铁道造车用耐大气腐蚀H型钢组织性能研究*

卜向东,宋振东,冯岩青,周 彦

(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: 文章主要论述了采用异型坯断面生产铁道车辆用Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢的工艺控制及产品组织性能,通过对Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢的化学成分、冶炼、加热及轧制等过程控制,使得Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢的组织性能达到设计要求,产品性能满足铁道造车用材的稳定性、可靠性及安全性要求。

关键词: 铁道造车; 耐大气; H型钢; 组织性能

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2020)03-0058-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2020.03.015

Study on Microstructure and Properties of Weather-resistant H Beam for Railway Vehicle

Bu Xiang-dong, Song Zhen-dong, Feng Yan-qing, Zhou Yan

(*Technical Center of Inner Mongolia Baotou Steel Union Co., Ltd., Baotou* 014010, *Inner Mongolia Autonomous Region, China*)

Abstract: In this paper, it is mainly discussed the process control and analysis on microstructure and properties of Q420NQR1 weather-resistant hot-rolled H beam for railway vehicles produced with section of beam blank. As a result, its microstructure and properties all meet the design requirements as well as the product performances meet requirements of stability, reliability and safety for the materials of railway vehicles through such process controls as its chemical composition, smelting, heating and rolling.

Key words: railway vehicle; weather-resistant; H beam; microstructure and properties

随着钢铁技术的进步及铁道车辆高速、重载、低成本要求的不断提高,铁道车辆的车体材料经历了低强度普通碳钢→低强度耐大气腐蚀钢→高强度耐大气腐蚀钢的变化。Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢应用于铁道平车(X70、NX70)大梁,其使用规格为H630 mm×200 mm×15 mm×20 mm。该产品不仅强度高,而且具有稳定的低温冲击韧性,同时还具有较强的耐大气腐蚀能力和良好的焊接性能。

1 技术要求及化学成分设计

1.1 技术要求

Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢作为铁道平车大梁用钢,造车厂对其产品质量提出较高的要求:①其化学成份应均匀,严格控制钢中气体含量,钢材的非金属夹杂物A类(硫化物类)≤2.0级、B类(氧化铝类)≤2.0级、C类(硅酸盐类)≤1.0级、

* 收稿日期: 2020-02-27

作者简介: 卜向东(1987-),男,内蒙古呼和浩特市人,工程师,现从事型材产品开发工作。

中国知网 https://www.cnki.net

D 类(球状氧化物) ≤2.0 级;②在常温和低温下均应具有良好的机械性能,特别是在 -40 ℃ 纵向冲击功≥24 J;③钢材实际晶粒度≥7 级;④应具有良好的焊接性能及耐大气腐蚀性能;⑤具有良好的表面质量和尺寸精度等。

1.2　化学成分

针对以上质量要求,采用钒氮微合金化,利用其细化晶粒的作用,提高钢种的强度,同时稳定产品的低温冲击韧性[1],钢中氮含量应控制在 0.008% 以上;加入铜、铬等耐腐蚀元素来提高产品的耐大气腐蚀性能[2],镍元素的加入,使得富铜相中的铜含量下降,铁在富铜相中的溶解度提高,富铜相熔点升高,稳定性增强,防止了铜在界面上富集形成液相铜[3],减轻铜钢的热脆性,镍元素的加入也可改善产品的低温冲击韧性。Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢的化学成分见表 1。

表 1　Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢化学成分(质量分数)　%

钢牌号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V
Q420NQR1	≤0.14	0.30 ~ 0.60	1.20 ~ 1.60	≤0.030	≤0.020	0.25 ~ 0.50	0.20 ~ 0.50	0.22 ~ 0.50	0.08 ~ 0.20

2　生产工艺

2.1　冶炼和连铸

根据 Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢的性能要求并结合包钢异型坯连铸机生产线的设备能力和生产条件,炼钢厂生产工艺流程如下:高炉铁水→铁水预处理→转炉→LF 精炼→异型坯连铸。控制铁水入转炉硫含量,转炉出钢温度不低于 1 610 ℃,LF 精炼采用钒氮进行微合金化,保证软吹效果及软吹时间,使夹杂物充分上浮,铸机采用恒拉速控制,稳定液位波动,连铸凝固末端采用优化的动态二冷技术,保证恒温、恒拉速工艺浇注,避免异型坯中心偏析和中心疏松、裂纹等缺陷。

2.2　加热及轧制工艺

Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢的化学成分中含有较高含量的铜、铬、镍、钒等微合金元素,以上元素的固溶程度和奥氏体的大小、形态有关,因此在异型坯加热过程中要避免奥氏体晶粒长大和铜元素的析出,还要保障钢中的铜、铬、镍、钒等合金化合物要充分固溶。由于铜元素的存在,铸坯加热至铜的熔点(1 083 ℃)时采用快烧,尽量缩短铸坯在 1 083 ℃时的停留时间,同时保证炉内为还原性气氛[4];铸坯出炉温度控制在 1 200 ~ 1 250 ℃。

