

板坯缺陷遗传相关热卷边部裂纹的识别与控制

裴兴伟*, 朱克然、黄福祥、倪有金、柴光伟、吴友谊

北京首钢股份有限公司迁顺技术中心, 唐山 064400

Identify and Control of the Edge Defects on Hot Coil

Inherited by Slab

Pei Xingwei *, Zhu Keran, Huang Fuxiang, Ni Youjin, Chai Guangwei, Wu Youyi

Beijing Shougang Co., Ltd. Qianshun Technology Center, Tangshan 064400

1. 前言

随着钢轧效率提升、产品质量要求的提高, 首钢股份在部分高碳钢及中碳钢热卷边部出现了疑似铸坯遗传缺陷的波动。日常监控发现缺陷形貌、位置及轻重程度多样。缺陷发生呈现出常态化零星发生及个别生产单元的小批量发生, 因缺陷位置、长度及深度特点产品很难进行修磨修复, 质量损失较大。且因缺陷发生具有不连续的偶发特点, 缺陷溯源及控制出现了较大困难。为解决缺陷的困扰, 我们从缺陷的形貌及发生规律入手开展了研究与控制工作。

2. 典型缺陷的识别与原因分析

2.1. 高碳钢边部缺陷

2.1.1. 高碳钢缺陷钢种特点

统计高碳钢热卷边部缺陷发生有一定的钢种特性规律。从碳含量看缺陷率高的是碳含量 0.40-0.55% 的个别牌号。板卷缺陷严重, 单卷缺陷数量较多。但铸坯角部清理检查难以发现明显的裂纹缺陷。

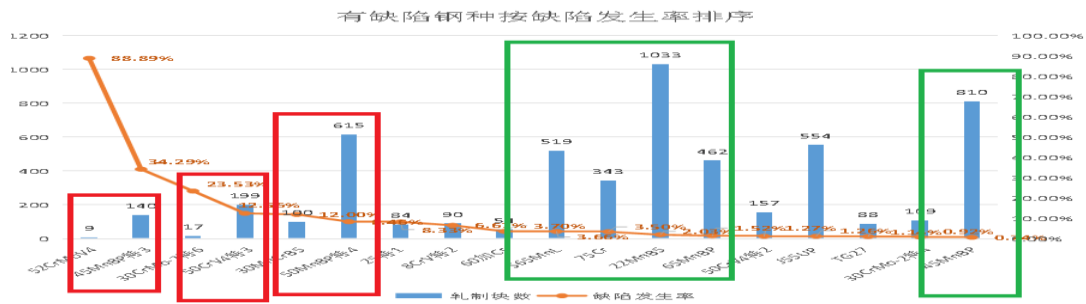


图 1 高碳钢分牌号统计轧制数量及缺陷发生情况

2.1.2. 高碳钢缺陷钢种特点

缺陷实物是明显有一定宽度的严重裂纹, 且在缺陷纵向延长线上正常基体的皮下, 经打磨或切割截面也可发现有掩盖的裂纹缺陷。

对缺陷表面进行分析, 表面有明显的起皮特征, 只有氧化铁而没有发现钢质夹杂元素出现。金相组织分析, 缺陷表面处与正常基体存在显著差别, 缺陷处有明显铁素体增多及拉出形貌的情况。

