

连铸复合电磁搅拌对低碳钢碳偏析的影响

曹红福

(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214429)

摘要 20CrMnTi 钢(% : 0.17 ~ 0.23C, 0.80 ~ 1.10Mn, 1.00 ~ 1.30Cr, 0.04 ~ 0.10Ti) 300 mm × 340 mm 铸坯结晶器-末端电磁搅拌(M-EMS, F-EMS)和 3 段复合电磁搅拌(M-EMS, S-EMS, F-EMS)对铸坯碳偏析影响的试验结果表明,当 M-EMS 和 F-EMS 电流分别从 2 HZ/250 A 和 20 HZ/150 A 降至 2 HZ/100 A 和 20 HZ/100 A 时,铸坯断面碳成分的极差由 0.05% 降至 0.02%;当采用 M-EMS 为 2 HZ/100 A, S-EMS 为 20 HZ/50 A, F-EMS 为 20 HZ/100 A 三段复合电磁搅拌时,铸坯断面碳成分的极差为 0.02%, 轧材中心疏松由原 2 段电磁搅拌的 1.0 ~ 2.0 级降至 1.0 ~ 1.5 级,方框形偏析 2.0 级出现率由 9.7% 降至 0.8%。

关键词 低碳钢 连铸 复合电磁搅拌 碳偏析

Effect of Multiple Electromagnetic Stirring on Carbon Segregation in Concasting Low Carbon Steel

Cao Hongfu

(Jiangyin Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214429)

Abstract Commercial test for the effect of 300 mm × 340 mm bloom mold electromagnetic stirring-final electromagnetic stirring (M-EMS and F-EMS) and 3-section multiple EMS (M-EMS, S-EMS and F-EMS) on carbon segregation of bloom of steel 20CrMnTi (% : 0.17 ~ 0.23C, 0.80 ~ 1.10Mn, 1.00 ~ 1.30Cr, 0.04 ~ 0.10Ti) has been carried out. Results show that as current intensity of M-EMS and F-EMS for 2-section stirring decreases respectively to 2 HZ/100 A and 20 HZ/100 A from original 2 HZ/250 A and 20 HZ/150 A, the max different of carbon content in steel at section of bloom decreases to 0.02% from original 0.05%; and as using 3-section multiple EMS, i. e. current intensity- 2 HZ/100 A for M-EMS, 20 HZ/50 A for S-EMS and 20 HZ/100 A for F-EMS, the max different of carbon content in steel at section of bloom is 0.02%, while the rating of centre porosity of rolled products decreases to 1.0 ~ 1.5 from original 1.0 ~ 2.0 as using 2-section EMS, and the occurred ratio of square segregation decreases to 0.8% from 9.7%.

Material Index Low Carbon Steel, Concasting, Multiple Electromagnetic Stirring, Carbon Segregation

1 试验条件和方法

电磁搅拌能提高铸坯等轴晶率、减少中心偏析^[1-3]。兴澄特钢 5 机 5 流 300 mm × 340 mm 大方坯连铸机配备有结晶器电磁搅拌与末端电磁搅拌装置,钢包和中间包容量分别为 100 t 和 25 t。结晶器电磁搅拌装置安装在距结晶器上口 400 mm 下方,搅拌方式为水平旋转搅拌,末端搅拌器安装在钢水凝固的前端,均可通过改变电磁搅拌频率及电流来改变搅拌强度。试验钢种 20CrMnTi 的化学成分要求为(% : 0.17 ~ 0.23C, 0.17 ~ 0.37Si, 0.80 ~ 1.10Mn, ≤ 0.035P, ≤ 0.035S, 1.00 ~ 1.30Cr, 0.04 ~ 0.10Ti, ≤ 0.30Ti, ≤ 0.30Cu)。

用 Φ4 mm 钻头钻取钢屑(图 1),用 C-S 分析仪分析各点的碳含量。

2 试验结果与分析

2.1 M-EMS 和 F-EMS 电流对碳偏析的影响

在同一炉的不同流上采用不同的工艺进行了试

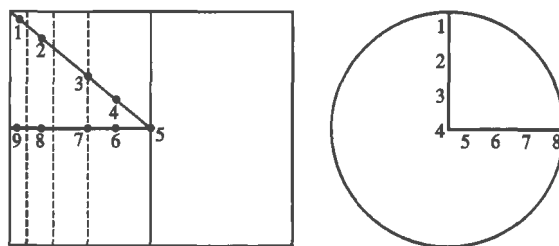


图 1 连铸坯及轧材成分分析取样位置
Fig. 1 Position of sampling at bloom and rolled product

验。由表 1 可见,随着结晶器和末端电磁搅拌强度的降低,铸坯及其轧材横断面上分析的碳含量极差变小,原工艺条件下碳含量最高点出现在半径 1/2 处而形成了铸坯及其轧材严重的碳偏析,铸坯及其轧材均在离表面 10 ~ 20 mm 处产生了明显的白亮带,中间部分颜色较深,如图 2(a) 所示,随着试验 1 和试验 2 电磁搅拌强度的降低,碳含量的极差也在变小,而新工艺条件下碳成分偏析最小,见图 2(b),试验 3 的碳偏析较大。

表1 结晶器与末端电磁搅拌电流参数对铸坯及其轧材横断面上的碳含量极差的影响

Table 1 Effect of current intensity for M-EMS and F-EMS on max difference of carbon content in steel at section of bloom and rolled product

