

Q345R 钢板探伤不合的原因分析与改进

左 帅, 张学慧, 石晓钊

(中普(邯郸)钢铁有限公司, 河北 武安 056305)

摘要:采用金相显微镜对中普(邯郸)钢铁有限公司 14 mm 厚探伤不合的 Q345R 钢板进行了微观组织观察。结果显示, 钢板中心偏析严重, 产生了贝氏体或马氏体硬相组织, 在轧后冷却过程中产生微裂纹, 进而导致超声波探伤不合。在不改变连铸二冷冷却强度的前提下, 通过钢板轧后缓冷, 使探伤合格率明显提高。

关键词:Q345R; 探伤; 中心偏析; 微裂纹; 缓冷

中图分类号:TG115.28

文献标志码:B

文章编号:1006-5008(2021)09-0062-03

doi:10.13630/j.cnki.13-1172.2021.0912

CAUSE ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF NON CONFORMITY IN FLAW DETECTION OF Q345R STEEL PLATE

Zuo Shuai, Zhang Xuehui, Shi Xiaochuan

(Zhongpu (Handan) Iron and Steel Co., Ltd., Wu'an 056305, Hebei)

Abstract:The microstructure of 14mm thickness Q345R steel plate with unqualified flaw detection in Zhongpu (Handan) Iron and Steel Co., Ltd. was observed by metallographic microscope. The results show that the center segregation of the steel plate is serious, resulting in bainite or martensite hard phase structure and micro-cracks in the cooling process after rolling, which leads to non conformity of ultrasonic flaw detection. On the premise of not changing the secondary cooling intensity of continuous casting, the qualified rate of flaw detection is significantly improved by slow cooling after rolling.

Key words:Q345R; flaw detection; central segregation; micro-cracks; slow cooling

0 引言

Q345R 作为低合金锅炉和压力容器用钢, 应用前景广泛, 需求量巨大。虽然 GB/T 713-2014《锅炉和压力容器用钢板》在超声检测部分没有硬性要求钢板应保证的探伤级别^[1], 但从 GB/T 150-2011《压力容器》设计检验以及用户对内在质量要求不断提高的现状出发^[2], 普阳钢铁对钢板内部质量进行了严格管控。2020 年 6 月 14 mm 厚 Q345R 钢板出现了批量的探伤不合, 严重影响客户交货和探伤合格率。为此, 分析了 14 mm 厚 Q345R 钢板批量探伤不合的原因, 并提出了改进措施。实施后, 探伤合格率得到明显改善。

1 Q345R 探伤不合原因分析

1.1 现状分析

普阳钢铁有多年生产专用钢的经验, 经过数次改进, 保探伤钢板的工艺流程已经十分固定。近一年来, 中板轧制 Q345R 未发现有明显的异常。此次 14 mm Q345R 探伤不合的表现形式为整板分散性点状偏析, 同时在钢板宽度 1/2 位置处存在条状偏析, 厚度方向位置为中心处。同批次轧制的厚度为 12 mm 和 16 mm 钢板未出现探伤不合的情况。

1.2 不同厚度的工艺路线

不同厚度规格(12 mm、14 mm 和 16 mm)的 Q345R 均为同一连铸机生产, 铸坯规格为 250 mm × 1 800 mm, 均采用热送方式, 在 3 500 mm 双机架生产线进行轧制, 轧后厚度 16 mm 下线缓冷, < 16 mm 直接进行精整、探伤。

3 个规格成分一致, 均为传统高锰体系, 如表 1 所示。

收稿日期: 2021-04-14

作者简介: 左帅(1991-), 男, 助理工程师, 2014 年毕业于东北大学秦皇岛分校冶金工程专业, 现在中普(邯郸)钢铁有限公司主要从事中厚板品种开发及工艺管控, E-mail: 964030142@qq.com

表1 Q345R的主要化学成分要求(质量分数)
Tab.1 Main chemical composition requirements of Q345R

规格/mm	C	Mn	S	P	Si	Alt	Ti
≤16	0.15~0.18	1.30~1.50	≤0.005	≤0.025	≤0.50	≥0.020	≤0.030

3个不同规格钢板的主要区别,在于轧制压缩比与轧后是否缓冷,如表2所示。

表2 不同规格钢板的主要差异对比
Tab.2 Comparison of main differences of steel plates with different specifications

