采用低碳微合金化生产抗震H型钢

宋振东，卜向东，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低碳微合金化生产抗震Q235KZ热轧H型钢，通过合理的化学成分设计和生产工艺控制等手段，生产具有强屈比高、韧性、可焊接性能好的抗震热轧H型钢，从而改变Q235B热轧H型钢的综合性能。

关键词：抗震；低碳微合金化；强屈比；韧性

中图分类号：TG142 **文献标识码**：B **文章编号**：1009－5438(2018)01－0038－03

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2018.01.014

The Low Carbon Microalloying is Used to Produce Anti－seismic H Beam

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

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

Abstract: In the paper, it is mainly discussed the low carbon microalloying is used to produce anti－seismic Q235KZ hot rolling H beam, through the reasonable chemical composition design and production process control and other means, the anti－seismic H beam with high strength yield ratio, good toughness and weldability is produced, which changes the comprehensive performance of Q235B hot rolling H beam.

Key words: anti－seismic; low carbon microalloying; strength yield ratio; toughness

近年来钢结构在现代建筑中的应用越来越普遍，特别是高层建筑，几乎离不开钢结构，我国是地震多发国家，钢结构结合抗震的研究也越来越得到重视，有不少研究成果已纳入设计规范[1]。对抗震用钢，大量的试验和研究提出了五个指标，即高应弯低周疲劳性能、应变时效敏感性、韧脆转变温度、可焊性和强度与塑性的配合[2]，这些指标作为钢材的抗震性能指标是比较科学和全面的，也是开发供应生产具有抗震性能钢结构所用钢材的控制方向。

1 化学成分设计

1.1 技术要求

目前，抗震热轧H型钢标准(征求意见稿)以发布，其化学成分只给出上限值，范围较宽泛，与碳素结构钢Q235B相比要求钢中至少要加入一种或几种细化晶粒的元素，如Nb、V、Ti、Al，标准成分见表1，拉伸性能见表2，冲击性能见表3。

表1 Q235KZ标准要求化学成分(质量分数) %

C	Si	Mn	P	S	Nb	V	Ti	N
≤0.2	≤0.35	≤1.4	≤0.035	≤0.035	≤0.08	≤0.15	≤0.20	0.010

* **收稿日期**：2017－09－05

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。

中国知网 https://www.cnki.net

表 2　力学性能要求

$R_{(p0.2)}$/MPa	R_m/MPa	A/%	R_m/R_{el}
235	400 ~ 510	≥23	≥1.25

表 3　冲击性能

质量等级	试验温度/℃	冲击吸收能量/J
B	常温	≥34
C	0	
D	-20	

1.2　化学成分设计

依据 Q235KZ 的技术条件，结合 Q235B H 型钢的生产历史数据，本次试生产抗震 H 型钢采取低碳 VN 微合金化工艺，化学成分见表 4。

采取 VN 微合金化工艺是因为 V 元素在低碳钢中可以与氮元素组合，形成 VN 化合物，VN 化合物可以阻止晶核的形成和长大，使材料晶粒细化，晶界增多，细化晶粒不但可以提高材料的强度，同时还可以改善材料的塑形和韧性，在相同的作用外力下，细小晶粒的晶粒内部和晶界附件的应变度相差较小，变形均匀，相对来说，因应力集中引起开裂的机会也较少，这就有可能在断裂之前承受较大的变形量，所以可以得到较大的延伸率和断面收缩率，由于采用低碳生产抗震 H 型钢，由于碳含量低碳当量较小，所以抗震 H 型钢有较好的可焊性。通过调整碳、硅、锰等元素的比例，可以得到强度与塑性的合理配合。

表 4　Q235KZ 化学成分(质量分数)　%

C	Si	Mn	P	S	V
≤0.10	≤0.24	≤1.30	≤0.035	≤0.035	≤0.07

2　生产工艺

2.1　冶炼和连铸

根据抗震 H 型钢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 $w[S] \leq 0.010\%$，出钢温度在 1 620 ~ 1 680 ℃。精炼就位温度不低于 1 550 ℃，LF 精炼采用 VN 合金进行微合金化，用 Si - Ca 线进行处理。铸机采用恒拉速控制，铸机拉速范围在 0.75 ~ 0.95 m/min 之间，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、震痕等缺陷。

