2 250 mm 产线 X56M 管线钢的研究及应用*

李人杰[1],武利平[2],王少炳[2]

(1. 包头钢铁(集团)有限责任公司办公室,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司技术中心,内蒙古 包头 014010)

摘 要: 文章采用 Nb-Ti-Mo 成分系设计,依托 2 250 mm 产线开发出一种 X56M 热轧钢带产品,其机械性能稳定,适合工业化稳定批量化生产,满足国内外管线钢市场需求。

关键词: Nb-Ti-Mo 成分系;X56M;机械性能
中图分类号: TG335 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)02-0049-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.02.015

Research and Application of X56M Pipeline Steel with 2 250 mm Production Line

Li Ren-jie[1], *Wu Li-ping*[2], *Wang Shao-bing*[2]

(1. *Office of Baotou Iron & Steel (Group) Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In the paper, it is introduced the X56M hot rolled steel strip is developed with the Nb-Ti-Mo component system and 2 250 mm production line. It is with stable mechanical properties, so it is suitable for stable industrial batch production as well as can meet the demand of pipeline steel market at home and abroad.

Key words: Nb-Ti-Mo component system; X56M; mechanical properties

随着能源天然气的需求量逐年增加及“一带一路”工程的全球化大力发展,输送管用热轧钢带出口量大幅增加,急需开发一种能同时满足国内外天然气及地方工程用管线钢产品。本文采用 Nb-Ti-Mo 成分系设计原则,结合 2 250 mm 产线特点,开发出一种机械性能稳定的管线钢 X56M 热轧钢带。

1 成分设计

管线钢是一种用于输送石油、天然气等具有特殊要求的管道类钢铁材料,根据工程项目及用途的不同,产品的设计要求各不相同。因此,对于产品的化学元素加入有较为严格的规定,本产品是一种满足出口特殊需求的管线钢产品,其产品性能如表 1 所示,为此采用 Nb-Ti-Mo 成分系设计。

表 1 X56M 拉伸性能要求

牌号	$R_{t0.5}$/MPa	R_m/MPa	屈强比	A_{50}/%
X56M	420~540	505~750	≤0.87	≥30

* 收稿日期:2019-10-10
作者简介:李人杰(1988-),男,内蒙古包头市人,硕士,工程师,现从事钢铁生产调研及督察管理工作。

碳是最基本的化学元素，对于钢带强度起决定性作用，但碳含量过高，不仅降低产品的低温韧性[1]，且对制管焊接性能起到恶化效果，因此，w[C]控制在0.06%～0.08%为宜；硅元素可以起到固溶强化效果，若硅含量过高，危害钢带表面质量[2]，w[Si]控制在0.10%～0.20%之间；锰元素控制可扩大奥氏体相区，降低过冷奥氏体相的转变温度，有利于相变组织的细化，但锰元素过高会使晶粒粗大，降低钢材性能，w[Mn]实际加入量控制在1.35%～1.55%；铌元素是一种较强细化晶粒元素，适量的铌加入量既能提升产品的强度，又能保证产品的韧性，适量的铌元素可以推迟奥氏体再结晶，细化铁素体晶粒尺寸，对于该级别产品w[Nb]控制在0.015%～0.030%之间；钛是一种相对铌较为廉价的合金元素，主要起固溶强化效果，和铌一起加入起到微合金强化效果，w[Ti]控制在0.015%～0.030%之间最佳；钼元素可以改善铸坯组织，细化成品钢带晶粒，对产品的强韧性效果影响较为显著，w[Mo]控制在0.08%～0.11%之间，同时可以满足产品出口退税，提升产品的经济效益，表2为管线钢X56M设计化学成分。

表2 X56M化学成分(质量分数) %

牌号	C	Si	Mn	Nb	Ti	Mo	P	S	Al_s
X56M	0.06～0.08	0.10～0.20	1.35～1.55	0.015～0.030	0.015～0.030	0.08～0.11	≤0.015	≤0.005	0.020～0.050

2 轧制工艺

材料的力学性能与加热炉加热温度、轧机轧制变形机制、相变温度制度和卷取制度直接相关[3-4]，依托包钢2 250 mm产线设备能力和生产条件，结合管线钢X56M的性能要求，管线钢X56M目标出炉温度控制在1 170～1 200 ℃，该加热温度下既满足了合金元素的充分固溶，其设计较低的温度又降低加热能耗；终轧温度控制目标范围835～865 ℃，该温度范围有利于再结晶的控制；卷取温度控制目标范围500～540 ℃，可以保证组织的稳定性，抑制铁素体晶粒长大，具体设计产品轧制工艺如表3所示。

