

GCr15 轴承钢 235 mm × 265 mm 方坯连铸工艺的优化

王超¹ 袁守谦¹ 陈列² 王德炯² 张兵¹

(1 西安建筑科技大学冶金工程学院, 西安 710055; 2 西宁特钢股份有限公司, 西宁 810000)

摘要 西宁特钢的 GCr15 轴承钢连铸坯由 90 t UHP Consteel EAF-LF(VD)-CC 流程生产。通过全程保护浇铸, 钢中平均氧含量减少 3.15×10^{-6} ; 控制钢水过热度 ≤ 20 °C, 拉速 0.7 ~ 0.8 m/min, 二次冷却比水量 0.40 L/kg, 铸坯平均等轴晶率 $\geq 60\%$, 且铸坯质量明显提高; 在上述优化工艺参数下, 采用 3.25 Hz/250 A 结晶器电磁搅拌和 20 Hz/300 A 凝固末端电磁搅拌, 铸坯中心碳偏析指数为 0.99 ~ 1.20。

关键词 GCr15 轴承钢 连铸工艺 优化

Optimization of Concasting Process for 235 mm × 265 mm Bloom of GCr15 Bearing Steel

Wang Chao¹, Yuan Shouqian¹, Chen Lie², Wang Dejong² and Zhang Bing¹

(1 School of Metallurgical Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055;
2 Xining Special Steel Co Ltd, Xining 810000)

Abstract Cast bloom of GCr15 bearing steel is produced by 90 t UHP Consteel EAF-LF(VD)-CC flow sheet at Xining Special Steel. With shielded casting practice in whole casting process, the average oxygen content in steel decreased by 3.15×10^{-6} ; by controlling the degree of superheat of molten steel ≤ 20 °C, the casting speed 0.7 ~ 0.8 m/min and the secondary cooling water rate 0.40 L/kg, the average equiaxial crystal zone ratio of bloom was $\geq 60\%$ and the quality of bloom obviously increased; and with above optimized process parameters and using 3.25 Hz/250 A EMS for mold and 20 Hz/300 A EMS for solidified front, the carbon segregation index in center of bloom was 0.99 ~ 1.20.

Material Index GCr15 Bearing Steel, Concasting Process, Optimization

西宁钢厂轴承钢的生产工艺为 90 t UHP Consteel EAF-LF/VD-CC, 因连铸轴承钢大方坯一度存在中心偏析、裂纹、缩孔等缺陷, 这些缺陷的形成与连铸工艺参数密切相关^[1~6]。

1 连铸坯质量问题

3 机 3 流大方坯连铸机, 铸坯断面尺寸为 235

mm × 265 mm, 连铸半径 11 m, 并配有结晶器电磁搅拌 M-EMS(单向搅拌, 电流和频率可调, 电流最大 400 A, 频率 2 ~ 10 Hz) 和铸流末端电磁搅拌 F-EMS 以及 Cs137 结晶器液面控制系统。连铸的 GCr15 钢化学成分要求见表 1。

在开始执行原有连铸工艺制度时, 连铸坯质量

表 1 GCr15 轴承钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of GCr15 bearing steel / %

C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Ni	Cu	O
0.95 ~ 1.05	0.15 ~ 0.35	0.25 ~ 0.45	1.40 ~ 1.65	≤ 0.10	≤ 0.025	≤ 0.025	≤ 0.30	≤ 0.25	≤ 0.0012

曾比较差^[1], 突出表现在: (1) 等轴晶率较低, 仅为 17% ~ 23%, 不能满足等轴晶率 $\geq 38\%$ 的要求; (2) 中心有严重的疏松、缩孔和内部裂纹; (3) 在酸浸低倍试片的中心部位出现黑色斑点, 其碳含量最高可达 1.27%。

2 高碳铬轴承钢连铸工艺的优化

2.1 保护浇铸

结合西宁钢厂的实际情况制定了优化方案, 即

在中间包采用覆盖剂、结晶器采用保护渣的固体保护法; 钢包 → 中间包采用 Al-C 质长水口、中间包 → 结晶器采用 Al-C 质浸入式水口的物理保护法相结合的全程保护连铸。中间包采用优质 Mg 质耐火涂料。其效果为: (1) 钢中平均氧含量由 15×10^{-6} 减少到 11.85×10^{-6} ; (2) 基本消除铸坯的皮下 Al_2O_3 夹杂; (3) 铸坯的夹杂物水平较低。

2.2 过热度和拉速

工业试验中, 在冷却强度和电磁搅拌强度一定

表2 过热度 and 拉速对铸坯质量的影响

Table 2 Effect of degree of superheat and casting speed on quality of bloom

过热度/ ℃	拉速/ (m·min ⁻¹)	等轴晶 率/%	中心裂 纹/级	中心疏 松/级	缩孔/ /级	中心偏 析/级	一般偏 析/级
≥20	0.7~0.8	45	3.0	2.0	2.5	0	1.5
10~20	0.6~0.7	66	0	4.0	0	0	1.5
10~20	0.7~0.8	54	0	3.0	0	0	1.5
10~20	0.8~0.9	37	1.5	3.0	2.0	0	2.0
<10	0.7~0.8	71	0	>4.0	0	0	1.0

