

Φ500 mm 大圆坯连铸机的生产实践

张志宏^{1,2} 刘伟平² 李国光² 成国光¹

(1 北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083; 2 承德建龙特殊钢有限公司,承德 067201)

摘要 20钢(0.19%~0.23% C)Φ500 mm 铸坯的生产流程为70 t转炉-LF-VD-Φ500 mm 大圆坯连铸机。从机械设备和二冷参数等方面进行研究和优化。第1次生产试验连续浇铸8炉20钢,采用的优化工艺包括使用专用结晶器保护渣,控制过热度25~35℃,拉速0.30 m/min,比水量0.14 L/kg,结晶器电磁搅拌400 A/1.5 Hz等。检验结果表明,铸坯表面无可见冷疤、鼓肚等缺陷,中心缩孔0.5级,中心疏松1级,碳偏析≤1.12,钢中氧含量≤ 15×10^{-6} ,氮含量≤ 65×10^{-6} ,达到设计要求。

关键词 Φ500 mm 圆铸坯 试生产 20钢 生产实践

Production Practice of Continuous Casting of Φ500 mm Heavy Round Bloom

Zhang Zhihong^{1,2}, Liu Weiping², Li Guoguang² and Cheng Guoguang¹

(1 School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083; 2 Chengde Jianlong Special Steel Co Ltd, Chengde 067201)

Abstract The production flow sheet for Φ500 mm casting bloom of 0.20% C steel (0.19%~0.23% C) is 70 t BOF-LF-VD-Φ500 mm heavy round caster. The study and optimization work on mechanical equipment and process parameters including secondary water cooling parameter have been carried out. In first pilot production with continuous casting 8 heats of 0.20% C steel, the optimizing parameters including using special mold powder, controlling liquid overheating extent 25~35℃, casting speed 0.30 m/min, secondary water rate 0.14 L/kg, mold electromagnetic stirring 400 A/1.5 Hz are used. The examination results show that the bloom surface has not visible defects including bulging, feather defect; the rating of center line shrinkage is 0.5 and the rating of center porosity is 1, the carbon segregation is ≤1.12, and the oxygen content in steel ≤ 15×10^{-6} , nitrogen content in steel ≤ 65×10^{-6} to meet the requirement of design.

Material Index Φ500 mm Round Casting Bloom, Pilot Production, 0.20% C Steel, Production Practice

承德建龙新建达涅利5机5流大圆坯连铸机,年产量100万t,2011年1月投产,生产Φ300 mm基础上,借鉴其它钢厂的生产经验^[1-3],对大圆坯连铸的工艺和设备进行优化,3月初成功连浇生产20钢Φ500 mm 圆坯8炉,经检验质量达到设计要求。

1 工艺流程

生产20钢大圆坯的基础是控制好转炉熔炼、LF精炼、VD真空精炼,使钢水成分和温度满足连铸浇钢要求,保证钢水的可浇性。20钢化学成分见表1,大

表1 20钢化学成分/%

Table 1 Chemical composition of 0.20% C steel /%

项目	C	Si	Mn	P	S	Alt
国标	0.19~0.23	0.17~0.35	0.50~0.65	≤0.025	≤0.025	0.005~0.040
内控	0.20~0.22	0.23~0.28	0.53~0.63	≤0.020	≤0.015	0.008~0.035
目标值	0.21	0.25	0.58	≤0.015	≤0.010	0.015

注:其它元素(/%):Cr≤0.25,Ni≤0.25,Cu≤0.20,Mo≤0.10。

表2 大圆坯连铸机主要参数

Table 2 Main parameters of heavy round bloom caster

项目	参数
铸机流数	5
流间距/mm	1 900
弧形半径/m	14
中间包液面/mm	工作液面900,溢流高度1 020
中间包质量/t	39
圆坯断面/mm	Φ500
结晶器冷却水量/(L·min ⁻¹)	4 200
水缝/mm	4
铜管/mm	长度780,双锥度
铸流保护浇注	SEN 氩封保护
外置式电磁搅拌 M-EMS	400 A/1.5 Hz
振动行程/mm	3.5
拉速/(m·min ⁻¹)	0.35
二冷区	足辊段:纯水;移动段:气雾; 固定段:气雾
拉矫机	3点矫直R14/19/34 m,每流5架

圆坯连铸机主要参数见表2。

主要工艺路线:混铁炉→70 t转炉→70 t LF→70 t VD→Φ500 mm 圆坯连铸机(全保护浇注、结晶器电磁搅拌)→精整→检验入库。

2 Φ500 mm 大圆坯生产工艺优化

2.1 大容量深熔池中间包

T 型大容量的中间包容量 39 t, 工作液位 900 mm。在 T 型口的挡墙可将钢水注流区与塞棒工作区域隔开, 既可以稳定中间包塞棒区域的钢液面, 钢水在中间包停留时间在 10 min 以上, 有利于夹杂物的上浮, 稳定了中间包的浇注条件。