钢种	规格/(mm×mm)	原始铸坯尺寸/(mm×mm)	轧后缓冷	压缩倍数	轧制方式
Q345R	12×2500	250×1800	否	20.8	CR+ACC
	14×2500		否	17.8	
	16×2500		是	15.6	

随着钢板整体压缩比的增大,铸坯遗传至钢板中心部分缺陷或细小裂纹较易被焊合^[3],这也是8~12 mm薄板很少出现探伤不合现象的主要原因。轧后缓冷作为目前中厚板企业采取的一种常规控制手段,其主要策略是钢板热矫后在200~500℃的范围内进行堆冷,降低钢板冷却速度,防止心部因偏析在冷却速度较快时出现马氏体等硬相

组织^[4,5]。

1.3 探伤不合钢板的典型金相组织

14 mm厚Q345R的金相组织如图1所示。可以看出,钢板中心偏析严重。在放大100倍和500倍时,可以清晰地看出钢板厚度中间有明显的微裂纹,裂纹处存在明显的中心偏析,形成贝氏体或马氏体硬相组织^[6]。

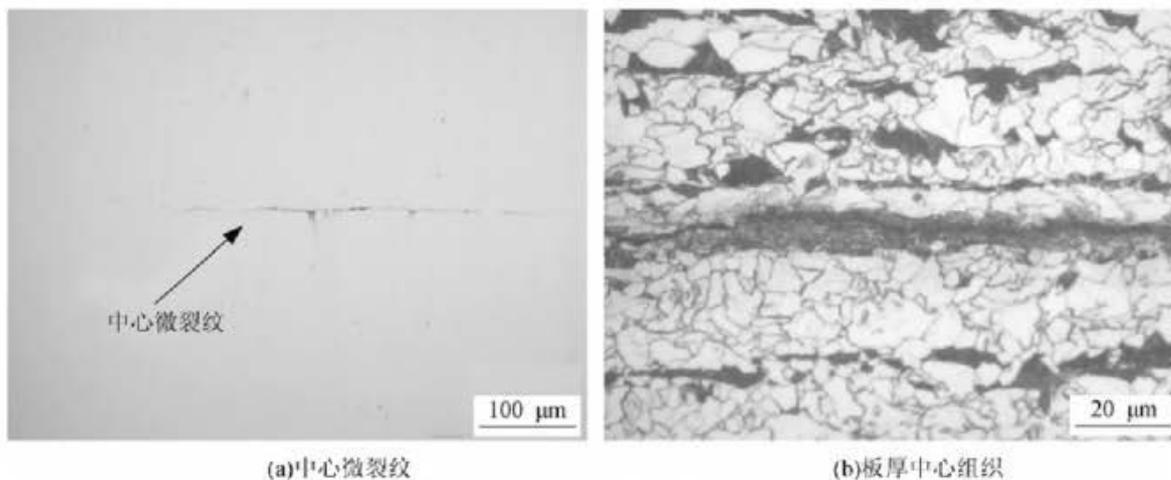


图1 探伤不合样品的微观组织

Fig.1 Microstructure of nonconforming samples

1.4 简要分析

从上述分析可以看出,导致14 mm厚Q345R批量探伤不合的原因是钢板中心微裂纹,与≥16 mm钢板出现的探伤不合表现形式及微观组织形貌基本一致,然而仅在厚度≥16 mm钢板上才会出现探伤不合的现象,薄规格钢板因压缩比大很少出现此类问题。

查询过往工艺记录,14 mm钢板热送方式、轧制工艺未有明显变化,且轧后均不缓冷。

可以肯定的是14 mm厚钢板探伤不合与中心偏析密切相关,中心偏析是普通连铸板坯的一种特有现象,但其严重程度与钢水在凝固过程中二冷段

的工艺密切相关^[7],而Mn元素的增加会加剧中心偏析程度,特别是在炼钢过程中产生的片状MnS,因其熔点较低,更易在凝固前沿聚集,最终凝固在铸坯中心^[8]。

在成分和轧制工艺没有明显改变的情况下,探伤不合的关键因素分析转向连铸二冷工艺。

1.5 连铸二冷工艺的对比

2020年5月与6月连铸二冷工艺对比如表3所示,可以看出,断面和拉速均没有变化,仅在二冷比水量发生明显变化,意味着二冷冷却强度大幅度减弱。

表 3 连铸二冷工艺对比

Tab. 3 Comparison of secondary cooling process of continuous casting

时间	钢种	规格 /mm	断面 /(mm × mm)	拉速 /(m · min ⁻¹)	比水量 /(L · kg ⁻¹)
2020 年 5 月	Q345R	14	250 × 1 800	0.80	0.75
2020 年 6 月			250 × 1 800	0.80	0.49

