

Longitudinal Crack Control of Low Carbon Bainite Steel

Yang Zhao Xiaohui Niu Mingru Li Hongran Li

Angang Sales Company, Yindu District, Anyang City, Henan Province, Anyang, Henan, 455000, China

Abstract

Aiming at the problem of high longitudinal cracks in the production of low-carbon bainite steel by wide slab caster of Anyang iron and steel Co., Ltd, the paper discusses the process parameters from the aspects of molten steel composition, mold flux, mold cooling strength, automatic liquid level control, nozzle insertion depth, and taper, optimization and effective improvement measures have been put forward to reduce the incidence of longitudinal cracks in low-carbon bainite steel, and good results have been achieved.

Keywords

low-carbon bainite steel; longitudinal crack; wide slab

低碳贝氏体钢纵裂纹控制

赵阳 牛晓慧 李明儒 李洪燃

河南省安阳市殷都区安钢销售公司, 中国·河南 安阳 455000

摘要

针对安钢宽板坯连铸机生产低碳贝氏体钢纵裂纹偏高问题, 论文从钢水成分、保护渣、结晶器冷却强度、液面自动控制和水口插入深度、锥度等方面工艺参数的优化, 提出了有效的改进措施, 降低了低碳贝氏体钢纵裂纹的发生率, 取得了良好的效果。

关键词

低碳贝氏体钢; 纵裂纹; 宽板坯

1 引言

中国安阳钢铁公司在生产抗拉 700MPa 级和 800MPa 级高强钢板有 10 年以上的经验, 该钢种的组织为低碳贝氏体, 采用 TMCP 工艺生产, 具有优良的拉伸性能和低温冲击韧性^[1], 多用于煤矿液压支架。2017 年因市场需求大, 作为宽板坯连铸机主要产品, 随着产量的增加, 表面纵裂纹比例在 1%~1.5% 之间, 对于生产和质量影响较大。为了进一步提高产品质量和效益, 论文针对此问题进行全面研究。

2 工艺流程及连铸设备主要参数

2.1 低碳贝氏体钢工艺流程

铁水预处理—转炉—LF 精炼—VD 脱气—宽板坯连铸机。

2.2 低碳贝氏体钢化学成分

安阳钢铁公司生产的低碳贝氏体钢化学成分见表 1。

表 1 低碳贝氏体钢化学成分

元素	C	Mn	P ≤	S ≤	Alt	微量元素
含量 %	0.06~0.08	1.65~1.75	0.015	0.006	0.020~0.045	适量

2.3 铸机的主要设备参数

安钢宽板坯连铸机是完全由 SMS 设计制造的, 直结晶器多点弯曲多点矫直弧形板坯连铸机, 详细参数见表 2。

表 2 宽板坯铸机主要参数

项目	参数
铸机基本弧形半径 /m	6.67
浇注断面 /mm	150 × (1600~3250)
结晶器长度 /mm	950
冶金长度 /m	18.687
拉速范围 /(m/min)	0.2~2.0

3 纵裂纹产生的机理

纵裂纹缺陷是影响铸坯质量的表面缺陷, 理论研究认为纵裂起源于结晶器内, 初生坯壳厚度不均匀, 在坯壳薄的地

【作者简介】赵阳 (1980-), 男, 中国山西沁水人, 本科, 冶金助理工程师, 从事炼钢工艺研究。

方应力集中, 当应力超过坯壳的强度时便产生裂纹, 在二冷室内由于受到强冷作用扩展形成纵裂, 纵裂严重时可能造成裂纹漏钢事故。影响纵裂的主要因素有钢水化学成分、中包过热度、拉速、水口插入深度、保护渣性能、二冷强度、矫直温度等^[2]。

4 低碳贝氏体钢纵裂解决思路

4.1 低碳贝氏体高强钢钢水成分优化

钢水质量是铸坯质量控制基础, 对于低碳贝氏体高强钢而言, 为给连铸创造条件, 需要将碳含量控制到合理水平, 磷、硫、夹杂物等含量降低到适当水平。通过对成分的分析, 找出其合理范围, 并研究综合控制的生产技术。

4.2 低碳贝氏体高强钢保护渣的优化

通过对低碳贝氏体高强钢保护渣的研究, 协调传热与润滑的关系, 设计出低碳贝氏体高强钢保护渣的性能指标, 适应我厂低碳贝氏体高强钢的保护渣。

4.3 低碳贝氏体高强钢连铸工艺技术优化

针对连铸关键工艺参数, 冷却工艺、结晶器液面波动、浸入式水口插入深度和结晶器锥度等方面进行工艺调整对比调整前后的裂纹比例量, 找到影响低碳贝氏体钢表面纵裂的最适合的工艺条件。

