

X80 热煨弯管热处理工艺对组织及性能的影响

Effect of Heat Treatment Process on Microstructure and Mechanical Property of X80 Bend Pipe

王卫国^{1,3}, 李彦民^{1,3}, 魏秦文^{2,3}, 姚登樽^{2,3}, 尹长华^{2,3}

(1 中国石油天然气管道局, 河北 廊坊 065000;

2 中国石油天然气管道科学研究院, 河北 廊坊 065000;

3 中国石油天然气油气管道输送安全国家工程实验室, 河北 廊坊 065000)

WANG Wei-guo^{1,3}, LI Yan-min^{1,3}, WEI Qin-wen^{2,3}, YAO Deng-zun^{2,3}, YIN Zhang-hua^{2,3}

(1 China Petroleum Pipeline Bureau, Langfang 065000, Hebei, China;

2 Pipeline Research Institute of CNPC, Langfang 065000, Hebei, China;

3 National Engineering Laboratory for Pipeline Safety, Langfang 065000, Hebei, China)

摘要: 研究了不同热处理工艺对热煨弯管母材及焊缝组织及性能的影响。通过对热煨弯管两种不同热处理工艺的研究, 探讨了 X80 热煨弯管热加工工艺过程中热处理制度对母材及焊缝组织和性能的影响规律。结果表明, 高温淬火(950℃)+高温回火(500℃)的工艺能够明显的改善焊缝及热影响区的组织, 细化焊缝热影响区的组织, 并能够有效地解决热煨弯管母材和焊缝的组织及性能匹配性, 适宜于 X80 热煨弯管的加工。

关键词: X80 管线钢管; 热煨弯管; 焊接接头; 热处理; 热影响区

中图分类号: TG142 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4381(2012)10-0080-04

Abstract: The effect of different heat treatment processes on microstructure and mechanical property of X80 bend pipe was studied. By the comparison of two different heat treatment processes, the effect of heat treatment for the microstructure and mechanical property of X80 parent material and weld was discussed. The result showed that the microstructure and mechanical property of X80 bend pipe was seriously affected by the heat process. By the heat process of 950℃ quench+500℃ tempering, the microstructure of heat-affected zone(HAZ) and girth weld had been refined. Furthermore, the toughness and the micro-hardness of the pipe steel and the girth weld had been improved, which indicated that the heat process of 950℃ quench+500℃ tempering is suitable for the production of X80 bend pipe.

Key words: X80 pipe steel; girth weld; bend pipe; heat treatment; heat-affected zone

随着国内外对石油、天然气需求的不断升高, 油气长输管道建设进入了新的建设高潮期。长输管道在敷设过程中要通过许多地形复杂、气候条件恶劣的地区, 管道需要根据沿线地质的变化, 不断地设置转角以改变管道的走向和坡度^[1-3]。目前, 实现管道变向的方法有三种——弹性曲线敷设、冷弯弯管和热煨弯管^[4]。其中, 热煨弯管由于转换角度大, 可以实现大角度变向, 成为长输管道施工中的重要组成部分。

热煨弯管在制作过程中由于影响因素多、工艺难度大、弯管性能及质量难以控制, 往往造成弯管性能的劣化, 直接影响到油气输送管道的安全、可靠性和投

资经济效益^[4,5]。目前, 国内外对高钢级管线钢热煨弯管进行了大量的研究^[6-9], 发现影响热煨弯管性能的重要因素就是弯管过程中的热处理工艺及母材和焊缝与热处理工艺的匹配性。由于, 热煨弯管母材和焊缝在化学成分及成型工艺方面存在不同, 导致母材与焊缝经过相同热处理后出现组织和性能的差异, 影响热煨弯管的质量。因而, 研究热煨弯管的热处理工艺以及热处理工艺对弯管母材和焊缝的影响, 对于热煨弯管的制造具有重要的研究价值。

