2 250 mm 热轧产线管线钢 X65M 性能研究

宿 成,李 钊,曹 妍

(内蒙古包钢钢联股份有限公司稀土钢板材厂,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 通过对三种成分系、两种热轧工艺生产管线钢 X65M 产品强韧性能进行对比分析,得出生产较薄规格($t \leqslant 12.65$ mm) 热轧钢带,采用低碳 Mn – Nb – Ti 成分系设计较为经济合理,同时结合轧制过程大压下量、快速冷却、低的卷取温度的 TMCP 措施更有利于提高材料的强韧性。

关键词: 管线钢 X65M; 强度; 韧性

中图分类号: TG113.2 **文献标识码**: B **文章编号**: 1009 – 5438(2018) 01 – 0041 – 04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.015

Research on Property of Pipeline Steel X65M in 2 250 mm Hot Rolling Production Line

SU Cheng, LI Zhao, CAO Yan

(*Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

Abstract: By comparing and analyzing the strength and toughness of X65M product produced through three component system and two hot rolling processes, it is concluded that using low carbon Mn – Nb – Ti component system design to produce hot rolled steel strip with thinner gauge ($t \leqslant 12.65$mm) is more economical and reasonable. At the same time, the TMCP measures combined with large rolling pressure, rapid cooling and low coiling temperature are more beneficial to improve the strength and toughness of material.

Key words: pipeline steel; strength; toughness

随着我国石油和天然气需求量的不断增加,管线钢性价比最优的传输方式被大众广泛认可。为了提高能源输送效率、降低建设成本以及增加安全系数,管线钢的发展趋势不断向大口径、高强韧性、低屈强比的方向发展。本文立足 2 250 mm 热轧生产线的特点,通过合理的成分设计,充分发挥控轧控冷(TMCP) 工艺,开发低成本高性能的管线钢 X65M 具有十分重要的意义。

1 成分设计原则

管线用热轧钢带通过直缝或螺旋焊接成不同直径要求的钢管,即在要求热轧钢带具备强韧性的前提下,保证制管过程的良好成型性和焊接性[1]。所以管线钢 X65M 采用低碳的 Mn – Nb – Ti、低碳的 Mn – Nb – V – Ti 以及低碳的 Mn – Nb – Ti – Cr 的成分设计原则,利用微合金 Nb 提高材料的未再结晶温度,增加精轧阶段变形能、充分细化晶粒,微合金

* **收稿日期**: 2017 – 07 – 17

作者简介: 宿 成(1985 –),男,内蒙古包头市人,硕士,工程师,现从事新产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

Ti通过第二相析出强化来提高材料本身强度的同时，细化焊接热影响区晶粒，提高焊接稳定性，充分发挥V的沉淀强化和Cr的固溶强化作用[2]。产品设计成分范围见表1。

表1 产品成分范围(质量分数) %

元素	C	Si	Mn	P	S	Nb	Ti	Alt	V	Cr
系列1	≤0.09	0.10~0.20	1.40~1.60	≤0.015	≤0.008	≤0.060	≤0.025	≤0.040		
系列2	≤0.09	0.10~0.20	1.40~1.60	≤0.015	≤0.008	≤0.060	≤0.025	≤0.040	≤0.035	
系列3	≤0.09	0.10~0.20	1.40~1.60	≤0.015	≤0.008	≤0.060	≤0.025	≤0.040		≤0.35