5 工艺优化

5.1 钢水窄成分控制

钢中影响表面裂纹成分的主要元素有 P、S、C。对于该厂低碳贝氏体高强钢来说, P: 0.015、S: 0.005 以下, 对铸坯表面裂纹影响较小。当碳含量在 0.08%~0.09% 范围内, 钢水在凝固过程中发生 $\delta \rightarrow \gamma$ 的相变并伴随包晶反应, 易产生表面纵裂。所以, 对于低碳贝氏体高强钢来说, 纵裂产生的根本原因是钢中 C 成分处于包晶区。为了满足力学性能的要求, 低碳贝氏体高强钢要求控制在 C: 0.06~0.08; 为了保证铸坯表面质量要求, 严格要求炼钢岗位操作工做到窄成分控制, 低碳贝氏体高强钢目标碳含量在 0.05~0.07 尽量控制在下限。

5.2 低碳贝氏体高强钢用保护渣性能研究

5.2.1 保护渣与表面裂纹的关系

铸坯表面纵裂起源在结晶器内, 因此保护渣的性能是

影响板坯表面纵裂的主要因素, 加入结晶器的保护渣熔化后, 均匀、连续、稳定流入结晶器壁与坯壳之间是防止板坯产生纵裂的重要条件, 保护渣的不均匀流入会恶化铸坯表面质量, 甚至造成坯壳与结晶器铜板之间的粘结。保护渣单耗过多或过少时, 铸坯表面纵裂发生率增加。研究表明, 保护渣熔化不均匀、粘度过大或过小, 都会导致铸坯坯壳和结晶器壁之间的渣膜不均匀, 其不均匀性不仅会导致摩擦力的增加, 而且会导致坯壳冷却不均匀, 造成初生坯壳厚度不均。

5.2.2 保护渣的碱度和粘度

保护渣的碱度和粘度对纵裂都有明显的影响: 保护渣的碱度对导热性能影响明显, 碱度小于 1.0 时, 渣玻璃性强, 导热性好, 在同样的拉速下, 热流增大, 坯壳生长快, 易出现厚度不均而产生裂纹, 因此这种碱度的保护渣多用于裂纹不敏感的低碳贝氏体高强钢; 碱度大于 1.0 时, 渣析晶率高, 渣膜的导热性差, 相应结晶器热流会低一些, 对控制裂纹的产生有利, 这类保护渣多用于低碳贝氏体高强钢和微合金钢。另外, 当粘度较高时, 保护渣消耗量降低, 渣膜厚度减薄, 厚度不均匀, 容易产生纵裂。为了控制低碳贝氏体高强钢表面质量缺陷, 首先需要与之相适应的保护渣。

保护渣型号以及性能的选择。与某保护渣公司的技术人员进行技术交流, 确定选用 A、B 型号保护渣作为低碳贝氏体高强钢保护渣其理化性能指标见表 3。

保护渣: 低碳贝氏体高强钢纵裂的产生与保护渣的导热性和渣膜厚度密切相关, 选择合适的低碳贝氏体高强钢保护渣特别重要, 根据低碳贝氏体高强钢的特点, 应选择高碱度、低粘度的保护渣, 以达到良好的传热特性和润滑效果, 实现一定厚度均匀的铸坯坯壳。

由于公司没有合适的仪器对保护渣进行检验, 只能通过以下措施管控:

第一, 保护渣厂家的质保书参数参照值(见表 3)比较(碱度、粘度、熔点等)和现场使用保护渣的几个参数(液渣层厚度、消耗量、保护渣熔化状态)进行评估。

第二, 新批号的低碳贝氏体高强钢保护渣坚持先进行试用, 试用效果满足现场使用要求后在进行扩大使用。

5.3 结晶器冷却水水量与二次冷却水水量的优化

结晶器冷却水与二次冷却水对初生坯壳生长的均匀性也很重要。结晶器水量过强, 很容易使得初生坯壳过厚, 导致

表3 低碳贝氏体高强钢保护渣参数参照值

项目	SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	F	C	水分	碱度	粘度	熔点
A	30.92	41.76	1.2	3.12	0.4	0.1	6.47	0.1	8.16	5.2	0.06	1.35	1.37	1196
B	29.6	40.3	1.52	3.7	0.47	0.07	7.1	0.12	8.36	6.68	0.08	1.36	1.27	1176