本工作研究了不同热处理工艺对弯管母材及焊缝组织和性能的影响, 分析了影响弯管性能的影响因素,

讨论了热煨弯管弯制的合理热处理工艺,为指导热煨弯管的生产具有重要的参考意义。

1 实验方法

热煨弯管原管为 X80 钢级母管,其化学成分如表 1 所示。

本工作研究了两种热处理工艺对热煨弯管焊缝性能的影响。所采用的热处理工艺如表 2 所示。

采用 CARL ZEISS 金相显微镜和 JSM6360LV 扫描电镜对不同热处理工艺的母材及焊缝的显微组织进行了分析;采用显微硬度计和冲击试验机对母材及焊

缝的力学性能进行了测试。

表 1 X80 热煨弯管母管化学成分(质量分数/%)

Table 1 Chemical composition of the parent pipe of X80 bend pipe(mass fraction/%)

| C | Mn | Nb | V | Cr | Mo | Ni | CE _{IIW} | CE _{pcm} |
|------|------|------|------|------|-----|-----|-------------------|-------------------|
| 0.07 | 1.70 | 0.05 | 0.05 | 0.15 | 0.2 | 0.3 | 0.46 | 0.22 |

Note:The expressions of CE_{IIW} and CE_{pcm}, which are both named carbon equivalent, are showed as follows^[10,11]:

$$CE_{IIW} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}, CE_{pcm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn + Cu + Cr}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

表 2 热处理工艺及试样编号

Table 2 Heat treatment process and sample number

| Sample | Heat treatment process | Heating rate/(℃·min ⁻¹) | Heating temperature/℃ | Holding time/min | Tempering temperature/℃ | Tempering time/h |
|--------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|------------------|
| Y1 | — | — | — | — | — | — |
| H1 | Process 1 | — | — | — | 500 | 1 |
| T1 | Process 2 | 20 | 950 | 1 | 500 | 1 |

2 实验结果与分析

2.1 组织结构分析

图 1 为母材热处理前后的组织结构形貌图。从图 1 可以看出,经过工艺一 500℃回火的试样 H1 与未经过热处理的试样 Y1 的组织基本相同,主要由针

状铁素体、准多边形铁素体和 M/A 岛组成,并具有明显的轧制方向性。与 Y1 相比,H1 的组织相对有所长大。经过工艺二处理后的试样 T1 组织结构与 Y1 和 H1 有很大不同,T1 的组织主要由粒状贝氏体、少量铁素体和 M/A 岛组成,并具有明显的等轴结构。

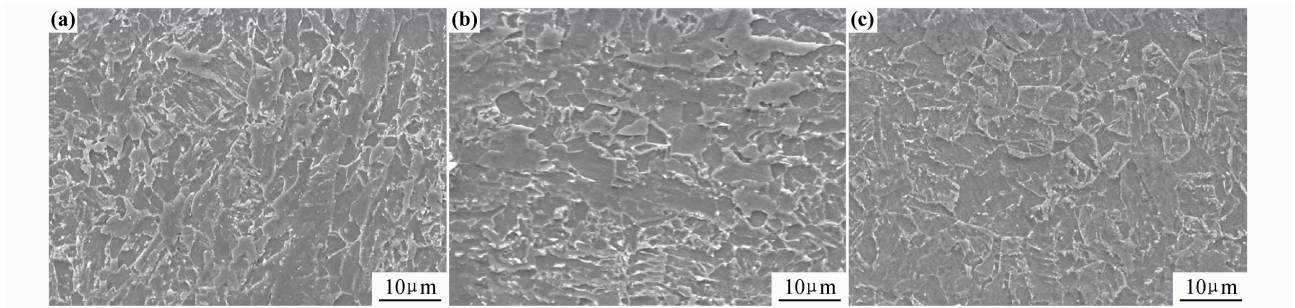


图 1 母材组织形貌图 (a)Y1;(b)H1;(c)T1

Fig.1 Microstructure of parent materials after different heat treatment (a)Y1;(b)H1;(c)T1