2 生产工艺

高炉铁水→铁水预处理→转炉顶底复吹冶炼→LF炉外精炼→RH真空处理→板坯连铸→缓冷。

板坯加热→高压水除鳞→定宽压力机→E1R1粗轧机轧制→E2R2粗轧机轧制→飞剪→高压水除鳞→F1—F7精轧机轧制→加密型层流冷却→卷取。

3 性能分析

3.1 化学成分对材料强韧性能的影响

以产品厚度为12.65 mm的热轧产品为代表，相同热轧工艺条件下，分析三种成分产品的屈服强度、抗拉强度以及屈强比分布情况，见图1至图3。

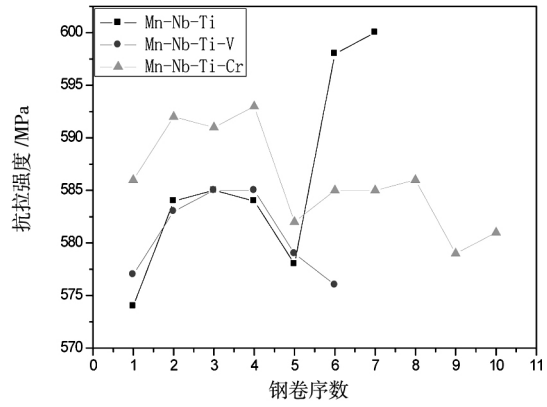


图1 三种成分产品的屈服强度

对比分析，Mn－Nb－Ti成分系的产品性能相对不稳定，波动性较大；添加适量微合金元素V促进第二相析出，钉扎晶界处阻碍奥氏体晶粒的长大，产生析出强化效果，钢带的屈服强度有所提高，且性能较稳定，而对抗拉强度提高幅度不明显，因此在三者中屈强比较高；添加适量合金元素Cr利于形成的固溶强化效果对抗拉强度提高幅度影响较大，而对屈服强度影响较小，所以产品的屈强比相对较低[3]。

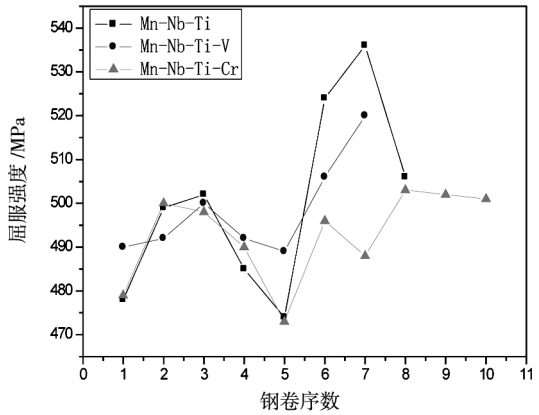


图2 三种成分产品的抗拉强度

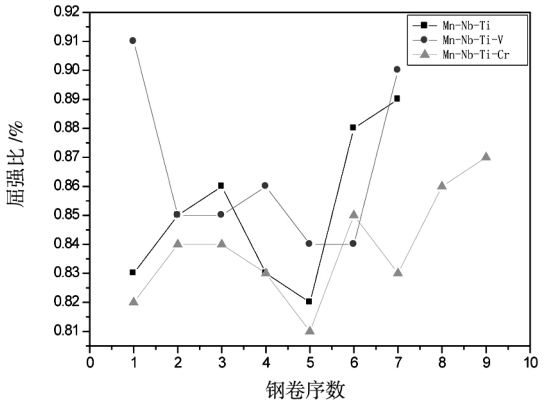


图3 三种成分产品的抗拉强度屈强比

图4显示3种成分系下产品的抗落锤撕裂性能(DWTT)，均满足技术条件要求，但Mn－Nb－Ti－Cr成分系产品的性能指标波动较大，合金Cr主要以固溶的形式提高材料的强度，一定程度上对塑韧性产生不利的影响。

中国知网 https://www.cnki.net

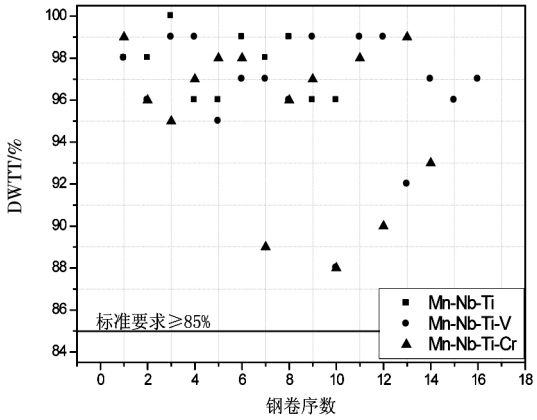


图 4　三种成分产品的抗落锤撕裂 DWTT 性能

3.2　热轧工艺对材料强韧性能的影响

以 Mn－Nb－Ti 成分系厚度为 12.65 mm 的热轧产品为代表，分别采用两种热轧工艺，具体见表 2。分析两种工艺条件下，产品的强韧性能的变化情况见图 5 至图 8。