2.2　加热及轧制工艺

Q235KZ 的化学成分中含有 Si、Mn、V 等元素，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，还要保障钢中的 Si、Mn、V 等合金化合物要充分固溶，根据 Q235KZ 的异型坯的规格和厚度，Q235KZ 的均热段温度设定范围为 1 220 ~ 1 290 ℃。轧制工艺过程是：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。因此要保证 Q235KZ 的开轧温度不低于 1 150 ℃，终轧温度不高于 900 ℃。

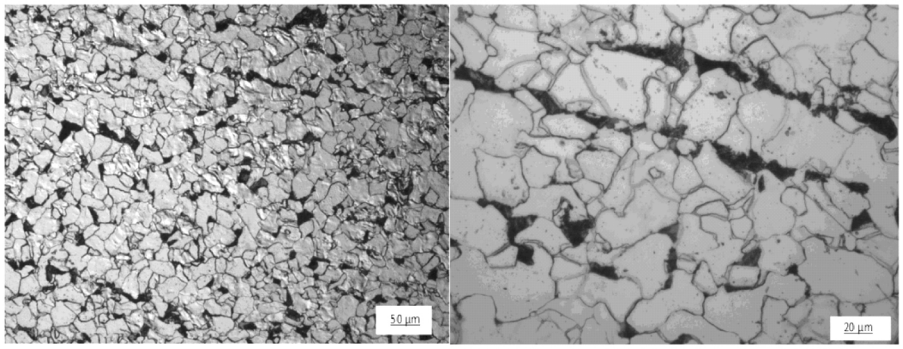
3　金相组织

图 1 为 Q235KZ 在 200 倍和 500 倍下的金相组织照片，组织为铁素体和珠光体。

由图 1(a) 可以看出 Q235KZ 组织比较均匀，晶粒较细，以铁素体为主，有较少量的珠光体，这主要因为碳含量较低，组织存在大量的软相铁素体，由图 1(b) 为 500 倍下 Q235KZ 的金相照片，由图可以看出珠光体均匀的分布在铁素体基体的范围内，珠光体的片层间距较小，片间距越小，铁素体和渗碳体的相界面越多，对位错运动的阻碍越大，材料强度会增高。由于细晶粒金属中裂纹不易产生传播，因而在断裂过程中吸收了更多的能量，即表现出较高的韧性，所以抗震 H 型钢的高应弯低周疲劳性能、应

中国知网　https://www.cnki.net

变时效敏感性、韧脆转变温度等性能较好，由于组织以铁素体为主，所以焊接性能较好[3]。



（a）200倍 （b）500倍

图1 Q235KZ金相照片

4 力学性能

表5为Q235KZ的拉伸试验数据，由表5可以看出Q235KZ的屈服强度为318 MPa，抗拉强度为432 MPa，延伸率了32%，强屈比大于1.35，完全满足抗震H型钢Q235KZ的拉伸标准要求。图2为Q235KZ的拉伸试验的时间与试验力关系曲线，由图3可以看出Q235KZ的屈服平台明显，比碳素结构钢材质为Q235B的较多的屈服和断裂时间，大约4 min左右。

表5 Q235KZ的拉伸试验数据

试样号	$R_{(p0.2)}$/MPa	R_m/MPa	A/%
2-1	318	432	32
2-2	317	430	29

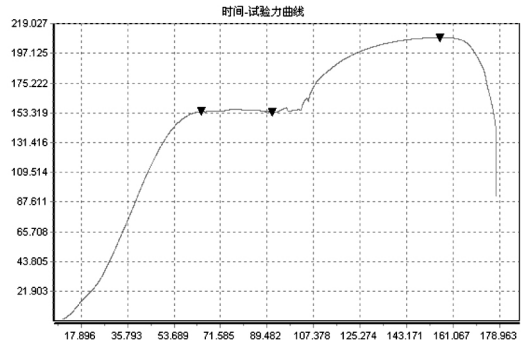


图2 拉伸试验的时间与试验力关系曲线

5 夏比冲击性能

对低碳微合金化Q235KZ抗震H型钢，分别进行3个温度（室温、0 ℃、-20 ℃）的夏比冲击性能试验。表6为低碳微合金化Q235KZ抗震H型钢试验结果。

表6 低碳微合金化Q235KZ试验数据

试样尺寸/(mm×mm×mm)	试验温度/℃	冲击吸收能量/J					
10×10×55	室温	223.7	216.6	223.3	201.1	241.5	221.7
10×10×55	0	209.8	263.1	148.0	201.9	311.4	167.3
10×10×55	-20	179.5	235.4	141.9	176.4	238.2	184.1