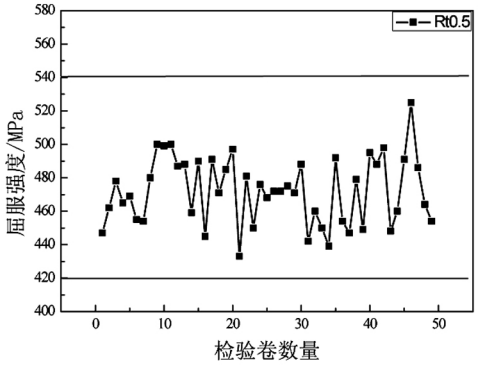
表3 X56M主要轧制参数

厚度/mm	出炉温度/℃	中间坯厚度/mm	精轧开轧温度/℃	精轧终轧温度/℃	卷取温度/℃
15.0～20.0	1 170～1 200	56～66	930～1 030	850±15	520±20

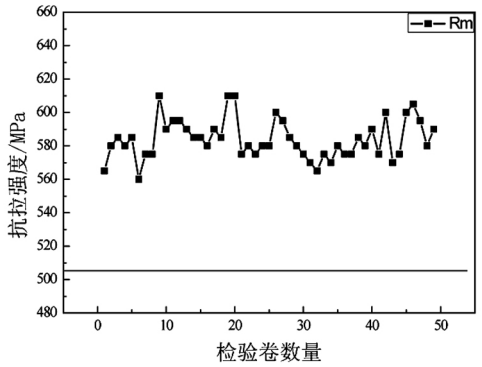
3 产品实物质量

3.1 拉伸性能

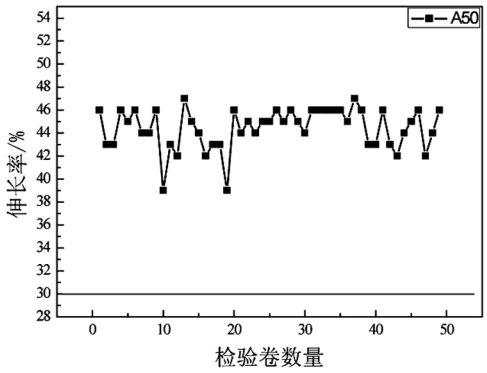
2 250 mm产线批量生产厚度为17.48 mm的管线钢X56M产品最终的拉伸性能如图1所示，图1(a)为产品的屈服强度，技术要求420～540 MPa，产品实际性能440～500 MPa左右；图1(b)为本次产品的抗拉强度，技术要求505～750 MPa，产品实际性能570～610 MPa左右；图1(c)为本次产品的伸长率，技术要求≥30%，产品实际性能41%～47%之间；图1(d)为本次产品的屈强比，技术要求≤0.87，产品实际性能0.77～0.86，产品实际拉伸性能稳定。



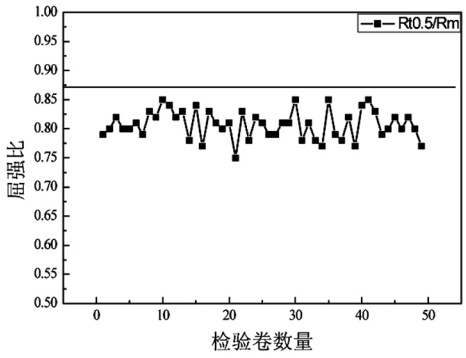
(a) 屈服强度变化趋势



(b) 抗拉强度变化趋势



（c）伸长率变化趋势



（d）屈强比变化趋势

图 1　X56M 拉伸性能

3.2　冲击性能

图 2 为 X56M 的冲击性能变化值，试验温度为 0 ℃，取样方向与轧制方向成 90°角，冲击功实际值在 160 ~ 450 J 之间，远大于产品的下限要求，批量生产冲击性能稳定。

