

梁板钢板坯角部横裂纹控制技术的研究

潘红

(攀钢集团研究院有限公司, 成都 611731)

摘要 针对攀钢 V 和 V-Nb 微合金化低碳梁板钢 200 mm 连铸坯出现角部横裂纹缺陷, 通过综合优化连铸工艺参数- 将结晶器铸坯窄宽面热流比由原先的 0.90 ~ 1.10 降至 0.75 ~ 0.85, 保护渣的粘度由 0.20 Pa · s 降至 0.16 Pa · s, 稳定连铸拉速和连铸机工况条件, 使铸坯角部横裂纹缺陷得到了明显改善, 并消除了由此引起的热轧板卷表面线纹和起皮缺陷, 因梁板钢热轧板卷表面缺陷引起的降级改判率由 30% 降至 0。

关键词 梁板钢 200 mm 板坯 角部横裂纹 连铸 工艺优化

A Study on Control Technology for Transverse Corner Cracks of Concasting Slab of Auto Frame Steel

Pan Hong

(Research Institute Co Ltd, Pangang Group, Chengdu 611731)

Abstract According to transverse corner cracks occurred on 200 mm casting slab of V or V-Nb microalloying low carbon auto frame steels produced at Pangang Steel, with comprehensive-optimized casting process parameters including decreasing the ratio heat flux between narrow side and broad side of slab in mold from original 0.90 ~ 1.10 to 0.75 ~ 0.85, decreasing the mold powder viscosity from 0.20 Pa · s to 0.16 Pa · s, stabilizing the casting speed and working condition of caster, the casting slab transverse corner crack defects significantly reduce and the hot rolled coil lines and peeling defects caused by the transverse corner cracks of slab are eliminated, therefore the percentage of changing criterion or reducing to lower grade caused by surface defects of auto frame steel hot rolled coil decreases to 0 from original 30%.

Material Index Auto Frame Steel, 200 mm Slab, Transverse Corner Cracks, Concasting, Process Optimization

在连铸过程中, 低合金钢由于钢种特性和连铸工艺及设备条件等原因, 常出现角部横裂纹缺陷^[1-5], 并且引起后续轧材的线纹和起皮缺陷。角部横裂纹一般产生在靠近窄面的边部与角部, 垂直于浇注方向, 常常出现在振痕底部。

1 原工艺条件下梁板钢质量存在的主要问题

近年来, 攀钢在生产梁板钢(表 1)过程中铸坯出现了严重的角部横裂纹缺陷, 角部横裂纹通常产生于铸坯振痕的波谷处, 并向铸坯窄面和宽面延伸。对此, 开展了角部横裂纹缺陷治理工作, 对二冷制度进行优化, 采用弱冷方式, 确保拉矫区域铸坯处于较高温度区(980 ℃以上), 避开温度脆性区, 使梁板钢铸坯角部横裂纹缺陷得到了有效控制, 但并未清除该缺陷。通过对梁板钢连铸和轧制过程的试验跟踪, 发现试验过程中热轧卷边部线纹和起皮缺陷与连铸坯角部横角裂缺陷对应性很强, 表明连铸坯角部横裂纹缺陷是引起热轧卷表面线纹和起皮缺陷的主要原因。连铸坯严重的角部横裂纹缺陷引起了较为严重的热轧板卷线纹(图 1a)和起皮缺陷(图 1b)。

2 生产工艺及参数

2.1 生产工艺

表 1 510L 和 590L 梁板钢化学成分 / %

Table 1 Chemical composition of auto frame steel 510L and 590L / %

| 钢种 | C | Si | Mn | P | S | V | Nb |
|------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|-------------|-------------|
| 510L | 0.07 ~ 0.12 | 0.15 ~ 0.30 | 1.05 ~ 1.25 | ≤ 0.025 | ≤ 0.015 | 0.06 ~ 0.10 | - |
| 590L | 0.05 ~ 0.10 | 0.15 ~ 0.35 | 1.40 ~ 1.60 | ≤ 0.025 | ≤ 0.010 | 0.06 ~ 0.10 | 0.02 ~ 0.05 |

