

Q235B 钢带纵裂缺陷分析

胡所军, 刘广涛, 尚秀廷, 穆鹏, 杜岳明

(内蒙古包钢钢联股份有限公司制造部, 内蒙古包头 014010)

摘要: 纵裂缺陷是薄板厂 CSP 生产线生产 Q235B 钢带的主要缺陷。通过对热轧钢带纵裂缺陷的产生原因进行分析, 结合 CSP 生产线实际情况, 对产生纵裂的工艺控制点进行相关性分析, 总结归纳出恢复相关设备精度、合理使用保护渣、提高结晶器进出水温差等措施, 有效的降低了 Q235B 钢带纵裂缺陷率, 提高了热轧钢带的合格率。

关键词: CSP; 纵裂; 进出水温差

中图分类号: TF777.7

文献标识码: B

文章编号: 1009-5438(2023)06-0013-03

Analysis on Longitudinal Crack Defect of Q235B Steel Belt

Hu Suo-jun, Liu Guang-tao, Shang Xiu-ting, Mu Peng, Du Yue-ming

(Manufacturing Dept. of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The longitudinal crack is the main defect of Q235B steel belt manufactured by CSP production line of CSP Plant. Such measures as restore the accuracy of associated equipment, reasonably use casting powder as well as improve temperature difference of water inlet and outlet for crystallizer are summarized through the correlation analysis of process control points causing longitudinal crack by analyzing the causes of longitudinal crack for hot rolled steel belt combining with the actual situation of CSP production line. As a result, the longitudinal crack defect rate of Q235B steel belt is effectively reduced and qualified rate of hot rolled steel belt is improved.

Key words: CSP; longitudinal crack; temperature difference of water inlet and outlet

包钢 CSP 生产线由德国 SMS-DEMAG 公司承担总体设计, 主体设备由 SMS-DEMAG、SIEMENS、LOI 等公司成套提供, 于 2001 年 11 月 4 日建成投产, 已经建厂 23 年, 设备老化较严重, 主要存在的问题是两流扇形段对中出现较大偏移, 扇形段一流偏移 8.8 mm, 二流偏移 6.9 mm; 扇形段框架变形量大, 已无法满足在线对中精度要求; 结晶器水箱变形, 导致结晶器和扇形一段对中出现较大偏差。

2022 年包钢 CSP 生产线生产 Q235B 钢带因纵裂降级 10 838 t, 在质量非计划总量中占比最大, 达

到 71.45%; 纵裂异议量为 546.13 t, 在热轧产品异议中占比为 31.5%。2023 年 1 季度 CSP 生产线生产 Q235B 钢带因纵裂降级 2 894 t, 较 2022 年同期增加 2 014 t, 呈现大幅度增加趋势。文章针对包钢 CSP 生产线生产 Q235B 钢带产生的纵裂缺陷, 从化学成分、设备状态、保护渣及生产工艺过程对可能产生纵裂的原因进行剖析, 通过软件分析发生纵裂与工序过程控制因素的相关性, 制定对应的控制措施, 最终使包钢 CSP 生产线生产的 Q235B 钢带纵裂缺陷得到有效控制。

1 纵裂的形成机理

钢水流入结晶器后,钢液在凝固过程中收缩或冷却不均匀,会造成初生坯壳应力集中,冷却较强的部位坯壳较厚,冷却较弱的部位坯壳较薄,结晶器内形成的初生坯壳受到钢液凝固时产生的热应力和组织应力,并在钢水镇静压力的共同作用下,坯壳厚度相对较薄的地方不足以承受这种应力,致使坯壳裂开产生裂纹,形成纵裂纹^[1]。纵裂缺陷形态见图 1。

