

末端电磁搅拌参数对帘线钢 72A 铸坯中心碳偏析的影响

谢文新 许晓红

(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214400)

摘要 帘线钢 72A ($\% : 0.71 \sim 0.72C, 0.50 \sim 0.60Mn, 0.22 \sim 0.30Si, \leq 0.010P, \leq 0.008S$) 的冶炼工艺流程为铁水预处理-LD-LF-RH-CC-200 mm \times 200 mm 连铸。在连铸时钢水过热度 $10 \sim 20^\circ\text{C}$, 拉速 0.98 m/min , 二冷比水量 0.32 L/kg , 结晶器冷却水 $220 \text{ m}^3/\text{h}$, 结晶器电磁搅拌 $1.5 \text{ Hz}, 500 \text{ A}$ 的条件下进行了末端电磁搅拌 (F-EMS) 的工艺研究。结果表明, 当离钢液弯月面 8 m 处以 $18 \text{ Hz}, 450 \text{ A}$ 进行 F-EMS, 可使帘线钢 72A 铸坯的中心碳偏析指数 ≤ 1.05 。

关键词 帘线钢 72A 方坯连铸 中心碳偏析 末端电磁搅拌

Effect of F-EMS Parameters on Central Carbon Segregation of Cast Bloom of Tyre-cord Steel 72A

Xie Wenxin and Xu Xiaohong

(Jiangyin Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214400)

Abstract 200 mm \times 200 mm cast bloom of tyre-cord steel 72A ($\% : 0.71 \sim 0.72C, 0.50 \sim 0.60Mn, 0.22 \sim 0.30Si, \leq 0.010P, \leq 0.008S$) is melted by hot metal pretreatment-LD-LF-RH-CC process flow sheet. During casting in conditions of liquid overheat $10 \sim 20^\circ\text{C}$, cast speed 0.98 m/min , secondary cooling water ratio 0.32 L/kg , mold cooling water rate $220 \text{ m}^3/\text{h}$ and mold electromagnetic stirring (EMS) with 1.5 Hz and 500 A , the study of final mold electromagnetic stirring (F-EMS) process parameters are carried out. Results show that as the F-EMS is carried out at distance from liquid meniscus- 8 m with 18 Hz and 450 A , the central carbon segregation index of cast bloom of tyre-cord steel 72A is ≤ 1.05 .

Material Index Tyre-cord Steel 72A, Bloom Casting, Central Carbon Segregation, F-EMS

1 兴澄公司帘线钢的生产工艺

兴澄公司帘线钢的工艺流程为: 高炉 \rightarrow 100 t 铁水预处理 \rightarrow 100 t 转炉 \rightarrow 100 t 钢包精炼 \rightarrow 100 t RH 真空脱气 \rightarrow 200 mm \times 200 mm 连铸(带末端电磁搅拌器) \rightarrow 18 机架两辊(再加一架高精度轧机)小型材生产线。高品质帘线钢 72A 的化学成分为($\%$): $0.71 \sim 0.72C, 0.22 \sim 0.30Si, 0.50 \sim 0.60Mn, \leq 0.010P, \leq 0.008S, \leq 0.0030N, 0.0002 \sim 0.0006 \text{ Al}, \leq 0.001Ti$, 帘线钢脱碳层 0.03 mm , 氧化层 $10 \mu\text{m}$, 钛氮化物最大尺寸 $5 \mu\text{m}$, 但低倍碳偏析有时仍较高, 影响了批量生产。通过改进连铸工艺, 特别是完善了末端电磁搅拌工艺, 使得碳偏析大为降低, 满足了用户要求, 已实现批量生产, 低倍中心碳偏析改进工艺取得明显成效。

2 试验内容

2.1 改善连铸工艺

通过试验获得最佳连铸参数: 过热度 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 、拉速 0.98 m/min 、二冷比水量 0.32 L/kg 、结晶器冷却水 $220 \text{ m}^3/\text{h}$ 、结晶器电磁搅拌频率 1.5 Hz 、搅拌电流 500 A 。但低倍上的中心碳偏析仍时而出

现偶尔偏高的现象, 经深入分析, 还必须做好末端电磁搅拌工作。

2.2 末端电磁搅拌(F-EMS)工艺研究

2.2.1 F-EMS 位置的确定

在射钉法验证基础上, 再进行实际验证, 选铸坯末端约 $1/4$ 处附近几个位置上, 进行了末端电磁搅拌器安装位置试验。从图 1 可知, 将连铸工艺参数控

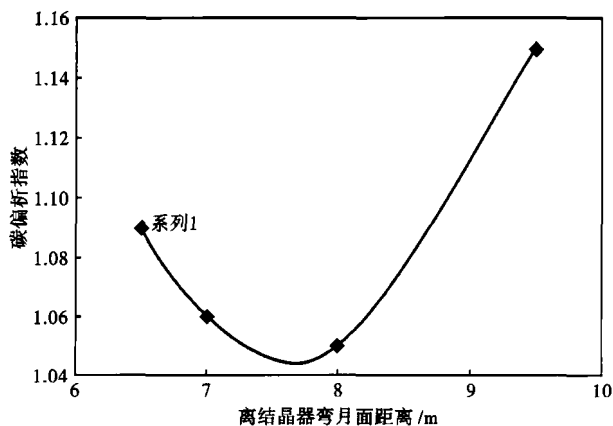


图 1 F-EMS 至结晶器钢液弯月面的距离对 72A 钢中心碳偏析指数的影响

Fig. 1 Effect of distance from F-EMS to liquid meniscus in mold on central carbon segregation index of steel 72A

