

20 钢管外折缺陷原因分析及改进措施

吕国成¹ 齐晓峰² 包丽明¹

(1 吉林电子信息职业技术学院, 吉林 132021 ; 2 通化钢铁集团股份有限公司, 通化 134003)

摘 要 采用酸洗、形貌观察和金相分析等方法对 20 钢管外折缺陷原因进行了研究。结果表明, 连铸坯皮下气泡和针孔缺陷导致了圆钢表面纵裂纹, 圆钢表面纵裂纹是导致钢管外折缺陷的直接原因。通过将钢中酸溶铝含量由 0.006% ~ 0.010% 提高到 0.010% ~ 0.020%, 连铸拉速稳定在 (1.8 ± 0.03) m/min, 过热度控制在 15 ~ 30 °C 和环形加热炉温度由 1 250 °C 提高到 1 270 °C 等措施, 20 钢管一次合格率由 47.01% 提高到 96% 以上。

关键词 20 钢 纵裂纹 外折缺陷 皮下气泡

Forming Cause Analysis on Outer Fold Defects of 0.20% C Steel Pipe and Improvement Measures

Lü Guocheng¹, Qi Xiaofeng² and Bao Liming¹

(1 Jilin Technology College of Electronic Information, Jilin 132021 ; 2 Tonghua Iron and Steel Group Co Ltd, Tonghua 134003)

Abstract The causes of outer fold defects of 0.20% C steel pipe are studied by means of pickling, morphology observation and metallographic examination. The results show that the subsurface blowholes and pinholes defects of the continuous casting billet lead to the longitudinal cracks on the surface of the round steel, which are the direct causes of the outer fold defects of the steel pipe. By increasing the acid-soluble aluminum content from 0.006% ~ 0.010% to 0.010% ~ 0.020%, controlling casting speed (1.8 ± 0.03) m/min and superheat extent 15 ~ 30 °C, and increasing the temperature of Rotary hearth furnace from 1 250 °C to 1 270 °C etc improvement measures, the first qualified steel rate of the 0.20% C steel piercing pipe is increased from 47.01% to above 96%.

Material Index 0.20% C Steel, Longitudinal Crack, Outer Fold Defect, Subsurface Blowholes

20 钢管生产工艺包括冶炼、精炼、连铸、加热、管坯连轧、管坯再加热和穿孔等多道工序, 影响钢管表面质量的因素十分复杂, 多年来国内对钢管外折缺陷问题进行了较多研究^[1-2]。针对 20 钢管外折缺陷的宏观特性进行微观形貌分析, 结合外折缺陷处不同位置脱碳层分布情况, 分析 20 钢管外折缺陷产生的根本原因, 在此基础上制定了有效控制管坯表面质量的生产工艺措施。

1 工艺流程

钢厂电弧炉线生产的 20 钢 200 mm × 200 mm 连铸坯经轧制成圆管坯, 主要规格为 Φ90 mm、Φ100 mm 和 Φ110 mm, 轧制后送至无缝钢管厂(简称钢管厂)穿管。20 钢钢管生产工艺流程为: 70 t Consteel 电弧炉 → LF → R9 m 弧形连铸机 → 型钢生产线轧制成圆管坯 → 钢管厂穿管。

2 钢管缺陷的原因分析

2.1 20 钢钢管成品缺陷分析

经二辊斜轧穿管后, 钢管表面形成螺旋状外折缺陷。从对螺旋状外折缺陷的宏观形貌特征来看,

裂纹呈螺旋状在钢管外表面上延伸。螺旋状裂纹的出现要求金属必须存在沿钢管圆周切线方向的流动, 而切向的金属流变过程只有在穿孔工序上才有。这说明该种缺陷是在穿孔过程或更早的工序中出现的。在穿孔工序以后, 所有的加工过程都是沿钢管纵向延伸变形的, 不存在切向变形的条件, 自然也就不会产生螺旋状的缺陷。20 钢钢管表面螺旋状外折形貌及其金相组织分别见图 1, 图 2。

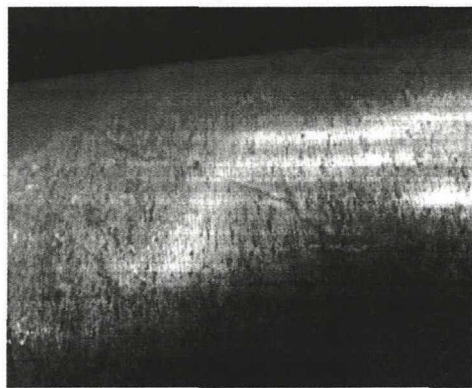


图 1 20 钢钢管表面螺旋状外折缺陷宏观形貌

Fig. 1 Spiral external fold defect morphology of 0.20% C steel pipe surface

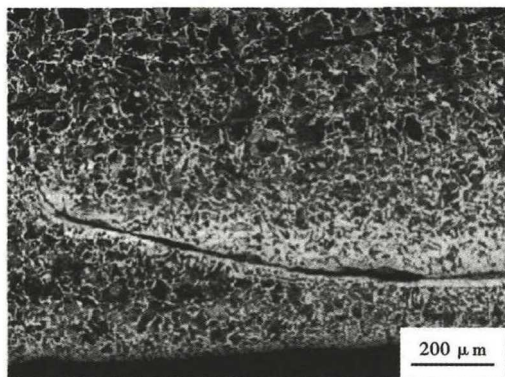


图 2 20 钢管表面螺旋状外折缺陷的金相组织

Fig. 2 Metallographic structure of spiral external folding defects on the surface of 0.20% C steel pipe

