

非调质N80级ERW套管钢的组织与性能

丁志龙^{1,2},裴新华¹,斯松华¹

(1.安徽工业大学材料科学与工程学院,安徽马鞍山243002; 2.宝钢股份梅山钢铁公司,南京210039)

摘要:设计一种非调质复相N80级ERW石油套管钢,通过模拟轧制实验研究试验钢的成份、组织及性能。N80实验钢板的主要组织为多边形铁素体加板条贝氏体组成的复相组织,且随着等温温度的降低,多边形铁素体含量降低,贝氏体含量增多。N80实验钢板的强度、韧塑性均高于API 5CT标准性能要求,且具有较低的屈强比。

关键词:非调质;复相;组织;力学性能

中图分类号: TG113 **文献标识码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-7872.2010.02.010

Microstructure and Properties of Non-quenched and Tempered ERW N80 Oil Casings Steel

DING Zhi-long^{1,2}, PEI Xin-hua¹, SI Song-hua¹

(School of Materials Science and Engineering, Anhui University of Technology, Ma'anshan 243002, China; 2. Baosteel Meishan Iron & Steel Co., Nanjing 210039, China)

Abstract: A non-quenched and tempered multiphase ERW N80 oil casings steel is designed. The components, microstructure and mechanical properties of the testing steel were studied by rolling simulation. Result shown that the microstructure of the testing steel is composed of polygonal ferrites and lath bainites. According to the deceasing of the isothermal temperature, the content of lath bainites increased and the content of the ferrites decreased. The strength and plasticity and toughness of the N80 test steel can meet the standard requirement (API 5CT) of the N80 oil casing steels, and lower yield ratio are obtained.

Key words: non-quenched and tempered; multiphase; microstructure; mechanical properties

N80是一种较高级别的油套管,要求具有高强度、高塑韧性、低屈强比(保证钢板良好的成型性能)以及一定的耐腐蚀性能和硬度(保证钢管螺纹强度和硬度)。目前有N80无缝管及N80直缝电阻焊管(ERW管)两种。国内N80无缝钢管主要是采用碳锰钢或碳锰低合金钢进行调质处理来生产,材料成本较低,但存在着钢管偏心、圆度误差大、壁厚不均匀、管内壁质量不佳等问题,用以生产高强度大口径钢管的质量难以得到保证,因此国内也正在大力开发非调质热轧板经ERW工艺来生产N80级ERW焊管^[1-3]。目前N80级ERW管钢板的成份设计思路主要有两种:一是低C($w(C)<0.08\%$)高Mn微合金化的X管线钢系列,特点是板材韧性高,但屈强比高(0.90~0.95),且套管螺纹强度及硬度低(HB160~180);二是中低碳($w(C)\approx 0.20\%$)微合金非调质钢系列,特点是强度高,合金成本较低,但碳当量高,焊接性较差。文中设计一种N80级ERW套管钢的化学成份,通过轧制模拟实验来研究其成份、工艺、组织与性能的关系,以期在热轧生产线上通过控轧控冷与相变强化来生产高性能的N80级ERW石油套管钢板。

收稿日期:2009-12-04

作者简介:丁志龙(1976-),男,江苏海安人,工程硕士生。

1 实验材料与方法

采用250 kg电炉冶炼N80实验钢圆形铸锭,主要成份(质量分数/%)为:C 0.07~0.13, Si 0.2~0.3, Mn 1.3~1.7, Cr 0.30~0.70, 少量Mo以及微量Nb, Ti等。通过加入Nb, Ti, Mo, Cr, Mn等元素来强烈推迟珠光体相变,并降低贝氏体开始转变温度,以期获得下贝氏体组织,来提高强度与韧性;通过Nb, Ti微合金化可实现控制轧制来细化晶粒。

将铸锭锻成两块厚为80 mm的长方扁坯供模拟轧制实验用。模拟轧制时,扁坯加热温度为1180 °C,终轧温度为850 °C,钢板终厚度为10 mm。终轧后向钢板上表面喷水冷却,以约10、15、30 °C/s的冷却速度分别冷却

用JMatPro软件预测N80钢CCT曲线;采用光学显微镜(OP)、扫描电镜(SEM)及透射电镜(TEM)对组织结构进行显微分析;采用力学性能实验机按取样标准对钢板的力学性能进行检测。