钢材在施工中往往要承受冷塑变形，产生应变时效，因而应变时效态的韧脆转变温度应更加重视。具有低的韧脆转变温度钢，不仅可以避免冷脆断裂，还可延迟钢在应力循环下的疲劳过载损伤，对提高钢的高应变低周疲劳性能很有利[3]。由表6可知，采取低碳微合金化生产的Q235KZ的抗震H型钢在温度为-20 ℃时，冲击韧性依然达到180 J，远高于标准要求34 J，具有较好的低温韧性。

（下转第44页）

中国知网 https://www.cnki.net

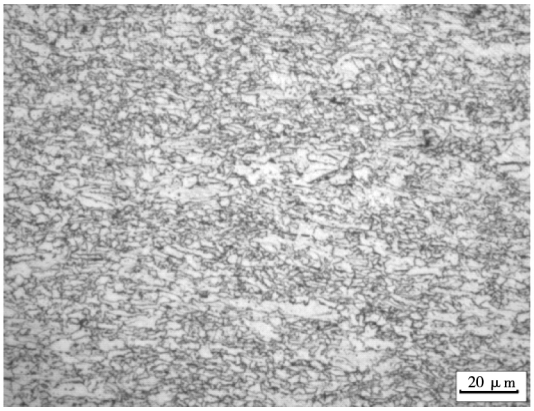


图9 产品金相组织形貌

4 结论

(1) 对于生产厚度低于 12.65 mm 的管线钢 X65M,采用低碳 Mn－Nb－Ti 成分系设计较为经济合理。

(2) 采用多种成分系设计生产的 X65M,合金 V 元素主要体现为析出强化,对产品的屈服强度的提高贡献比较大; 合金 Cr 元素主要体现为固溶强化,对产品的抗拉强度的提高贡献比较大。

(3) 采用增加中间坯厚度、加快轧后冷却速度以及适当降低卷取温度更有利于细化晶粒,提高材料的强韧性。

参 考 文 献

[1] 郑磊,陈钰珊. 宝钢 X65 高强度高韧性管线用板卷钢的生产 [J]. 焊管, 2001, 24 (1): 25－31.

[2] 王立涛,李正邦,张乔英,等. 高钢级管线钢的性能要求与元素控制 [J]. 钢铁研究,2004,2 (1): 14.

[3] 闫立超,余伟,唐荻,等. 轧后控制终冷温度对高强度管线钢屈强比的影响 [J]. 上海金属, 2007,29(3): 37－39.

[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,1995.

(上接第 40 页)

6 结论

(1) 采用低碳微合金化生产 Q235KZ 抗震热轧 H 型钢,其性能满足抗震热轧 H 型钢标准(征求意见稿) 的要求。

(2) 通过控制炼钢工艺和轧制工艺生产 Q235KZ 抗震热轧 H 型钢转炉出钢 w[S] ≤ 0.010%,出钢温度在 1 620～1 680 ℃。精炼就位温度不低于 1 550 ℃,恒拉速控制,Q235KZ 的开轧温度不低于 1 150 ℃,终轧温度不高于 900 ℃。

参 考 文 献

[1] 龚士弘,盛光敏. 抗震设计用钢探讨 [J]. 工程抗震,1995,(3): 37－42 .

[2] 龚士弘. 地震区建筑用钢的韧性对建筑物抗震性能的影响 [J]. 工程抗震, 2004, (3): 41－47.

[3] 蒲玉梅. Q235B 、Q345B H 型钢综合抗震性能试验研究 [J]. 安徽冶金,2005,(4): 31－37.

中国知网 https://www.cnki.net