制在上述范围内,则 F-EMS 安装位置离结晶器内钢液弯月面的距离7~8 m处,能得到较好的效果,这与射钉法试验结果相吻合。F-EMS 安装太靠前,碳偏析指数高,铸坯进入 F-EMS 时,高碳凝团尚未形成,旋转钢液只起到搅拌钢水使剩余液相成分均匀,而无法起到分散高碳凝团均匀剩余液相碳浓度的作用;F-EMS 太靠后,铸坯进入 F-EMS 时,液相穴厚度越薄,凝固即将结束,此时剩余的少量液相碳浓度已经很高,即使在末端电磁搅拌作用下,最后结晶出的固相碳浓度仍然较高,不利于发挥 F-EMS 的作用。

2.2.2 F-EMS 频率选择

F-EMS 频率太高,碳偏析指数高,搅拌频率越高,坯壳对电磁感应的屏蔽作用就越大,磁力线穿透深度降低,F-EMS 对芯部钢水的搅拌作用消失;频率太低,搅拌作用力太小,不利于打断柱状晶端头,减少非自发形核核心,不利于扩大中心等轴晶面积和细化晶粒,碳偏析指数升高。从表 1 可以看出,搅拌频率选用 18 Hz 效果较好。

表 1 F-EMS 频率对 72A 钢中心碳偏析指数的影响

Table 1 Effect of F-EMS frequency on central carbon segregation index of steel 72A

F-EMS 频率/ Hz	低倍各结晶层厚度/mm			碳偏析指数
	激冷层	柱状晶	中心等轴晶	
6	3~5	34	122	1.18
12	3~5	29	131	1.15
18	3~5	28	132	1.05
24	3~5	33	124	1.14

2.2.3 F-EMS 电流的影响

F-EMS 电流太小,钢液受到的作用力太低,不利于芯部钢液的运动均匀,碳偏析指数得不到改善;但是当功率上升到某个值时,增大功率不再明显改善碳偏析指数,由表 2 试验结果,得出一组合理的末端电磁搅拌参数:安装位置距结晶器钢液弯月面以下 8 m 处,搅拌频率和电流分别为 18 Hz、450 A,所得铸坯低倍照片如图 2(b),优化 F-EMS 后制得的铸坯质量明显好于未使用 F-EMS 的铸坯质量(图 2a),碳偏析程度大为减轻,中心偏析指数达到 1.05,取得理想的效果^[1,2]。

表 2 F-EMS 电流对 72A 钢中心碳偏析指数的影响
Table 2 Effect of F-EMS current on central carbon segregation index of steel 72A

F-EMS 电流/ A	低倍各结晶层厚度/mm			碳偏析指数
	激冷层	柱状晶	中心等轴晶	
150	3~5	35	120	1.17
300	3~5	35	121	1.18
500	3~5	31	129	1.05
600	3~5	34	122	1.10

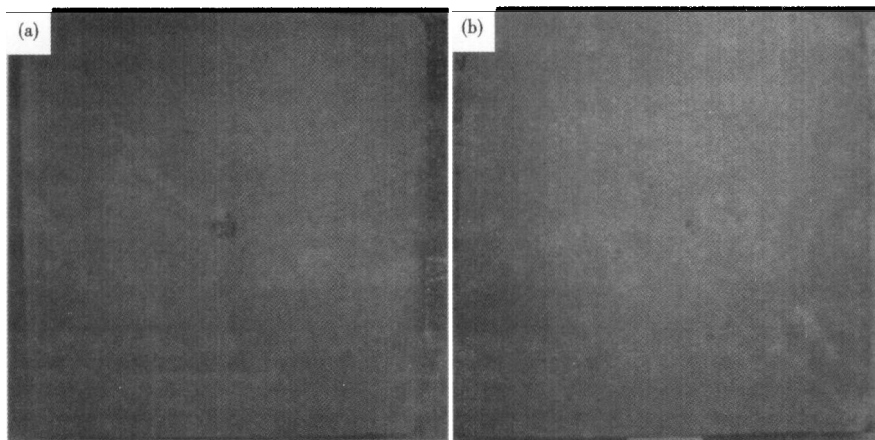


图 2 未使用(a)和使用(b)末端电磁搅拌的 200 mm × 200 mm 铸坯的低倍组织对比
Fig. 2 Comparison of macro-structure of 200 mm × 200 mm bloom casting without F-EMS (a) and with F-EMS (b)

3 结论

(1)通过有限元模拟,射钉法验证,已准确地确定出铸坯液相穴大小。

(2)200 mm × 200 mm 铸坯最优化的连铸工艺参数为:过热度 10~20 °C、拉速 0.98 m/min、二冷比水量 0.32 L/kg、结晶器冷却水 220 m³/h、结晶器电磁搅拌频率 1.5 Hz、搅拌电流 500 A,这是稳定工艺的前提,在不引起水口结冷钢前提下,应尽量降低过热度。

(3)F-EMS 安装在离结晶器钢液弯月面下 8 m 处,搅拌频率 18 Hz、电流 450 A,能使碳偏析指数控制在 1.05。

参考文献

- 张宏丽,贾光霖,王恩刚,等.电磁搅拌改善铸坯内部质量的实验研究.东北大学学报,2001,22(3):315
- 吴夜明,姚留枋.电磁搅拌对铸坯化学成分偏析影响机理.特殊钢,1999,20(3):13

谢文新(1967-),男,1989年上海工业大学毕业,炼钢工艺研究。

收稿日期:2009-07-28