

Q345 钢生产双相钢无缝钢管的工艺试验及成型性能评价 (小二黑)

刘纪源¹, 刘大伟², 朱伏先¹, 石明浩¹ (小四楷)

(1. 东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室, 辽宁 沈阳 110819;

2. 沈阳东洋异型管有限公司, 辽宁 沈阳 110003) (小五宋)

(摘要的内容应包含与论文同等量的主要信息, 应说明研究工作目的、实验方法、结果和最终结论等, 重点是结果和结论, 供读者确定有无必要阅读全文!!!)

(小五黑) 摘要: 通过对 Q345 无缝钢管进行中频感应加热及环形喷水冷却, 得到了铁素体+马氏体的双相钢无缝钢管。采用单向拉伸试验测试钢管的力学性能, 结合钢管在扫描电镜和透射电镜下的微观组织形貌, 分析了临界区不同退火温度对双相钢无缝钢管的组织及性能的影响。采用管端扩口试验方法, 对试验钢管的成型性能进行评价。结果表明: Q345 无缝钢管通过中频感应加热至临界区退火后, 可获得高强度、高成型性能的双相钢无缝钢管, 其中 750 °C 退火后, 试验钢管的各相分布较为均匀, 应力应变曲线呈现连续屈服状态, 强塑积可以达到 16 510 MPa·%。

关键词: 双相钢无缝钢管; 中频感应加热; 环形喷水冷却; 临界区退火温度; 管端扩口试验; 成型性能评价
中图分类号: TG335.71 文献标志码: B 文章编号: 1001-2311(2014)03-0039-05

(关键词 3~8 个, 是从论文中选取出来用以表示全文主题内容信息的单词或术语!!!)

Technological Tests on Dual Phase Seamless Steel Pipe Made from Q345 Steel and Evaluation of its Forming Performance

LIU Jiyuan¹, LIU Dawei², ZHU Fuxian¹, SHI Minghao¹

(1. State Key Laboratory of Rolling Technology and Rolling Automation, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. Shenyang Dongyang Special Section Tube Co., Ltd., Shenyang, 110003, China)

Abstract: By applying intermediate frequency induction heating and spray ring cooling on a Q345 seamless steel pipe, a dual phase seamless steel pipe containing ferrite and martensite is made. Analyzed the influence of different intercritical annealing temperatures on the structure and properties of the dual phase seamless steel pipe. Also evaluated is the forming performance of the testing pipe by the pipe end expanding test. The results of the tests indicate that when a Q345 seamless steel pipe is heated to intercritical temperature by intermediate frequency induction heating and then treated by annealing, a dual phase seamless steel pipe with high strength and high forming performance will be made. For example, after being annealed at 750 °C, the testing pipe will have a relatively homogeneous phase distribution, a stress-strain curve showing continuous yielding and a product of strength and elongation reaching 16 510 MPa·%.

Key words: dual phase seamless steel pipe; intermediate frequency induction heating; spray ring cooling; intercritical annealing temperature; pipe end expanding test; forming performance evaluation

(对文中出现的英文缩写须进行注解!!!)

(五宋) 从节约能源和降低污染的角度出发, 汽车轻量化生产是当下汽车行业的一个热点。其中, 大量使用机械性能符合要求的空心件取代原有的实心件, 催生了异型管成型和内高压成型等管材二次加工技

术的发展^[1-3], 这就要求原料管材具有更高强度和良好的冷成型性能。文献[4-5]提出将碳钢无缝钢管通过热处理的方式转变为具有良好强塑性的双相钢管或 TRIP(相变诱发塑性)钢管的想法, 从而在不增加冶炼成本的条件下, 提高钢管强度并满足管材二次加工的性能要求。中频感应加热具有升温速度快, 加热均匀, 生成氧化铁皮少等特点, 并且环

刘纪源(1984-), 男, 博士, 长期从事钢材组织性能控制及钢铁新材料的研究工作。

(姓名, 出生年, 性别, 民族, 最高学历, 职称, 职务, 主要从事的工作)

