量完全达到 GB/T 18254-2002 标准要求。

参考文献

- 王忠英,韩建淮,王重海. GCr15 轴承钢冶炼工艺分析和讨论. 特殊钢,2003,24(1):33
- 于桂玲,王忠英. 轴承钢脱氧工艺优化. 炼钢,2001,17(1):27

王忠英(1967-),男,博士,教授级高工,从事特殊钢精炼、连铸工艺开发和研究。

收稿日期:2005-07-19