

可见,自由轧制技术打破了传统的计划约束,提高了生产组织灵活性,能够显著降低能源消耗和辊耗,是热轧领域技术进步的方向。

#### 参考文献:

- [1] 金兹伯格 V B. 高精度板带材轧制理论与实践[M]. 北京:冶金工业出版社, 2000.
- [2] 王国栋. 板形控制和板形理论[M]. 北京:冶金工业出版社, 1986.
- [3] 张清东, 何安瑞. 板形控制与热轧带钢自由规程轧制[J]. 钢铁, 2001, 76(2): 72-75.
- [4] 史静, 孔祥伟, 王国栋, 等. 工作辊横移对工作辊温度场及热凸度的影响[J]. 轧钢, 2002, 19(4): 7-9.
- [5] 张秀芳, 白云阶, 张心白, 等. 热带边部减薄及凸度控制技术结合的探讨[J]. 轧钢, 1999, 16(1): 11-13.
- [6] 张伍军, 张成瑞. 在线磨辊技术在 PC 轧机上的应用效果[J]. 轧钢, 2005, 22(1): 62-64.
- [7] 胡松涛, 胡婕. 太钢 1549mm 热连轧机工艺润滑技术的开发[J]. 轧钢, 2005, 22(1): 26-29.
- [8] 孙卫华, 白彦, 项本朝, 等. 热连轧工艺润滑控制系统的开发与应用[J]. 轧钢, 2009, 26(5): 47-50.
- [9] 单传东. 莱钢热轧宽带钢工艺润滑技术的应用实践[J]. 轧钢, 2009, 26(3): 50-53.

## 大壁厚 X80 管线钢的低温韧性研究

李少坡<sup>1</sup>, 李家鼎<sup>1</sup>, 查春和<sup>1</sup>, 丁文华<sup>1</sup>, 周金明<sup>2</sup>

(1. 首钢技术研究院, 北京 100043;

2. 秦皇岛首秦金属材料有限公司, 河北 秦皇岛 066326)

**摘 要:**介绍了首钢 27.5mm 厚 X80 管线钢的成分设计和控轧控冷工艺, 以及成品组织形貌, 测定了厚壁 X80 钢板的低温韧脆转变曲线, 并分析了控轧控冷工艺对大壁厚 X80 钢板低温韧性的影响。

**关键词:**大壁厚 X80 管线钢; 低温韧性; 控轧控冷

**中图分类号:** TG335.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-9996(2010)06-0060-04

### Study on Low Temperature Toughness of Thick-wall X80 Linepipe Steel

LI Shao-po<sup>1</sup>, LI Jia-ding<sup>1</sup>, ZHA Chun-he<sup>1</sup>, DING Wen-hua<sup>1</sup>, ZHOU Jin-ming<sup>2</sup>

(1. Shougang Research Institute of Technology, Beijing 100043, China;

2. Qinhuangdao Metal Materials Co., Ltd., Qinhuangdao 066326, China)

**Abstract:** The composition, controlled rolling and controlled cooling process for 27.5mm X80 linepipe steel of Shougang were introduced. Meanwhile, the ductile-brittle transition curves were measured, and the influence of controlled rolling and controlled cooling process on the low-temperature toughness of thick-wall X80 plate was analyzed.

**Key words:** thick-wall X80 linepipe steel; low temperature toughness; controlled rolling and controlled cooling

### 1 前言

为进一步提高管道输送效率,大壁厚高压输送管线钢的应用已成为一种趋势,壁厚在 25~30mm 之间的直缝埋弧焊管得到了广泛应用。但随着钢板厚度的增加,在控轧过程中很难保证变形充分渗透到钢板的芯部,而且在后续的水冷过程中,钢板表面和芯部的冷却也存在不均匀性,为

保证厚壁管线钢的韧性质量,对控轧控冷工艺参数提出了更加严格的要求。

本文介绍了首钢 27.5mm 厚 X80 管线钢的成分设计以及控轧控冷工艺,对厚壁 X80 热轧钢板的组织形态进行了分析。同时,测定了厚壁 X80 管线钢的夏比冲击试验和落锤撕裂试验(DWTT)的低温韧脆转变曲线,分析了控轧控冷