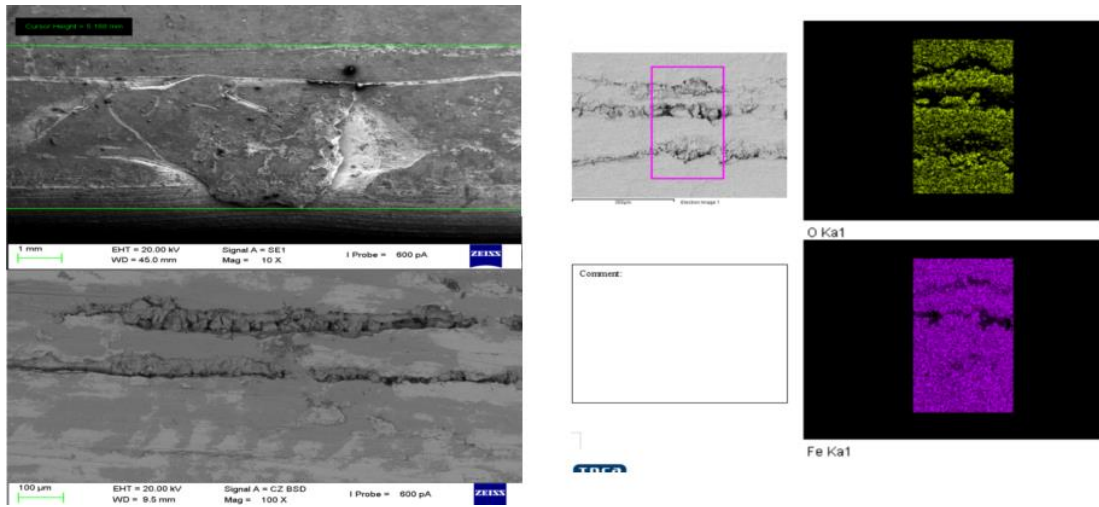


图 2 缺陷表面电镜分析

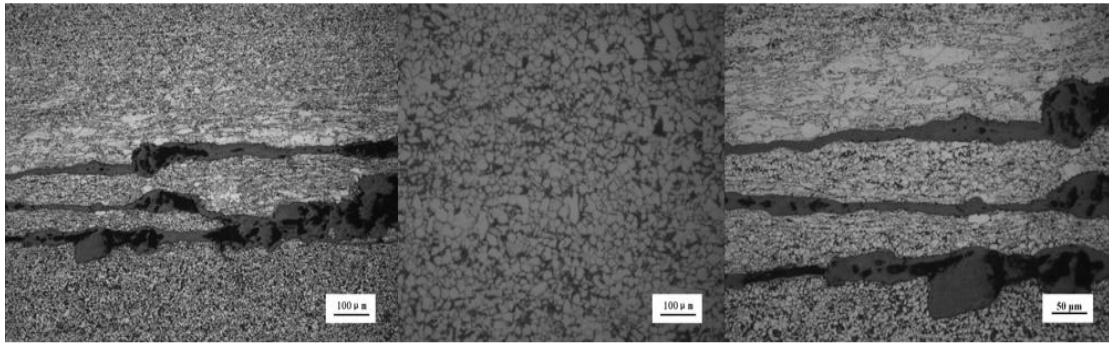


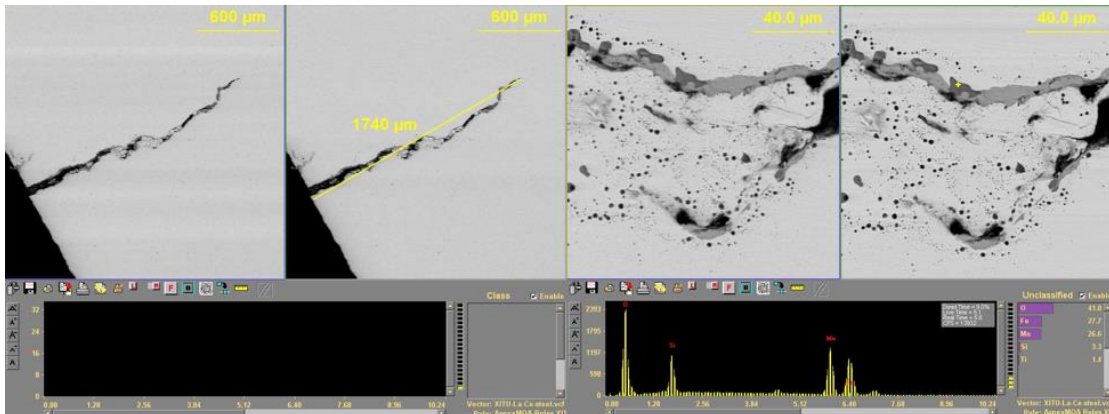
图 3 缺陷表面金相组织分析（中间为正常基体表面）

对缺陷截面进行电镜分析发现缺陷整体深度较深，可达到 200 微米，缺陷主体成分为 FeO,没有发现保护渣成分，没有发现明显的氧化质点。截面金相组织分析存在脱碳现象。

