H40 石油套管用不同规格钢带性能研究与开发*[1]

武利平[1], 宿 成[1], 智建国[2]

(1. 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;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司总工室, 内蒙古 包头 014010)

摘 要: 采用相同的 C – Mn 成分系设计出同时满足国内绝大部分市场使用的 H40 焊接套管用不同规格的热轧钢带产品, 进一步通过控轧控冷工艺, 制定出每一级别钢带特定规格的生产工艺, 得到机械性能优良的热轧钢带。

关键词: C – Mn 成分系; 石油套管 H40; 控轧控冷; 机械性能
中图分类号: TG142. 1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009 – 5438(2019) 01 – 0059 – 05
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2019.01.015

Research and Development for Properties of Steel Strip with Different Specifications for H40 Oil Casing

Wu Li – ping[1], *Su Cheng*[1], *Zhi Jian – guo*[2]

(1. *Rare Earth Steel Plate Plant of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*;
2. *Office of Chief Engineer of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: The hot rolled steel strips products with different specifications for H40 welding socket in most domestic markets are designed with the same C – Mn composition system. Further, the production technologies for special specification of each grade of steel strips are worked out through controlled rolling and controlled cooling process so that the hot rolled steel strips with excellent mechanical properties are manufactured.

Key words: C – Mn composition system; H40 oil casing; controlled rolling and controlled cooling; mechanical properties

当前, 我国处于工业发展的快速成长阶段, 油气需求量呈逐年递增趋势, 刺激了石油套管的需求发展[1], 也对钢铁厂提出了更高的要求, 需同时生产满足不同规格套管的 H40 石油套管用热轧钢带产品。文章依托包钢 2 250 mm 轧线的生产优势, 采用合理的成分设计, 开发出不同规格 H40 石油套管用热轧钢带产品。

1 化学成分设计

石油套管油气开采工况复杂, 种类繁多, 因此, 对钢带性能要求较为严格, 需保证从薄到厚不同规格产品制管后仍保持良好的的强度及韧性。具体产品的化学元素设计如下:

(1) 碳元素的控制[2-3]。碳是直接影响钢带强度、韧性及硬度的重要元素, 随着碳含量的增加, 会使钢的硬度增加, 冲击韧性和焊接性能降低, 对于套管 H40 产品, 需要适当的碳当量, 来保证制管后产品的焊接性能, 强度可以用控轧控冷工艺来弥补。

(2) 硅元素的控制。硅主要以固溶形式存在于奥氏体中, 具有较强的固溶强化效果, 可明显提高钢

* 收稿日期: 2018 – 07 – 11
作者简介: 武利平(1991 –), 男, 内蒙古呼和浩市人, 硕士, 助理工程师, 现从事新产品研发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

带的屈服强度;若硅含量太高会降低钢材的韧性和塑性,同时恶化钢带的表面质量。

(3)锰元素的控制。锰使钢的临界冷速降低,促进碳氮化物析出相在加热时候的溶解,抑制析出相在轧制时候的析出,有利于保持较多的析出元素于轧后的冷却过程中在铁素体中析出,加强了析出强化;锰可扩大奥氏体相区,降低过冷奥氏体相的转变温度,有利于相变组织的细化。同时锰元素是热敏感元素,淬火温度高会使晶粒粗大,降低钢的韧性。

本研究设计开发的H40采用中碳成分设计,不添加任何合金元素,具体成分见表1。

表1 熔炼成分(质量分数) %

元素	C	Si	Mn	P	S	Al_s	Ca
目标	0.170	0.150	1.350	0.010	0.005	0.030	0.002 0

2 生产工艺

采用240 t顶底复吹转炉炼钢,转炉终点一次命中或补吹次数不超过一次,出钢温度≥1 620 ℃。LF炉精炼过程加入硅铁、锰铁等合金调整到目标成分;喂入Si-Ca线进行钙处理,喂丝后钢水w[Ca]≥0.001 0%,喂丝后保证软吹时间不低于8 min。连铸保证钢种液相线温度为1 513 ℃,第一包中间包钢水过热度25~40 ℃,其它炉次钢水过热度15~30 ℃;铸机采用恒拉速控制,根据实际生产情况可采取降速或关流,尽可能使铸机拉速控制在1.0~1.5 m/min范围。为保证在同一成分系不同规格的石油套管H40产品的机械性能,设计不同规格产品的轧制工艺[4]见表2。