收稿日期:2010-01-28

作者简介:李少坡(1980-),男(汉族),河北石家庄人,工程师。

工艺对低温韧性的影响。

2 大壁厚 X80 管线钢的研发

2.1 成分与工艺

首钢厚壁 X80 管线钢通过低碳、高锰,辅以微合金化技术,尤其是利用 Nb—Mo 复合添加技

术,采用洁净钢冶炼技术、夹杂物数量和形态控制技术,并结合相应的 TMCP 生产工艺控制,通过细晶强化、相变强化和位错强化等机制,获得了比较理想的针状铁素体组织。首钢 X80 管线钢化学成分见表 1。

表 1 首钢厚壁 X80 管线钢化学成分(质量百分数)

C	Si	Mn	P≤	S≤	Al <sub>t</sub>	Nb≤	Mo≤	Ni,Cu,Ti,V
0.04	0.20	1.75	0.008	0.002	0.04	0.08	0.30	添加

工艺流程如下所示:

铁水脱硫预处理—转炉冶炼—炉外精炼(LF 炉、RH 炉、钙处理)—连铸—板坯精整—钢坯再加热—高压小除鳞—控轧控冷—热矫直。

2.2 性能与组织

首钢厚壁 X80 管线钢的力学性能见 2,产品具有较高的强度和优良的低温韧性。

表 2 厚壁 X80 管线钢的力学性能

$R_{eL}/MPa$	$R_m/MPa$	$R_{eL}/R_m$	$A_{kv}(-40^{\circ}C)$	DWTT( $-35^{\circ}C$ )
560~600	680~710	0.82~0.88	330	72

图 1 是厚壁 X80 管线钢板芯部的光学显微金相组织和扫描电镜显微组织形态。可以看出其

组织均匀、细小,呈典型的针状铁素体特征,并含有少量微细第二相 M/A。

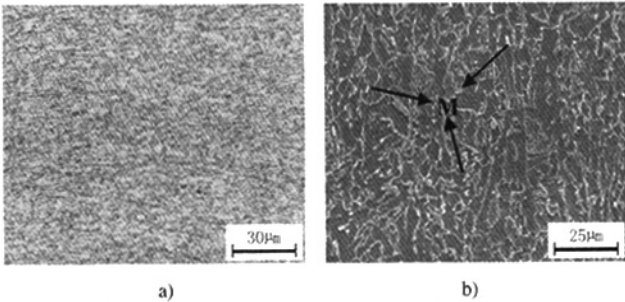


图 1 厚壁 X80 管线钢的组织形态

a) 光学显微金相组织 b) 扫描电镜显微组织

在钢板上取夏比冲击试样,进行系列温度韧脆转变曲线测试,测试温度分别为 20、0、-10、-20、-40、-60℃。不同测试温度下钢板横向的夏比冲击性能见图 2。

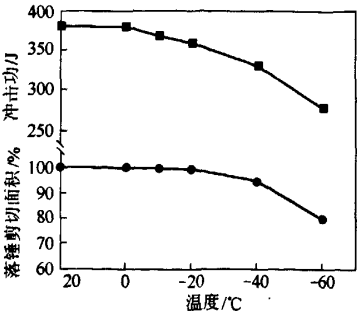


图 2 厚壁 X80 管线钢的夏比冲击性能

由图 2 可见, -60℃ 的温度下,钢板夏比冲击功保持在 250J 以上,试样断口韧性剪切面积在 80% 以上,这说明厚壁 X80 管线钢板的韧脆转变温度 FATT 至少在 -60℃ 以下。

可见,超低 C 含量有助于细化第二相 M/A,提高材料的低温韧性;Mo 元素可显著影响 CCT 曲线<sup>[1]</sup>,改善钢板表面及芯部的冷却均匀性,细化芯部组织,使钢板芯部也形成针状铁素体组织,提高材料的低温韧性。

3 大壁厚 X80 管线钢的低温韧性研究

首钢厚壁 X80 管线钢的工业化生产是在首秦 4300mm 生产线上进行的。通过严格控制钢坯的加热温度和原始奥氏体晶粒度<sup>[2]</sup>,强化高温奥氏体再结晶区的变形和未再结晶的位错累积,