攀钢梁板钢的生产工艺: 高炉铁水 → 铁水脱硫 → 120 t 转炉 → LF 精炼 → 板坯连铸 → 热轧。

2.2 相关工艺参数

连铸工艺及铸机设备参数见表 2。中间包容量为 45 t, 浇铸梁板钢过热度 20 ~ 40 ℃, 二冷比水量 0.45 L/kg, 热轧板厚 3 ~ 8 mm。

3 铸坯角部横裂纹影响因素及控制技术

3.1 结晶器冷却热流

改善结晶器内坯壳的传热条件, 促进坯壳均匀生长, 是防止角部横裂纹产生的关键。连铸过程中结晶器内铸坯窄面冷却热流与宽面冷却热流的比值是衡量一冷制度的重要指标, 对铸坯表面质量的控制有至关重要的作用。

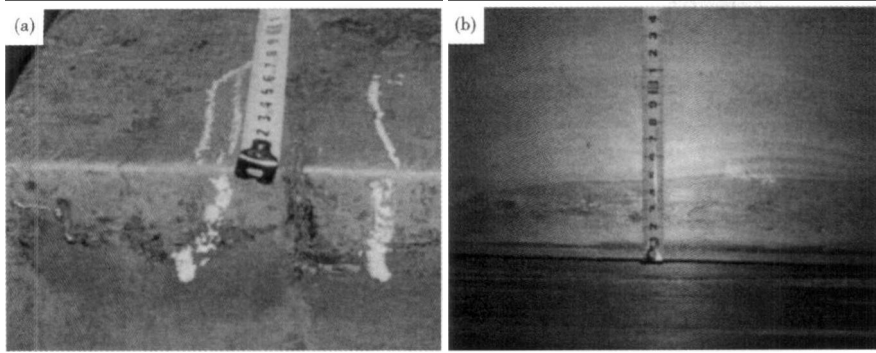


图 1 铸坯角部横裂纹缺陷和热轧板卷表面线纹(a)和起皮缺陷(b)形貌
Fig. 1 Morphology of surface lines (a) and peeling (b) defects on hot rolled coil caused by transverse corner cracks of slab

对应的铸坯窄宽面热流比为 0.90 ~ 1.10。对此,优化了结晶器冷却制度,使铸坯窄宽面热流比降至 0.75 ~ 0.85。由图 3 可见,优化结晶器冷却制度,控制合理的铸坯窄宽面热流比可有效减轻、甚至消除梁板钢铸坯角部横裂纹缺陷,铸坯表面无清理率为 100%。

3.2 结晶器保护渣

通过试验对比研究了不同保护渣对铸坯角部横裂纹

表 2 板坯连铸机主要参数
Table 2 Main parameters of slab caster

| 项目 | 参数 |
|-----------------------------|---------------------|
| 机型 | 直弧形 |
| 机/流数 | 1 机 1 流 |
| 断面/mm | 200 × (750 ~ 1 350) |
| 弯曲、矫直方式 | 连续 |
| 拉速/(m · min ⁻¹) | 1.0 ~ 2.0 |

表 3 梁板钢铸坯左右两侧角部横裂纹统计
Table 3 Statistics of transverse corner cracks on left-side and right-side of casting slab of auto frame steel

| 工况 | 左侧热流/宽面热流 | 角横裂个数 | 右侧热流/宽面热流 | 角横裂个数 |
|-----|-------------|-------|-------------|-------|
| (a) | 0.90 ~ 1.10 | 35 | 0.75 ~ 0.85 | 9 |
| (b) | 0.75 ~ 0.83 | 10 | 0.85 ~ 1.00 | 29 |

图 2 为铸坯两窄面与宽面的热流比,其中图 2 (a)和图 2 (b) 分别表示在不同结晶器冷却工艺条件下计算得到的窄宽面热流比,在此窄宽面热流比条件下,梁板钢铸坯(定尺为 11 m)左右两侧角部横裂纹统计见表 3。

从图 2 和表 3 可知,梁板钢铸坯角部横裂纹缺陷程度与铸坯窄面热流与宽面热流的比值对应性非常强,在连铸过程中,铸坯窄面热流与宽面热流之比越大,铸坯角部横裂纹缺陷就越严重,因此保证合理的窄宽面热流比对于控制铸坯角部横裂纹缺陷非常重要。

梁板钢铸坯批量生产出现角部横裂纹缺陷所

缺陷的影响,优化前后的保护渣成分及性能指标见表 4,铸坯角部横裂纹缺陷情况亦见表 4。试验结果表明,通过优化调整梁板钢用结晶器保护渣成分,降低其粘度,有利于改善结晶器内凝固坯壳与结晶器壁之间的润滑性能,并很好地控制传热,坯壳生长均匀,减小应力,从而减轻或消除铸坯角部横裂纹缺陷的产生和扩展。