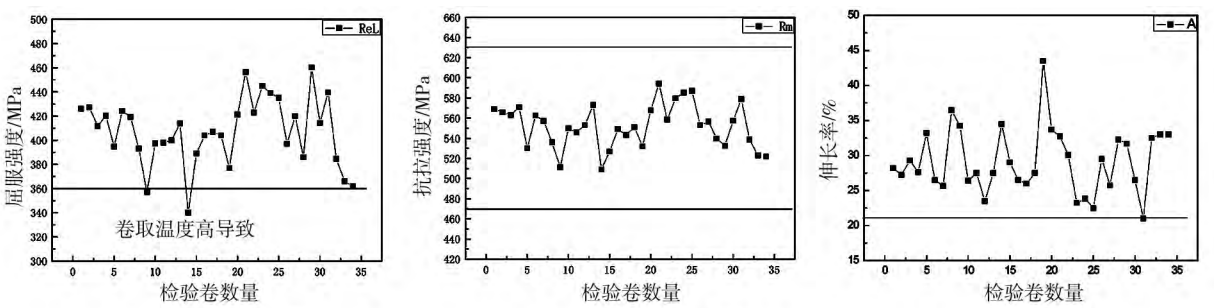
表2 轧制参数

厚度/mm	中间坯厚度/mm	精轧终轧温度/℃	卷取温度/℃
3.0~6.0	38~50	880±15	620±15
6.0~9.0	38~50	880±15	620±15
9.0~12.0	38~50	870±15	600±15
12.0~16.0	38~50	870±15	600±15
16.0~18.0	51~65	850±15	580±15

3 产品性能

3.1 拉伸性能

采用上述成分系生产出不同规格产品H40,拉伸试验在钢带尾部切掉1 m后进行横向取样,屈服强度采用R_{eL},伸长率采用算标A,不同厚度规格H40产品屈服强度、抗拉强度和伸长率分别见图1—图3。

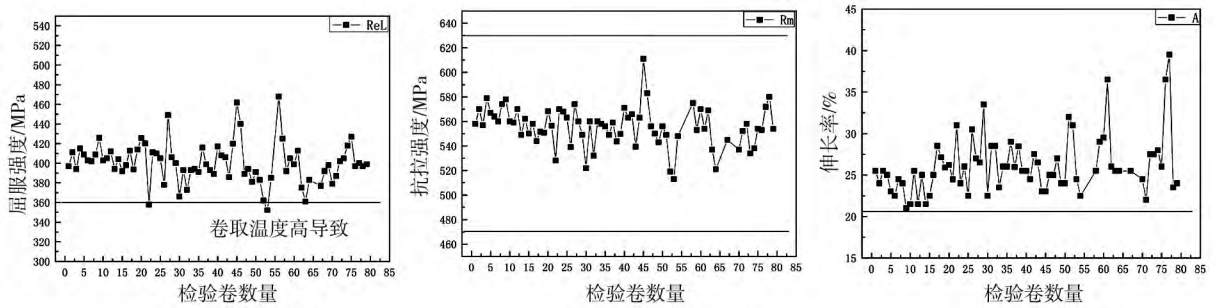


(a)屈服强度变化图 (b)抗拉强度变化图 (c)伸长率变化图

图1 规格厚度为4.0~10.0 mm产品的拉伸性能变化图

从图1可以看出,厚度在4.0~10.0 mm范围内,采用C-Mn成分系设计出的H40热轧钢带,其屈服强度主要集中在380~430 MPa之间;抗拉强度主要集中在520~580 MPa之间;伸长率主要集中在25%~32%之间。产品拉伸性能富余量适中,已经完全实现批量化生产。