细化有效晶粒尺寸的措施,提高了钢板的低温韧性<sup>[3,4]</sup>;通过强化水冷工艺,控制组织类型及 M/A 组元含量,改善了钢板落锤性能<sup>[5]</sup>。为提高钢板的低温韧性,采用两种不同的控轧控冷工艺进行

研究,1# 工艺的终轧温度比 2# 工艺低,1# 工艺的终冷温度比 2# 工艺低。不同控轧控冷工艺下钢板的力学性能见表 3。

表 3 不同控轧控冷工艺下钢板力学性能

工艺	$R_{\text{ts.5}}/\text{MPa}$	$R_m/\text{MPa}$	$A_{kv}(-40^{\circ}\text{C})/\text{J}$	$DWTT(-15^{\circ}\text{C})/\%$	$DWTT(-35^{\circ}\text{C})/\%$
1#	585	690	380	85	75
2#	580	680	280	70	35

由表 3 可见,两种工艺条件下钢板的强度相差不多,但 1# 工艺下钢板的低温韧性明显优于 2# 工艺的钢板。

图 3 为两种工艺条件下厚壁 X80 管线钢钢板芯部的组织形态。

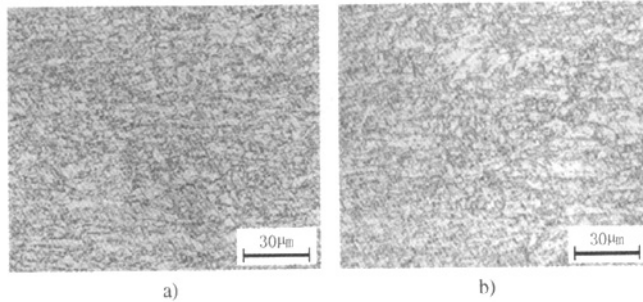


图 3 不同工艺条件下厚壁 X80 管线钢的组织形态

a)1# 工艺;b)2# 工艺

由图 3 可见,钢板组织均为针状铁素体,1# 工艺钢板组织更加细小均匀,2# 工艺钢板组织中还存在较为粗大的粒状贝氏体,这在一定程度上影响了钢板的低温韧性。

两种工艺下钢板的横向落锤性能见图 4。

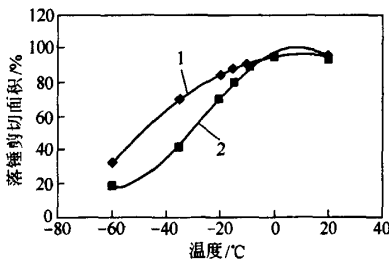


图 4 不同工艺条件下厚壁 X80 管线钢板的落锤性能

1—1# 工艺; 2—2# 工艺

由图 4 可见,两种不同工艺条件下钢板的韧脆转变规律不同。在 1# 工艺条件下,厚壁 X80 管线钢具有连续的韧脆转变曲线,-40℃下仍具有相对优良的低温韧性。在 2# 工艺条件下,当 DWTT 试验温度达到-10℃以下时,钢板的落锤性能开始大幅下降。

这是由于不同的控轧控冷工艺决定了材料的组织形态,而不同的组织形态决定了材料的低温韧脆。实验结果表明,采用低终轧温度和低终冷温度,有利于细化晶粒尺寸并避免大块粒状贝氏体的形成,从而提高材料的低温韧性。

#### 4 结语

大壁厚 X80 管线钢的组织形态应以细小均匀的针状铁素体为主,并有少量微细 M/A 岛,以保证产品的强韧性要求。采用超低碳成分设计,利用 Nb—Mo 复合添加的微合金化技术,细化第二相 M/A,保证了大壁厚钢板加速冷却后芯部也能形成针状铁素体组织。大壁厚 X80 管线钢的控轧控冷工艺,对产品的组织形态有很大影响。采用低终轧温度和低终冷温度,可以有效细化晶粒尺寸并避免大块粒状贝氏体的形成,从而保证厚壁 X80 管线钢的低温韧性。

#### 参考文献:

- [1] 章守华. 合金钢[M]. 北京:冶金工业出版社,1988. 25—30.
- [2] 张志波,刘清友. 加热温度对管线钢奥氏体晶粒尺寸和钨固溶的影响[J]. 钢铁研究学报,2008,20(10):36—39.
- [3] Kim Y M, Kim S K, Lim Y J, et al. Effect of Microstructure