2.1.3. 回炉坯缺陷取样分析

对缺陷集中发生的生产单元，对回炉坯反复检查发现在小倒角铸坯的斜面中心线上存在着难于发现的微小裂纹，裂纹呈纵向，长度 6mm，但缺陷出现频率极低与板卷缺陷存在数量级差距。

对缺陷在电镜下进行观察，发现缺陷向基体延伸约 2mm，缺陷处有大量的氧化质点存在，样品侵蚀后可发现缺陷附近处有疑似贝氏体组织。



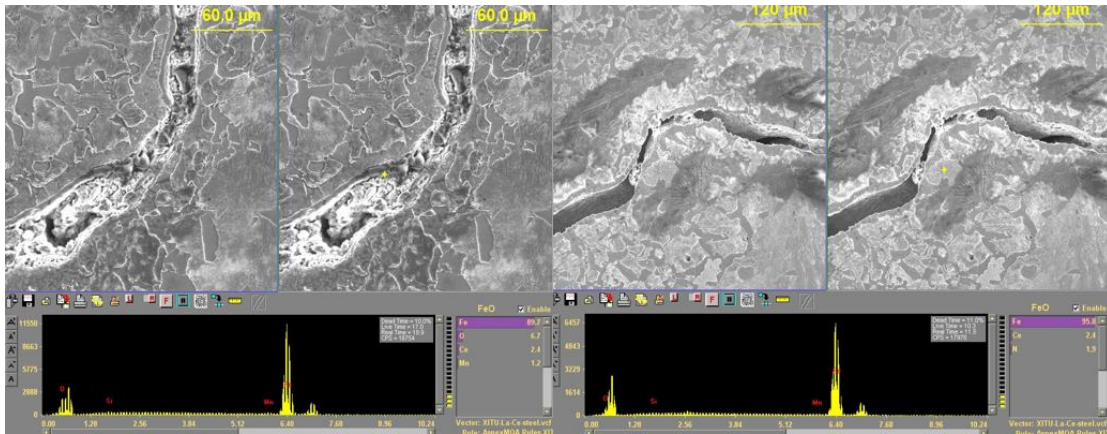


图 4 回炉坯的电镜下微观分析

2.1.4. 缺陷成因分析

为明确缺陷的钢种特性，按照 1℃/S 的冷却速度，对成分相近的典型牌号进行钢的相变过程模拟，通过模拟发现易发生缺陷的钢种在 540℃ 大量生成贝氏体相，至 466℃ 相的比例可高达 69%。

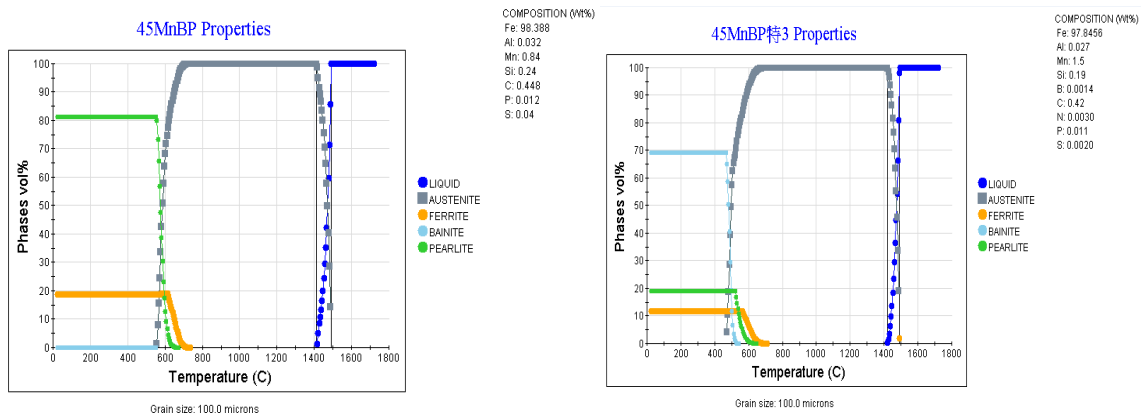


图 5 典型牌号的相变模拟（右侧为易产生缺陷的的牌号）

综合缺陷微观分析及宏观信息，判断在铸坯倒角面铸态组织差异在空冷条件下贝氏体转化导致，这种差异造成了两方面影响，一方面是铸坯微裂纹，此种裂纹有严重的氧化质点；另一方面铸坯没有发生微裂纹，但在加热炉加热过程应力大导致皮下产生封闭裂纹，此种裂纹没有明显的氧化质点，但因加热过程氧的渗透会造成封闭裂纹处脱碳，进而形成缺陷处局部铁素体升高造成轧制缺陷。