图 2 为焊缝热处理前后的组织结构形貌图。从图中可以看出,试样 Y1 与 T1 的焊缝组织基本相同,主要由方向各异的针状铁素体以及弥散分布的 M/A 岛组成。与母材组织结构变化一致,H1 的组织与 Y1 组织相比有所长大。T1 组织结构与 Y1 和 H1 相比有很大变化,T1 的组织主要由粒状贝氏体、准多边形铁素体、针状铁素体以及 M/A 岛组成。

图 3 为焊缝热影响晶区粗区热处理前后的组织结

构形貌图。从图中可以看出,试样 Y1 与 H1 的组织主要由贝氏体组成,同时组织中保留了粗大的奥氏体晶界。从显微组织结构中还可以看出,在 Y1 与 H1 试样的原奥氏体晶界处针状的 M/A 岛连接成网状,这导致热影响区性能的恶化。T1 热影响区的组织主要由粒状贝氏体、准多边形铁素体以及 M/A 岛组成。与 Y1 与 H1 相比,T1 试样的母材、热影响区和焊缝的组织结构更加相近,结构变化明显弱化,具有良好的组织统一性。

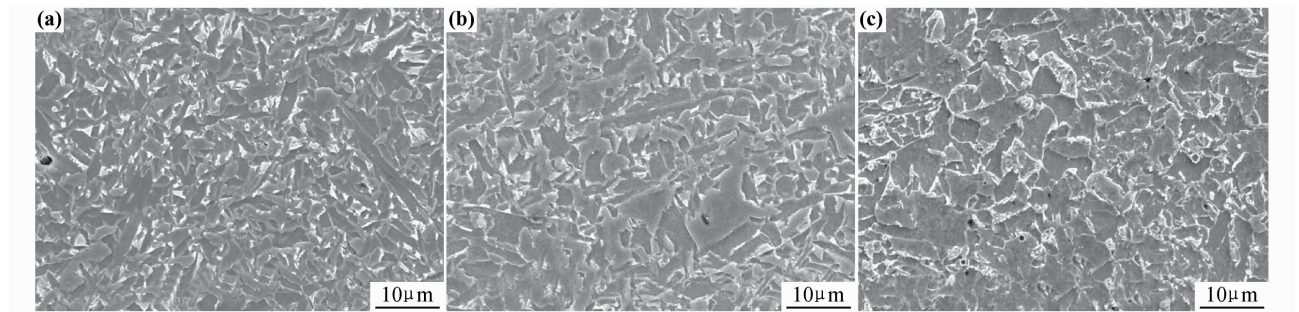


图 2 焊缝组织形貌图 (a)Y1;(b)H1;(c)T1

Fig. 2 Microstructure of welds after different heat treatment (a)Y1;(b)H1;(c)T1

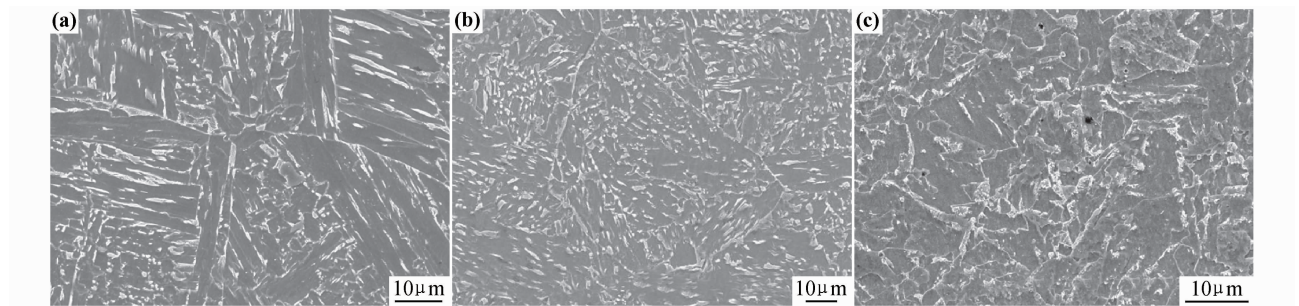


图 3 热影响区粗晶区组织形貌图 (a)Y1;(b)H1;(c)T1

Fig. 3 Microstructure of HAZ after different heat treatment (a)Y1;(b)H1;(c)T1

2.2 性能分析

表 3 是热处理前后试样母材、焊缝中心及热影响区的冲击性能结果。从表 3 可以看出,三种试样母材的冲击性能都要优于焊缝及热影响区。还可以看出

H1 试样的热影响区冲击性能偏低,而 T1 试样焊缝及热影响区的冲击韧性良好。

图 4 是热处理前后试样焊缝截面的显微硬度变化图。从图中可以看出,Y1 与 H1 试样的热影响区硬度

表 3 不同热处理工艺下试样的冲击韧性

Table 3 CVN impact toughness of different heat treatment samples