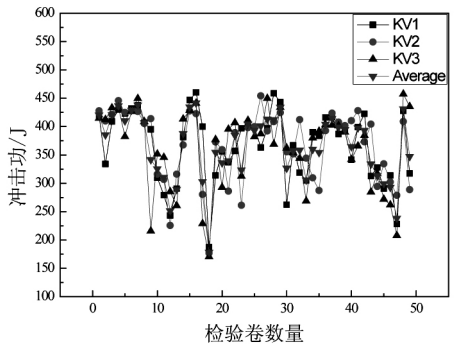


图 2　X56M 冲击性能（0 ℃）

3.3　非金属夹杂物

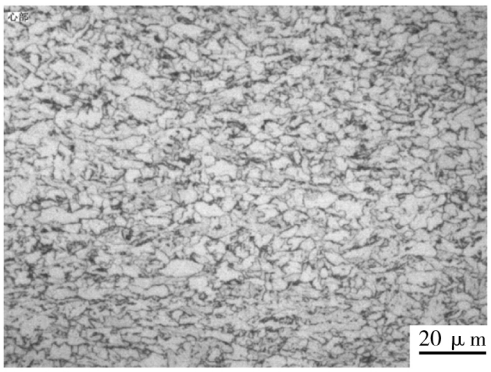
管线钢 X56M 的非金属夹杂物检查结果如表 4 所示，炼钢过程进行深度脱硫、软吹、钙处理进行控制有害元素含量，保证钢水的纯净度，提升产品的综合性能。

表 4　X56M 非金属夹杂物明细

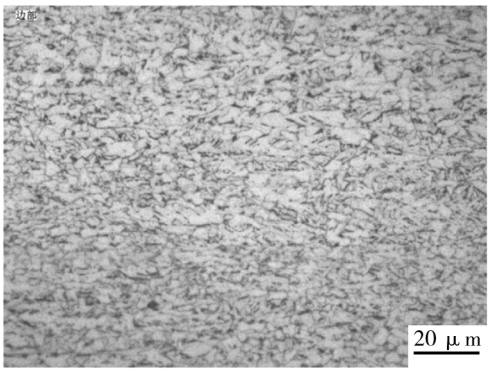
牌号	A	B	C	Ce	D
X56M	0 ~ 1.0	0 ~ 1.0	0 ~ 1.0	0 ~ 1.0	0 ~ 1.0

3.4　显微组织

该产品的显微组织如图 3 所示，其中，图 3（a）为成品钢带心部的显微组织形貌，图 3（b）为成品钢带边部的显微组织形貌，很明显可以看出主要由铁素体组成，边部和心部的组织晶粒尺寸较为均匀，更好的保证了产品强度和冲击韧性的稳定性。



（a）钢带心部显微组织



（b）钢带边部显微组织

图 3　X56M 显微组织形貌

（下转第 67 页）

首先发生应力集中，继而出现裂纹源，随着压缩率的增加，在持续施加拉拔外力的作用下，裂纹不断扩大，导致拉拔断丝。盘条中夹杂物要求 A≤1.5，B≤2.0，C≤2.0，D≤1.0，Ds≤1.0，从表 3 可见断裂试样中夹杂物级别低于要求值。由此可以推断，夹杂物不是引起拉拔断裂的主要原因。

5　结论

(1)造成 SWRH82B 盘条性能不合的主要原因是试样中心存在脆性相—网状渗碳体，导致拉伸试样断裂。

(2)网状渗碳体是由于试样中心碳含量高，铸坯存在严重的中心偏析。

参　考　文　献

[1] 雍治文，邓保全，吴从，等. SWRH82B 盘条拉拔断丝分析[J]. 冶金丛刊，2008，(2)：11－13.

[2] 高速轧机线材生产编写组. 高速轧机线材生产[M]. 北京：冶金工业出版社，1995.

(上接第 51 页)

4　结论

(1)包钢设计开发的管线钢 X56M 产品，产品的屈服强度在 440～500 MPa 之间、产品的抗拉强度在 570～610 MPa 之间、产品伸长率在 41%～47%之间、产品屈强比 0.77～0.86 之间和冲击功实际值在 160～450 J 之间，性能较为稳定，适合工业批量化生产。

(2)Nb－Ti－Mo 成分系管线钢 X56M 开发，满足了国内外天然气管道工程项目的使用，为今后更高级别的管线钢产品出口提供一定理论指导意义。

参　考　文　献

[1] 曹妍，王建钢，闫波，等. L290M/X42M 管线钢化学成分优化设计[J]. 焊管，2016，39(9)：62－63.

[2] 武利平，宿成，智建国. H40 石油套管用不同规格钢带性能研究与开发[J]. 包钢科技，2019，45(1)：59－63.

[3] 刘宗昌. 材料组织结构转变原理[M]. 北京：冶金工业出版社，2006.

[4] 孟延军，王兵，王杨，等. X52 管线钢生产工艺控制[J]. 山东冶金，2017，39(3)：11－13.