境污染小,符合节能减排的生产理念^[3]。本文介绍了采用中频感应加热结合环形喷水冷却的方式^[6-7],以普通 Q345 无缝钢管为原料,开发出具有高强塑性的双相钢无缝钢管,并对临界区不同退火温度对试验钢管组织性能的影响^[8]进行探讨。

(一级标题前空一行)

1 试验方法 (小四黑)

(五宋) 试验用 Q345 无缝钢管的化学成分见表 1。原料为 130 kg 铸锭,锻造成近似 $\Phi 75$ mm 棒材,车削掉表面不平整部分,得到 $\Phi 70$ mm 圆棒;将圆棒加热到 1 200 $^{\circ}\text{C}$,保温 2 h 后穿孔,经多道次冷拔,生产出热处理用薄壁无缝钢管($\Phi 41$ mm \times 1.2 mm)。采用临界区退火和低温过时效工艺,获得具有铁素体+马氏体的双相钢组织。双相钢无缝钢管热处理工艺如图 1 所示,感应加热的临界区退火温度分别设定为 700 $^{\circ}\text{C}$ 、730 $^{\circ}\text{C}$ 和 750 $^{\circ}\text{C}$,冷却速率为 80 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。热处理后沿钢管轴向截取标距为 25 mm 的拉伸试样,进行室温拉伸试验,试样尺寸如图 2 所示,拉伸速度为 3 mm/s;沿钢管轴向取 8 mm \times 8 mm 的片状试样,经研磨和 4% 硝酸酒精腐蚀后,用扫描电子显微镜(SEM)观察钢管微观组织;在钢管轴向上截取直径 3 mm、厚度 50 μm 的圆形薄片,经电解双喷后,在透射电子显微镜(TEM)下观察钢管微观组织;采用管端扩口的方式对双相钢无缝钢管进行成型性能评估,选用 30 $^{\circ}$ 和 60 $^{\circ}$ 的锥形顶角工具,扩口率 λ_F 按公式(1)^[9-10]计算:

$$\lambda_F = (D_F - D_0) / D_0 \quad (1)$$

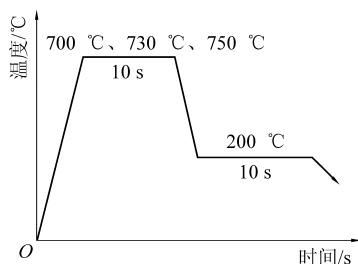
式中 D_F —— 扩口后钢管直径, mm;

D_0 —— 钢管初始直径, mm。(对量符号进行注解)

(表格须有表序和表题,表题位于表格上方)

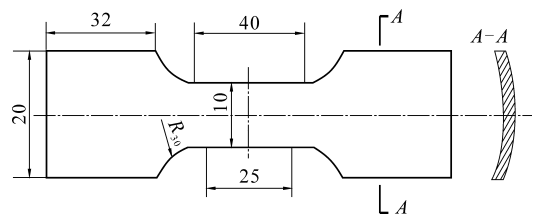
(小五黑) 表 1 试验用 Q345 无缝钢管的化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	Nb	Ti	V	S	P	Fe
0.16	0.314	1.59	0.032	0.003	0.04	0.003 5	0.003 5	余量



(插图须有图序和图题,图题排在插图下方)

(小五黑) 图 1 双相钢无缝钢管热处理工艺



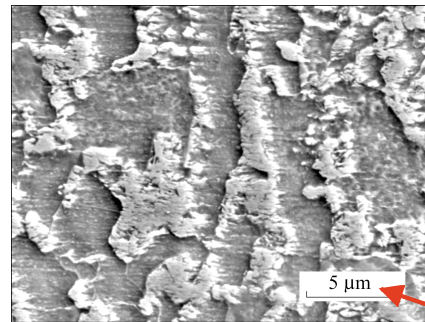
(插图不直接使用机械制图中的总图、装配图和零件图、部件图,要提供 CAD 结构示意图!!!)