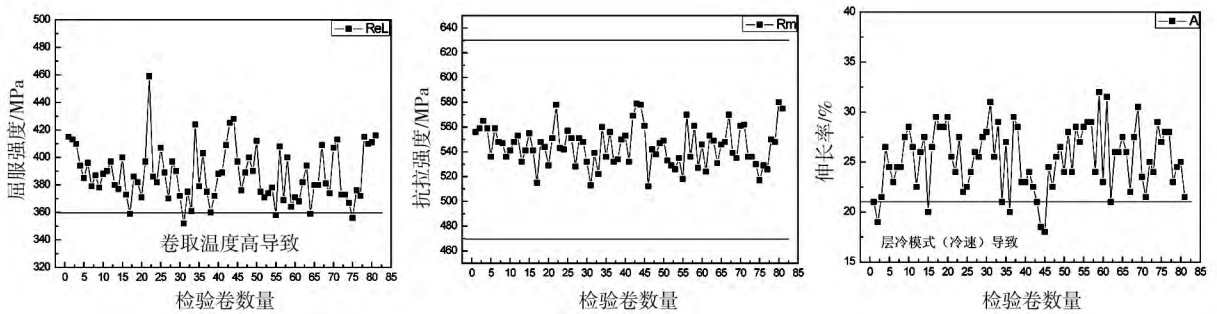
中国知网 https://www.cnki.net



（a）屈服强度变化图　　（b）抗拉强度变化图　　（c）伸长率变化图

图 2　规格厚度为 10.0 ~ 16.0 mm 产品的拉伸性能变化图

从图 2 可以看出，厚度在 10.0 ~ 16.0 mm 范围内，采用 C – Mn 成分系设计出的 H40 热轧钢带，其屈服强度主要集中在 380 ~ 420 MPa 之间；抗拉强度主要集中在 540 ~ 580 MPa 之间；伸长率主要集中在 23% ~ 29% 之间。产品拉伸性能富余量适中，可以完全实现批量化生产。



（a）屈服强度变化图　　（b）抗拉强度变化图　　（c）伸长率变化图

图 3　规格厚度为 17.0 ~ 18.0 mm 产品的拉伸性能变化图

从图 3 可以看出，厚度不小于 17.0 mm 时，采用 C – Mn 成分系设计出的 H40 产品，屈服强度和抗拉强度基本能满足要求，但是卷取温度的命中率对产品的屈服强度影响较大，从图 3 可以看出，屈服强度在 310 ~ 410 MPa 之间；抗拉强度在 520 ~ 560 之间。此外，当厚度不小于 17.0 mm 时，伸长率控制不稳定，通过调查发现冷却模式对该产品的伸长率影响较大，后期通过调节冷却模式，伸长率控制比较稳定。

3.2　冲击性能

对比不同规格 H40 产品的冲击性能，试验温度为 0 ℃和 20 ℃下，采用 C – Mn 成分系生产的 H40 产品，其冲击性能富余量较大。

4　层冷模式与性能的关系

特针对厚度不小于 17.0 mm 的 H40 产品，对比采用层冷模式前分散“11”和前集中“1”模式石油套管 H40 的伸长率见图 4；层冷模式采用前分散“11”模式和前集中“1”模式石油套管 H40 的屈服强度对比见图 5；层冷模式前分散“11”和前集中“1”模式石油套管 H40 的抗拉强度对比见图 6。

