

防止 Q195L 热轧窄带钢边裂的工艺实践

路文刚 林腾昌 王成杰 朱荣 郭亚光 肖绎

(北京科技大学冶金与生态工程学院,北京 100083)

摘要 2 mm 窄带钢 Q195L ($\% : \leq 0.08C, 0.05 \sim 0.10Si, 0.30 \sim 0.40Mn, \leq 0.035P, \leq 0.035S$) 的生产流程为 80 t 转炉-钢包合金化和软吹氩-150 mm \times 150 mm 方坯连铸-窄带轧制工艺。金相、扫描电镜、能谱仪等对窄带钢边裂分析表明,边裂处存在 FeO 和网状裂纹。通过控制钢水氧含量从原 $\leq 80 \times 10^{-6}$ 降至 $\leq 60 \times 10^{-6}$,吹氩时间从 ≥ 3 min 增至 ≥ 5 min,中间包钢水过热度从原 25 ~ 35 $^{\circ}C$ 降至 15 ~ 25 $^{\circ}C$,加热炉两侧温差 ≤ 40 $^{\circ}C$,减小冷却水嘴间距,增加一次立轧压下量 2 ~ 5 mm 等工艺措施,防止了该钢边裂发生,取得了良好的生产效果。

关键词 Q195L 窄带钢 边裂 沿晶裂纹 工艺实践

Process Practice to Avoid Edge Crack of Hot-Rolled Ribbon Steel Q195L

Lu Wengang, Lin Tengechang, Wang Chengjie, Zhu Rong, Guo Yaguang and Xiao Yi

(School of Metallurgical and Ecological Engineering, University of Science and Technology, Beijing 100083)

Abstract The flow sheet for production of 2 mm ribbon steel Q195L ($\% : \leq 0.08C, 0.05 \sim 0.10Si, 0.30 \sim 0.40Mn, \leq 0.035P, \leq 0.035S$) is 80 t converter-ladle alloying and soft argon blowing-150 mm \times 150 mm billet casting-ribbon steel rolling process. Analysis on edge crack ribbon steel results by using optical, scanning electron microscope and energy dispersive spectrometer show that there are FeO and reticular cracks at crack region. With the process measures including controlling the oxygen content in liquid decreasing to $\leq 60 \times 10^{-6}$ from original $\leq 80 \times 10^{-6}$, increasing argon blowing time from ≥ 3 min to ≥ 5 min, decreasing overheating extent of liquid in tundish to 15 ~ 25 $^{\circ}C$ from original 25 ~ 35 $^{\circ}C$, difference in temperature of both side of heating furnace ≤ 40 $^{\circ}C$, decreasing distance between water cooling nozzle and increasing reduction of first pass edging rolling by 2 ~ 5 mm, the occurrence of the edge cracks of hot-rolled ribbon steel are avoided to get nice production effect.

Material Index Ribbon Steel Q195L, Edge Crack, Intergranular Crack, Process Practice

热轧窄带钢作为建筑用焊管、异形管材、冷轧窄带钢、深加工产品的主要原料,应用领域越来越广。近年来,随着我国改革的深入、工业的发展与市场的变革,窄带钢产能以其设备投资少、产品用途广泛和性价比高的特点迅速向民营企业转移^[1-3]。本文针对钢厂 2011 年度部分炉次热轧窄带钢边裂的缺陷进行了分析,找出钢厂窄带钢边裂的原因,并进行了全流程工艺改进,经试生产后效果显著。

1 窄带钢缺陷与取样

针对钢厂存在严重边部裂纹的 Q195L ($\% : \leq 0.08C, 0.05 \sim 0.10Si, 0.30 \sim 0.40Mn, \leq 0.035P, \leq 0.035S$) 热轧卷板,在缺陷区域取样如图 1 所示。

窄带钢生产工艺流程为:80 t 转炉-钢包合金化与软吹-150 mm \times 150 mm 方坯连铸-窄带轧制,转炉出钢后采用硅铝复合脱氧。轧制工艺条件为 3 段式加热 (1 170 ~ 1 190 $^{\circ}C$)-(1 270 ~ 1 280 $^{\circ}C$)-(1 280 ~ 1 290 $^{\circ}C$),除鳞时温度 (1 080 \pm 20) $^{\circ}C$,1 ~ 7 道次粗轧后约 1 000 $^{\circ}C$,入精轧 940 ~ 950 $^{\circ}C$,终轧

