Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢性能稳定化控制

卜向东,涛 雅,宋振东,周 彦,高 峰

(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: 文章介绍了包钢生产的 Q420NQR1 轧制 H630 mm×200 mm×15 mm×20 mm 的 H 型钢时,存在组织异常、低温冲击韧性波动的情况,通过对成分及轧制工艺的优化,消除了异常组织,组织均匀性有了较大提高,低温冲击韧性波动得到了有效控制。

关键词: Q420NQR1; H 型钢; 组织; 性能

中图分类号: TG335.11 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2018)05-0042-05

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.05.013

Stabilization Control for Performance of Q420NQR1 Weather Resisting Hot Rolled H Beam

Bu Xiang-dong, Tao Ya, Song Zhen-dong, Zhou Yan, Gao Feng

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

Abstract: In this paper, it is described that when rolling the H630 mm×200 mm×15 mm×20 mm H beam with Q420NQR1 produced by Baotou Steel, there are such situations as abnormal microstructure and low temperature impact toughness fluctuation. The abnormal microstructure are eliminated, homogeneity of microstructure is greatly improved and low temperature impact toughness fluctuation is effectively controlled through optimizing the composition and rolling process.

Key words: Q420NQR1; H beam; microstructure; performance

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[1]。2014 年包钢开始研制 Q420NQR1 耐大气腐蚀热轧 H 型钢,试制初期,铸坯裂纹成为该钢种面临的主要问题,通过对设备的调整及工艺的优化成功解决了铸坯横裂及纵裂问题。铸坯发往轨梁厂轧制后,存在组织异常、低温冲击韧性波动较大等问题。

1 化学成分

该钢种要求有一定的耐腐蚀性能,需添加适量的 Cu、Ni、Cr 等元素来提高钢种的耐大气腐蚀性[2];同时该钢种有 -40 ℃低温冲击韧性要求,因此,采用钒氮合金进行微合金化,同时加入少量酸溶铝,细化晶粒,提高强度,稳定低温冲击。化学成分见表 1。

收稿日期: 2017-09-05

作者简介: 卜向东(1987-),男,内蒙古乌兰察布市人,工程师,现从事 H 型钢产品研发工作。

表 1　Q420NQR1 化学成分(质量分数)　　%

钢牌号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V
Q420NQR1	≤0.14	0.3 ~ 0.6	1.2 ~ 1.6	≤0.03	≤0.020	0.25 ~ 0.50	0.20 ~ 0.50	0.22 ~ 0.50	0.08 ~ 0.20

2　存在问题

轨梁厂轧制规格为 H630 mm × 200 mm × 15 mm × 20 mm的 H 型钢,开轧温度、终轧温度及上冷床温度见表 2。

表 2　H 型钢轧制温度

轧制规格 /(mm × mm × mm × mm)	开轧温度 /℃	终轧温度 /℃	上冷床温度 /℃
H630 × 200 × 15 × 20	≥1 100	≥880	≥700

2.1　力学性能

力学性能见表 3。

表 3　H 型钢力学性能

钢牌号	编号	R_{eL}/Mpa	R_m/Mpa	A/%	冷弯 180°, D = 3a
Q420NQR1	11#	461	605	30	完好
	12#	470	621	29	完好
	13#	464	607	29	完好
	14#	468	613	30	完好
标准		≥420	≥520	≥21	完好

注: 11#、12#、13#、14#分别代表 H 型钢的 4 个翼缘板。

从表 3 可以看出,该钢种 4 个翼缘板之间的屈服、抗拉、延伸波动较小,稳定性较好。

2.2　冲击韧性

冲击韧性见表 4。

表 4　H 型钢冲击韧性能

钢牌号	编号	试样尺寸/mm × mm × mm	冲击值 AKV_2/J					
			室温			−40 ℃		
Q420NQR1	11#	10 × 10 × 55	194	193	186	32	15	28
	12#		184	179	162	36	28	41
	13#		214	200	221	144	97	127
	14#		194	206	200	56	85	64
标准			≥47			≥24		

