

Q345R 钢板延伸不合原因分析及改进

张建坤*, 朱祎姮, 于华, 张凯, 赵康伟

河钢集团邯钢公司, 邯郸 056015

Analysis of Causes of Unqualified Elongation and Improvement of Q345R Steel Plate

ZhangJiankun, ZhuYiheng, YuHua, ZhangKai, ZhaoKangwei
HBIS Group Hansteel Company, HANDAN 056015

1. 前言

锅炉和压力容器用钢 Q345R 广泛应用于压力容器及相关设备的制造。随着石油、化工、电站、锅炉等行业的飞速发展, 不仅对 Q345R 钢板的需求量越来越大, 而且对其性能要求也越来越高。延伸合格率是衡量铸坯轧后性能的一个重要指标, 近期我厂生产的 Q345R 钢轧后出现不同程度的延伸不合现象, 造成了钢板的降级改判, 对我厂生产成本、合同兑现等产生了严重影响。因此, 采用酸浸、金相显微镜等方法对不合格试样进行低倍、断口形貌和金相显微等分析, 找到了延伸不合的原因, 并针对性的提出改进措施, 进一步减轻铸坯中心偏析, 提高铸坯内部质量, 减少延伸不合改判。

2. 原因分析

2.1. 低倍分析

取延伸不合格炉次的铸坯试样, 将其抛光, 用硝酸+盐酸浸蚀, 然后吹干观察其低倍形貌, 发现铸坯中心部位存在断续黑线, 中心偏析评级 C 类 2.0, 如图 1 (a) 所示。

1、断口宏观形貌

图 1 (b) 为试样的拉伸断口宏观形貌, 从图中可以发现钢板试样呈现典型的中心层状撕裂断口, 且在层状断口周围出现明亮带。

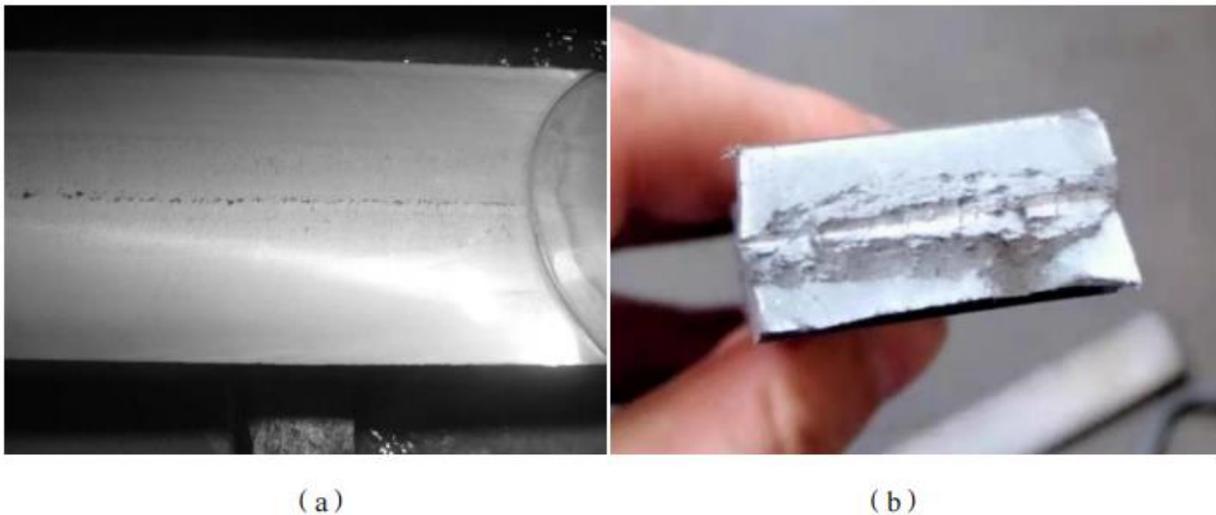


图 1 铸坯低倍及拉伸断口

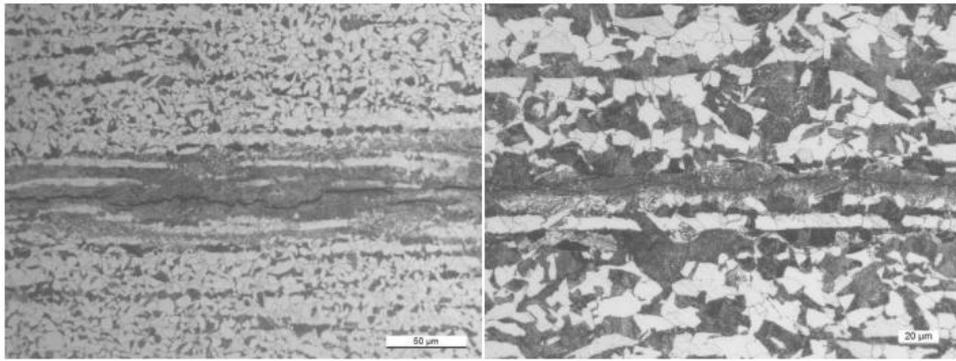


图2 心部金相组织

2.2. 金相组织分析

对试样进行金相试验，发现在钢板厚度中心区域出现明显的带状组织，且钢板心部有裂纹产生，如图2所示。这是因为在轧制过程中，铸坯中心偏析部分组织与机体组织热态延展性不同导致中间部分开裂分层，影响钢板延伸率。