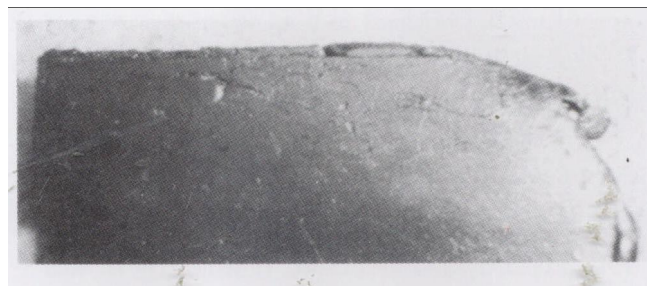


图 1 热轧板边部裂纹的宏观形貌 ($\times 1$)

Fig. 1 Morphology of macrostructure at edge crack of hot-rolled plate, $\times 1$

温度约 850 $^{\circ}C$,卷曲温度约 760 $^{\circ}C$,成品窄带钢厚度为 2 mm。

2 窄带钢边裂的分析

2.1 边裂纹的形貌分析

试样边部裂纹的宏观形貌如图 1,边部存在严重不规则裂纹,目测观察裂纹内呈深黑色,裂纹内有明显氧化。

截取裂纹面断口试样在扫描电镜 (SEM) 中分

析见到,断口表面有很厚的氧化物,呈圆钝状高温氧化特征。裂纹面断口低倍形貌如图 2(a),断口上看到呈平行于轧制方向的带状特征,表明钢板中裂纹的扩展与轧制变形过程有关。通过能谱仪(EDX)分析表明,断面氧化产物基本是铁的氧化物,有少量硅,没有检测到其它异常元素成分,属于轧制过程高温形成的正常的氧化物,见图 2(b)。

2.2 边裂纹区域的表层组织分析

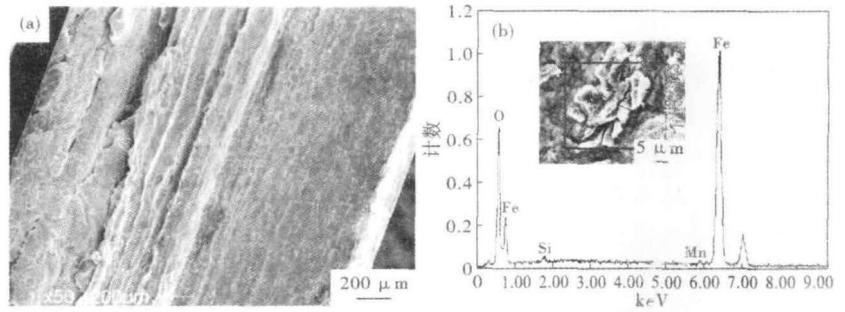


图 2 裂纹面断口的低倍(a)、高倍(b)组织形貌和能谱分析
Fig. 2 Morphology of macrostructure (a) and microstructure, EDX analysis (b) of fracture of crack

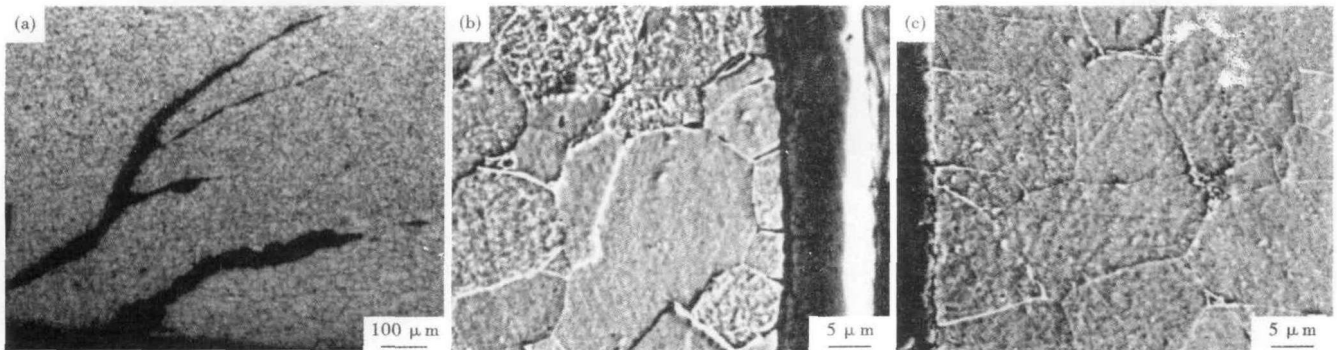


图 3 边裂纹的横剖面形貌(a),边裂纹附近的晶间裂纹(b),远离边裂纹处的表层组织形貌(c)
Fig. 3 Morphology of cross section of edge crack (a), intergranular crack near edge crack (b) and structure of surface layer far away from edge crack (c)