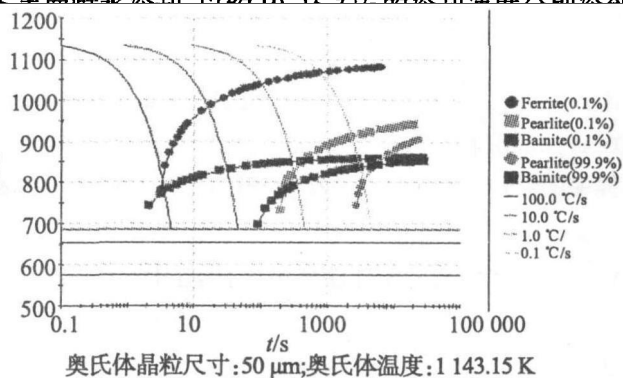


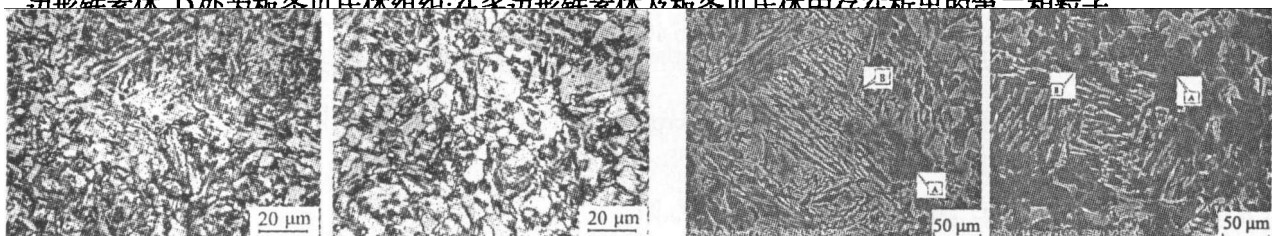
图1 N80实验钢CCT曲线预测

2 实验结果及分析讨论

图1为根据JMatPro软件计算的N80实验钢的CCT曲线图。由图1可以看出:在1.0~100.0 °C/s较宽的冷却

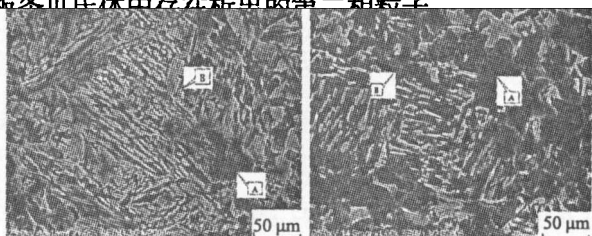
速度范围内冷却,试验钢均能得到铁素体+贝氏体为主的组织,只是不同冷却速度下所得铁素体和贝氏体相对含量有所不同,在10~15 °C/s冷却速度范围内主要得到铁素体+贝氏体的复相组织。

图2,3为N80实验钢板控冷后在550,600 °C等温条件下的OP组织及SEM组织。可以看出,其金相组织均为多边形铁素体加板条(或针状)组织,板条(或针状)组织的体积分数随着等温温度的升高,多边形铁素体含量相应增多,板条组织含量有所减少,且组织有所粗化(图2)。图3中A处为多边形铁素体组织,B处为板条贝氏体组织,由图3也可以看出,在550 °C等温条件下实验钢板组织中贝氏体含量明显增多。图4为N80实验钢板在不同等温条件下的TEM组织形貌。由图4可以看出,其组织为多边形铁素体加板条贝氏体组织,C处为多边形铁素体,D处为板条贝氏体组织,在多边形铁素体及板条贝氏体中存在析出的第二相粒子。



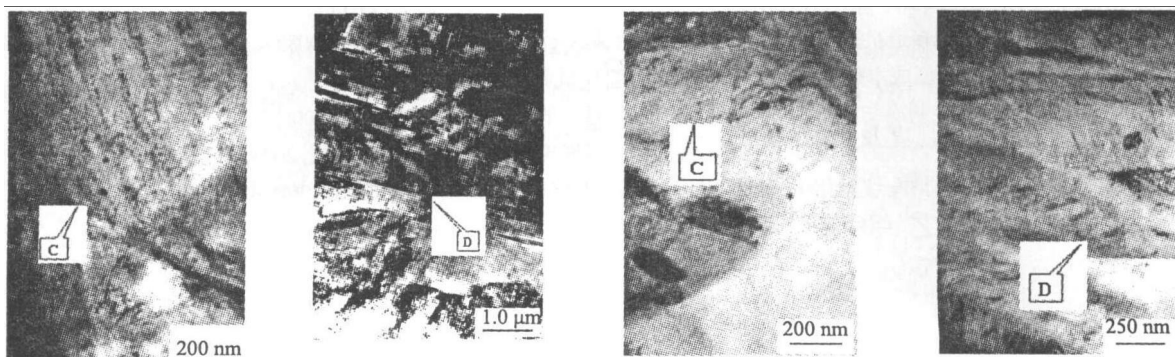
(a) 550 °C (b) 600 °C

图2 N80实验钢的金相组织形貌



(a) 550 °C (b) 600 °C

图3 N80实验钢的SEM组织形貌



(a) 550 °C (b) 550 °C (c) 600 °C (d) 600 °C

图4 N80实验钢的TEM组织形貌

表1为N80模拟轧制实验钢板后的力学性能实验结果。由表1可以看出,轧后快冷至550,600℃等温处理后,实验钢板的强度、韧塑性均满足API 5CT标准性能要求,且屈强比分别为0.85,0.84,比高强度X系列管线钢的屈强比(达0.95)明显降低。随着等温温度的提高,强度指标有所降低,韧塑性有所提高。