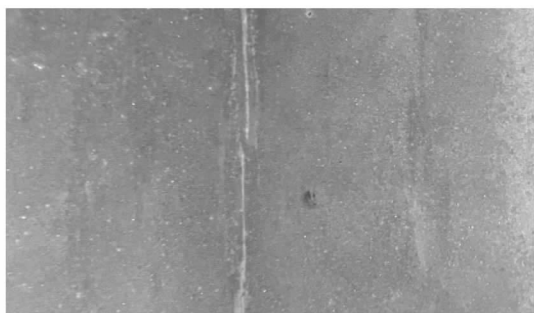


图 1 纵裂缺陷

2 产生纵裂的影响因素

2.1 化学成分

钢水化学成分的控制对铸坯的塑性有很大影响,与纵裂的产生相关^[2]。通过对 C、Mn、P、S 的作用分析发现,钢水 C 含量在包晶区范围内凝固收缩量较大。Mn 是扩大奥氏体区域的合金元素,增加 Mn 含量可使包晶点的 C 含量减小,包晶点向左移动。同时,适当提高 Mn 含量可以提高 Mn/S 比值,减少硫热脆对纵裂的影响。P 是降低钢液表面张力的元素,容易在结晶边界处析出,增加 P 含量可以大幅降低钢液表面张力,从而提高钢的抗热裂纹性能。S 在钢中溶解度很小,与 Fe 形成 FeS,而 FeS 能与 FeO 形成低熔点(985 ℃)的热脆性共晶体,在凝固过程中在晶界处析出,降低铸坯的强度和塑性,极易引发晶界裂纹。

采集 2022 年 9—12 月生产的 Q235B 钢带化学成分,见表 1。

通过软件对钢水成分是否导致纵裂进行相关性分析,得出 C、Si、Mn、P、S 相关性系数 r 接近于 0, P 值大于 0.05,得出钢水成分不是影响钢带纵裂的主要因素,见表 2。

表 1 Q235B 钢带的化学成分

C	Si	Mn	P	S
0.18 ~ 0.20	0.02 ~ 0.12	0.25 ~ 0.35	0.009 ~ 0.025	0.001 ~ 0.009

表 2 化学成分与产生纵裂的相关性

检验项目	相关性系数 r	P 值	判定
C	-0.032	0.214	不相关
Si	0.049	0.061	不相关
Mn	-0.008	0.754	不相关
P	-0.006	0.818	不相关
S	0.028	0.279	不相关

2.2 设备状态

(1) CSP 生产线的结晶器水箱存在变形情况,对铸机的稳定产生较大影响。

(2) 振动器的水平度超差严重,铸机的振动台调整范围有限,且四段销不可调整,线上设备定位基准没有达到设计精度的要求,使铸机出现漏钢情况,导致连铸坯产生纵裂。

(3) 扇形段滑道整体变形严重,导致线下对中台的精度超差严重,出现卡阻扇形段情况。

2.3 保护渣

保护渣性能对铸坯表面质量影响较大,不同保护渣的热流差异较大,而且渣膜结构对热流的控制能力也不同,这会导致不同的保护渣对应不同的纵裂率和漏钢率^[3]。连铸坯产生纵裂时一直使用某厂的普通高热流保护渣,碱度接近中性渣,渣耗有些偏低。低碱度保护渣有较强的传热能力,易引起坯壳的传热不均;较低的渣耗,液渣层相对较薄,当液位稍有不稳,就能引起渣层局部填充滞后或断渣,导致初生坯壳传热不均产生纵裂。

2.4 工艺过程控制

采用适宜的结晶器锥度、长度和铜板材质等,改善结晶器内的传热和凝固条件;合理控制连铸过程中的拉速、过热度、冷却强度等工艺参数,保证铸坯的均匀凝固;合理的二冷区喷水方式、水量分布和冷却速度,以控制铸坯的温度梯度和热应力,可以减少薄板坯纵裂的发生。

采集了 2022 年 9—12 月生产的 Q235B 钢带转炉、精炼、连铸工序主要控制点数据,通过软件对可能导致纵裂的工序控制点逐一进行相关性分析,见表 3。

表3 工序控制点与产生纵裂的相关性

检验项目	相关性系数 r	P 值	判定
结晶器锥度左侧	-0.004	0.874	不相关
结晶器锥度右侧	-0.009	0.723	不相关
结晶器温差(固定侧)	0.095	0	相关
结晶器温差(松动侧)	0.082	0.002	相关
结晶器温差窄边左侧	0.059	0.024	相关
结晶器温差窄边右侧	0.066	0.011	相关
结晶器固定侧水流量	-0.06	0.021	相关
结晶器松动侧水流量	-0.055	0.035	相关
结晶器窄侧左边水流量	-0.016	0.54	不相关
结晶器窄侧右边水流量	-0.041	0.078	不相关
固定侧热流	0.078	0.003	不相关
松动侧热流	0.068	0.009	不相关
结晶器进水温度	0.034	0.198	不相关
结晶器振幅	0.035	0.179	不相关
拉速	0.036	0.168	不相关
二冷水温度	0.015	0.556	不相关
二冷水压力	-0.016	0.548	不相关
弯曲表面温度	0.043	0.098	不相关
拉矫表面温度	0.041	0.117	不相关

