

轧后在线快冷生产热轧无缝管线钢管 X52N 实践

张行刚, 邬占飞, 米永峰, 余泽金, 裴福莉, 王 栋

(内蒙古包钢钢管有限公司, 内蒙古 包头 014010)

摘要:热机械控轧控冷(TMCP)技术一直在无缝钢管领域应用困难,结合无缝钢管工艺流程开发轧后控制冷却设备,通过工业实践采用轧后在线快冷生产 X52N 无缝管线钢管,同时对其理化性能、组织进行了研究。实践表明,采用 C-Mn 钢生产无需加入成本高昂的合金元素,通过轧后在线快冷调控材料的微观组织,保证材料的各项力学性能满足标准要求,无需后续离线热处理,满足长距输送管线钢管 X52N 的理化性能要求,实现低成本、短流程、经济性生产。

关键词:X52N 管线钢管;在线快冷;短流程

中图分类号:TG335.7

文献标识码:B

文章编号:1009-5438(2023)06-0033-05

Practices on Producing Hot Rolled Seamless Pipeline Steel Pipe X52N with On-line Accelerated Cooling after Rolling

Zhang Xing-gang, Wu Zhan-fei, Mi Yong-feng, Yu Ze-jin, Pei Fu-li, Wang Dong

(Inner Mongolia Baotou Steel Pipe Co., Ltd., Baotou 014010,
Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The thermos mechanical control process (TMCP) has been difficult to apply in the field of seamless steel pipe. The control cooling equipment after rolling is developed combining with process flow of seamless steel pipe, the X52N seamless pipeline steel pipe is produced with on-line accelerated cooling after rolling through industrial practices as well as its physical and chemical properties and microstructure are studied. The practices showed that the costly alloy elements did not need to be added into the production with C-Mn steel, microstructure of material was regulated and controlled by on-line accelerated cooling after rolling so as to ensure mechanical properties of material to meet the standard requirements as well as follow-up offline heat treatment was not needed. As a result, the requirements of physical and chemical properties for long distance pipeline steel pipe X52N could be met so that low cost, short process and economic production are realized.

Key words: X52N pipeline steel pipe; on-line accelerated cooling; short process

热机械控轧控冷(TMCP)技术是通过控制轧制和控制冷却技术相结合,也就是低温轧制和在线热处理的综合处理手段,通过在线连续对热轧组织和轧后组织进行调控,获得理想的实物性能,该技术多

用于板材生产^[1],如将控轧控冷技术用于无缝钢管生产,特别是轧后采用控制冷却技术,可在降低合金的基础上使钢管的强度和韧性同步增加,实现节约型绿色化生产。但因无缝钢管形状、工艺流程的特

殊性和复杂性,导致热轧过程工艺窗口窄,不易实现控制轧制生产,而在线控制冷却技术是热轧无缝钢管领域长期以来的重点发展方向^[2],结合包钢自身无缝机组的特点,开发轧后在线控制冷却设备和工艺,实现高品质热轧无缝钢管生产。

中国有着非常丰富的油气资源,而油气输送又是油气行业重要组成部分和生命线,油气输送管道一旦发生破坏失效,不仅影响正常的油气生产和输送,会给人民的生命财产带来巨大的安全隐患和经济损失,还会造成严重的生态环境灾难^[3]。X52N 管线钢管是油气输送较为常用的牌号,因其在要求高强度的同时还要求有高的韧性,另又严格限制碳当量,因此目前国内无缝钢管厂生产 X52N 均需添加适量的合金元素 Cr、Mo、Nb、V、Ti 来控制碳当量和提高钢的强度,同时轧后还需离线热处理来保证材料的冲击韧性。本文采用最为经济的 C-Mn 钢生产无缝管线钢管,无需添加合金元素,通过轧后在

线快冷调控材料的微观组织,保证材料的各项力学性能满足标准要求,无需后续离线热处理,实现低成本、短流程、经济性生产,满足长距输送管线管的理化性能要求,取得了较好的效果^[4]。

1 试验材料及方法

1.1 试验钢化学成分

X52N 为无缝管线钢管常用牌号,为了确保长距输送管线的运行安全,对 X52N 无缝管线钢管(以下简称 X52N)的拉伸性能、冲击性能、抗内压性、焊接性能等均提出了较高的要求。传统的生产方法均是采用低 C、低 Mn 和适量的合金元素 Cr、Mo、Nb、V、Ti 中的一种或多种元素来控制碳当量,同时有的还需离线正火来保证钢管强度和韧性的良好匹配。本试验用材料仅采用 C-Mn 钢生产,不添加其他合金元素,化学成分如表 1 所示。

