

湘钢 240 mm × 240 mm 方坯连铸机高效化改造

杨建华

(湘潭钢铁集团有限公司第二炼钢厂, 湘潭 411101)

摘要 通过增加结晶器长度、一次冷却水流量, 采用二冷动态配水、结晶器液面自动控制和结晶器电磁搅拌等改造措施, 湘钢 240 mm × 240 mm 方坯连铸机小时产量由 64.73 t 提高到 84.67 t, 拉速由 0.5 ~ 0.8 m/min 提高到 1.0 ~ 1.1 m/min, 生产的钢种为 20 管坯钢、45 钢、中低压锅炉管用钢、40Cr、20Cr 等。20 管坯最大合格率由 2002 年的 ~60% 提高到 2003 年的 80%。

关键词 240 mm × 240 mm 方坯 连铸 高效化 改造

Revamping of 240 mm × 240 mm Bloom Concaster for High Efficiency at Xiangtan Iron and Steel

Yang Jianhua

(No.2 Steelmaking Plant, Xiangtan Iron and Steel Group Co Ltd, Xiangtan 411101)

Abstract By revamping to increase mould length and first cooling water flow rate, use active supply secondary water, automatic control of mould liquid level and mould electromagnetic stirring, the output per hour of 240 mm × 240 mm concasting bloom increased to 84.67 t from original 64.73 t and casting speed increased to 1.0 ~ 1.1 m/min from 0.5 ~ 0.8 m/min. The casting steel grades were 0.2C steel bloom for tube, 0.45C steel, steel for medium and low pressure boiler tube, steel 40Cr and steel 20Cr etc. The maximum percentage up to standard for 0.20C steel casting bloom for tube increased to 80% in 2003 from 60% in 2002.

Material Index 240 mm × 240 mm Bloom, Concasting, High Efficiency, Revamping

湘钢二炼钢厂现有 1 座铁水预处理站、2 座 80 t 顶吹转炉、1 座 80 t 复吹转炉、2 座 LF、3 台 150 mm × 150 mm 小方坯连铸机、1 台 4 机 4 流 240 mm × 240 mm 大方坯连铸机, 并在 1999 年 6 月实现全连铸生产, 2001 年连铸坯产量达 205 万 t。为优化、调整产品结构, 2002 年 12 月对 240 mm × 240 mm 大方坯连铸机进行高效化技术改造。

1 改造前连铸机工艺状况

湘钢连铸机主要工艺参数:

铸机半径 R/mm	9/17.5
流间距/mm	1 250
冶金长度/m	17.06
结晶器振动频率/次·min ⁻¹	20 ~ 200
结晶器振幅/mm	± 10
平均拉速/m·min ⁻¹	0.7
拉矫机速度/m·min ⁻¹	0.3 ~ 3
每炉浇注周期/min	60 ± 2
2002 年生产能力/万 t	39

生产钢种 20 管坯钢、45 碳结圆钢
湘钢连铸机存在的问题有:

(1) 铸坯质量问题: 铸坯低倍合格率偏低且不稳定, 20 管坯钢低倍合格率为 40% ~ 60%, 其低倍检验缺陷分布为: 边、角裂纹 60%, 非金属夹杂 20%, 皮下气泡 10%, 中心裂纹 8%, 其他 2%。

(2) 拉速偏低, 实际工作拉速为 0.5 ~ 0.8 m/min; 浇注周期长, 达到 60 ± 2 min。导致炉机不匹配, 产能受到限制。

(3) 不能满足质量要求较高的管坯钢、40Cr 等合金钢的生产。

连铸机改造的基本原则为在铸机主体框架和原有土建基础不变的前提下, 遵循先进、高效化的原则, 在技术上采用较成熟的国内先进技术, 以提高铸机拉速, 改善铸坯质量和满足高质量品种钢的生产。

2 连铸机和连铸工艺的改造

2.1 结晶器

结晶器铜管长度从 700 mm 加长到 800 mm, 以增加铸坯在结晶器内的时间, 保证铸坯在出结晶器时有足够初生坯壳, 有利于提高铸机拉速, 并减少铸坯裂纹和脱方。

铜管内腔形状由单一倒锥度改为连续锥度曲线, 总锥度为 0.65%。铜管加长后增加了拉坯阻力, 增加了漏钢的危险, 同时增大了热阻。采用连续锥度曲线铜管, 使铜管内腔形状更接近铸坯实际形状, 更适应钢液在结晶器内的凝固规律, 有利于铸坯与铜管吻合, 减少坯壳与结晶器之间的间隙, 使影响传热效果占 70% ~ 90%^[1] 因素的气隙减至最少, 结晶器的传热效果更好, 保证铸坯坯壳生长的均匀性。