的条件下,分别进行过热度和拉速对铸坯质量影响的试验研究,结果见表2。

分析表2可见,钢水过热度10~20℃,拉速0.7~0.8 m/min时,铸坯的中心疏松和缩孔为0级、中心裂纹为3级、一般偏析为1.5级;中心偏析为0级;虽然该条件下的铸坯等轴晶率略小,但按此优化的连铸工艺,可以较好的控制铸坯质量。

2.3 二次冷却强度

连铸二冷区分为足辊段、活动段和固定段。足辊段采用水冷,其余两段采用气雾冷却。试验方案是根据二冷区结构、喷嘴型号和喷水比例的实际情况,在优化的钢水过热度(10~20℃)和连铸拉坯速度(0.7~0.8 m/min)条件下,研究不同的喷水量对铸坯质量的影响,试验结果分析统计如表3所示。

分析表3可见,在优化的钢水过热度(10~20℃)和连铸拉坯速度(0.7~0.8 m/min)条件下,冷却强度在0.35~0.40 L/kg的范围内,能很好控制铸坯的中心疏松、中心裂纹、一般偏析和缩孔,铸坯的等轴晶率也较高,并且铸坯的中心偏析经检验分析,评定为0级。

2.4 电磁搅拌

电磁搅拌采用结晶器和凝固末端电磁搅拌组合的方式。为改善铸坯的中心偏析,同时减轻负偏析白亮带。在拉速为0.7~0.8 m/min,过热度大于20℃(1号)、10~20℃(2号)、小于10℃(3号)的条件下,中间包钢水取样分析碳含量为 C_0 ,并在连铸每炉每流的第一根、中间、最后一根连铸坯上取样分析碳含量计算碳偏析指数 C/C_0 ,研究电磁搅拌对铸坯中心碳偏析的影响。试验结果如表4所示。

表3 二冷比水量对铸坯质量的影响

Table 3 Effect of secondary cooling water rate on quality of cast bloom

冷却强度/ (L·kg ⁻¹)	等轴晶 率/%	中心裂 纹/级	中心疏 松/级	缩孔/ /级	中心偏 析/级	一般偏 析/级
0.50	52	2.5	3.0	1.5	0	2.0
0.45	37	1.5	3.0	2.0	0	2.0
0.40	83	0	2.5	0	0	1.0
0.35	66	0	2.5	0	0	1.0

表4 电磁搅拌参数对连铸坯中心碳偏析指数的影响

Table 4 Effect of EMS parameters on center carbon segregation index of bloom

试验号	过热度/ ℃	取样部位	电磁搅拌参数				
			结晶器		末端		
			3.25 Hz/ 200 A	12 Hz/ 250 A	3.25 Hz/ 250 A	20 Hz/ 300 A	
1	>20	头	1.11		1.03		1.12
		中	0.88		0.99		1.07
		尾	1.49		1.12		1.39
2	10~20	头	1.10		1.10		1.16
		中	0.99		1.16		1.36
		尾	1.06		1.17		1.30
3	≤10	头	1.17		1.12		1.00
		中	1.07		1.06		1.02
		尾	1.19		1.20		1.14

由表4可以看出,在拉速为0.7~0.8 m/min的工艺条件下,结晶器的搅拌工艺为3.25 Hz/250 A,凝固末端的搅拌工艺为20 Hz/300 A时平均碳偏析指数较低。

3 结论

(1)连铸采用全程保护浇铸,钢中平均氧含量由 15×10^{-6} 减少到 11.85×10^{-6} ,[Al]的氧化减少,有效消除铸坯的皮下 Al_2O_3 夹杂,并且夹杂物水平稳定。

(2)轴承钢连铸工艺为过热度控制在10~20℃,拉速0.7~0.8 m/min,比水量控制在0.35~0.40 L/kg,这样,可获得良好的铸坯质量。

(3)采用结晶器和凝固末端电磁搅拌组合的方式,结晶器电磁搅拌参数为3.25 Hz/250 A,凝固末端电磁搅拌工艺为20 Hz/300 A时,可有效控制铸坯中心碳偏析。

陕西省教育厅专项课题资助(05JK248)

参考文献

- 王德炯. 西宁特钢连铸轴承钢的生产工艺优化研究:[硕士论文]. 西安:西安建筑科技大学,2005
- 周德光,傅杰,徐君浩,等. 工艺参数对连铸轴承钢坯碳偏析的影响. 钢铁,1999,34(6):25
- 刘宪民,成国光,郝增光. CCr15轴承钢小方坯连铸低倍缺陷分析与控制. 河北冶金,2006(1):39
- 孙齐松,王平,岳增玉. 轴承钢小方坯轴向心部组织的不均匀性. 钢铁,2004,39(9):28
- 吴夜明,魏果能,谢亚庆,等. 连铸轴承钢的保护浇注. 连铸,2004(4):1
- 陈敏,姜永林,李德胜. 轴承钢连铸工艺的生产试验研究. 连铸,1999(3):3

王超(1969-),男,讲师,1993年西安建筑科技大学毕业,电弧炉炼钢和连铸技术研究。

收稿日期:2008-09-03