表 1 X52N 管线钢管化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Cr、Mo、Nb、V、Ti
0.15~0.25	0.20~0.45	1.00~1.65	≤0.025	≤0.020	残余

1.2 试验方法

试验用钢采用的是内蒙古包钢钢管公司生产的符合表 1 化学成分要求的连铸圆管坯,通过 Φ460 mm PQF 机组轧制成规格为 Φ457 mm × 17.48 mm 的光管料,出定径机后直接通过在线加速冷却系统,辊道速度设定为 1.0 m/s,共计开启 8 组冷却器,共计试制 20 支钢管。定径后温度为 958 °C,控冷入口温度为 930~935 °C,满足 850~980 °C 的设计要求;控冷出口温度为 620~650 °C,达到 350~650 °C 的设计要求;冷却速度为 9.68~9.80 °C/s,达到 7.5~10 °C/s 的设计要求。对第 1

支、第 10 支、第 20 支钢管分别进行头尾四象限拉伸、冲击、组织、晶粒度检验,同时与轧态钢管(未进行在线冷却)性能进行对比。

2 试验结果及分析

2.1 力学性能

按照设定的在线快冷参数,对在线快冷后的钢管进行力学性能检测,其中 0# 表示轧态钢管,1#、10#、20# 为过在线快冷处理后的第 1 支、第 10 支和第 20 支钢管,1、2、3、4 表示四象限拉伸性能检测结果,结果如图 1 所示。

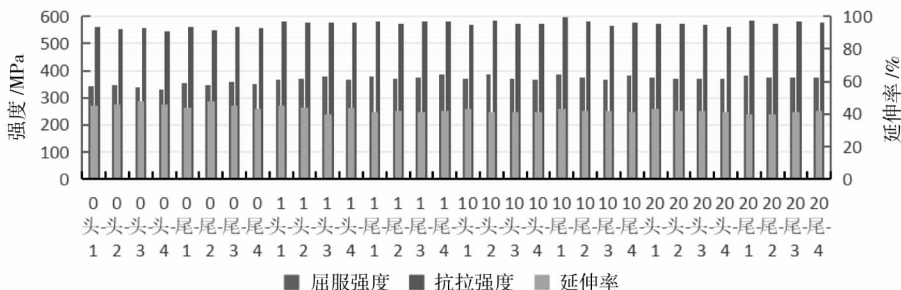


图 1 X52N 轧态和过快冷后拉伸性能对比

图1为X52N轧态和过快冷后拉伸性能对比,其中0#未过在线快冷轧态钢管头端四象限屈服强度为332~345 MPa,尾端屈服强度为345~357 MPa,平均屈服强度为346 MPa,不满足X52N屈服强度不小于360 MPa的要求,抗拉强度和延伸率满足标准API Spec 5L要求^[5],1#、10#、20#过在线快冷后3支钢管头尾四象限屈服强度在368~387 MPa区间,均满足标准要求。头尾四象限强度差约为20 MPa,说明钢管在轴向和周向上拉伸性能较为均匀,也表明在线快冷整体控制良好。过在线快冷钢管屈服强度平均值为374 MPa,较未过在线快冷轧态钢管的屈服强度提高28 MPa,屈服强度的

提高率为8%。未过在线快冷钢管抗拉强度平均值为556 MPa,过在线快冷钢管的抗拉强度平均值为576 MPa,均能满足标准要求,抗拉强度提高20 MPa,提高率为3.6%,通过在线快冷屈服强度较抗拉强度提高的幅度要大。未过在线快冷钢管的延伸率均值为46%,过在线快冷钢管的延伸率均值为41%,两者相比过在线快冷整体延伸率有所降低,但满足标准要求且富余量大。

对四支钢管的头尾进行4象限冲击性能检测,试验温度为0℃,试样尺寸为10 mm×10 mm×55 mm,方向为横向,结果如图2所示。

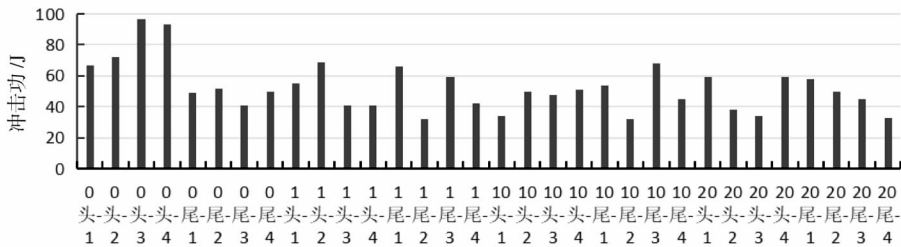


图2 X52N轧态和过快冷后冲击韧性对比

图2为X52N轧态和过快冷后冲击韧性对比,其中0#未过在线快冷轧态钢管头尾端四象限冲击功为41~97 J,均值为65 J,1#、10#、20#过在线快冷后3支钢管头尾四象限冲击功在32~69 J,均值为48 J,过在线快冷后冲击功较未过在线快冷钢管的

