

L415M 热煨弯管用热轧钢带研发及应用

王少炳¹, 武利平², 宿 成², 卢晓禹¹

- (1. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心, 内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢稀土钢板材有限责任公司, 内蒙古 包头 014010)

摘 要:热煨弯管是油气输送管道的重要组成部分, L415M 热煨弯管用热轧钢带的研发具有重要的意义。L415M 热煨弯管用热轧钢带采用低碳和 Nb - Ti - Mo 微合金化成分、高洁净度冶炼以及合理的控轧控冷工艺, 钢带具有良好的综合性能, 组织为细小均匀的铁素体和珠光体, 晶粒度为 12.0 级, 夹杂物控制良好。钢带尺寸精度高, 表面质量和板型良好, 钢带制管后热煨弯管综合性能优良, 满足用户使用要求, 实现批量销售并成功应用, 产品质量获得用户好评。

关键词: L415M 热煨弯管用钢; 控轧控冷; 产品性能

中图分类号: TG142.1

文献标识码: B

文章编号: 1009 - 5438(2022)03 - 0039 - 04

Research and Development and Application of Hot Rolled Band for L415M Hot Bends

Wang Shao - bing¹, Wu Li - ping², Su Cheng², Lu Xiao - yu¹

- (1. Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China;
2. Inner Mongolia Baotou Steel Rare Earth Steel Plate Co., Ltd., Baotou 014010, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

Abstract: The hot bends are important components of oil and gas transmission pipeline, so the research and development of hot rolled band for L415M hot bends are with important significances. The band is with low carbon and microalloyed composition of Nb - Ti - Mo, high cleanliness smelting as well as reasonable controlled rolling and controlled cooling process, so it is with excellent comprehensive properties, its microstructure is fine and uniform ferrite and pearlite and their grain size is grade 12.0 as well as the inclusion control is good. Its dimensional accuracy is high as well as surface quality and strip shape are good. After the band is manufactured to hot bends, their overall performances are excellent so that they could meet the operating requirements of users. As a result, the bulk sales and successful applications are realized as well as product quality is well appraised by users.

Key words: steel for L415M hot bends; controlled rolling and controlled cooling; product performance

热煨弯管是长距离油气输送管道的重要组成部分, 是一种重要的连接构件, 起到改变管道方向、缓

冲应变及过强匹配保护等作用。长距离输气管道将通过许多地形复杂、气候条件恶劣的地区, 因此在管

道铺设过程中需要使用大量大口径弯管,弯管用量占据干线管用量的 10% 左右^[1]。弯管使用中受力状态复杂,且弯管在弯制过程中工艺难度大,影响其质量性能的因素多,弯管的制造及其质量直接影响到油气输送管道的安全及可靠性^[2]。

热煨弯管用母管的化学成分、质量性能对热弯工艺及热弯管的性能有很大的影响,因此钢带的化学成分、性能、组织等直接决定着热煨弯管的质量和性能^[3-4]。本文以低碳、Nb-Ti-Mo 微合金化的成分设计并结合包钢 2 250 mm 产线特点,成功开发出 L415M 热煨弯管用热轧钢带。

1 化学成分

热煨弯管用母管的化学成分对热弯管的性能有很大的影响,弯管用钢必须在干线管的基础上适当

调整化学成分,结合 TMCP 工艺形成细晶粒组织,在弯制过程中充分发挥钢带性能的“遗传作用”,从而保证弯管的性能,同时对冶炼过程进行全流程净化控制,减少夹杂物和 S、P 等有害元素含量。成分设计原则是在干线管的基础上增加具有细化晶粒、高稳定性、淬透性的合金元素。C 元素是钢的主要固溶强化元素,对提高钢的室温和中温强度有利,但含量过高,对钢的韧性、焊接性能及耐蚀性能不利;Nb 元素在轧制过程中发挥细化晶粒的作用,使钢板获得高强度、高韧性,同时在热煨弯制过程中产生的 NbC 和 NbN 析出物,抑制奥氏体晶粒的长大,保证淬火后产生细小的组织,提高韧性。添加 Mo 元素能够增加高温稳定性,在热煨弯制后充分发挥钢带性能。

L415M 热煨弯管用热轧钢带化学成分见表 1。

表 1 化学成分(质量分数)

C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti	Mo
≤0.08	≤0.20	≤1.40	≤0.013	≤0.005	微量	微量	微量

2 生产工艺

2.1 工艺流程

L415M 热煨弯管用热轧钢带生产工艺流程为:高炉铁水→KR 脱硫→转炉冶炼→LF 精炼→板坯连铸→堆垛冷却→加热→粗轧高压水除鳞→定宽→R1+R2 粗轧机→飞剪→精轧高压水除鳞→F1—F7 精轧→加密型层流冷却→卷取→标识→入库。