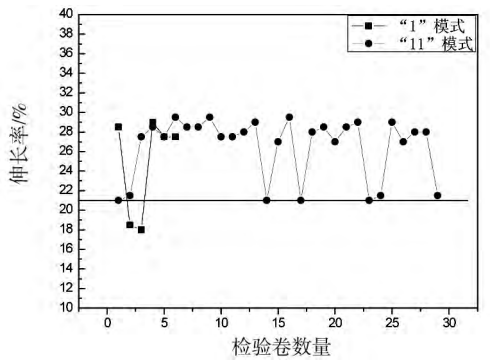


图 4　伸长率与层冷模式对比图

中国知网　https://www.cnki.net

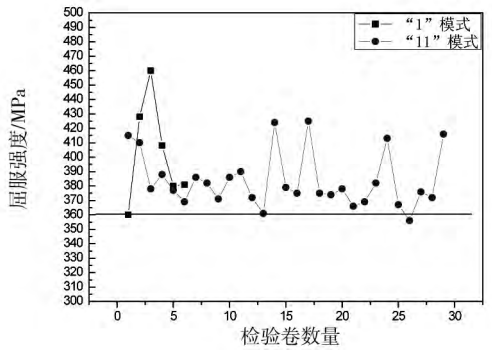


图5 屈服强度与层冷模式对比图

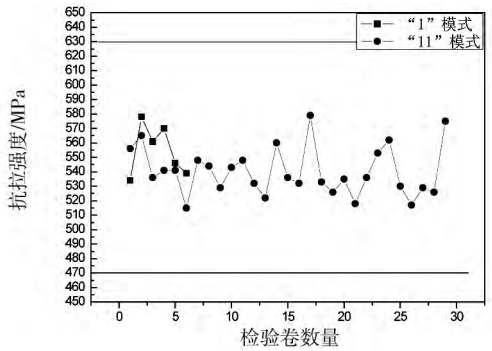
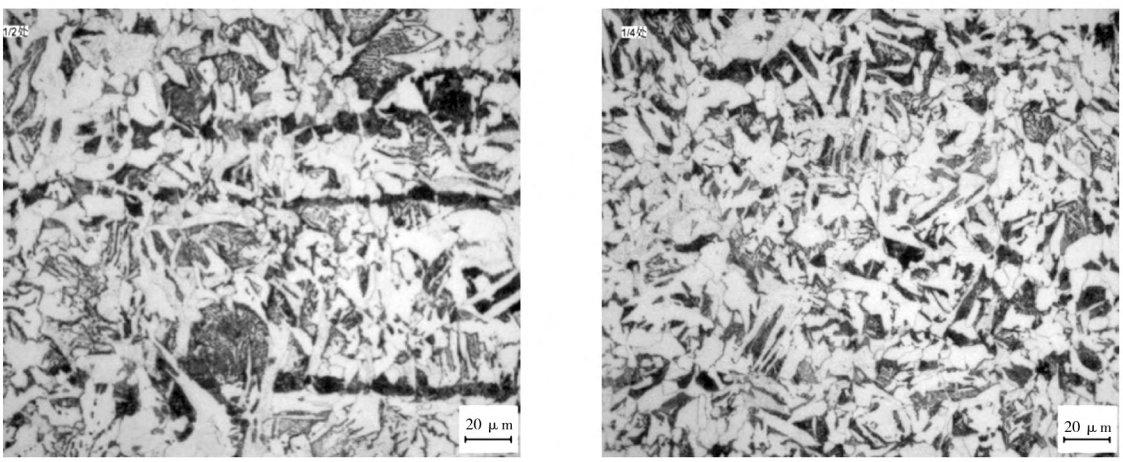


图6 抗拉强度与层冷模式对比图

从图4可以看出，层冷模式为"11"的伸长率基本保持在26%～30%左右，富余量适中；从图5可以看出，钢带采用"11"模式屈服强度稳定在385 MPa左右，采用"1"模式钢带的屈服强度控制不稳定，最高可以达到近460 MPa；而层冷模式为"1"和"11"对钢带的抗拉强度影响不大，见图6。