表 2　管线钢 X65M 热轧工艺模式

热轧模式	粗轧中间坯厚度/mm	卷取温度/℃	层冷模式
1	50	520	11
2	53	480	1

注：相同条件下，层冷强度 1 模式是 11 模式的 2 倍。

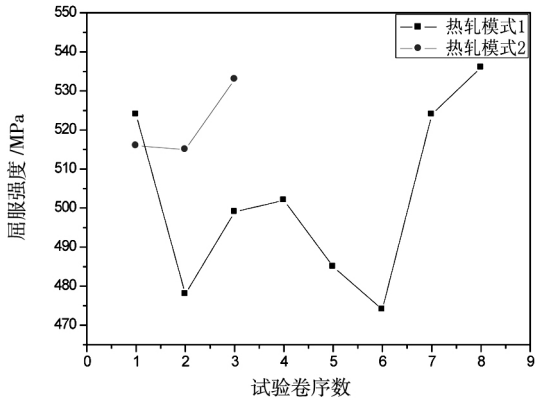


图 5　两种热轧工艺下产品的屈服强度

对比分析可知，热轧模式 2 相对于热轧模式 1，中间坯厚度大，卷取温度低与热轧钢带冷却速度快的特点[4]，三者措施均有利于形成细小均匀的组织，因此热轧模式 2 获得的试验钢带屈服强度，抗拉强度与屈强比均略大于热轧模式 1 获得的产品机械性能，而两种工艺下产品的抗落锤撕裂性能（DWTT）区别不明显。