综合以上分析可知，造成我厂 Q345R 延伸不合的主要原因为铸坯存在中心偏析。中心偏析的产生是由于铸坯在凝固过程中，特别是在凝固末期铸坯中心位置碳、锰、硫等易偏析元素的富集。另外扇形段辊缝对弧偏差大，辊子变形，使凝固铸坯产生鼓肚现象，同时铸坯凝固末端压缩量不够，均会造成铸坯中心偏析加重，恶化铸坯内部质量。研究表明减少铸坯的中心线偏析以及使铸坯锰的分布均匀化是减少钢板中心区域珠光体比例和减小珠光体带宽度的有效措施。^[1]

3. 改进措施

针对 Q345R 延伸不合的原因，结合实际生产条件，采取如下改进措施：

3.1. 恒拉速生产

拉速是影响铸坯中心偏析的一个重要因素。拉速越大，铸坯液芯延长，不仅推迟了等轴晶的形核和长大，扩大了柱状晶区，而且增大了铸坯发生鼓肚的危险系数。^[2]目前我厂二冷水量采用的是动态配水，水量随着拉速的变化而变化，连铸生产过程中拉速波动，必定会引起铸坯二次冷却水量的变化，铸坯冷却强度变化也会引起内部中心偏析的产生。因此控制和稳定拉速，实现“恒速浇铸”，既保证了生产组织和工艺的稳定，又保证了二冷水供水的稳定，减少液相穴的变化，有利于减少板坯中心偏析。

3.2. 保证设备精度

扇形段辊缝精度是影响铸坯中心偏析的重要因素之一。弧度、开口度异常都将加剧铸坯的中心偏析。^[3]通过提高扇形段装配精度，保证扇形段精度控制在 $\pm 0.1\text{mm}$ 之内，定期利用辊缝仪检测在线扇形段辊缝情况，根据缝仪检测到的辊缝趋势，结合辊缝标准值调整实际辊缝，从而保证扇形段接弧良好，辊缝值符合工艺要求，减少中心偏析，提高铸坯内部质量，降低铸坯轧后性能不合改判。生产过程中关注扇形段压力，异常情况及时根据标准压力进行调整，从而保证扇形段压力稳定。

3.3. 优化成分，减少 MnS 夹杂影响

经 EDS 分析，延伸不合炉次的试样断口处成分中的锰含量较高，中心处 S、Mn 偏析严重，从而断定此处 MnS 夹杂的数量明显多于其他部位。

因钢中夹杂物与钢板基体的结构不同，其存在破坏了钢板基体的连续性，钢板拉伸时会产生裂纹源，严重影响了钢板伸长率。塑性夹杂物 MnS 在钢板经受加工变形时会沿着钢的轧制方向延伸成条带状，削弱了钢板基体间的结合力，引起钢板的各向异性，尤其是导致钢板 Z 方向抗拉性能变差。在钢板受力拉伸时，在抗拉强度最弱的 MnS 夹杂物与基体交界处形成应力集中，MnS 夹杂物会先于钢板基体分离，无需

大量的塑性变形就产生裂纹源，随后断裂。为了减少钢中锰元素引起的中心偏析，结合铌的细化晶粒作用，降低锰含量的同时采用铌合金化来增强钢板强度。Q345R 优化成分控制范围如表 1 所示：

表 1 Q345R 优化前后成分控制范围（质量分数，%）

项目	C	Si	Mn	P	S	Nb
优化前成分	0.16-0.18	0.20-0.40	1.45-1.55	≤0.020	≤0.008	—
优化后成分	0.16-0.18	0.20-0.30	1.22-1.35	≤0.020	≤0.008	0.011-0.013