轧制工艺过程流程如下:上料→步进式加热炉→高压水除鳞→BD 开坯→CCS 万能轧制→冷床→矫直→锯切→检查→入库。

铸坯入 BD1 前,为防止大量的氧化铁皮压入,导致产品表面产生缺陷,必须进行高压水除鳞,控制开轧温度和终轧温度,上冷床后进行缓冷,以保证组织性能的稳定性。

3　微观组织性能研究

3.1　金相组织

Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢的组织为铁素体 + 珠光体,图 1 为金相组织照片,图 1(a) 为 100 倍下的 Q420NQR1 金相组织照片,可以看出 Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢的组织较均匀,且成条带状分布,晶粒度可以达到 9.5 级;图 1(b) 为 500 倍下 Q420NQR1 的金相组织照片,铁素体比例明显高于珠光体比例,且未发现异常组织。

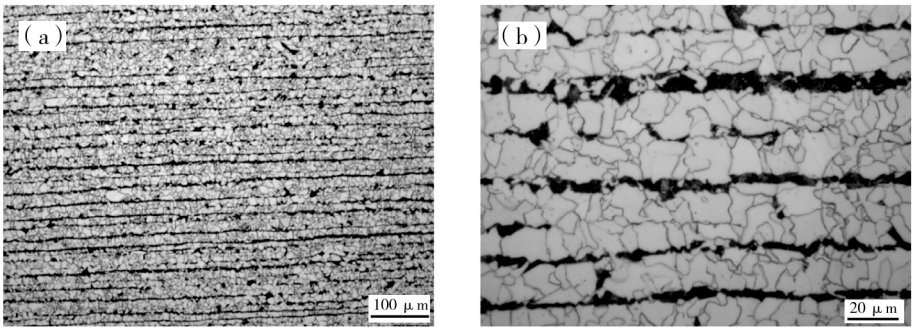


图 1　Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢金相照片

中国知网　https://www.cnki.net

钒在钢中可以起到沉淀强化、细晶强化和晶界强化的作用，可以降低韧脆转变温度。钒的碳氮化物可有效细化铁素体晶粒。在钒钢中，提高钢中的氮含量，降低了析出相长大和粗化趋势，可以在较低钒含量时实现高的屈服强度[5]。

3.2 非金属夹杂物

按照标准要求取样，进行非金属夹杂物及晶粒度评级，评级结果如表2所示。

表2 非金属夹杂物及晶粒度评级 级

牌号	A		B		C		D		晶粒度
	粗	细	粗	细	粗	细	粗	细	
Q420NQR1	0	0.5	0	1.0	0	0.5	0	1.0	9.5
	0	1.0	0	0.5	0	0.5	0	1.0	9.0
	0	0.5	0	1.0	0	0.5	0	1.5	9.5
标准要求	≤2.0		≤2.0		≤1.0		≤2.0		≥7级

由表2可以看出，该产品夹杂物水平控制较好，硫化物、氧化物及硅酸盐类夹杂物均控制在1级以下，球状氧化物控制在1.5级以下。晶粒度控制在9级以上。

4 产品宏观性能研究

4.1 常规力学性能

对包钢生产的Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢产品常规性能统计，产品力学性能分布结果如图2所示，图2(a)为屈服强度分布情况，图2(b)为抗拉强度分布情况，图2(c)为断后伸长率分布情况，图2(d)为-40 ℃冲击韧性分布情况。