冲击功有所降低,两者均满足标准0℃横向冲击功不小于27 J的要求。

2.2 显微组织

对4支钢管采用高倍显微镜对晶粒度、组织进行了检测,结果如图3和表2所示。

表2 未过在线快冷和过在线快冷管线钢管组织、晶粒度对比

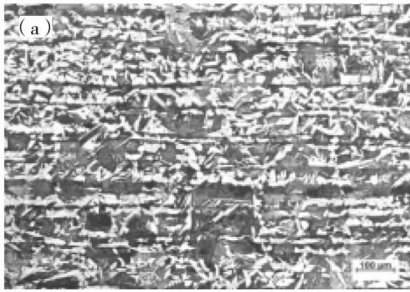
试样编号	晶粒度/级		组织	
	内壁	外壁	内壁	外壁
0	6	7.5	F+P+少量W+混晶	F+P
1	6.5	8	F+P+少量W+混晶	F+P
2	6.5	8	F+P+少量W+混晶	F+P
3	6.5	8	F+P+少量W+混晶	F+P

从产品组织来看,未过在线快冷管线钢管0#内壁组织为铁素体(F)+珠光体(P)+少量魏氏组织(W)+混晶,晶粒度约为6级,外壁组织为铁素体(F)+珠光体(P),晶粒度约为7.5级;过快冷系统钢管1#、2#、3#内壁组织为铁素体(F)+珠光体(P)+少量魏氏组织(W)+混晶,晶粒度为6.5级,外壁组织为铁素体(F)+珠光体(P),晶粒度为8级。过在

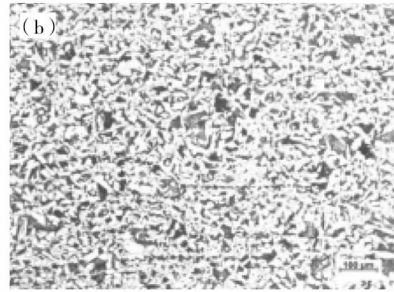
线快冷和未过在线快冷内外表面组织均相同,内表面组织存在混晶,过在线快冷后晶粒发生细化,但细化程度不明显,通过在线快冷,内外表面的带状组织得到明显改善^[6]。两者外表面组织均为铁素体(F)+珠光体(P),但通过在线快冷后组织中的珠光体(P)含量明显比未过在线快冷组织中的珠光体(P)含量要多,组织细化和珠光体(P)含量增多使得在线快