2.2 轧制工艺

热轧在包钢 2 250 mm 热轧生产线进行,2 250 mm 机组具有在线温度、板形、尺寸等自动控制。由于弯管在制管时进行快速加热后冷却,对钢带性能均匀性提出很高的要求,因此轧制过程采用合适的控

制轧制和控制冷却技术,增加工艺稳定性,保证钢带性能均匀,实现钢带组织均匀,晶粒细小,从而保证母管性能均衡,最终确保热煨弯管具有优良性能。

根据热煨弯管用热轧钢带的性能要求,结合生产线的设备能力和生产条件,制定的加热、轧制、冷却工艺参数见表 2。板坯的加热温度为 1 170 ~ 1 230 °C,加热时间不小于 160 min,确保钢坯温度均匀。粗轧第一道次压下率大于 10%,末道次压下率不低于 25%,用以充分细化原始奥氏体晶粒。精轧终轧温度为 800 ~ 900 °C,控制轧制结束后,钢带进入加密型层流冷却区域,冷却至 450 ~ 550 °C 卷取。轧制过程顺行,工艺控制稳定,温度命中率在 95% 以上,对批量生产具有很好的指导意义。

表 2 加热、轧制、冷却工艺参数

加热温度/°C	均热时间/min	在炉时间/min	终轧温度/°C	冷却方式	卷取温度/°C
1 200 ± 30	≤60	≥160	850 ± 50	前段冷却	500 ± 50

3 试制结果及分析

3.1 钢带力学性能

钢带性能均符合要求,屈服强度为 445 ~ 500 MPa,

抗拉强度为 545 ~ 595 MPa,屈强比为 0.80 ~ 0.88,延伸率为 38.0% ~ 44.0%, -20 °C 冲击值为 308 ~ 402 J, -10 °C DWTT 剪切面积为 100%,硬度 HV_{10} 为 179 ~ 201,钢带性能见表 3、图 1。从表 3 和图 1

可见,钢带强韧性匹配良好,余量适中,性能控制 稳定。

表3 钢带性能及技术要求

项目	屈服强度 /MPa	抗拉强度 /MPa	屈强比	延伸率 /%	-20℃冲击 /J	-10℃DWTT /%	硬度 HV ₁₀
技术要求	≥415	≥520	≤0.92	≥22.0	≥120	≥85	≤220
最大值	445	540	0.80	38.0	308	100	179
最小值	500	595	0.88	44.0	402	100	203
平均值	476	562	0.85	40.6	369	100	188