图 2 试验钢管拉伸试样尺寸示意

2 试验结果

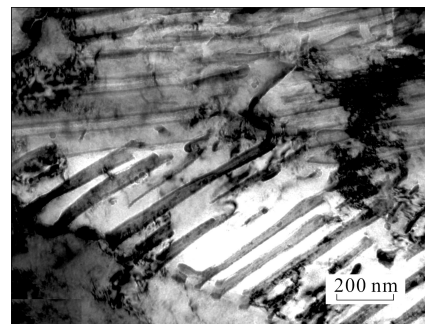
试验钢管的初始组织如图 3(a)所示,由铁素体和珠光体组成。拉拔过程中晶粒都被不同程度拉长,并且存在一部分带状组织,珠光体组织变形后,仍保留其片层状结构,如图 3(b)所示。

(数字与单位间空格)



(a) 初始组织 (六宋)

(金相图标注比例尺,而不是放大倍数!!!)



(b) 拉拔后的组织

图 3 试验钢管组织

4 结论

(1) 通过对普通 Q345 无缝钢管进行中频感应加热和环形喷水冷却热处理,开发出强塑积最高可达 16 510 MPa \cdot % 的双相钢无缝钢管。

(2) 将钢管通过中频感应加热的方式加热至临界区退火,可以细化铁素体和马氏体晶粒,获得两

相晶粒尺寸均匀、体积配比较为合理的高强度高成型性无缝钢管。

(3) 用普通 Q345 钢开发的双相钢无缝钢管, 经 30°和 60°扩口试验后扩口率分别为 0.172 和 0.196, 断裂方式均为韧性断裂, 可以满足大部分汽车结构件的二次加工性能要求。

5 参考文献 (要求 15 条以上, 其中 2/3 应为近 5 年内出版的期刊文献, 并在文中引用处作对应序号标注)

- [1] 殷国茂. 我国钢管飞速发展的十年概述[J]. 钢管, 2009, 38(2): 1-11.
- [2] 杨秀琴. 我国钢管工业的现状、问题与发展前景(上)[J]. 钢管, 2008, 37(1): 12-17. (小五宋)
- [3] 杨秀琴. 我国钢管工业的现状、问题与发展前景(下)[J]. 钢管, 2008, 37(2): 1-4.
- [4] 朱伏先, 张自成, 李艳梅. 高成型性高强度钢管制造技术的研究新动向[J]. 钢管, 2010, 39(1): 35-37.
- [5] 张自成, 朱伏先. 高强塑性 TRIP 钢无缝钢管开发及其内高压成形性能的研究[J]. 钢管, 2012, 41(3): 13-23.
- [6] 王三云. 钢管中频感应加热热处理的优点和最新技术[J]. 焊管, 2001, 24(3): 41-47.
- [7] Pavlina E J, Van C J, Hertel K. Hydraulic bulge testing of dual phase steel tubes produced using a novel processing route[J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 201(1-3): 242-246.
- [8] 王国栋. 控轧控冷技术的发展及在钢管轧制中应用的设想[J]. 钢管, 2011, 40(2): 1-8.
- [9] Zhang Z C, Manabe K, Zhu F X, et al. Evaluation of hydroformability of TRIP steel tube by flaring test[J]. Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, 2010, 31(1): 39-46.
- [10] 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 242—2007 金属管 扩口试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [11] Zhang Z C, Zhu F X, Li Y M, et al. Effect of thermo-mechanical processing on ferrite grain size and retained austenite morphology of Si-Mn TRIP steel[J]. Steel Research International, 2010, 81(9): 110-113.
- [12] 朱伏先, 张明亚. 双相钢无缝钢管的中频感应热处理工艺研究[J]. 钢管, 2013, 42(4): 11-15.
- [13] 马鸣图, 吴宝榕. 双相钢——物理和力学冶金[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1988: 13-67.
- [14] Zhang Z C, Zhu F X, Di H S, et al. Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of lowcarbon TRIP steel tube[J]. Materials Science Forum, 2010(654-656): 290-293.

(收稿日期: 2013-08-20; 修定日期: 2014-05-07)

(作者简介投稿时可放在此处)

(如果是基金项目或是省市以上获奖项目文章请在文末注明 !!!)