3 缺陷影响因素的控制措施

3.1 钢水敏感成分的控制

对铸坯边角部纵向裂纹影响较大的是钢中硫含量，硫含量高不仅影响第二脆性区奥氏体晶界析出，生产实践表明对钢的液固转化也存在显著影响，并直接导致铸坯出现角部纵向裂纹。下图是 SS400 钢种硫含量升高后在 1520-1490℃ 温度区间内对凝固延迟的影响。因此在实际生产中针对裂纹敏感钢种设置硫上限铸坯检查预警是非常必要的。

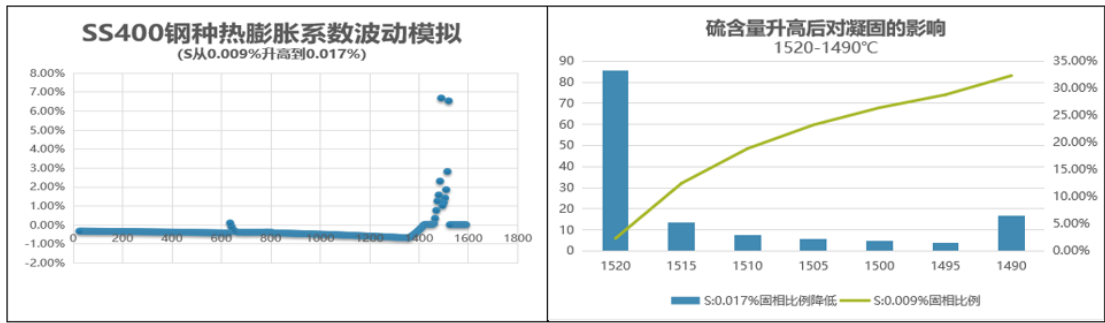


图 6 硫含量升高对钢凝固的影响

3.2 连铸设备精度

- 1) 结晶器锥度的管理，根据上部铜板的磨损规律，针对裂纹敏感性钢种进行动态补偿。
- 2) 增加结晶器内角部及出结晶器窄面的冷却强度，以提高坯壳强度。
- 3) 对结晶器铜板与足辊角度、倒角足辊与大面足辊间隙增加定期测量，确保设备全周期工艺标准的有效执行。

4 结论

铸坯铸态组织不均匀、结晶器初凝坯壳裂纹、结晶器足辊剪切裂纹均可引发热卷边部纵向裂纹，控制这些裂纹的共同之处是要确保铸坯角部在横向及纵向均达到有效强冷的效果，使铸坯与结晶器铜板及窄面足辊的接触处于均匀稳定状态。

首钢股份通过在围绕着凝固均匀性开展了相关研究改进工作，高碳钢及中碳钢铸坯遗传缺陷导致的板卷边部纵裂缺陷得到了有效控制。

参考文献

- [1] 王新华, 赵沛. 中碳亚包晶成分钢连铸坯角横裂的防止对策 [J]. 北京科技大学学报, 1995, 17 (4)
- [2] 朱志远, 王新华, 王万军. 亚包晶钢板坯表面纵裂及影响因素. 连铸, 2000, 6
- [3] 张慧, 杨春政, 周明伟, 等. 包晶、亚包晶类微合金化钢板坯角部横裂纹控制技术开发, 2012 年全国炼钢—连铸生产技术会
- [4] 倪有金;张颖华;李中华;卢春生;亢小敏.迁钢板坯角横裂的影响因素和控制.连铸, 2013, 07
- [5] 俞学成,刘凤刚,马威,倪有金,朱建强,刘国梁.迁钢倒角结晶器的实践与应用.连铸, 2018, 10