- on the Yield Ratio and Low Temperature Toughness of Line-pipe Steels[J]. ISIJ International, 2002, 42(12): 1571-1577.
- [4] Shin S Y, Hwang B, Lee S, et al. Correlation of Microstructure and Charpy Impact Properties in API X70 and X80 Line-

- pipe Steels[J]. Materials Science and Engineering: A, 2007, 458: 281-289.
- [5] 李少坡, 麻庆申, 李家鼎, 等. Nb-Ni 系 X70 管线钢基础参数研究[J]. 轧钢, 2009, 26(5): 5-8.

## 攀钢 1<sup>#</sup> 连退机组湿平整工艺的应用

汤佩林

(攀钢集团攀枝花钢铁有限公司冷轧厂, 四川 攀枝花 617000)

**摘 要:** 针对攀钢连退机组因采用干平整工艺而易造成冷轧产品表面平整辊印和平整色差的问题, 开展了湿平整工艺的技术研究。通过对平整机入口喷射梁、出口压缩空气吹扫装置和热风烘干装置的改造和优化, 以及对湿平整各工艺参数的研究, 使平整辊使用寿命显著提高, 非计划换辊次数平均每天降低 2.8 次或 93%, 产品表面质量显著提高, 1 组品率提高了 38 个百分点, 降组率减少了 16 个百分点。

**关键词:** 连续退火; 湿平整; 平整辊印; 平整色差; 改造

**中图分类号:** TG335.21 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-9996(2010)06-0063-03

### Application of Wet Skin-pass Process on No. 1 Continue Annealing Line of Pangang

TANG Pei-lin

(Cold Rolling Mill, Pangang Group Panzhihua Steel & Vanadium Co., Ltd., Panzhihua 617000, China)

**Abstract:** In view of roller mark and off color of cold rolled products by dry skin-pass technology at Pangang, the wet skin-pass technology was applied. Meanwhile, some equipment were reformed and optimized, such as ejecting beams at entrance, compressed air blow unit at exit and hot air drying device. Therefore, the service life of temper roll was obviously increased, and the average roller changing times of non-plan was reduced of 93% every day.

**Key words:** continuous annealing; wet skin-pass; roller mark of skin-pass; off color of skin-pass; reformation

## 1 前言

攀钢集团攀枝花钢铁有限公司冷轧厂 1<sup>#</sup> 热镀锌机组于 1997 年 3 月投产, 该机组采用改良森吉米尔工艺, 设计可生产 CQ、DQ 级正常锌花和光整锌花热镀锌钢板。为适应品种开发和提高产品竞争力的需要, 2006 年下半年对 1<sup>#</sup> 连退机组进行了技术改造。改造后的连退机组开始采用干平整模式进行生产, 带钢表面的铁粉和其他杂质如粉尘容易粘附在轧辊上而产生平整辊印和平整色差等表面缺陷, 从而造成带钢表面质量下降和产品降组, 只有通过更换平整工作辊甚至支撑辊来消除缺陷, 从而增加了轧辊消耗和生产成本, 同时也由于换辊产生大量废次品, 造成成材率降低。另外, 频繁更换工作辊还会增加机组升、降速次

数, 不利于机组连续稳定运行。为了提高平整机工作辊的使用寿命, 提高连退产品的表面质量和小时产量, 进行了湿平整工艺的技术研究。

## 2 技术改造

湿平整工艺流程采用: 带钢进入平整机→脱盐水喷射轧辊平整→平整出口两级空气吹扫→拉矫→热风烘干→冷却→出口活套→涂油→卷取。

湿平整工艺要求为:

- (1) 湿平整水洗的压力和流量满足轧辊清洗和带钢表面质量的要求。
- (2) 平整出口水渍吹扫干净。
- (3) 热风烘干装置保证带钢烘干效果。
- (4) 冷却装置保证带钢冷却效果。
- (5) 保证带钢的防锈要求。

收稿日期: 2010-05-05

作者简介: 汤佩林(1979-)男(汉族), 四川广安人, 硕士。