冷后管线钢管强度增加,但珠光体(P)较铁素体(F)韧性差^[7],同时因晶粒细化程度不明显,过在线快

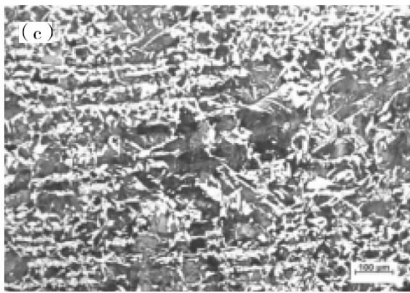
冷后钢管冲击韧性有所降低,但满足标准要求。



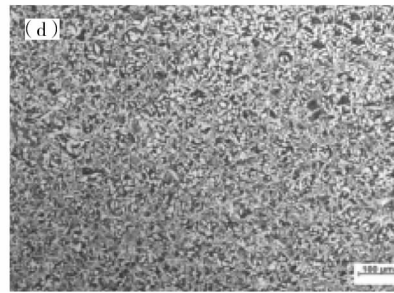
(a) 未过在线快冷钢管内壁组织



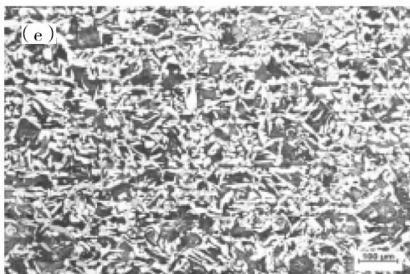
(b) 未过在线快冷钢管外壁组织



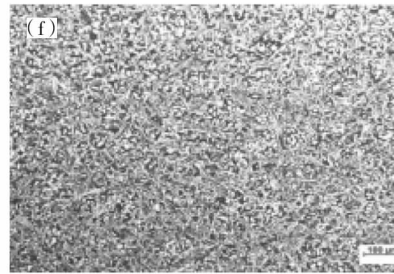
(c) 过在线快冷钢管 1# 内壁组织



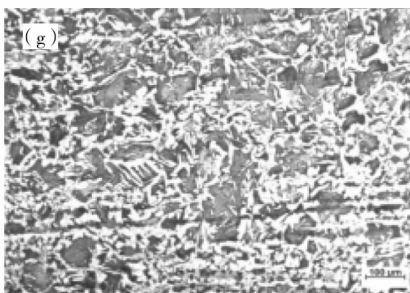
(d) 过在线快冷钢管 1# 外壁组织



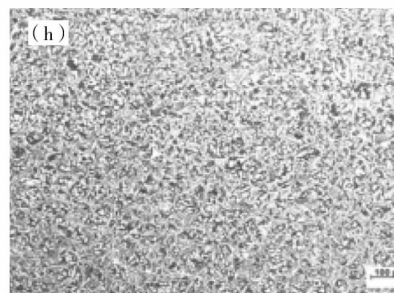
(e) 过在线快冷钢管 2# 内壁组织



(f) 过在线快冷钢管 2# 外壁组织



(g) 过在线快冷钢管 3# 内壁组织



(h) 过在线快冷钢管 3# 外壁组织

图 3 X52N 轧态和过在线快冷后金相组织

3 结论

(1)通过在线快冷,可提高钢管的强度,使得 X52N 中厚壁产品仅采用最为经济的 C-Mn 钢生产

无需添加合金元素,即可保证材料的各项力学性能满足标准要求,无需后续离线热处理,可进一步降低生产成本,通过低成本、短流程、经济性生产满足长距输送管线钢管的理化性能要求。

(2)通过在线快冷,可一定程度细化晶粒,增加珠光体含量,提高钢的强度,改善钢的带状组织。

(3)通过在线快冷,组织得到一定的细化,但因珠光体含量的增加,使得钢管韧性有一定程度的降低,因此对在线快冷冷却水的大小、钢管的前进速度、终冷温度和性能的匹配还需进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 袁国,康健,李振垒,等. 热轧无缝钢管在线热处理工艺组织性能调控研发技术进展[J]. 钢管,2018,47(1):30-34.
- [2] 彭龙洲,陈利明,杜新立,等. 简析控轧控冷技术在无缝钢管生产中的应用[J]. 钢管,2013,42(4):56-60.
- [3] 王国栋. 新一代TMCP技术的发展[J]. 轧钢,2012,29(1):1-5.
- [4] 刘晓瑾,康健,李振垒,等. 热轧无缝钢管控制冷却关键技术的开发与工业应用[J]. 轧钢,2022,39(1):9-14.
- [5] API Spec 5L—2018,管线钢管[S].
- [6] 陈思联,惠卫军,邵成伟,等. 控制冷却对中碳高钒非调质钢组织性能的影响[J]. 钢铁,2015,50(8):77-82.
- [7] 陈蕴博,马炜,王云生,等. 铁素体-珠光体型非调质钢及其控锻控冷技术[J]. 金属热处理,1997,6(3):66-68.

信息

包钢股份致力于做好用户服务

包钢股份为了持续提高公司服务水平,坚持以用户需求为关注焦点,不断听取顾客的意见和建议,增加与用户的黏性,从而改进产品实物质量,实现产品的提档升级,进一步体现产品的服务增值。

近年来包钢股份制造部紧紧围绕铁道用材、风电板、汽车板、家电板等战略(重点)产品,全面提高全员服务意识,通过质量月公司领导带队对重点用户走访、厂部长定期走访用户、西部路局专项服务、用户端绩效评价等各层次、多维度的服务方式了解用户的需求和意向。公司内部通过狠抓质量异议的“8D”整改措施落实及效果验证、重点产品的“两专两定”工序专项检查、用户反馈问题台账销号等措施,针对用户提出的意见和建议,组织责任单位、技术中心、营销中心等单位技术人员定责任人、定措施、定时限进行整改,并将措施固定在标准化作业指导书中,同时为重点用户量身定制标准+ α ,进一步提高了用户的满意度。质量异议的赔付件数及金额连续三年降幅均达到10%以上,顾客满意度测量结果连续三年均保持在95分以上,用户服务工作取得了显著成绩。

下一步,包钢股份制造部将持续推进对战略用户和重点用户售前技术服务介入力度,强化“精品+服务”的理念,加快新产品、新技术和新工艺的应用;同时,成立更多的售中用户服务跟踪专班及驻厂代表,为用户提供更加优质的服务,切实为用户排忧解难。对用户提出的质量问题或者抱怨,做到及时处理好、彻底整改好、用户反馈好的“三好”原则,从而不断提高产品质量档次,满足用户要求,做好服务工作,提高企业核心竞争力。