| Sampling location | Sampling direction | Sample size/ (mm×mm×mm) | Average absorbed energy of three samples/J | Average shear area ratio of three samples/% |
|-----------------------|----------------------|----------------------------|---|--|
| Y1 Weld center | Transverse direction | 10×10×55 | 132 | 63.5 |
| Y1 HAZ | Transverse direction | 10×10×55 | 114 | 56.5 |
| Y1 Parent material | Transverse direction | 10×10×55 | 215 | 100 |
| H1 Weld center | Transverse direction | 10×10×55 | 145 | 71.5 |
| H1 HAZ | Transverse direction | 10×10×55 | 65 | 33.5 |
| H1 Parent material | Transverse direction | 10×10×55 | 224 | 100 |
| T1 Weld center | Transverse direction | 10×10×55 | 140 | 68.5 |
| T1 HAZ | Transverse direction | 10×10×55 | 165 | 85 |
| T1 Parent material | Transverse direction | 10×10×55 | 243 | 100 |

存在明显的升高,而 T1 中母材、热影响区及焊缝的硬度基本一致。此外,从图 4 中还可以看出,试样 H1 各

区的显微硬度要高于 Y1 和 T1。而硬度升高会造成管线钢抗腐蚀性能下降。

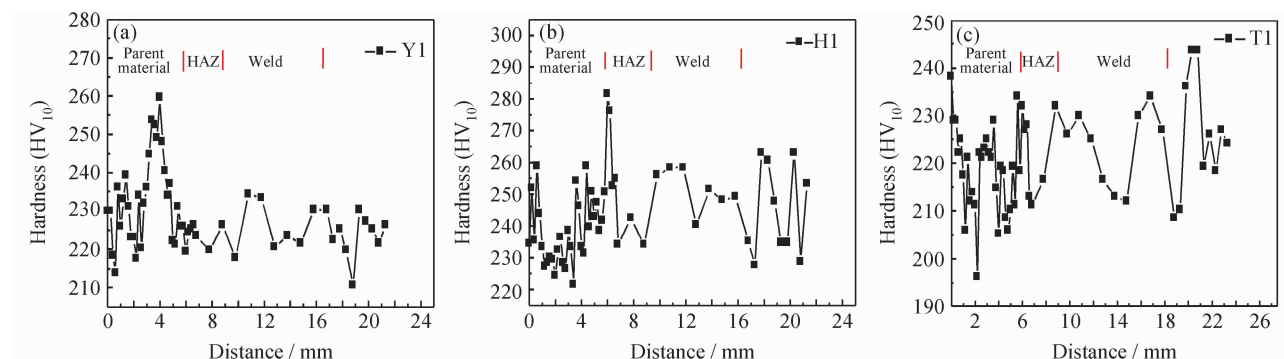


图 4 焊缝截面显微硬度分布图

Fig. 4 Microhardness distribution of the weld cross-section

综上所述,可以看出经过工艺二处理后的热煨弯管母管,组织结构均匀,冲击韧性良好,显微硬度趋于一致,说明通过该工艺处理能够充分协调热煨弯管母材及焊缝的组织结构及性能差异。