由图 1, 图 2 可见, 20 钢管表面螺旋状外折缺陷根部的脱碳层厚度明显高于钢管表面的脱碳层厚度, 这是由于穿管前圆钢表面存在裂纹, 在穿管前的环形加热炉中加热时, 圆钢表面更容易发生氧化反应, 脱碳层较薄。裂纹处则更容易发生脱碳反应, 脱碳层较厚^[3]。这种现象也是与缺陷出现在穿孔或穿孔之前工序的判断结果相一致的。因此, 20 钢管表面螺旋状外折缺陷产生原因分析的重点就集中在穿孔及其之前的工序, 所以有必要检测圆钢表面是否存在裂纹类缺陷。

2.2 20 钢圆钢金相分析

了解 20 钢圆钢的表面质量, 将 20 钢圆钢表面进行酸洗, 发现表面有纵裂纹, 且沿轧制方向分布。对裂纹部位取样进行高倍检验, 结果显示裂纹的深度在 200 μm 左右。圆钢的表面裂纹将直接导致钢管外表面的严重缺陷。因为即使较细小的裂纹, 经过斜轧穿孔, 裂纹处受到一定的横向应力, 也会使裂纹进一步扩展, 最终形成明显的螺旋状折叠, 如果圆钢裂纹较深, 还会造成钢管管壁穿孔。经过检验得出结论, 穿管后形成的外折缺陷的根源是轧制坯表面的纵裂纹。20 钢轧制坯表面裂纹形貌及其金相组织分别见图 3, 图 4。

根据轧制变形理论, 连铸坯的中心缺陷轧制成圆钢后不会表现为表面裂纹, 而连铸坯皮下裂纹主要是由连铸坯表面温度反复变化而发生多次相交, 裂纹沿 2 种组织交界面扩展而形成的^[4]。假如皮下裂纹能够轧制形成圆钢的表面裂纹, 则圆钢裂纹的根部应该是呈尖形并有向内延伸的趋势的。另外, 由于该缺陷级别较低, 出现炉次很少, 排除其形成圆钢裂纹的可能性。连铸坯表面和皮下气孔轧制后可能延伸为圆钢表面直线裂纹, 故应严格控制与钢水

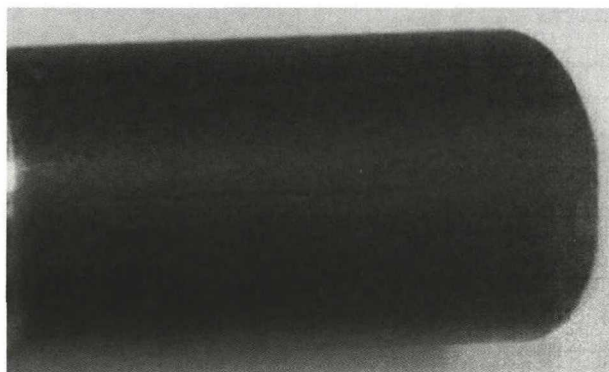


图 3 20 钢轧制坯表面裂纹宏观形貌

Fig. 3 Surface crack morphology of 0.20% C steel rolling billet

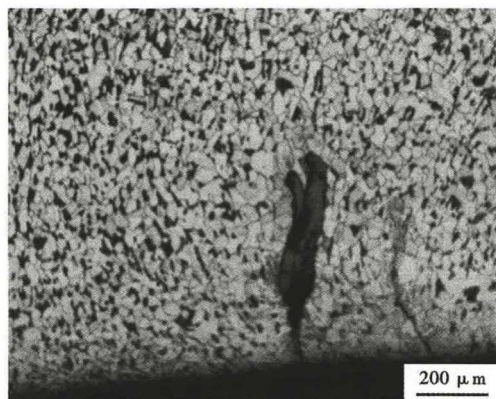


图 4 20 钢轧制坯表面裂纹的金相组织

Fig. 4 Metallographic structure of surface crack of 0.20% C steel rolling billet

接触的所有物料水分, 并加强连铸工序保护浇注的效果, 控制钢中气体含量。

2.3 20 钢连铸坯质量及缺陷来源分析

20 钢的原连铸拉速为 $(1.9 \pm 0.03) \text{ m/min}$, 过热度为 $15 \sim 40^\circ\text{C}$, 铸坯有皮下裂纹缺陷。为了追溯轧制坯表面裂纹^[5]的来源, 将同一浇次未穿管的轧制坯进行酸洗, 发现连铸坯表面确有皮下气泡和针孔缺陷, 皮下气泡深度为 $1 \sim 2 \text{ mm}$ 。为查明针孔深度, 将连铸坯表面用铣刀铣去 1 mm , 连铸坯表面仍有残余针孔, 深度为 $0.5 \sim 2.0 \text{ mm}$ 。连铸坯在加热炉中氧化烧损率按 1.5% 计算, 则连铸坯表面氧化烧损深度在 0.6 mm 左右。皮下气泡和针孔在加热炉中不能完全氧化烧掉, 且在加热过程中内壁被氧化形成氧化铁皮, 因为这种缺陷在轧制时无法焊合, 最终被拉长形成轧材表面纵裂纹。