由表3可知,结晶器锥度左侧、结晶器锥度右侧、结晶器窄侧左边水流量、结晶器窄侧右边水流量、固定侧热流、松动侧热流、结晶器进水温度、结晶器振幅、拉速、二冷水温度、二冷水压力、弯曲表面温度相关性系数 r 接近于0, P 值大于0.05,得出上述工序控制点不是影响钢带纵裂的因素;结晶器温差(固定侧)、结晶器温差(松动侧)、结晶器温差窄边左侧、结晶器温差窄边右侧、结晶器固定侧水流量、结晶器松动侧水流量相关性系数 r 接近于0, P 值小于0.05,得出结晶器进出水温差与CSP生产线生产的Q235B钢带表面纵裂有强相关性。

3 针对纵裂采取的措施

3.1 设备恢复

(1)中修期间修复了CSP生产线的结晶器水箱。

(2)中修期间西马克人员对两流扇形段进行对中调整,调整一流偏移量至4.3 mm,调整二流偏移量至3.4 mm,两流扇形段对中恢复50%。

(3)通过专业的手段、仪器测量修复了扇形段滑道整体变形情况,提高线下对中台的精度。

3.2 保护渣

生产Q235B钢带开浇使用通宇普通高热流保护渣,拉速达到3.6 m/min后改用通宇Z-9保护渣,减缓结晶器传热,将拉速稳定在3.8~4.0 m/min之间,保持浇注过程中热流稳定。

3.3 工艺过程控制

提高结晶器进出水温差控制目标,一流结晶器进出水温差:固定侧不大于9℃,松动侧不大于9.3℃,窄边左侧不大于8.6℃,窄边右侧不大于7.8℃;二流结晶器进出水温差:固定侧不大于9.3℃,松动侧不大于9.4℃,窄边左侧不大于8.7℃,窄边右侧不大于8.9℃。

4 取得效果

通过上述措施的实施,CSP生产线生产Q235B钢带的表面纵裂得到了有效控制,实施前2023年1—6月份的纵裂率为0.28%~1.71%,平均纵裂率0.93%;实施后7—11月份纵裂率为0.07%~0.25%,平均纵裂率为0.20%,2023年7月份更是创造了历史最好水平的0.07%,见图2。

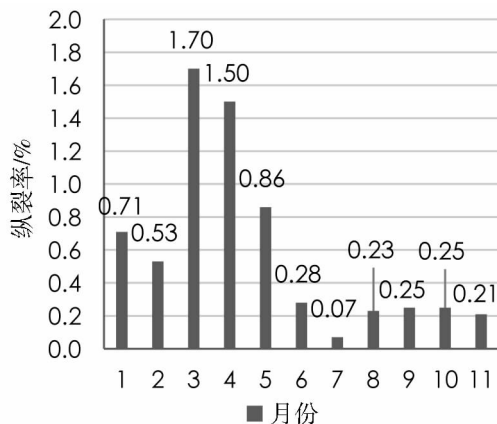


图2 2023年1—11月纵裂率

5 结束语

通过采取恢复相关设备精度、合理使用保护渣、提高结晶器进出水温差等措施,生产实践表明,设备处于良好的运转状态、合理使用保护渣、提高结晶器进出水温差的控制目标,能够使CSP生产线生产Q235B钢带的纵裂得到有效控制,Q235B钢带的纵裂率由0.93%降到0.20%。

参 考 文 献

- [1] 蔡开科. 连铸坯质量控制[M]. 北京:冶金工业出版社,2010.
- [2] 蔡开科. 连续铸钢原理与工艺[M]. 北京:冶金工业出版社,2002.
- [3] 王义芳. CSP薄板坯表面纵裂的影响因素[J]. 钢铁,2006.41(7):25-28.