2.2 恒拉速、低过热度浇注

拉速不稳定, 易造成钢水液面波动卷渣, 同时二冷水量的不稳定, 影响铸坯内部质量。通过采用塞棒自动控制系统, 控制各铸流 Φ500 mm 拉速的恒定在 0.30 m/min, 保证了铸坯内部质量。

通过加强钢包周转管理, 强化烘烤措施, 钢包加盖等措施, 减少钢包温降。中间包钢水过热度控制在 25 ~ 35 °C。过热度若超过 30 °C, 适当降低拉速可减轻机械应力, 增加坯壳厚度, 缩短液芯长度和减少铸坯内裂纹。

2.3 全程保护浇注

为了减少钢水温降和钢水二次氧化, 采用全程保护浇注措施, 钢包长水口吹氩密封, 浸入式水口等增加纤维密封垫, 减少水口接缝吸气。中间包采用碱性覆盖剂和结晶器保护渣使钢水处在无氧化保护浇注状态, 有利于减少温降和促进夹杂物的上浮吸收。

2.4 结晶器总成和 MEMS 特性

结晶器总成是设计核心, 特别是结晶器水缝 4 mm、水流量 4 400 L/min 和冷却水流速 10 m/s 等参数, 铜管上口锥度 2.60%/m, 下口锥度 1.30%/m, 合适参数设计保证了铸坯坯壳和铜管的良好接触, 使得圆坯在结晶器长度方向上热传导均匀, 并在结晶器出口处有足够的坯壳厚度。拉速提高后, 为了保证出结晶器坯壳不漏钢, 结晶器足辊段为纯水强制冷却。

结晶器振动采用高频率小振幅可以减轻振痕、改善铸坯的表面质量。结晶器电磁搅拌 400 A/1.5 Hz, 可以提高铸坯的表面质量和皮下质量, 降低钢水的实际过热, 促进等轴晶的形成。

2.5 专用圆坯保护渣

为提高结晶器内的润滑效果, 分钢种使用填充性高、低碱度型专用结晶器保护渣(表 3), 凝固温度高, 并使用保护渣在线烘烤设施, 将水分控制在 0.4% 以下, 保护渣液渣层达到 10 mm 以上, 有较强的吸附夹杂能力, 可使结晶器内热通波动减小, 防止不均匀凝固, 保证足够的渣膜厚度, 可有效提高铸坯的表面质量, 减少钢中夹杂。

2.6 弱冷工艺

采用弱冷工艺能有效减少由于热应力引起的表面裂纹和内部裂纹等缺陷, 弱冷工艺首先要调整结

表 3 Φ500 mm 圆坯结晶器保护渣成分和物理参数

Table 3 Ingredient and physical index of mould shield flux for Φ500 mm round bloom casting

成分/%									R	容重/ (g · cm ⁻³)	熔点/ °C	粒度 (0.15 ~ 1 mm)	粘度/(Pa · s) (1 300 °C)
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O + K ₂ O	F	C _固	H ₂ O					
21.41	15.86	0.97	22.87	5.06	3.48	2.86	8.19	0.30	1.07	0.87	1 240	95%	0.926

晶器冷却水量大小, 增强结晶器内初生坯壳的均匀性, 并与二冷弱冷配合取得事半功倍的效果。

二冷区分为 3 个独立调节的区域, 每个区域由一级自动化或二级自动化系统单独控制, 为确保在冷却过程中铸坯不至于因热应力而产生裂纹, 二冷区足辊段采用纯水冷却, 移动段、固定段采用气雾冷却方式。二冷水量与拉速关系见图 1。

根据浇注断面、拉速和钢种的不同, 确定各区配水量, 整个二次冷却区域保证喷淋水条的对弧精度, 20 钢 Φ500 mm 圆坯比水量在 0.14 L/kg 左右, 固定段基本不喷水, 考虑到热坯对固定段的高温辐射, 采用少量冷却水防止喷嘴的密封 O 型圈烧坏, 铸坯表面回温控制在不超过 80 °C 的范围。

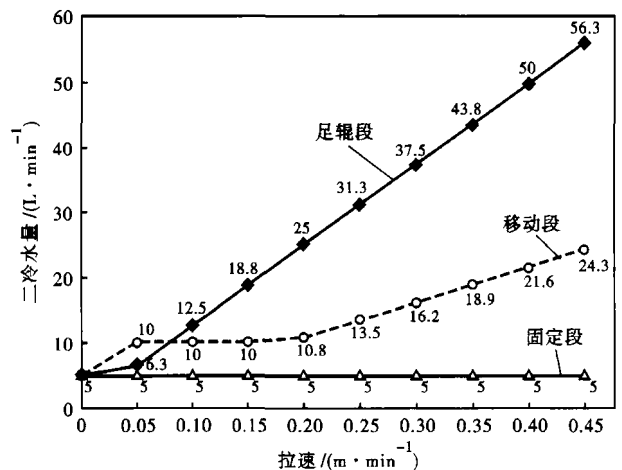


图 1 20 钢 Φ500 mm 圆坯连铸二冷水量与拉速关系

Fig. 1 Relation between secondary cooling water rate and casting speed for 0.20% C steel Φ500 mm round bloom casting