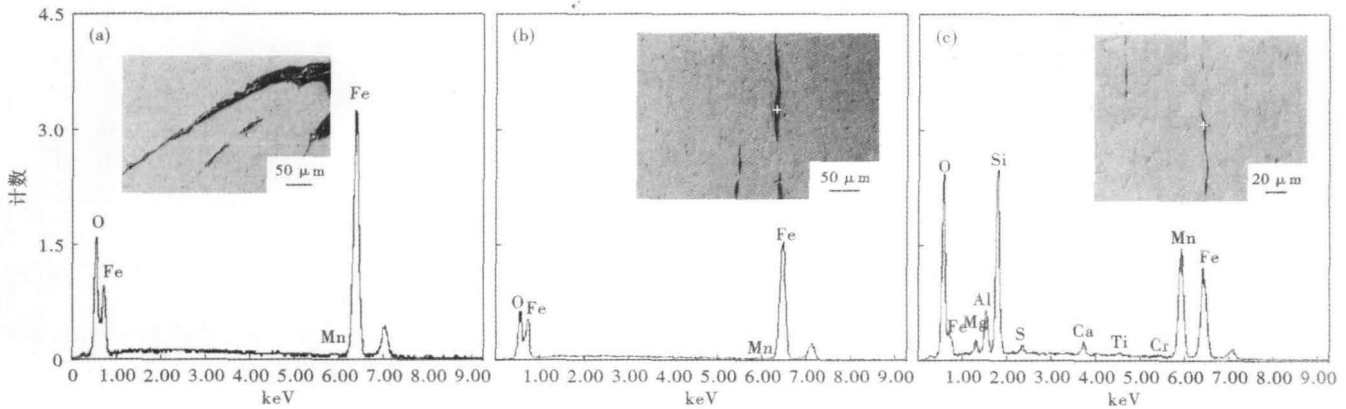


图 4 边部折叠裂纹内的氧化铁夹杂(a);边部裂纹附近的氧化铁皮夹杂(b)和锰硅酸盐夹杂(c)
Fig. 4 Oxide scale inclusions in edge overlap crack (a); oxide scale inclusions (b) and manganese-silicate inclusions (c) in structure near edge crack

进一步对试样缺陷区域作剖面金相,分析得到边部组织和边部裂纹剖面形貌,如图 3。

图 3(a)是边部裂纹的横剖面形貌,呈斜向弯曲状向深部延伸,裂纹内有很厚的氧化物,折叠上下两侧的晶粒尺寸有明显的差别,具有热轧折叠裂纹的特征。材料组织为等轴状铁素体+少量珠光体,铁

素体晶粒度 8 级,边部组织中观察到长条状氧化物。

图 3(b)和(c)是在 SEM 中高倍观察边部附近表层组织的照片,钢板表面有一层高温氧化铁锈,一侧表层附近的组织中观察到多处有不规则的断续沿晶网状微裂纹,另一侧表层和远离边部的表层组织没有观察到类似微裂纹。用 EDX 方法对沿晶微裂

纹内进行成分分析,没有分析出异常元素成分,如低熔点物质等成分。裂纹处的组织晶粒较大,已完全再结晶;远离裂纹区域的组织,铁素体晶粒大小不一,形状非等轴状,明显为未完全再结晶的组织形态。因而,未完全再结晶的区域塑性差,强度高;在完全再结晶的大尺寸晶粒区域强度低,因而出现裂纹^[4-6]。

2.3 边裂缺陷区成分分析

图 4 是材料中观察到的长条状夹杂物的形态和 EDX 成分分析结果。由结果可知,折叠类缺陷内主要为铁的氧化物,即轧入的氧化铁皮。还观察到有平行表面的条状氧化铁皮呈夹杂物状分布,氧化铁皮断续区域的组织在热轧过程中重新焊合^[7-8]。材料中的主要非金属夹杂物为锰硅酸盐类。