3.3 拉速

通过对连铸过程拉速有较大波动和稳定拉速条件下梁板钢铸坯角部横裂纹缺陷情况进行统计分析如表 5 所示。由表 5 可知,稳定拉速对于控制梁板钢角部横裂纹缺陷作用显著,当拉速稳定时,有利于结晶器内钢水液面的稳定控制,使保护渣液渣均匀

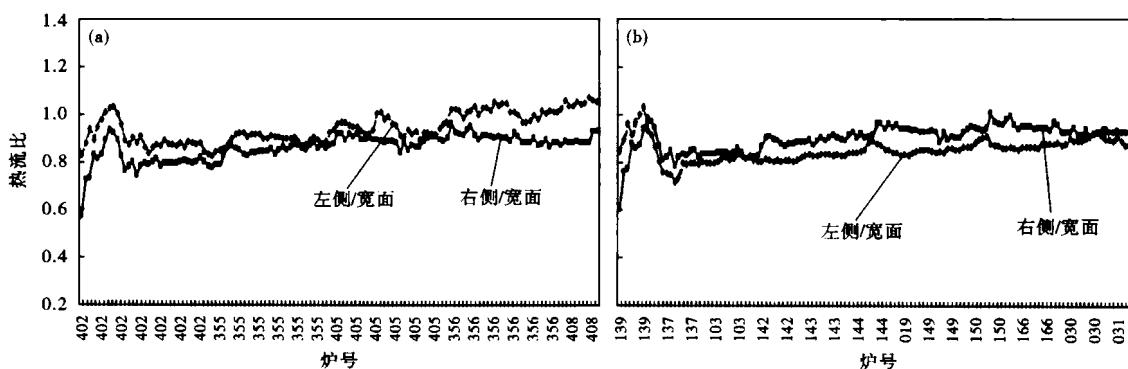


图 2 铸坯左右两侧与宽面的热流比,工况(a)(b)见表 3
Fig. 2 Ratio of heat flux on lift-side and right-side of slab at working condition (a) and (b) (table 3)

稳定地流入坯壳与结晶器壁的间隙,改善弯月面区域传热的均匀性,使初生坯壳均匀稳定生长,增强抵抗变形能力,从而抑制裂纹的产生和扩展。

3.4 连铸机工况条件

连铸机工况条件,例如结晶器振动、一冷系统、二冷喷嘴、扇形段、辊缝开口度、辊间距、对弧状态等对铸坯质量具有重要影

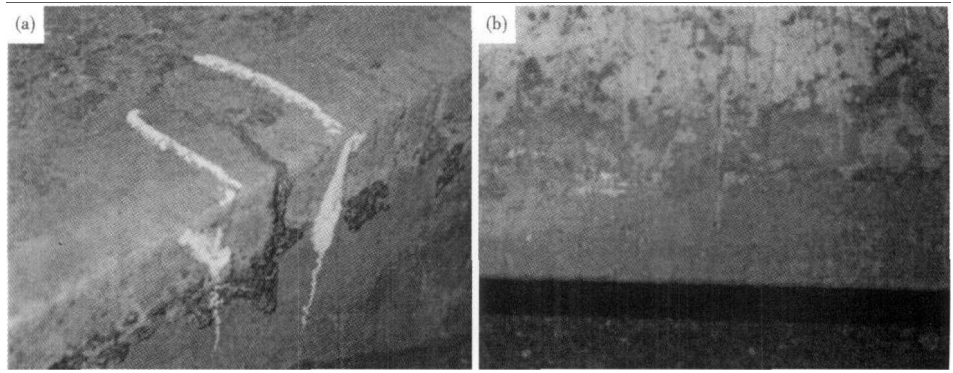


图 3 优化前(a)和优化后(b)梁板钢铸坯角横裂情况

Fig. 3 Condition of transverse corner cracks of slab of auto frame steel before optimization (a) and after optimization (b)