为减少或防止铸坯冷却时在热应力作用下产生裂纹,并保持缓冷效果,出二冷段和拉矫机之间设带保温内衬的隔热缓冷罩。Φ500 mm 二冷参数设定见表4所示。

2.7 拉矫机

为降低大圆坯在矫直过程中固液相界面上形变

引起的应变并减少铸坯表面物理形变,最低的拉速保证进入拉矫机的铸坯表面温度大于 900 ℃,生产 Φ500 mm 圆坯时矫直区段的 5 机架 3 点矫直系统 3 点的半径分别为 14、19、34 m,每架拉矫机压力设定值 14.5 t,保证 Φ500 mm 圆坯拉坯时不下滑,在各架拉矫机圆坯表面温度与拉速关系见图2所示。

表4 20钢 Φ500 mm 圆铸坯的二冷参数
Table 4 Secondary water cooling parameters for 0.20% C steel Φ500 mm round bloom casting

二冷区	冷却方式	长度/mm	喷嘴数量/(排×个)	气压/MPa	最大水压/MPa	水流量/(L·min ⁻¹)	喷嘴类型
足辊段	纯水	300	2×8	-	0.23	最大 56.3	全锥形-椭圆形喷射角 90°/60°
移动段	气雾	1 400	6×6	0.2	0.13	最大 24.3	全锥形-圆形喷射角 45°
固定段	气雾	2 000	6×4	0.2	0.10	5	全锥形-圆形喷射角 60°

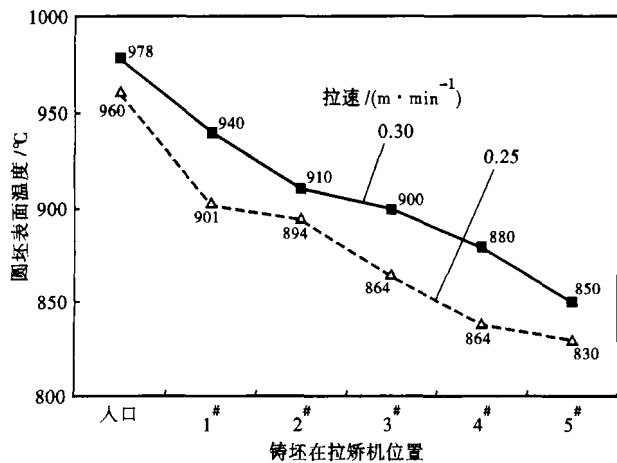


图2 各拉矫机的 20 钢 Φ500 mm 圆坯表面温度与拉速关系
Fig.2 Relation between surface temperature of 0.20% C steel Φ500 mm round bloom at each straightener and casting speed

表5 20钢 Φ500 mm 圆坯低倍检验结果/级
Table 5 Macro-etching examination results of 0.20% C steel Φ500 mm round bloom

炉号	中心裂纹	中间裂纹	皮下裂纹	中心缩孔	中心疏松	皮下气泡
1300550					1	
1300551					1	
1300552					1	
1300553					1	
1300554					1	
1300555					1	
1200703				0.5	1	
1200704					1	

良好状态,使用专用结晶器保护渣,过热度控制在 25 ~ 35 ℃,拉速 0.30 m/min,电磁搅拌 400 A/1.5 Hz,二冷比水量 0.14 L/kg。上述工艺措施为生产高质量大圆坯提供了可靠保障。

3 大圆坯质量分析

连铸机生产 20 钢 Φ500 mm 圆坯连浇 8 炉,铸坯表面无可见的冷疤、鼓肚、孔洞、划痕等缺陷。低倍质量结果见表5。由表5可见,8 炉酸洗低倍组织均未见中心、中间和皮下裂纹和皮下气泡,只有一炉中心缩孔为 0.5 级,其余均无中心缩孔,各炉中心疏松均为 1 级。碳偏析小于 1.12,铸坯 [O] ≤ 15 × 10⁻⁶, [N] ≤ 65 × 10⁻⁶。

4 结论

生产 20 钢 Φ500 mm 圆坯的连铸采用全保护浇注,结晶器液面控制、拉矫机压力、火切机必须处于

参考文献

- 1 卢纯刚,王刚. Φ600 mm 圆坯连铸机改造实践. 现代冶金, 2010, 38(4): 29
- 2 鲁健波,刘忠英,李永寿,等. 圆坯连铸机浇铸 20 钢铸坯的生产实践. 炼钢, 2009, 25(1): 14
- 3 Aasno M, Hirat A, Hayashi H. High Quality and High Speed Casting Technologies for Round Billet Caster. 2007 CSM Annual Meeting Proceedings. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2007, 8: 241

张志宏(1975-),男,博士研究生,工程师,1997年包头钢铁学院毕业,特钢连铸工艺研究及品种开发。

收稿日期:2011-04-18

欢迎订阅 2012 年《特殊钢》杂志

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

全国各地邮局订阅