注: 11#、12#、13#、14#分别代表 H 型钢的 4 个翼缘板。

通过表 4 可以看出: 该钢种 4 个翼缘板之间的常温冲击韧性值波动较小,稳定性较好; −40 ℃冲击韧性值波动较大,稳定性较差。

2.3　显微组织及断口形貌

图 1、图 2 分别为 H 型钢的不同翼缘板的金相组织,组织为铁素体 + 珠光体 + 马氏体 + 贝氏体。

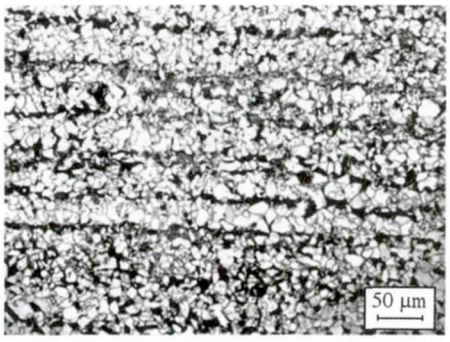


图 1　11#金相组织

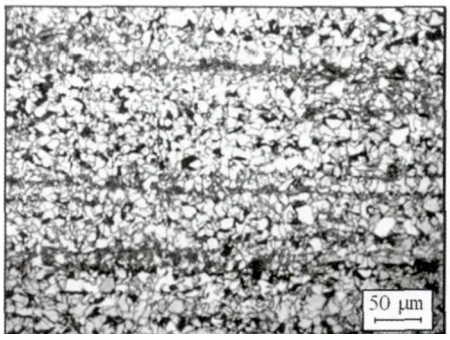


图 2　13#金相组织

图 3、图 4 分别为不同组织对应的 −40 ℃低温冲击断口形貌,其中图 3 为脆性断口,图 4 为韧性断口。通过组织以及断口形貌对比,可以发现, −40 ℃低温冲击韧性值的大小与马氏体及贝氏体的数量及分布有关,贝氏体及马氏体数量越多,分布越集中,其

-40 ℃低温冲击韧性值越低,反之,则越大。

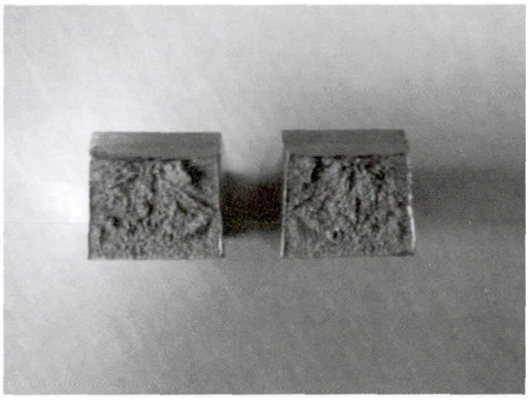


图3 11#断口形貌

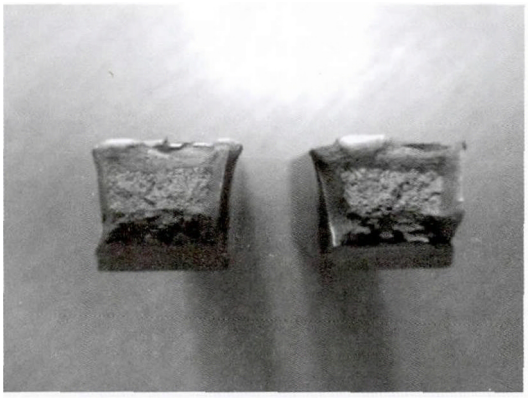


图4 13#断口形貌

2.4 扫描电镜检验

图5为对11#脆性断口进行扫描电镜检验,在断口处未发现异常夹杂物。图6为在扫描电镜下对异常组织和正常组织进行成分比对,异常组织上的Mn含量高于正常组织上的Mn含量。

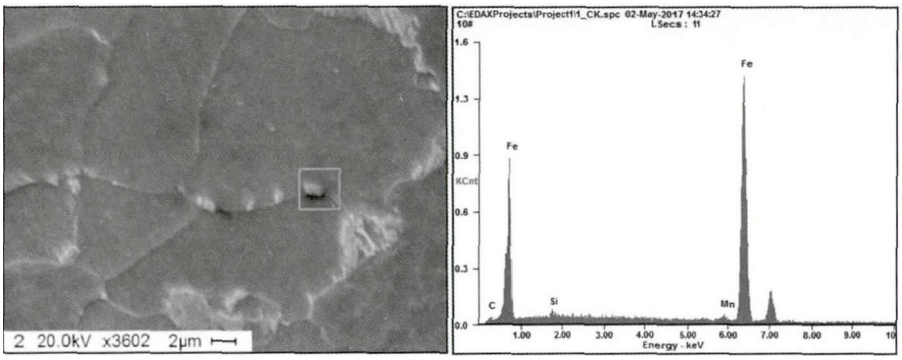
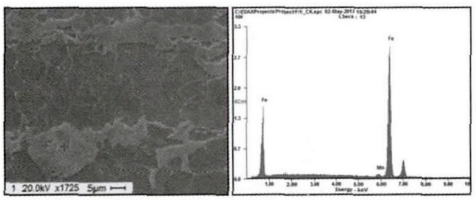
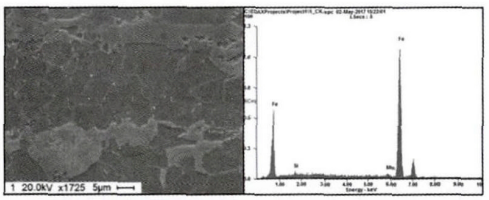