结晶器的传热效果改善, 减轻了铜管的变形和铸坯对铜管的磨损, 提高了铜管通钢量, 由原来的 2 800 t 提高到 8 000 t。

铜管冷却采用窄水缝高精度导流水套, 冷却水缝由 5 mm 减小到 4 mm, 水流速由 8 m/s 提高到 ≥ 10 m/s, 冷却水流量由约 130 ~ 150 t/h 提高到 180 t/h, 保证出结晶器坯壳厚度, 有利于提高拉速。

采用整体不锈钢水套, 防止水套变形, 保证水缝宽度均匀, 光滑不锈蚀, 易于清洗, 且流阻小、强度高, 确保了结晶器内铸坯冷却的均匀性。

结晶器与结晶器振动台装置的连接采用直通方式, 结晶器冷却水自动接通。

结晶器足辊采用螺旋套圈弹性轴承, 防止因足辊变形导致铸坯产生脱方、鼓肚等缺陷, 增加了出结晶器口连铸坯的支撑力, 减少了漏钢。

2.2 结晶器液面自动控制

铸机采用 Cs-137 内装式液面自动控制, 结晶器内钢液面测量精度 $\pm 1\%$, 液面波动控制精度 ± 3 mm。

2.3 结晶器电磁搅拌技术

采用外置式结晶器电磁搅拌。电磁搅拌安装在结晶器足辊段, 保证结晶器铜管 (18 mm 厚) 中心磁感应强度 > 450 Gs。电磁搅拌输出电流 100 ~ 420 A、频率 1.0 ~ 3.5 Hz, 电流和搅拌频率在使用范围内连续可调, 在低频状态下, 功率因素 $\cos(\Phi) > 90\%$ 。使铸坯等轴晶率由改造前 15% 提高到 30% ~ 40% (图 1)。

2.4 振动台

原结晶器的重量和拉坯力使弹簧板受压, 弹

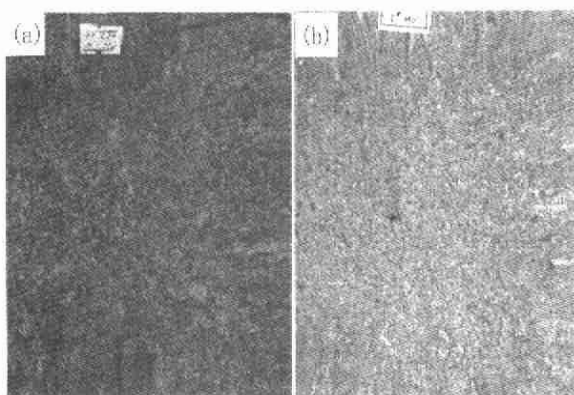


图 1 240 mm × 240 mm 铸坯低倍组织: (a) 未使用电磁搅拌; (b) 使用电磁搅拌

Fig. 1 Macrostructure of 240 mm × 240 mm casting bloom; (a) without using electromagnetic stirring; (b) using electromagnetic stirring

簧板是柔性件, 不能承受压力, 因此在振动时运动稳定性差, 不能满足仿弧运动的要求。

改造后采用板簧作为导向臂, 取消了短臂四连杆机构的两个关节轴承, 提高了振动机构的仿弧精度。增加平衡弹簧, 使振动过程结晶器重量及拉坯阻力得以克服, 减轻了传动机构的偏载。传动振动臂采用异形结构, 以便于足辊电磁搅拌的安装和使用, 方便了一次冷却水在结晶器安装后可以自动接通。

改造后振动频率由 20 ~ 200 次/min 提高到 70 ~ 330 次/min, 振幅由 ± 10 mm 减少为 ± 2.5 mm、 ± 3.5 mm、 ± 4.5 mm, 满足了高频低幅的结晶器振动要求, 达到降低铸坯表面振痕深度指数的目的^[2], 有利于改善铸坯在结晶器内的脱膜状况和铸坯表面质量, 减少了浇注过程中的偏振现象。

2.5 二冷室

原有铸机冷却区分为 2 段, 足辊喷水冷却和二冷气雾冷却; 根据连铸冷却理论和配水操作经验, 在保持原有的 3 排足辊喷水冷却不变的基础上, 二冷气雾冷却区分为 2 段, 并在二冷一段增加支撑辊。

2.5.1 二冷一段

在二冷一段上部与结晶器足辊下部增加 5 排密排辊, 每排密排辊装置由围绕铸坯 4 个侧面的 4 个夹辊组成, 从侧面有效支撑铸坯, 保证结晶器出口铸坯的形状, 防止铸坯鼓肚变形, 减少漏钢事故。密排辊采用螺旋套圈弹性轴承, 有利于克服辊子变形带来辊体不转等设备故障, 优化操作。