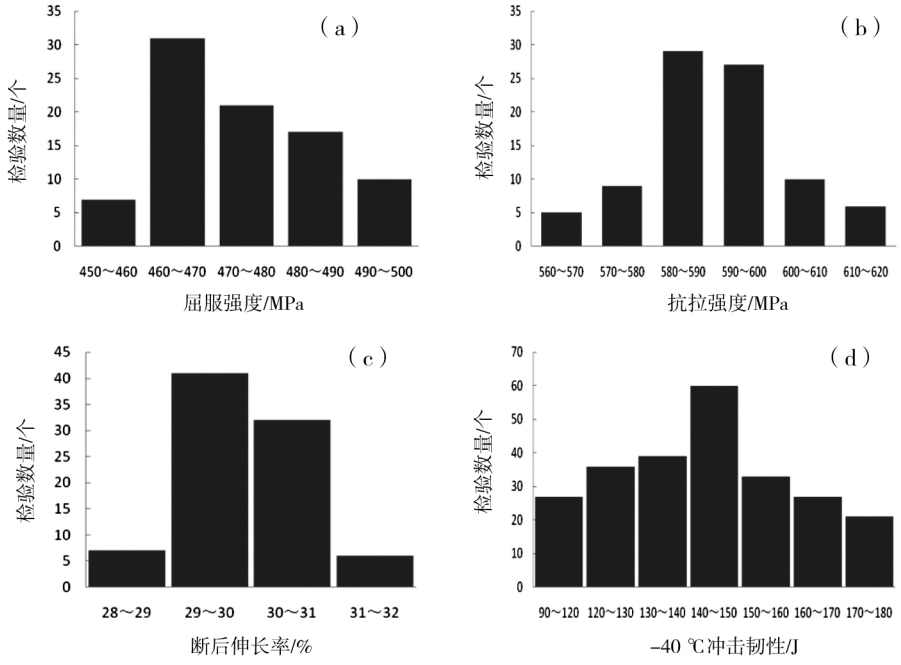


图2 Q420NQR1耐大气腐蚀热轧H型钢力学性能分布

由统计结果可以看出，包钢生产的铁道车辆用耐大气腐蚀热轧H型钢产品性能稳定，特别是断后延伸率及低温冲击韧性富余量较大，说明该产品具有良好的韧塑性，产品性能满足铁道造车用材的稳

中国知网 https://www.cnki.net

定性、可靠性及安全性要求。

4.2　耐大气腐蚀性能

试验条件和方法执行标准 TB /T 2375—1993[6]。试样规格: 60 mm × 40 mm × 5 mm，试验溶液: 0.000 1 mol/L $NaHSO_3$，试验条件: 温度(45 ± 2) ℃，湿度(70 ± 5) % RH，试验时间: 72 h。试验结果如表 3所示。

表 3　周期浸润腐蚀试验结果

NO.	样品名称	腐蚀失重量 /(g·m^{-2})	腐蚀失重速率 /(g·m^{-2}·h^{-1})	相对速率
1	Q420NQR1 热轧 H 型钢	163	2.27	53
2	Q345B	309	4.30	100

钢中添加一定量的铜、铬、镍等耐大气腐蚀元素，同时加入钒氮合金，细化晶粒，合金元素的加入，有效提高钢的耐大气腐蚀性能，耐大气腐蚀性能较普通 Q345B 热轧 H 型钢提高近一倍。

4.3　焊接性能

试验条件和方法执行标准 TB/T 2374—2008[7]。焊接电源种类/型号: 半自动气体保护焊(MAG) KRⅡ－500，焊丝型号: ER55－G(TH550－NQ－Ⅱ)，焊丝直径: 1.2 mm，焊接电流: 220 A，焊接电压: 24 V，焊接速度: 180 mm/min，焊前试件温度: －1～0.4 ℃。先采用渗透检测方法检测表面裂纹，然后将每组试板用电火花线切割设备解剖为 5 条，以观察和检测断面裂纹。表 4 为焊接性能评定结果。

表 4　Q420NQR1 热轧 H 型钢焊接后裂纹检测结果

试样组别	裂纹长度/mm		裂纹率/%	
	表面	断面	表面	断面
1－1	0	0	0	0
1－2	0	0	0	0

结果表明，该钢种在低温 －1～0.4 ℃、高拘束条件下焊接，在焊缝和热影响区均未产生裂纹，因此，该钢种具有良好的焊接性能，满足铁路造车用材的焊接加工要求。

5　结论

(1) 铁道车辆用耐大气腐蚀热轧 H 型钢的成分设计上，采用钒氮微合金化，同时添加适量的铜、铬、镍等合金元素，H 型钢产品组织性能、耐腐蚀性能及焊接能满足铁道造车要求。

(2) 含铜钢加热时，采用快烧，尽量缩短铸坯在 1 083 ℃时的停留时间，同时保证炉内为还原性气氛，可以有效避免铜裂的产生。

(3) 控制终轧温度，冷却过程进行密排缓冷，可以细化晶粒，保证组织均匀性，提高产品性能的稳定性。

参　考　文　献

[1] 刘庆春，钟华，郑之旺. 钒对 YQ450NQR1 高强度耐候钢组织与性能的影响[J]. 钢铁钒钛 2008，(4)：32－36.

[2] 柯伟，董俊华. Mn－Cu 钢大气腐蚀锈层演化规律及其耐候性的研究[J]. 金属学报，2010，(11)：1365－1378.

[3] 杨才福，苏航，李丽，等. 加热工艺对含铜钢表面氧化的影响[J]. 钢铁研究学报，2007，(10)：48－52.

[4] 涛雅，卜向东，冯岩青，等. 耐候 H 型钢关键技术控制[J]. 鞍钢科技，2018，(6)：24－27.

[5] 李军，李正荣，余腾义，等. 钒氮微合金化耐大气腐蚀钢板的研制[J]. 轧钢，2009，(6)：12－15.

[6] TB/T 2375—1993，铁路用耐候钢周期浸润腐蚀试验方法[S].

[7] TB/T 2374—2008，铁道车辆用耐大气腐蚀钢及不锈钢焊接材料[S].

中国知网　https://www.cnki.net