3 结论

(1)经过高温回火(500℃)热处理后,热煨弯管焊缝及热影响区组织及性能恶化,不适宜热煨弯管的生产。

(2)经过高温淬火(950℃)+高温回火(500℃)热处理后,热煨弯管母管的母材、焊缝中心和热影响区的组织均匀、性能良好,充分协调了热煨弯管母材及焊缝的组织结构及性能的差异,适宜于热煨弯管生产。

参考文献

- [1] 史航,及立民. 如何减少长输管道热煨弯管用量[J]. 油气储运, 2002, 21(9):38-40.
- [2] 李艳华,杨俊伟,王伟. 热煨弯管在大口径管道中的应用[J]. 油气储运, 2002, 21(7):49-51.
- [3] 李朝,史航. 山区地段长输管道线路设计要点[J]. 油气储运,

2002, 21(12):27-30.

- [4] 张有渝. 四川输气管道弯管力学性能探讨[J]. 天然气与石油, 1999, 46(3):1-4.
- [5] 杨才荣,范向红. 西气东输工程用大口径热煨国产弯管情况分析[J]. 通用机械, 2004, 10(9):71-73.
- [6] 张惠民. 输气管道中焊缝钢制弯管的试验研究[J]. 油气储运, 2001, 23(10):36-39.
- [7] 马永山,徐志锋. 直缝焊管(UOE)热煨弯管最佳工艺参数的研究[J]. 焊接技术, 2006, (S1):7-8.
- [8] 张小立,冯强,刘迎来,等. 二次加热对高钢级管线钢韧性及其组织的影响[J]. 材料热处理学报, 2008, 29(6):66-69.
- [9] 刘迎来,池强,王鹏. 加热温度对 X80 弯管钢组织与性能的影响[J]. 金属热处理, 2010, 35(10):29-32.
- [10] Q/SY GJX 0138-2008,西气东输二线管道工程用 X70 感应加热弯管母管技术条件[S].
- [11] API SPEC 5L, Specification for Line Pipe[S].

收稿日期:2011-08-05;修订日期:2012-05-28

作者简介:王卫国(1959—),男,硕士,教授级高级工程师,主要从事管道设计、管道施工和管道储运方面的研究,联系地址:河北省廊坊市金光道 44 号(065000),E-mail: wangweigu@cnpc.com.cn

(上接第 79 页)

- [12] MROWIECHA J S, DIESBACH S, MAURICE V, et al. Li-ion intercalation in thermal oxide thin films of MoO_3 as studied by XPS, RBS, and NRA [J]. Journal of Physical Chemistry C, 2008, 112(29): 11050-11058.
- [13] LI X L, LIU J F, LI Y D. Large-scale synthesis of tungsten oxide nanowires with high aspect ratio [J]. Inorganic chemistry, 2003, 42(3): 921-924.
- [14] YU K, CHEN J. Enhancing solar cell efficiencies through 1-D nanostructures [J]. Nanoscale Research Letters, 2009, 4(1): 1-10.
- [15] LIBER C M, WANG Z L. Functional nanowires [J]. MRS Bul-

letin, 2007, 32(2): 99-108.

- [16] ZHOU Y, LI H. Sol-gel template synthesis and structural properties of a highly ordered $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$ nanowire array [J]. Journal of Materials Chemistry, 2002, 12(3): 681-686.

基金项目:安徽省教育厅高校自然科学研究项目(KJ2010B233; KJ2010B234)

收稿日期:2011-10-25;修订日期:2012-04-15

作者简介:周妍(1979—),女,硕士,讲师,主要研究方向为工程材料,纳米材料,联系地址:安徽省铜陵市翠湖四路东段 1335 号铜陵学院机械工程系(244061),E-mail:zhouyan099@163.com