4. 效果

通过一系列改进措施后，目前取得以下效果：

（1）铸坯中心偏析 C1.5 以上合格率稳定控制在 95% 以上，并解决了分层现象。优化后铸坯低倍及拉伸断口如图 3 所示。

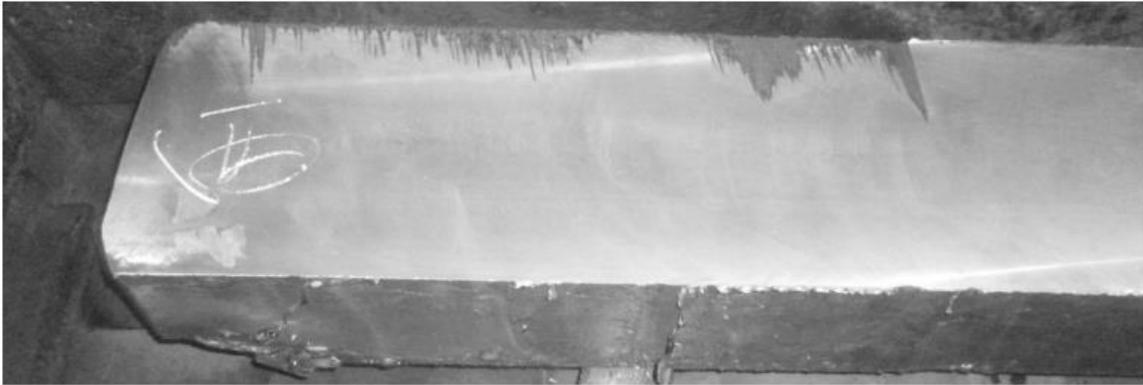


图 3 优化后铸坯低倍及拉伸断口

（2）试样心部金相组织正常，无中心裂纹，如图 4 所示。

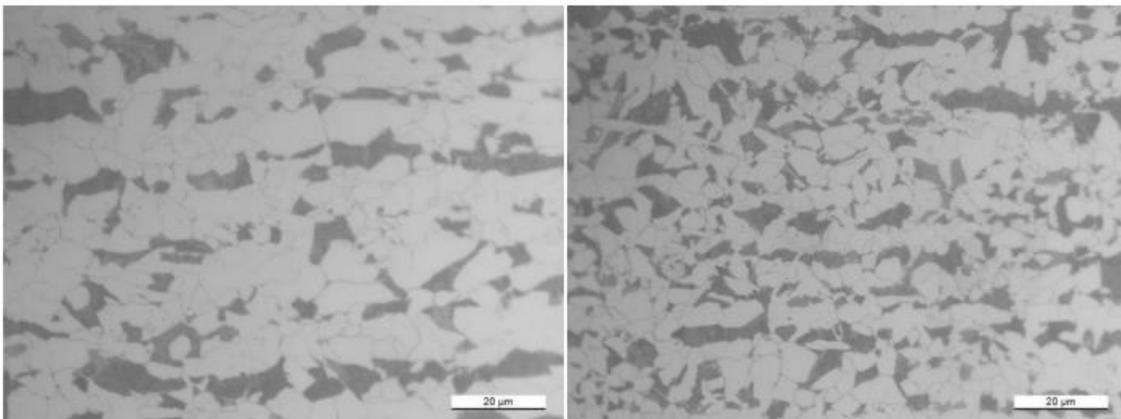


图 4 优化后心部组织

（3）Q345R 容器板延伸合格率达 98% 以上。图 5 为优化前后 Q345R 试样断后延伸率，由图中可以看出不同厚度的钢板试样优化后断后延伸率均大于优化前断后延伸率。

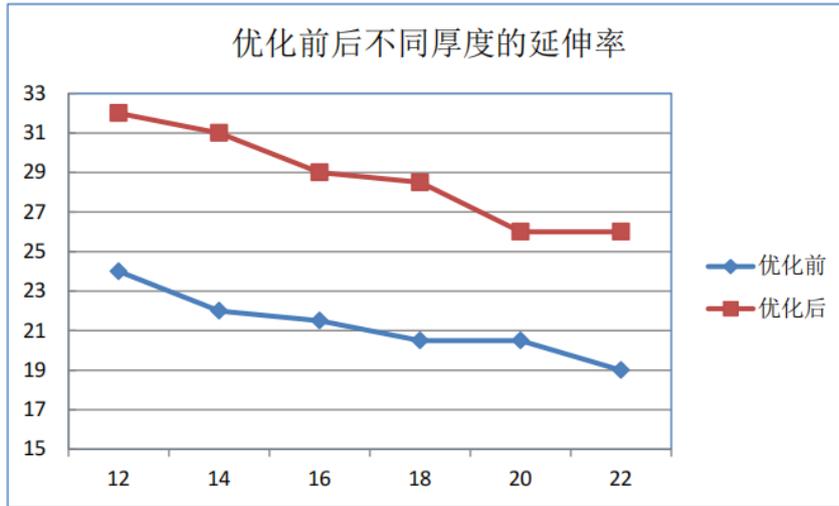


图 5 优化前后不同厚度试样延伸率

5. 结语

(1) 通过 Q345R 连铸坯轧后延伸不合试样的低倍、断口形貌和金相组织情况分析出铸坯内部存在中心偏析是造成 Q345R 延伸不合的主要原因。

(2) 恒拉速、保证设备精度、优化钢种成分设计等措施，可以改善铸坯中心偏析，提高 Q345R 钢板延伸率。

参考文献

- [1]孙齐松, 王新华, 王国连. 中厚板延伸率不合格试样断裂机理研究[J]. 物理测试, 2007, No.1:5~9
- [2]邹冰梅. 中心偏析与中心疏松的形成与预防[J]. 钢铁技术, 2005, No.2:1~6
- [3]王雅贞, 张岩. 新编连续铸钢工艺与设备[M]. 北京:冶金工业出版社, 2007:350