图5 11#扫描电镜检验结果



元素	质量分数/%	原子数分数/%
MnK	02.19	02.23
FeK	97.81	97.77
Matrix	Correction	ZAF



元素	质量分数/%	原子数分数/%
MnK	01.78	01.81
FeK	98.22	98.19
Matrix	Correction	ZAF

图6 扫描电镜下机体与异常组织成分对比

由扫描电镜检验结果得知,可以排除异常夹杂物导致-40 ℃低温冲击韧性值低的可能性,异常组织上的Mn含量高于正常组织,分析认为,Mn偏析导致异常组织的产生。

3　韧性值波动原因分析及改善措施

3.1　波动原因分析

3.1.1　马氏体对低温冲击韧性的影响

通过上述检验结果可以得出，马氏体组织对室温下力学性能的稳定性基本没有影响，但是在 -40 ℃时，低温冲击存在波动现象，也就是说马氏体组织的数量、分布直接影响到 -40 ℃冲击韧性值的大小及其稳定性[3]。

H 型钢在冷床空冷过程中，由于 H 型钢断面较为复杂，冷却速度存在差异，导致组织差异性较大，从而导致 -40 ℃低温冲击韧性的不稳定。

3.1.2　马氏体产生的原因

在轧后冷却过程中，H 型钢通过冷床自然冷却的方式进行冷却，H 型钢 4 个翼缘板的心部和表面有一定的温度梯度，热量由心部向表面以传导的方式传递，因此表面冷速必然大于心部冷速，然而翼缘板的表面没有产生马氏体，偏向中心的地方却产生了马氏体，同时，扫描电镜检验结果显示，异常组织与正常组织间存在 Mn 的偏析，因此，分析认为 Mn 偏析是导致马氏体产生的主要原因[4]。

3.2　改善措施

由于该钢种耐腐蚀性能及强度的需要，添加适量的 Cu、Ni、Cr、Mn，同时 Cu、Ni、Cr、Mn 的添加提高了此钢种的淬透性，Cu、Ni、Cr、Mn 元素的富集，将提高过冷奥氏体在转变区，尤其是低温转变区的稳定性，使连续冷却转变曲线右移，导致马氏体的临界冷速降低。

3.2.1　成分优化

在保证耐腐蚀性能的前提下，尽可能降低该钢种的合金含量，w [Cu]、w [Ni]、w [Cr] ≤ 0.40%，w [Mn] ≤ 1.55%。

3.2.2　轧制工艺优化

为使 H 型钢 4 个翼缘板的各项性能具有良好的稳定性，必须保证该钢种组织的均匀性，组织应为铁素体 + 珠光体，避免异常组织（马氏体、贝氏体）的产生。对于合金较高的 H 型钢而言，其淬透性较强，且冷却过程中存在差异，生产过程中无法达到缓冷条件，因此，需提高开轧及终轧温度并且进行密排冷确，来保证 H 型钢性能的稳定性。

4　优化后效果

4.1　力学性能

优化后力学性能见表 5。

4.2　冲击韧性

优化后冲击韧性见表 6。

表 5　优化后力学性能

钢牌号	编号	R_{eL} / Mpa	R_m / Mpa	A / %	冷弯 180°，D = 3a
Q420NQR1	21#	466	599	29	完好
	22#	467	596	30	完好
	23#	468	600	29	完好
	24#	466	594	29	完好
标准		≥420	≥520	≥21	完好

注：21#、22#、23#、24# 分别代表 H 型钢的 4 个翼缘板。

表 6　优化后冲击韧性

钢牌号	编号	试样尺寸 / mm × mm × mm	冲击值 AKV_2 / J					
			室温			-40 ℃		
Q420NQR1	21#	10 × 10 × 55	252	240	240	181	186	158
	22#		235	228	232	200	138	186
	23#		225	246	236	142	137	148
	24#		218	238	229	130	190	160
标准			≥47			≥24		