表1 试验钢在不同卷取温度条件下的力学性能

	$\theta/^\circ\text{C}$	$R_{0.5}/\text{MPa}$	R_m/MPa	屈强比	$\delta/\%$	$0^\circ\text{C Akv}/\text{J}(5\text{ mm}\times 10\text{ mm}\times 10\text{ mm})$	HB
N80	550	715	838	0.85	21.0	57.0	228
	600	618	739	0.84	27.0	74.0	220
API 5CT 标准		552~758	≥ 689		≥ 16	≥ 40	

设计的N80实验钢含有高Mn,Cr,Mo以及Nb,Ti等元素,大大提高了过冷奥氏体的稳定性,强烈推迟珠光体转变,使实验钢具有较高的贝氏体淬透性,在较宽的冷却速度范围内均能得到铁素体加贝氏体为主的复相组织。在模拟轧制过程中,通过终轧后控制冷却速度至550℃或600℃进行等温处理,以模拟在实际生产轧制过程中的卷取温度,实现过冷奥氏体向铁素体及贝氏体的复相组织转变^[4,5]。在550℃进行等温处理的钢板冷却速度较快,得到铁素体及贝氏体的复相组织中贝氏体含量较多,其强度较高,韧塑性较低。在600℃进行等温处理的实验钢板贝氏体含量较少,其强度较低,韧塑性较高。

高强度N80级ERW焊管用钢板要求具有较低的屈强比,以保证在卷管时钢板的成型性能。铁素体加马氏体或铁素体加贝氏体的复相组织的钢板具有较低的屈强比,从而具有良好的成型性能^[6-8]。

N80油套管要求一定的硬度,以保证管子连接时具有足够的螺纹强度和硬度,防止滑丝。其硬度范围最好在HB200~250,与低C($w(\text{C}) < 0.08\%$)高Mn微合金化的X管线钢的硬度(HB160~180)相比,设计的N80实验钢的硬度明显提高,这主要是由于适当提高了C含量的原因。

综上所述,设计的N80级ERW油套钢管,通过低碳与综合合金化的成份设计,在控轧控冷实验条件下可得到铁素体及一定含量贝氏体的复相组织,使实验钢板既能满足力学性能要求,降低了钢板的屈强比,又保证了钢板的焊接性和板材硬度。

3 结 论

(1)设计的N80实验钢在模拟控轧控冷后钢板主要组织为多边形铁素体加板条贝氏体组成的复相组织,且随着冷却速度及等温温度的降低,多边形铁素体含量相应降低,贝氏体含量相应增多。

(2)N80实验钢板的强度、韧塑性均高于API 5CT标准性能要求,且具有较低的屈强比。

参考文献:

[1] 李鹤林,张亚平,韩礼红. 油井管发展动向及高性能油井管国产化[J]. 钢管, 2008, 37(1): 1-6.
[2] 介升旗,刘永平. 国内ERW焊管发展现状及其质量控制[J]. 焊管, 2006, 29(6): 74-78.
[3] Zhao M C, Yang K, Shan Y Y. Comparison on strength and toughness behaviors of microalloyed pipeline steels with acicular ferrite and ultrafine ferrite[J]. Materials Letters, 2003, (57): 1496-1500.
[4] 朱霞. 铁素体/贝氏体双相钢多道次变形及冷却过程的组织控制[D]. 北京:北京科技大学,2008.
[5] 狄国标,陈连生,刘振宇,等. 低成本热轧双相钢组织性能研究[J]. 轧钢, 2007, 24(5): 17-20.
[6] 李智,吴蒙华,刘常升,等. 控制冷却对贝氏体非调质钢组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2006, 31(1): 69-71.
[7] 尚成嘉,杨善武,王学敏,等. 新颖的贝氏体/铁素体双相低碳微合金钢[J]. 北京科技大学学报, 2003, 25(3): 288-290.
[8] 张丕军,刘相华,王国栋. 800 MPa级双相组织低屈强比钢厚板研究[J]. 东北大学学报, 2006, 27(4): 414-417.