轧制管坯表面纵裂纹经穿管前的环形加热炉加热后, 纵裂纹两侧被氧化, 在穿管过程中表面纵裂纹在切向拉应力的作用下形成螺旋状外折缺陷。

综上所述, 连铸坯表面的皮下气泡和针孔等缺

陷是导致 20 钢管外折缺陷的主要原因。

钢水氧含量高、原辅料潮湿和连铸保护浇注不到位等因素都会导致连铸坯产生皮下气泡和针孔缺陷。此外,轧制管坯的耳子缺陷、划伤和穿孔前的环形加热炉的加热制度对钢管外折缺陷也有很大的影响。

3 改进措施及其效果

由对 20 钢轧制管坯穿管外折缺陷的研究分析可知,外折缺陷的原因可追溯到连铸坯表面的皮下气泡和针孔。因此,为提高 20 钢轧制管坯穿管合格率,采取了以下改进措施:

(1)提高钢中酸溶铝含量降低钢中氧含量,将酸溶铝的控制范围由 0.006% ~ 0.010% 提高到 0.010% ~ 0.020%。

(2)制定严格的炼钢原辅料管理制度,严禁将受潮后含水量高于 0.5% 的原辅料投入使用。

(3)优化长水口氩封,原用长水口氩封为内置式,缺点是钢包到中间包钢水增氮量在 0.001 0% 以上,保护浇注效果差。改为外置式氩封后,保证了保护浇注效果,钢包到中间包钢水增氮量小于 0.000 5%。

(4)利用连铸坯低倍检验结果,确定合理的连铸机拉速和钢水过热度,拉速为 (1.8 ± 0.03) m/min,过热度在 15 ~ 30 ℃。

(5)稳定生产节奏,延长管坯在环形加热炉中的加热时间。随着加热时间的延长,纵裂纹随周围的金属逐渐氧化而脱落。将目标温度由 1 250 ℃ 提高到 1 270 ℃,加热温度的升高可部分消除部分纵裂纹,从而降低了外折缺陷的比例。

通过优化工艺取得了明显效果。采取改进措施前,钢管厂在进行穿管时出现大批外折缺陷,20 钢

穿管一次合格率仅为 47.01%;采取改进措施后,经过持续半年的实施,20 钢穿管一次合格率稳步提高到 96% 以上。

4 结论

(1)20 钢轧制坯穿管外折缺陷的主要原因是连铸坯存在皮下气泡和针孔等质量缺陷。而钢水脱氧效果不佳和连铸保护浇注不到位等因素导致了连铸坯皮下气泡和针孔等缺陷的产生。

(2)采取优化钢水脱氧工艺、提高钢水洁净度控制和加强连铸保护浇注等一系列合理的技术措施后,20 钢连铸坯质量明显提高;采取加强轧制管坯的清理、减少轧制管坯耳子和划伤等缺陷以及延长穿孔前环形加热炉的加热时间等改进措施后,20 钢穿管一次合格率由优化前的 47.01% 稳步提高到 96% 以上。

参考文献

- [1] 张珂,吴园,董登超. 20#钢管外折缺陷的原因分析及对策[J]. 中国测试, 2013, 39(5): 28-30.
- [2] 辛曜明. 热轧无缝钢管内折缺陷分析[J]. 中国金属通报, 2016(2): 35-36.
- [3] 魏军,洪慧平,廖向军,等. 37Mn5 钢管外折成因分析和工艺控制[J]. 特殊钢, 2010, 31(1): 30-32.
- [4] 蔡开科,程士富. 连续铸钢原理与工艺[M]. 北京:冶金工业出版社, 1994.
- [5] 张贵杰,李昆昆,齐建军,等. 连铸坯表面裂纹在轧制过程中演变的研究进展[J]. 热加工工艺, 2017, 46(17): 6-9.

吕国成(1982-),男,硕士(2009 年辽宁科技大学),副教授, 2006 年鞍山科技大学(本科)毕业,钢铁冶金研究。
E-mail:lv-guocheng@163.com

收稿日期:2019-04-26

欢迎订阅 2020 年《特殊钢》杂志

全国各地邮局均可订阅(可破订)

邮发代号:38-183

定价:16.00 元/期 96.00 元/年

邮编:435001

地址:湖北省黄石市黄石大道316号、新冶钢-大冶特殊钢股份有限公司《特殊钢》杂志社

电话:0714-6297386 6297313 0714-6297888-8010