连铸二冷冷却工艺对铸坯成分偏析有较大影响,随着冷却强度的增加,给予选分结晶过程的时间逐渐降低,溶质来不及扩散就已经凝固,从而降低宏观偏析的程度。如果二冷比水量大,两相区冷却强度大、温度梯度大,成分偏析小^[9]。

二冷工艺是 2020 年 6 月调整的,主要为减少铸坯边部裂纹,而此时已经趋于稳定,再次调整二冷工艺的难度较大。因此在维持连铸工艺稳定的前提下,需寻找保证探伤合格率的方式。

12 mm 钢板由于压缩比进一步增大,超声波探伤不存在问题。16 mm 钢板经过轧后缓冷,同样不存在探伤不合的现象。而对于 14 mm 钢板而言,铸坯至钢板的整体压缩比是固定的,无法进行更改;轧后缓冷的作用在 16 mm 已经体现,对于 14 mm 钢板而言,缓冷的难度主要是钢板降温较快,普通模式生产时无法保证下线缓冷温度。若可以将 14 mm 钢板下线缓冷温度与 16 mm 钢板保证一致,则 14 mm 钢板探伤也不会出现问题。

2 改进措施

根据以上分析讨论,为了在不改变连铸二冷工艺的前提下保障 14 mm 钢板探伤合格,采取了以下技术措施:

(1) 整体成分设计不变,但 Mn 含量按工艺下限控制,避免因 Mn 含量过高而加剧中心偏析。

(2) 钢板轧后进行堆冷,堆冷温度不低于 180 ℃,缓冷时间不低于 24 h,为保障钢板温度,在安排轧制计划时,清空冷床钢板,14 mm 钢板热矫后快速通过冷床下线缓冷。

3 改进效果

上述改进措施实施后,热矫后钢板快速经过冷床,连续轧制 10 块 Q345R 14 mm 钢板,下线温度在

185 ~ 235 ℃,缓冷时间 24 h。上线后,钢板探伤全部合格,级别为 I 级。后续采用改进后的模式批量生产,未出现批量的探伤不合。

4 结论

(1) 钢板中心偏析严重产生贝氏体或马氏体硬相组织,进而在轧后冷却过程中产生微裂纹,是导致 14 mm 厚 Q345R 超声波探伤不合的主要原因。

(2) 连铸二冷段冷却强度变弱,比水量降低,是导致钢板中心偏析严重的直接原因。

(3) 在不改变现有连铸二冷工艺冷却制度的前提下,提出了下线缓冷温度和时间要求,降低了轧后冷却速度,避免了中心微裂纹的产生,保证了探伤合格,提高了探伤合格率。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 713 - 2014 锅炉和压力容器用钢板[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. GB/T 150 - 2011,压力容器[S]. 北京:中国标准出版社,2011.
- [3] 王三忠,王新志,刘海强,等. 安钢厚度不小于 25 mm 钢板探伤检验不合格的原因分析[J]. 钢铁研究学报,2010,22(9):13 - 17.
- [4] 赵庆宇. Q345D 钢板探伤不合格的原因分析及改进措施[J]. 宽厚板,2010,16(5):22 - 24.
- [5] 王强,刘忠满,郑治秀,等. 低合金热轧中厚板探伤不合格原因分析与改善[J]. 河北冶金,2021(7):71 - 74.
- [6] 崔跃,魏妍,黄维全. 中厚钢板探伤不合格的原因及预防[J]. 河北冶金,2014(2):48 - 51.
- [7] 许少普,袁少威,崔冠军,等. 提高中厚板探伤合格率实践[J]. 中国冶金,2011,21(4):34 - 36.
- [8] 王杰,杜恒科,赵坤. 中心偏析对高锰钢中厚板力学性能的影响[J]. 物理测试,2009,27(2):13 - 17.
- [9] 石可伟,孙大文,王忠英,等. 连铸冷却对成分偏析及轧后带状组织影响的研究[J]. 炼钢,2013,29(2):61 - 65.

加入“常州精密钢管博客官方知识星球”即可免费下载所有的专业技术文档!

常州精密钢管博客 知识星球

专业的 钢铁知识 钢管知识 热处理知识 钢铁行业资讯 分享网站

官方网站: <http://www.josen.net>

微信扫码加入星球

知识星球

