Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢组织性能研究[*1]

宋振东,卜向东,涛 雅,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生产 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢,通过对 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的化学成分设计和冶炼、连铸、加热及轧制等生产过程的工艺控制,使得 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的组织和力学性能及耐腐蚀性能均满足,作为铁路车辆底架的纵梁耐腐蚀用钢的技术要求。

关键词: Q345NQR2; 耐腐蚀; 冶炼及连铸; 加热轧制工艺

中图分类号: TG142.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)02-0062-04

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.02.017

Study on Microstructure and Properties of Q345NQR2 Corrosion Resistant H-beam

SONG Zhen-dong, BO Xiang-dong, TAO Ya, ZHOU Yan

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

Abstract: In the paper, it is mainly discussed the use of special-shaped blank to produce Q345NQR2 corrosion resistant H beam. Through the chemical composition design and the process control of production processes in smelting, continuous casting, heating and rolling of Q345NQR2 corrosion resistant H beam. Both the microstructure, mechanical properties and corrosion resistance of Q345NQR2 corrosion resistant H beam are met the technical requirements for longitudinal beam corrosion resistance steel use as the railway vehicle underframe.

Key words: Q345NQR2; corrosion resistance; smelting and continuous casting; heating rolling process

现代铁路运输正向高速、重载、大运量方向发展,这对铁路货车提出了更高的要求,它应具有快速、自重轻、载重量大、抗疲劳性,耐腐蚀性。很显然,传统的货车用钢强度低、自重大、使用寿命短,已经不能适应铁路运输发展的需要,我国幅员辽阔,铁路车辆服役的环境温度变化大,所用钢种应具有耐腐蚀性和具备一定的低温冲击韧性,以保证车辆的大修周期及行车安全[1]。Q345NQR2 耐腐蚀用 H 型钢作为平板车大梁用钢,其化学成分中 P 元素量较高,P 元素在提高耐蚀性的同时对 Q345NQR2 的低温冲击韧性和铸坯质量产生严重影响。本文重点对生产 Q345NQR2 耐腐蚀用 H 型钢的生产工艺和组织性能进行阐述。

1 技术要求及化学成分设计

1.1 技术要求

Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢作为铁路车辆底架的纵梁用钢,铁道车辆厂对铁道车辆用耐候 H 型钢的质量要求特别严格:(1)其化学成份应均匀,夹杂物含量要求低,钢材的非金属夹杂物中 A 类(硫化物

* 收稿日期:2017-12-25

作者简介:宋振东(1982-),男,内蒙古赤峰市人,硕士,工程师,现从事型钢新产品开发工作。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

类)≤2.5 级、B 类(氧化铝类)≤2 级、C 类(硅酸盐类)≤1.5 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 ℃纵向冲击功要≥27 J;(3)钢材实际晶粒度≥7 级;(4)应具有良好的焊接性能,以及具有优良的表面质量和尺寸精度等。

1.2　化学成分设计

针对以上质量要求,采用 Nb 微合金化,Q345NQR2 耐候 H 型钢的化学成分见表 1,Q345NQR2 成分设计采取 Nb 微合金化设计,加入耐腐蚀元素 Cu、Ni、Cr 等耐腐蚀元素。

表 1　Q345NQR2 的化学成分(质量分数)　%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	Nb	Ti
≤0.10	≤0.55	≤0.50	≤0.10	≤0.015	≤0.55	≤0.30	≤0.30	≤0.04	≤0.02

2　生产工艺

2.1　冶炼和连铸

根据 Q345NQR2 的性能要求并结合包钢异型坯连铸机的生产线的设备能力和生产条件,炼钢厂生产工艺流程如下:铁水→铁水预处理→转炉→LF 精炼→异型坯连铸。冶炼铁水经预处理后,转炉出钢 w[S] ≤0.015%,出钢温度≤1 680 ℃。精炼就位温度≥1 550 ℃,LF 精炼采用铌铁、钛铁等进行微合金化,用 Si - Ca 线进行处理。铸机采用恒拉速控制,铸机拉速≤0.95 m/min,连铸凝固末端采用动态轻压下和电磁搅拌,以及优化的动态二冷技术,保证恒温、恒拉速工艺浇注,以减轻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

Q345NQR2 的化学成分中含有 Cu、Nb、Ti、Cr、Ni 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 Cu 元素的析出,还要保障钢中的 Cu、Nb、Ti、Cr、Ni 等合金化合物要充分固溶,根据 Q345NQR2 的异型坯的规格和厚度,Q345NQR2 的均热段温度≤1 290 ℃。轧制工艺过程流程如下:

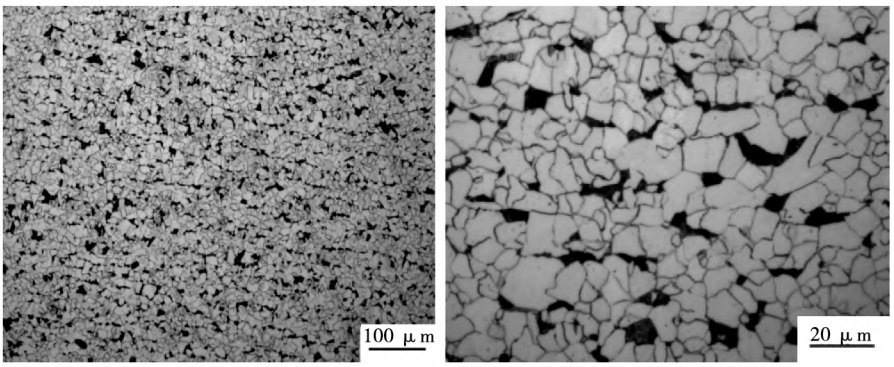
异形坯→加热炉→BD 初轧→CCS 精轧→冷床→矫直→锯切→检查→入库

轧制过程是一个回复与再结晶的过程,首先在高温轧制后快速进行再结晶,在此阶段经过反复变形和再结晶,奥氏体晶粒得到细化,其次是未结晶奥氏体区域轧制。轧制温度降低,奥氏体再结晶将被抑制,经过轧制,随着压下量的增加,奥氏体晶粒伸长,晶粒产生大量变形带,晶粒得到细化[2]。因此要保证 Q345NQR2 的开轧温度≥1 150 ℃,终轧温度≤900 ℃。

3　金相组织和力学及耐腐蚀性能

3.1　金相组织及夹杂物

图 1 为 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的金相组织照片,图 1(a) Q345NQR2 在 100 倍下的金相组织照片,可以看出 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的组织较细,晶粒度可以达到 8 级。图 1(b) 为 500 倍下 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的金相组织照片,可以看出组织是铁素体和珠光体,珠光体组织的片层间距较小。



(a) 100 倍　　(b) 500 倍

图 1　Q345NQR2 耐候 H 型钢金相组织照片

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

这主要是在Q345NQR2耐腐蚀H型钢的化学成分中加入细化晶粒的元素Nb，铌能够与钢体中的碳、氮原子形成细小且稳定的碳氮化物第二相粒子(主要为碳化铌和碳氮化铌)，这些第二相粒子高温时溶解于奥氏体相中，当温度降低过程中，这些粒子将沿着奥氏体和铁素体晶体内部或亚晶界、晶界析出，在晶内的粒子可以在很大程度上增加铁素体相的成核率，从而促进晶内铁素体相的生成；同时在晶界、亚晶界处的析出物将对奥氏体的晶界起到钉扎作用，同样使得相变之后的金相组织晶粒细化[3]。Q345NQR2耐腐蚀H型钢的夹杂物见表2。

表2 Q345NQR2耐腐蚀H型钢的夹杂物

炉号	A	B	C	D	晶粒度/级
17300701	0.5	0.5	0.5	1.0	9
协议要求	≤2.5	≤2.0	≤2.5	≤2.0	≥7

由以上表可知Q345NQR2耐腐蚀H型钢的夹杂物符合技术要求。

3.2 力学性能

对包钢生产的炉号为17300701的Q345NQR2的耐腐蚀H型钢进行力学性能检验，力学性能控制稳定，满足标准要求，力学性能范围见表3。

表3 Q345NQR2力学性能

*R*el/MPa	*R*m/MPa	*A*/%	180° 冷弯，*d* = 2a
383.2～418.9	513.5～532.1	33.28～36.32	合格

由上表可知，采用Nb和Ti微合金化生产的Q345NQR2的耐候H型钢，屈服强度和抗拉强度均能足标准要求，延伸性大于标准24%的要求，说明材料具有较好的强度和塑性。

3.3 冲击韧性

为了保证Q345NQR2耐腐蚀H型钢在低温环境下服役，有良好的低温韧性。在H型钢的翼缘1/3处纵向取冲击试样，试样尺寸为10 mm×10 mm×55 mm，在-40 ℃下进行5组(每组3个试样)冲击试验，冲击性能见表4。

表4 Q345NQR2低温冲击性能

炉号	试样尺寸/(mm×mm×mm)	温度/℃	试验结果					
			冲击功/J			冲击功/J		
17300701	10×10×55	-40	124	90	38	136	126	152
			160	54	148	151	190	195
			37	31	113			