表 4 优化前后保护渣成分和性能以及对铸坯角横裂纹的影响

Table 4 Ingredient and properties of mold powder and effect on transverse corner cracks of slab before and after optimization

| 工艺 | 成分/% | | | | | | | 碱度 | 熔点/ ℃ | 粘度/ Pa·s | 裂纹尺 寸/mm | 铸坯裂纹数量 | |
|-----|--------|------------------|---------|--------------------------------|---|---------|-------------------|------|----------|-------------|-------------|--------|--------|
| | CaO | SiO ₂ | F | Al ₂ O ₃ | Na ₂ O + K ₂ O | C | Li ₂ O | | | | | 左侧 | 右侧 |
| 优化前 | 32 ± 4 | 32 ± 4 | 8 ± 1.5 | ≤ 5 | 6 ± 2.5 | 3 ± 1.5 | 0.8 | 1.02 | 1 056 | 0.20 | 8 ~ 40 | 9 ~ 51 | 9 ~ 45 |
| 优化后 | 32 ± 4 | 31 ± 4 | 9 ± 1.5 | ≤ 5 | 8 ± 2.5 | 3 ± 1.5 | 1.0 | 1.04 | 1 057 | 0.16 | 2 ~ 10 | 3 ~ 18 | 2 ~ 16 |

表 5 拉速波动对铸坯角部横裂纹缺陷的影响

Table 5 Effect of stability of casting speed on transverse corner cracks of slab

| 工艺 | 裂纹尺寸/mm | 铸坯裂纹个数 | |
|------|---------|--------|-------|
| | | 左侧 | 右侧 |
| 拉速波动 | 4 ~ 16 | 3 ~ 11 | 3 ~ 9 |
| 稳定拉速 | 1 ~ 3 | 0 ~ 5 | 0 ~ 6 |

响。在平行辊缝设计条件下,更要保证铸机设备状态的完好程度,以防止铸坯角部横裂纹的产生和扩展。

攀钢在治理梁板钢角部横裂纹缺陷试验中,每个包次试验前后,对结晶器振动、结晶器、二冷喷嘴、扇形段等关键铸机设备进行检查记录,并对辊缝开口度、辊间距、铸机对弧状态等进行检测和优化,对出现的问题及时解决,保证铸机流道质量良好稳定。良好铸机工况条件对试验梁板钢角部横裂纹缺陷的控制起到了重要的作用。

4 轧材质量

通过研究确定的结晶器冷却热流比、保护渣、拉速等梁板钢角部横裂纹缺陷控制技术在攀钢应用后,铸坯角部横裂纹缺陷得到了有效控制,消除了由此引起的热轧板卷表面线纹和起皮缺陷,达到了正品的质量要求,因热轧板卷表面缺陷引起的梁板钢降级改判率由 30% 降至 0。

5 结论

(1) 结晶器内连铸坯窄面冷却热流比对梁板钢连铸坯角部横裂纹缺陷有重要影响,控制窄面热流比为 0.75 ~ 0.85,可有效减轻、甚至消除铸坯角部横裂纹缺陷。

(2) 低粘度结晶器保护渣有利于改善结晶器内梁板钢凝固坯壳与结晶器壁之间的润滑性能;稳定的拉速有利于抑制裂纹的产生和扩展。

(3) 通过优化结晶器冷却窄面热流比和保护渣,稳定拉速和连铸机状况,可明显减轻梁板钢铸坯角部横裂纹缺陷,消除了由此引起的热轧卷表面线纹和起皮缺陷,梁板钢降级改判率由 30% 降至 0。

参考文献

- 1 蔡开科. 连铸坯质量控制. 北京:冶金工业出版社,2010
- 2 常桂华,吕志升,曹东,等. 微合金化钢连铸板坯角横裂纹的影响因素. 鞍钢技术,2006(6):25
- 3 Mintz B. The Influence of Composition on the Hot Ductility of Steels and to the Problem of Transverse Cracking. ISIJ International, 1999, 39(9):8
- 4 Hwang B, Lee H S, Kim Y G, et al. Analysis and Prevention of Side Cracking Phenomenon Occurring during Hot Rolling of Thick Low Carbon Steel Plates. Materials Science Engineering, 2005(8):177
- 5 Dobrovska J, Stransky K, Kavicka F, et al. Analysis of a Transversal Crack in a Steel Slab. Materials Science Forum, 2008(5):105

潘红(1982-),男,硕士,工程师,2008年重庆大学毕业,精炼、连铸工艺技术研究。

收稿日期:2011-05-23