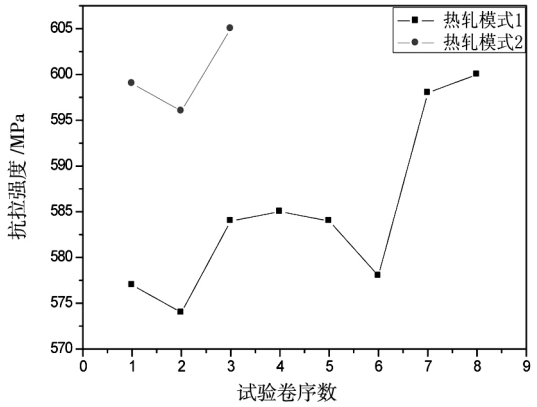


图 6　两种热轧工艺下产品的抗拉强度

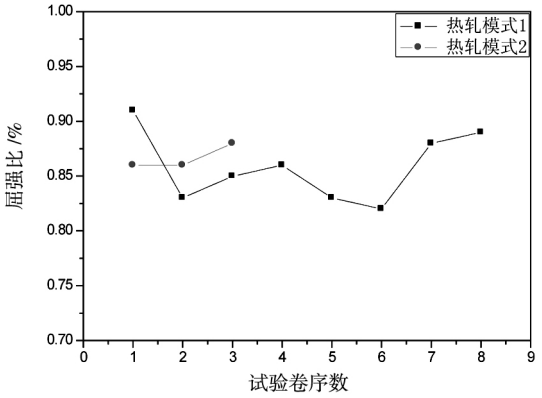


图 7　两种热轧工艺下产品的屈服比

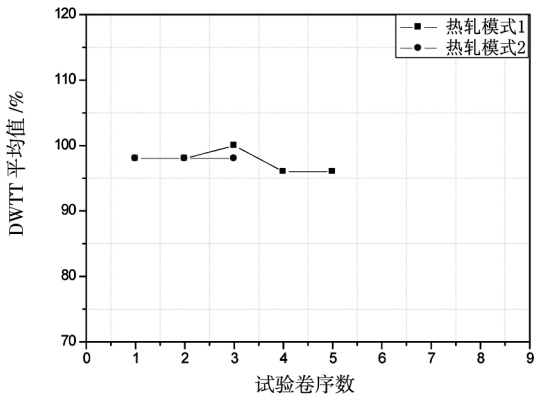


图 8　两种热轧工艺下产品的 DWTT 性能

3.3　产品组织形貌

以 Mn－Nb－Ti 成分系为基础的产品组织形貌见图 9，组织为多边形铁素体＋针状铁素体，晶粒度为 11～12 级。

中国知网　https://www.cnki.net

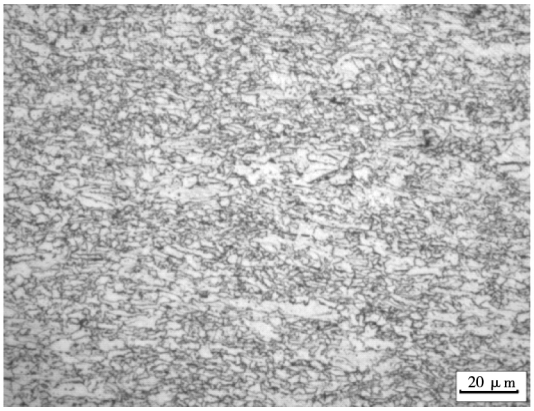


图9 产品金相组织形貌

4 结论

(1) 对于生产厚度低于 12.65 mm 的管线钢 X65M,采用低碳 Mn－Nb－Ti 成分系设计较为经济合理。

(2) 采用多种成分系设计生产的 X65M,合金 V 元素主要体现为析出强化,对产品的屈服强度的提高贡献比较大; 合金 Cr 元素主要体现为固溶强化,对产品的抗拉强度的提高贡献比较大。

(3) 采用增加中间坯厚度、加快轧后冷却速度以及适当降低卷取温度更有利于细化晶粒,提高材料的强韧性。

参 考 文 献

[1] 郑磊,陈钰珊. 宝钢 X65 高强度高韧性管线用板卷钢的生产 [J]. 焊管, 2001, 24 (1): 25－31.

[2] 王立涛,李正邦,张乔英,等. 高钢级管线钢的性能要求与元素控制 [J]. 钢铁研究,2004,2 (1): 14.

[3] 闫立超,余伟,唐荻,等. 轧后控制终冷温度对高强度管线钢屈强比的影响 [J]. 上海金属, 2007,29(3): 37－39.

[4] 王有铭,李曼云,韦光. 钢材的控制轧制和控制冷却 [M]. 北京: 冶金工业出版社,1995.

(上接第 40 页)

6 结论

(1) 采用低碳微合金化生产 Q235KZ 抗震热轧 H 型钢,其性能满足抗震热轧 H 型钢标准(征求意见稿) 的要求。

(2) 通过控制炼钢工艺和轧制工艺生产 Q235KZ 抗震热轧 H 型钢转炉出钢 w[S] ≤ 0.010%,出钢温度在 1 620～1 680 ℃。精炼就位温度不低于 1 550 ℃,恒拉速控制,Q235KZ 的开轧温度不低于 1 150 ℃,终轧温度不高于 900 ℃。

参 考 文 献

[1] 龚士弘,盛光敏. 抗震设计用钢探讨 [J]. 工程抗震,1995,(3): 37－42 .

[2] 龚士弘. 地震区建筑用钢的韧性对建筑物抗震性能的影响 [J]. 工程抗震, 2004, (3): 41－47.

[3] 蒲玉梅. Q235B 、Q345B H 型钢综合抗震性能试验研究 [J]. 安徽冶金,2005,(4): 31－37.

中国知网 https://www.cnki.net