由上表可知，Q345NQR2耐腐蚀H型钢在-40 ℃时所有韧性值都大于27 J，但是表中韧性值不是很均匀稳定，是由于P元素含量较高的缘故。

3.4 耐腐蚀性能

Q345NQR2耐腐蚀H型钢的耐腐蚀对比样，采用Q345B H型钢。表5为对比试样Q345B的成分。

表5 对比试样Q345B成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
0.160	0.273	1.370	0.014	0.012	0.012	0.005	0.016

试验条件和方法执行标准TB/T 2375－1993[4]。试样规格：60 mm×40 mm×5 mm，试验溶液：10～4 mol/L $NaHSO_3$，试验条件：(45±2) ℃，(70±5) % RH，试验时间：72 h。表6和图2为周期浸润试验结果。

表6 周期浸润腐蚀试验结果

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/%
Q345NQR2	173	2.41	56
Q345B	309	4.30	100

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

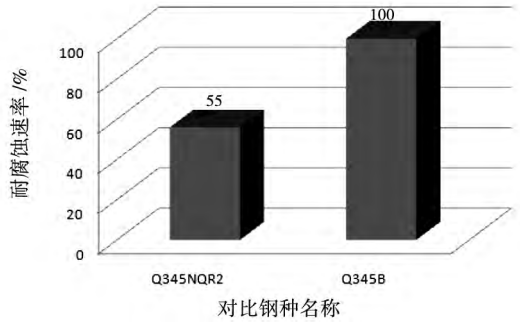


图 2　周期浸润试验结果

从以上结果可以看出，Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢的试验结果符合技术要求的相对腐蚀率≤60% 的规定。

4　结论

(1) 在生产 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢，在化学成分方面采用 Nb 微合金化，添加 Cu、Ni、Cr、P 等耐腐蚀元素，组织和力学性能及耐腐蚀性能满足技术要求。

(2) 生产 Q345NQR2 耐腐蚀 H 型钢，转炉出钢 w[S] ≤0.015 %，出钢温度≤1 680 ℃。精炼就位温度≥1 550 ℃，LF 精炼采用铌铁、钛铁等进行微合金化，用 Si - Ca 线进行处理。铸机采用恒拉速控制，铸机拉速不大于 0.95 m/min。

(3) 根据 Q345NQR2 的异型坯的规格和厚度，Q345NQR2 的均热段温度≥1 290 ℃，保证 Q345NQR2 的开轧温度≥1 150 ℃，终轧温度≤900 ℃。

参　考　文　献

[1] 刘志勇，陈邦文，陈吉清等. 武钢铁路车辆及集装箱用耐候钢的现状及发展[J]. 钢铁研究，2009，37(6)：55 - 57.
[2] 杨作宏，陈伯春. 谈微合金元素 Nb、V、Ti 在钢中的作用[J]. 甘肃冶金，2004，12(4)：20 - 22.
[3] 付俊岩. Nb 微合金化和含铌钢的发展及技术进步[J]. 钢铁，2005，40(8)：1 - 6.
[4] TB/T 2375 - 1993，铁路车辆耐腐蚀用钢执行标准[S].

(上接第 28 页)

处理，并通过在活套出口、拉矫机出口、酸洗槽出口等位置增加的摄像头对原料情况时时监控。具体采取措施见表 5。

表 5　异常原料处理方案

原料缺陷名称	采取措施
钢带有较大的浪形	增大拉矫机延伸率、轧机降速轧制、空过轧机
钢带酸洗效果不好	调整酸液浓度温度、添加定量缓蚀剂
钢带厚度异常	变更轧制计划、空过轧机
钢带宽度异常	变更轧制计划
钢带存在夹杂、异物压入等缺陷	轧机降速轧制、空过轧机

3　结束语

包钢 1 780 mm 冷连轧机断带主要包括焊缝断带和非焊缝断带两类，冷连轧生产线从热轧原料、工艺参数设定调整、设备精度保障等方面查找原因，制定措施降低断带事故的发生，使得断带次数从月均 9 次降至 2 次，取得了较好的经济效益。

参　考　文　献

[1] 徐超，朱正勤. 冷轧断带原因与分析[J]. 安徽冶金科技职业学院学报，2004，(4)：30.
[2] 严开龙，李宏渊. 马钢冷轧轧机断带原因的分析与对策[J]. 安徽冶金，2006，(4)：36.
[3] 李志强，高恩运. 2012 中国(唐山)绿色钢铁高峰论坛暨冶金设备、节能减排技术推介会论文集/推介指南[C]. 激光焊机影响断带的原因及控制措施. 唐山：河北省冶金学会，2012.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net