炉号	生产工艺	电磁搅拌电流参数		过热度/ ℃	C _{中间包} / %	取样位置	C含量极差/% (最大~最小)	最大C含量 位置
		M-EMS	F-EMS					
1 [#]	原工艺	2 HZ/250 A	20 HZ/150 A	45	0.18	铸坯	0.048(0.221~0.173)	1/2R
						材(Φ90)	0.040(0.216~0.176)	1/2R
1 [#]	新工艺	2 HZ/100 A	20 HZ/100 A	45	0.18	铸坯	0.020(0.201~0.181)	心部
						材(Φ90)	0.012(0.195~0.183)	心部
2 [#]	试验1	2 HZ/200 A	20 HZ/150 A	26	0.19	铸坯	0.049(0.205~0.156)	1/2R
						材(Φ130)	0.031(0.203~0.172)	1/2R
2 [#]	试验2	2 HZ/150 A	20 HZ/150 A	26	0.19	铸坯	0.040(0.213~0.173)	1/3R
						材(Φ130)	0.029(0.210~0.181)	1/3R
2 [#]	试验3	2 HZ/150 A	无	26	0.19	铸坯	0.050(0.229~0.178)	中心
						材(Φ130)	0.048(0.220~0.172)	中心

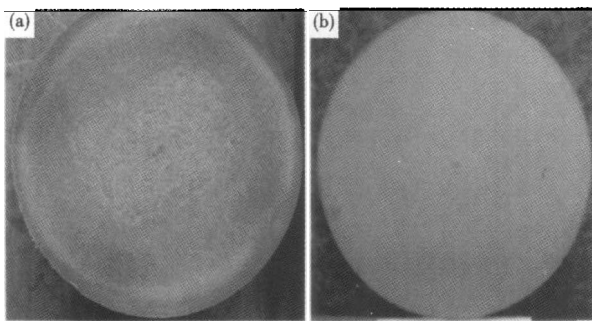


图2 Φ90 mm 20CrMnTi 钢的低倍组织:连铸电磁搅拌,(a)原工艺-M-EMS,2 HZ/250 A,F-EMS,20 HZ/150 A;(b)新工艺-M-EMS,2 HZ/100 A,F-EMS,20 HZ/100 A

Fig.2 Macrostructure of Φ90 mm products of steel 20CrMnTi casting with electromagnetic stirring by original process- (a) M-EMS,2 HZ/250 A,F-EMS,20 HZ/150 A and improved process- (b) M-EMS,2 HZ/100 A,F-EMS,20 HZ/100 A

2.2 三段电磁搅拌对碳偏析的影响试验

由表2可见,用试验4生产的铸坯及轧材的低倍试片在接近1/2半径处都产生了明显的白亮带,而采用试验5生产的铸坯和轧材低倍组织较好,因此白亮带的产生与电磁搅拌的强度有密切的关系。

2.3 不同工艺对轧材低倍组织的影响

由表3的生产统计结果可以看出,随着连铸复合电磁搅拌电流强度的优化配合,轧材中心疏松2.0级的出现频率由14.8%降至1.5%,轧材方框形偏析2.0级出现的频率由9.7%降至0.8%,方框形偏析1.0级的频率由61.6%提高至93.5%。

3 结论

通过优化连铸复合电磁搅拌,低碳钢的铸坯及

表2 三段复合电磁搅拌对铸坯及其轧材碳含量极差的影响

Table 2 Effect of 3-section multiple EMS on max difference of carbon content in steel at section of bloom and rolled product

炉号	生产工艺	电磁搅拌电流参数			过热度/ ℃	C _{中间包} / %	取样位置	C含量极差/% (最大~最小)	最大C含量 位置
		M-EMS	S-EMS	F-EMS					
3 [#]	试验4	2 HZ/100 A	20 HZ/100 A	20 HZ/100 A	33	0.196	铸坯	0.022(0.205~0.183)	2/3R
							材(Φ95)	0.013(0.202~0.189)	1/2R
4 [#]	试验5	2 HZ/100 A	20 HZ/50 A	20 HZ/100 A	35	0.222	铸坯	0.020(0.231~0.201)	中心
							材(Φ110)	0.013(0.226~0.213)	中心

表3 电磁搅拌方式对轧材中心疏松、方框形偏析评级分布频率的影响

Table 3 Effect of EMS mode on rating and distribution of centre porosity, square segregation of rolled product

工艺 条件	中心疏松,级/%			偏析,级/%			备注
	1.0	1.5	2.0	1.0	1.5	2.0	
原工艺	58.5	26.7	14.8	61.6	28.7	9.7	
新工艺	93.2	5.3	1.5	89.4	9.6	1.0	
试验5	91.8	8.2	0	93.5	5.7	0.8	试验炉数较少

轧材碳含量极差由0.05%降至0.02%,轧材中心疏松2.0级的出现频率由14.8%降至1.5%,2.0级方框形偏析的出现比率由9.7%降至0.8%。

参考文献

- 李国忠,陈峰,陈伟庆,等. M-EMS 对中碳钢连铸方坯碳偏析的影响. 炼钢,2008,24(1):40
- 刘国平,吴耀光,吴建平,等. 结晶器电磁搅拌对圆坯质量影响的研究. 钢铁,2008,20(9):53
- 李春龙,姜茂发,王宝峰. 组合电磁搅拌对连铸大方坯内部质量的影响. 东北大学学报(自然科学版),2003,24(7):629

曹红福(1965-),男,高级工程师,1988年重庆大学毕业,汽车用钢的新产品研发。

收稿日期:2009-09-09