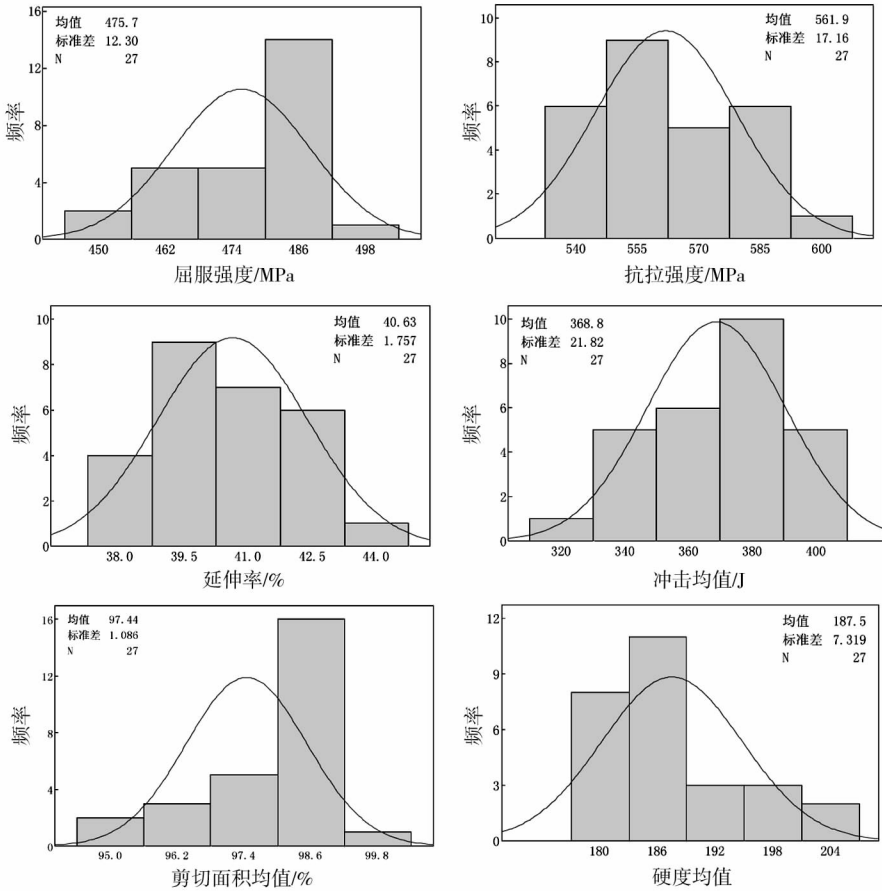


图1 钢带性能

3.2 显微组织和夹杂物

钢带显微组织为铁素体和珠光体,如图2所示,晶粒度为12.0级左右,带状组织为0.5级,组织晶粒均匀细小,从而保证母管性能均匀。钢带冶炼过

程进行深脱硫、软吹、钙处理等措施,使夹杂物充分变质并上浮,消除长条形及大颗粒夹杂,保证夹杂物良好控制,夹杂物和带状组织控制评级见表4,夹杂物见图3。

表4 夹杂物和带状组织控制

项目	A 细	A 粗	B 细	B 粗	C 细	C 粗	D 细	D 粗	带状
技术要求	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0	≤1.5	≤2.0
控制水平	0.5	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.5

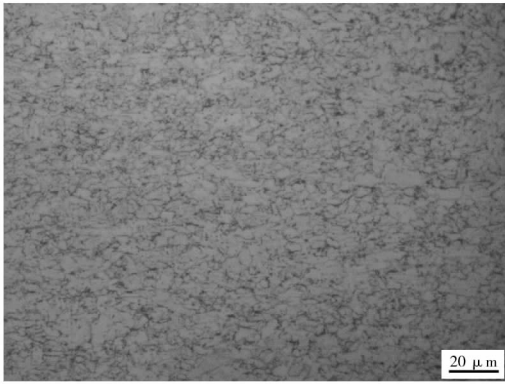


图 2 金相组织



图 3 夹杂物

4 用户试用

原料按炉进行入厂检验,化学成分、力学性能、夹杂物、晶粒度均符合技术要求。钢带制管后管体和焊缝的拉伸、冲击、落锤试验均符合要求。将制管后直管下料,在钢管待弯部分套上感应圈,通入中频

电流加热钢管,当钢管温度升高到塑性状态时,用机械推力推进,进行弯制。对弯管直管段和弯曲段的内弧区、外弧区、过渡区及弯曲区进行性能评价,全部符合标准要求。包钢生产的 L415M 热煨弯管用热轧钢带尺寸精度高、表面质量和板型控制良好,实现了批量供货,产品质量获得用户好评。

5 结论

(1)L415M 热煨弯管用热轧钢带采用低碳及 Nb-Ti-Mo 微合金化成分设计,高洁净度冶炼以及合理的控轧控冷工艺,钢带性能满足技术要求,组织为细小均匀的铁素体和珠光体,晶粒度为 12.0 级。

(2)钢带在制管、热煨弯制过程中,充分发挥钢带机械性能的遗传效应,保证了热煨弯管优良的性能,弯管性能全部满足标准要求。

(3)L415M 热煨弯管用热轧钢带尺寸精度高、表面质量和板型控制良好,实现了批量供货,产品质量获得用户好评。

参 考 文 献

- [1] 纪美术. 螺旋缝焊管热煨弯管可行性与制造工艺研究[D]. 天津:天津大学,2004.
- [2] 马玉龙. 热处理对 K65 热煨弯管组织性能影响的研究[D]. 秦皇岛:燕山大学,2015.
- [4] 梅茜迪,梁光川. $\Phi 325 \text{ mm} \times 8 \text{ mm X52}$ 的螺旋焊缝热煨弯管试验研究[J]. 科技展望, 2015, (16): 116-118.
- [4] 宋耀华,周佩. 热煨弯管用钢板(L360-WG 系列)工艺研究[J]. 山东冶金,2004,26(S1): 224-227.

(上接第 38 页)

(3)适量稀土 Ce 的加入降低了试验钢 B 类夹杂物的评级。

(4)加稀土的试验钢低温冲击功明显优于不加稀土试验钢的冲击功,微量稀土 Ce 改善了高强桥壳试验钢的疲劳性能。

参 考 文 献

- [1] 刘东升,宋丹,王国栋. 汽车桥壳用热连轧微合金高强钢板的研究[J]. 钢铁,2000,35(2):

41-46.

- [2] 宋振官. 60 kg 级冲压桥壳钢 600QK 的生产实践和应用[J]. 宽厚板,2014,20(4): 28-31.
- [3] 张中平. 高强汽车大梁钢微观组织控制与 TMCP 工艺开发[D]. 沈阳:东北大学,2007.
- [4] 卢军辉,王晓春,张慧,等. Nb-Ti 微合金化 610 MPa 级汽车大梁钢板工艺研究[J]. 炼钢,2011,27(4): 61-64.