优化二次冷却分布, 重新布置喷嘴。原有的

二冷一段冷却有 3 环喷嘴,每环 4 个喷嘴。由于喷嘴少,二次冷却强度不够,铸坯容易变形;各环喷嘴之间的距离布置不合理,足辊为喷水冷却,扇形段为气雾冷却。冷却过程不能满足从上到下由强逐渐减弱的原则,冷却波动大,铸坯表面温度不均匀,回温大,不利于改善铸坯质量和提高拉速。改造后,二冷一段保持气雾冷却,有 5 环喷嘴(每排 4 个喷嘴),随密排辊的布置均匀分布,有利于铸坯均匀冷却,铸坯表面缓慢回温。

2.5.2 二冷二段

原二冷二段为铸坯空冷段,为提高冷却强度,均匀铸坯冷却,延长冷却区。在二冷二段增加铸坯冷却喷嘴,采用气雾冷却,增加铸坯激冷层的厚度,提高铸坯致密度,消除铸坯凝固时产生裂纹,降低矫直时产生铸坯质量问题根源,铸坯在矫直区的温度由改造前的 870 ~ 920 °C 提高到 1 000 ~ 1 050 °C,保证了钢的高温强度和塑性增加达到最大值,防止铸坯脆裂^[3],从而改善铸坯质量,也有利于提高拉速和铸坯的热装热送。

2.5.3 二冷动态配水

原有二冷配水是手动控制,冷却水量不能随中间包温度、拉速变化而动态控制,影响铸坯质量和限制拉速提高。采用二冷动态配水,对于不同钢种、拉速条件下,计算得到二次冷却各段的水量,通过智能仪表可连续的在线控制各冷却段的水量。二冷动态配水是保证铸坯质量稳定、提高拉速的关键,保证了非稳态条件下的铸坯得到均匀的冷却条件,减少了铸坯的温度波动;在浇铸速度等条件稳定不变的情况下,与静态水表控制效果相同。连铸机改造前后的有关参数见表 1。

3 改造效果和存在问题

连铸机经高效化技术改造后,各项技术经济指标得到不同程度的提高,表 2 列出了改造前后的技术经济指标。改造后钢水浇注温度降低 15 ~ 20 °C,转炉的出钢温度、耐火材料消耗相应降低,铸坯质量明显提高,其中 20 管坯钢最高低倍合格率由 2002 年的 65% 提高到 2003 年的 80%。

铸机改造后尚存在的问题:

(1) 铸机改造后,45 碳结圆钢低倍合格率有所提高,但仍然不理想,主要缺陷是裂纹较为突出,铸坯的冷却还需要进一步改进。

(2) 受原料条件影响,铸机作业率还未达到

表 1 连铸机改造前后的有关参数

Table 1 Relation parameters for concaster before and after revamping

项目	改造前	改造后
结晶器铜管长度/mm	700	800
铜管内腔形状	单一倒锥度	连续锥度曲线
一次冷却水流量/t·h ⁻¹	130 ~ 150	180
结晶液面控制	-	Cs-137 内装式自动控制
电磁搅拌	-	外置式电磁搅拌
振动台振动频率/次·min ⁻¹	20 ~ 200	70 ~ 330
振动台振幅/mm	± 10	± 2.5 ~ ± 4.5
二冷一段	3 环喷嘴	5 环喷嘴
二冷配水	手动控制	动态配水

表 2 连铸机改造前后的技术经济指标

Table 2 Technical and economic indexes for concaster before and after revamping

指标	改造前	改造后
年产量/万 t	33.03	42.92
最大单月产量/万 t	3.8	5.02
铸机小时产量/t	64.73	84.67
连铸坯收得率/%	98.15	98.51
连浇炉数/炉	10.08	16.03
连浇时间/h	11.34	15.04
每炉浇注周期/min	58 ~ 62	46 ~ 48
铜管通钢量/t	2 800	8 000
铸坯矫直区温度/°C	870 ~ 920	1 000 ~ 1 050
生产钢种	20 管坯钢、 45 碳结圆钢	20 管坯钢、45 碳结圆钢、 中低压锅炉管、40Cr、20Cr

设计要求,还需要进一步发挥铸机能力。

4 结束语

(1) 实现了铸机的高效化,铸机生产基本满足了炉机匹配,产量及各项经济技术指标得到了提高。

(2) 采用了先进的连铸技术,改善了铸坯质量,达到了扩大连铸品种的要求。

(3) 由于改造后投产时间较短,铸机在生产中还存在一定问题,需要进一步去解决。

参考文献

- 1 蔡开科,潘毓淳,赵家贵.连续铸钢 500 问.北京:冶金工业出版社,2002,129
- 2 陈家祥.连续铸钢手册.北京:冶金工业出版社,1995,879
- 3 蔡开科,程士富.连续铸钢原理与工艺.北京:冶金工业出版社,2002,344

杨建华,男,29 岁,助理工程师。1999 年毕业于华东冶金学院钢铁冶金专业,从事炼钢及连铸工艺研究工作。