冷却水与铸坯表面传热不均,是凹陷和裂纹的诱发原因之一。因此,有必要对结晶器冷却水量和进行优化。通过现场试验结晶器水量控制在 5000 ± 200L/M, 能够满足铸坯表面质量要求。

5.4 液面波动和浸入式水口插入深度确定

碳含量 0.08~0.09% 的低碳贝氏体高强钢在凝固过程中发生包晶转变, 伴随约 0.38% 的体积收缩, 使保护渣流入不均匀, 结晶器传热不均衡, 坯壳比较薄弱, 而且生长不均匀。铸坯出结晶器后在导向段内运行, 钢水静压力导致铸坯在相邻两个辊子中间产生鼓肚, 鼓肚铸坯经过下一对辊子时被压缩, 内如此产生泵吸效应, 导致结晶器液面上下波动, 由于低碳贝氏体高强钢铸坯坯壳的不均匀性, 坯壳较厚和较薄铸坯壳鼓肚量不相同。结晶器液面控制系统会提高塞棒位置, 向结晶器充填钢水。同时随拉坯进行, 鼓肚区域到两个辊子中间被压缩, 液相穴内钢水也向结晶器内填充钢水, 使液面迅速上涨, 使结晶器内坯壳生长更不均匀。如此反复, 使结晶器液面波动迅速加剧, 通过优化钢水成分, 可以稳定结晶器液面, 保证连铸生产顺行和铸坯质量稳定^[3]。

浸入式水口插入深度直接影响到钢水在结晶器的流场的状态, 钢水结晶器内的钢水流动状况直接影响着连铸机的生产率和铸坯质量, 好的钢液流动形态是提高铸坯质量的关键。水口侧孔射流与结晶器的窄面碰撞后分成上、下两股, 并且分别形成上、下回流区。上回流区主要影响着液面的波动、渣层的覆盖情况、卷渣程度等, 而下回流区主要影响铸坯的热中心位置和夹杂物的上浮等。水口尺寸形状一定的状况下, 水口的插入深度对铸坯表面质量影响较大。通过现场试验和试验数据的统计分析, 浸入式水口插入深度为 130~180mm, 能够满足质量要求^[4]。

5.5 结晶器锥度值的优化及控制

如果结晶器锥度不合适, 尤其当锥度较小时, 结晶器内

坯壳窄面传热不足, 窄面温度较高, 此时在坯壳的宽面宽度方向会形成热应力, 当该应力超过坯壳的允许值时, 就会导致表面纵裂纹的产生。通过现场调整锥度和数据显示, 低碳贝氏体高强钢的锥度调整控制在 1.2%~1.25% 能够满足铸坯质量要求。

6 取得的效果

通过优化以上工艺措施低碳贝氏体钢取得的效果:

第一, 低碳贝氏体高强钢质量有所提升。低碳贝氏体高强钢表面质量的控制方面, 低碳贝氏体高强钢从攻关以来, 1—10 月份裂纹比例控制在 0.51%, 见图 1。

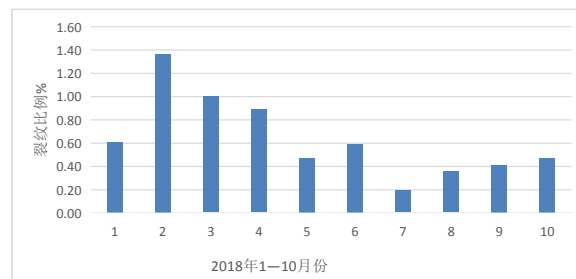


图1 1—10月裂纹比例图

第二, 低碳贝氏体高强钢表面裂纹比例的降低, 为公司炉卷线创造了可观的效益。2017 年低碳贝氏体高强钢裂纹比例为 1.18%, 2018 年 1—10 月份此系列钢的裂纹比例为 0.51%, 裂纹比例下降了 0.67%。

参考文献

[1] 孙斌. 含硼低成本低碳贝氏体钢焊接性能研究 [J]. 河南冶金, 2016, 24(3): 25-27.
 [2] 卢盛意. 连铸坯质量 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1993.
 [3] 冯捷, 史学红. 连续铸钢生产 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 2005.
 [4] 朱志远, 王新华, 王万军. 亚包晶钢板坯表面纵裂及影响因素 [J]. 连铸, 2000(6): 31-36.