总体分析结果表明,该窄带钢卷板边部裂纹属于热轧过程中形成的折叠类裂纹。因为出现折叠的一面表层组织中观察到有不规则的断续沿晶网状微裂纹,推测轧制过程边部一侧表面温度场异常或存在系统性污染是导致边部裂纹的重要原因^[9-10]。

基于以上检测分析,该厂首先从生产调度入手,匹配“转炉-连铸”生产节奏,稳定连铸速率控制,提高连铸坯内部质量。其次均匀轧制加热炉炉内温度,调整原出现缺陷轧制道次至卷曲阶段窄带钢表面喷水量以减小温差,不得使轧件变黑,具体工艺优

表 1 优化前后工艺参数对比

Table 1 Comparison between original and optimum process parameters

项目	改进前	改进后
一次拉碳率/%	65	83
钢水氧含量/ 10^{-6}	≤ 80	≤ 60
吹氩精炼时间/min	≥ 3	≥ 5
吹氩精炼达标率/%	85	100
中间包液面/mm	≥ 600	≥ 750
中间包排渣周期/h	2	1.5
中间包钢水过热度/ $^{\circ}\text{C}$	25 ~ 35	15 ~ 25
拉速稳定率/%	≥ 87	≥ 95
保护渣	方坯专用	板坯专用
钢包覆盖剂 SiO_2 含量/%	27 \pm 5	≤ 6
加热炉温度	坯料两侧温差较大	坯料两侧温差 $< 40^{\circ}\text{C}$
冷却水嘴间距/mm	冷却水嘴间距不均	间距 < 3
精轧切水板	无切水板	增加 7 个上切水板
冷却水嘴	堵塞严重	疏通、更换;水嘴磨损要求 $< 2\text{ mm}$
精轧冷却水	水压不稳	水压波动范围 $\leq 2\text{ kg}$
立轧	压下量偏小	根据规格,增加一立轧压下量 2 ~ 5 mm

化情况如表 1 所示。在改进工艺与调整设备后的生产中,基本避免了此类折叠类缺陷的产生,取得了良好的生产效果。

3 结论

(1) 窄带钢边裂属于折叠类裂纹,分析认为是由于轧件表面温度场异常或存在系统性污染所致。

(2) 轧制过程中轧件两侧表面的温度不均使得内部组织结晶不一致形成应力断晶网状裂纹。

(3) 通过优化连铸参数提高连铸坯质量、加热炉内坯料两侧温差 $\leq 40^{\circ}\text{C}$ 、稳定水压和调节轧件表面配水量以减小温差等措施防止了该类边裂的发生,取得了良好的生产效果。

参考文献

- [1] 王泰昌,宋加.我国宽、窄带钢的发展和经济学分析[J].冶金管理,2004(1):31-34.
- [2] 孙谦.合金窄带钢的现状与前景[J].一重技术,2005(4):3-5.
- [3] 李强.论热轧窄带钢的生存与发展[J].科技创新导报,2011(11):53.
- [4] 施云飞,肖业.新钢业公司耐候窄带钢质量缺陷及改进[J].四川冶金,2009,31(4):35-37.
- [5] 郝少锋,季春生,黄文初,等.Q3450 热轧窄带钢弯曲开裂的原因及对策[J].冶金丛刊,2010(2):7-9.
- [6] 程维玮,赵如意.带钢窄边线状裂纹缺陷的形成原因及预防措施[J].南钢科技与管理,2006(4):6-8.
- [7] 刘伯昌,王胜国,沈黎晨,等.热轧窄带钢氧化铁皮的研究[J].上海金属,1988,10(5):54-57.
- [8] 刘国梁,倪有金,季晨曦,等.J55 热轧板卷边部裂纹成因及控制分析[J].钢铁,2012,47(7):61-65.
- [9] 龚洪海,胡东福.50CrVA 冷轧窄带钢退火工艺的优化[J].轧钢,2003,20(4):62-63.
- [10] 王书恒.W18Cr4V 热轧窄带钢产生严重边裂的原因及对策[J].上海金属,1996,18(1):34-35.

路文刚(1978-),男,博士研究生,高级工程师,2002 年河北理工大学毕业,炼钢工艺与产品质量控制研究。

收稿日期:2013-02-07