5 不同层冷模式组织的对比

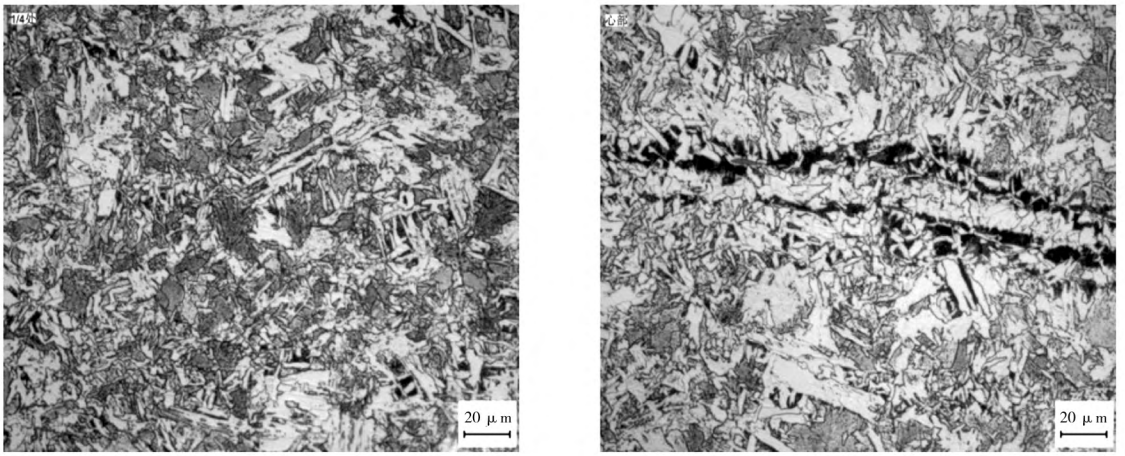
对比两种不同冷却模式下钢带的金相组织分别见图7和图8。从图7(a)可以看出，在钢带1/4处，层冷模式"11"相比层冷模式"1"中有较多的铁素体组织，相对较少的贝氏体组织；从图7(b)可以看出，在钢带1/2处，采用层冷模式"11"钢带的贝氏体组织比层冷模式"1"所占比例较少。同时从图7、图8可以看出，相比"11"模式和"1"模式，从钢带表面到钢带心部位置，钢带贝氏体组织有较大的差异。总体来看，钢带表面贝氏体组织明显比心部位置多，且在钢带相同位置处，采用层冷模式"1"钢带产生的贝氏体组织明显多于采用层冷模式"11"的，进一步可以说明钢带冷却速率大，温度降低较快，短时间内达到贝氏体转变区，会形成较多的贝氏体组织，从而降低了钢带伸长率，提高了钢带的强度。



(a) 1/4处 (b) 1/2处

图7 层冷模式"11"的金相组织

中国知网 https://www.cnki.net



（a）1/4处　　（b）1/2处

图 8　层冷模式“1”的金相组织

6　结论

（1）在产品轧制过程中，钢带的层冷模式和卷取温度波动较大，从而导致产品性能出现波动。尤其是对厚规格 H40 产品，层冷模式和产品的卷取温度对产品的拉伸性能影响较大，当层冷模式为“1”时，导致钢带的伸长率降低，强度升高；当层冷模式为“11”时，钢带的伸长率和强度富余量适中。因此，将层冷模式固化到质量计划中，在下一步生产时，严格控制钢带的卷取温度。

（2）在工业生产过程中，产品初验出现少量伸长率和屈服强度低下限情况，主要原因是由于产品轧制过程中，产品的卷取温度偏离目标范围及采用不同层冷模式所致。

（3）本产品采用低成本的 C－Mn 成分设计，产品成材率和合格率较高，其相对盈利能力较好。

参　考　文　献

[1] 李文妍. 石油套管用热轧宽钢带 J55 开发[D]. 沈阳：东北大学，2014.
[2] 章守华，吴承建. 钢铁材料学[M]. 北京：冶金工业出版社，1992.
[3] 王国栋，王昭东，邓想涛，等. 高强度低合金耐磨钢研制开发与工业化应用[M]. 北京：冶金工业出版社，2014.
[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，2015.

中国知网　https://www.cnki.net