注：21#、22#、23#、24# 分别代表 H 型钢的 4 个翼缘板。

4.3 显微组织及断口形貌

图7、图8为优化后不同翼缘板的金相组织，组织为铁素体+珠光体。图9、图10分别为图7、图8金相组织对应的断口形貌，断口为韧性断口。

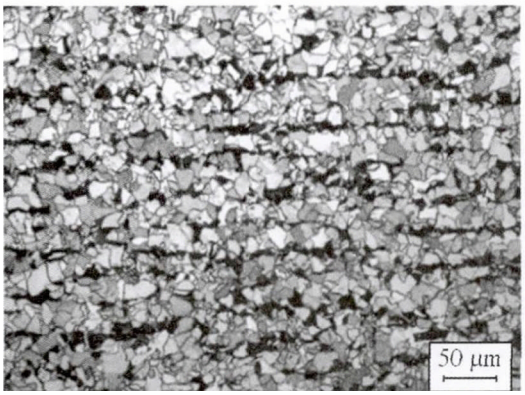


图7 21#金相组织

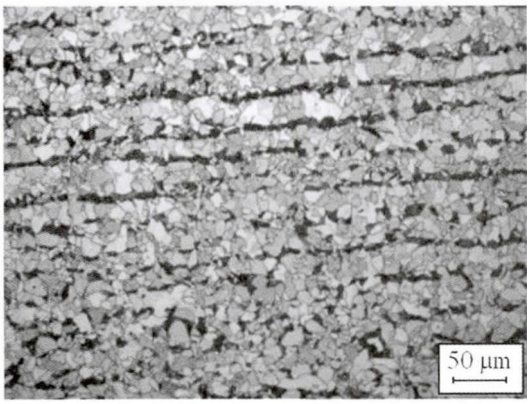


图8 23#金相组织

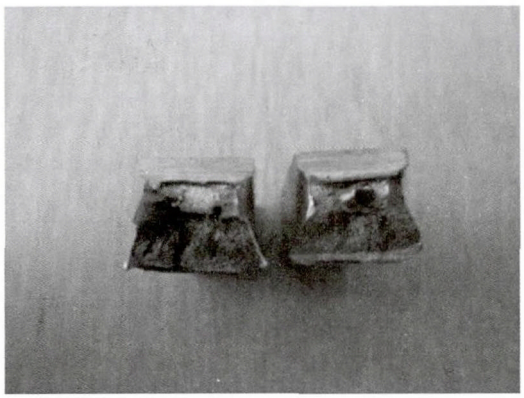


图9 21#断口形貌

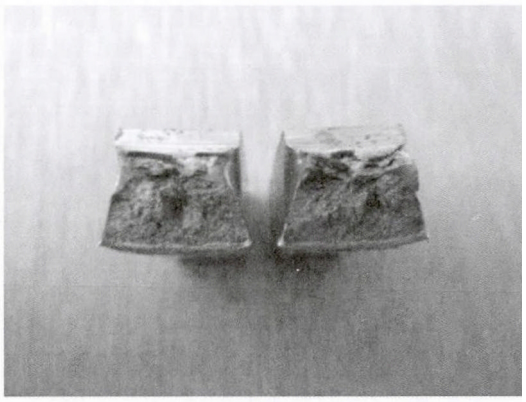


图10 23#断口形貌

对比优化前后各项性能可以看出，-40 ℃低温冲击韧性值相比优化前有较大提高，并且较为稳定，组织均匀性也有较大提高，基本消除异常组织(马氏体+贝氏体)。

5 结论

(1) Q420NQR1耐大气腐蚀H型钢生产过程中，马氏体及贝氏体的产生是导致-40 ℃低温冲击韧性值波动且偏低的主要因素。

(2) 通过合理的成分优化及轧制工艺优化，有效的改善H型钢不同翼缘板上组织的均匀性，并且消除异常组织(马氏体、贝氏体)的产生，提高及稳定了该钢种-40 ℃低温冲击韧性值。

参 考 文 献

[1] 宋凤明，温东辉，李自刚，等. 铁道车辆用耐大气腐蚀钢的现状及研发方向[J]. 世界钢铁，2009，9(5)：15-17.

[2] 王传雅，戚正风. 耐候钢的化学成分和性能[J]. 特殊钢，1997，(1)：13-19.

[3] 齐靖远. 低碳马氏体的断裂韧性[J]. 材料热处理学报，1985，(2)：53-61.

[4] 马跃新，吴煜，曾德长，等. 马氏体类型及其形成原因的探讨[J]. 材料热处理学报，2013，34(4)：155-161.