

# Q355NHD耐候H型钢生产实践

韩北方, 高红星, 秦延庆

(首钢长治钢铁公司质量监督站, 山西长治, 046031)

**摘要:** 基于耐候钢生产技术难点, 详细分析论述了首钢长治钢铁公司Q355NHD 耐候H型钢的生产工序、加热工序、轧制工序和检测方法。检测表明: 成品钢材表面无裂纹, 化学成分、力学性能等指标满足国家标准, 表现出优良的耐大气腐蚀性能, 是一种具有广阔前景的绿色钢材。基于生产实践基础上的改造, 可推广至其它耐候钢生产过程。

**关键词:** H型钢; 耐候钢; 裂纹; 耐大气腐蚀

中图分类号: TF345 文献标识码: A 文章编号: 2095-8412 (2016) 06-1107-03

工业技术创新 URL: <http://www.china-iti.com> DOI: 10.14103/j.issn.2095-8412.2016.06.013

## Production Practice on Q355NHD Weathering H-steel

HAN Bei-fang, GAO Hong-xing, QIN Yan-qing

(Quality Supervision Station, Shougang Changzhi Iron & Steel Co., Ltd., Changzhi, Shanxi, 046031, China)

**Abstract:** The production process, heating process, rolling process and inspection method of Q355NHD weathering H-steel by Shougang Changzhi Iron & Steel Co., Ltd. are described in detail based on the production technological difficulties of weathering steel. Inspection shows that, the surface of finished steel has no crack, and indexes such as chemical composition as well as mechanical properties meet the national standard, showing excellent resistance to atmospheric corrosion, being a kind of eco-friendly steel with broad prospect. On the basis of such a production practice, it can also be extended to other weathering steel production process.

**Key words:** H-steel; Weathering Steel; Crack; Atmospheric Corrosion Resistance

## 引言

耐候钢就是在钢中加入磷、铜、铬、镍等微量元素, 使钢材表面形成致密和附着性很强的保护膜, 阻碍锈蚀向内扩散和发展, 保护锈层下面的基体, 以减缓其腐蚀速度。可用于制造铁道车辆、桥梁、塔架、集装箱等结构的低合金结构钢。

在锈层和基体之间形成的非晶态尖晶石型氧化物层, 不仅致密, 而且与基体金属黏附性好。由于这层致密氧化物膜的存在, 阻止了大气中氧和水向钢铁基体渗入, 减缓了锈蚀向钢铁材料纵深发展, 大大提高了钢铁材料的耐大气腐蚀能力<sup>[1, 2]</sup>。与采用涂层法防腐的钢结构相比, 采用耐候钢还能够减少环境污染, 是一种具有广阔前景的绿色钢材。

## 1 技术难点及解决措施

因耐候钢中含有0.20~0.50%的铜, 而钢中含铜量大于0.20%, 故钢坯表面易形成表面裂纹, 加热时易出现表面龟裂。添加铜元素后, 克服异形坯表面裂

纹及热轧龟裂的产生则成为耐候H型钢生产的一个关键问题<sup>[3-5]</sup>。解决措施拟定如下:

(1) 调整成分: 如向钢中添加一定量的镍 (Ni:Cu=1:3~1:2), 可使钢表面的铜富集层变为熔点超过1 200℃的铜镍富集层;

(2) 采用LF钢包精炼技术, 提高钢水纯净度、减少钢水中的夹杂物;

(3) 控制钢坯的加热、轧制工艺。采取弱还原性气氛加热; 采取高温、快烧、快轧的工艺轧制; 采用高压水除鳞技术;

(4) 调整合适的连铸工艺参数, 减少坯裂纹产生。

## 2 生产工序

### 2.1 生产工艺流程

生产工艺流程如下:

铁水→80 t顶吹转炉→LF炉→异形连铸机 (BB1 异型坯430×300×85) →步进式加热炉→高压水除

鳞系统→两辊可逆式开坯机→万能轧机组→移动式倍尺锯→步进式冷床→矫直机→编组台架→移动式定尺锯→人工打包台架。

## 2.2 冶炼工序操作控制

### 2.2.1 前期准备

(1) 铁水条件：铁水目标值为硫 $\leq 0.025\%$ ，磷 $\leq 0.12\%$ 。废钢应符合低硫要求；生铁块要求和铁水相同。

(2) 准备冶炼：装入量 $74 \pm 1$  t。铜板、镍板随废钢一同装入，试生产3炉，炉号分别为7735、7736、7737。

### 2.2.2 转炉工艺

(1) 终点控制：7735炉次终点碳成分 $0.10\%$ （后吹26 s）；7736、7737炉次碳符合设定要求（ $0.06 \sim 0.08\%$ ）。

(2) 脱氧合金化：一是使用硅、钙、钡和铝粒脱氧，加入量按 $1.0 \sim 1.5$  kg/t硅、钙、钡和 $5$  kg/t铝控制；二是采用Si-Mn配Mn，不足的Si用Si-Fe补齐，低碳Cr-Fe配Cr（参考吸收率Si：82%、Mn：92%、Cr：95%）。

### 2.2.3 LF炉精炼工序

(1) 过程成分控制情况

过程成分控制情况如图1所示。



图1 过程成分控制情况

(2) 过程定氧情况

在钢水温度为 $1590^{\circ}\text{C}$ 时，进站氧含量约为 $30$  ppm，符合低合金氧含量特点。出站三炉钢液的氧含量达到 $20$  ppm以下，达到了钢水脱氧控制要求。

(3) 过程脱硫情况分析

同一炉的硫含量变化趋势如图2所示。

三炉钢水的硫含量都有这种变化趋势，说明精

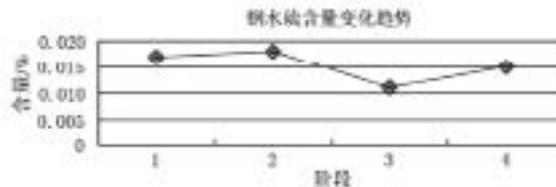


图2 LF炉钢水硫变化趋势

炼过程炉渣的脱氧程度均有反复，持续脱硫能力较弱。

### 2.2.4 连铸工序控制

(1) 连铸结晶器冷却水：内外弧 $55 \sim 65$   $\text{m}^3/\text{h}$ ，南北弧 $45 \sim 55$   $\text{m}^3/\text{h}$ ，内外弧、南北弧进行调节时应尽可能保持一致；

(2) 二冷水：二次冷却的比水量为 $0.75$  L/kg，调节系数为 $0.8$ ，采用自动配水。本次试生产中测量铸坯温度如下：铸坯出扇形段温度 $950^{\circ}\text{C}$ ，铸坯在拉矫机前的温度 $720^{\circ}\text{C}$ ，铸坯在拉矫机后的温度 $647^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 大包温度及中包温度：大包到中包的平均温降为 $56^{\circ}\text{C}$ ，中包温度变化相对较小，但平均过热温度达到 $44^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 连铸坯：异形坯的截面尺寸 $430 \times 300 \times 85$   $\text{mm}^3$ ，铸坯冷检中发现，2支铸坯内外弧表面均有纵裂纹；铸坯翼缘边部有小块夹渣缺陷。

## 3 加热和轧制工序控制

### 3.1 加热工序

#### 3.1.1 驻炉时间

驻炉时间如表1所示。

表1 驻炉时间

炉号	批号	入炉时间	出炉时间	驻炉时间
7735326387	5132565	15:25	19:50	4:25
7736326388	5132566	18:23	21:40	3:17
7737326389	5132567	21:33	23:30	1:57

#### 3.1.2 加热温度

考虑到加热炉炉体状况和产品韧性需求，加热温度按方案下限进行控制，第二加热段温度控制在 $1150 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ，均热段温度控制在 $1250 \sim 1350^{\circ}\text{C}$ ，钢坯出炉温度控制在 $1250 \sim 1290^{\circ}\text{C}$ ，炉内为还原性气氛。

### 3.2 轧制工序

(1) 高压水除磷压力为16 MPa；高压水流量为35 m<sup>3</sup>/h；

(2) 开坯机：开轧温度1 200℃左右，终轧温度1 050℃左右；

(3) 万能轧机：开轧温度1 100℃，终轧温度890~950℃；

(4) 轧制过程中开启Ur-E-Uf过程翼缘优先冷却；

(5) 轧制程序：开坯机采用7道次，万能轧机采用5道次进行轧制生产。

## 4 宏观及微观检测

### 4.1 宏观检测

(1) 铸坯冷检中发现7736炉有2支铸坯内外弧表面均有纵裂纹，经轧制，成品材表面没有检测到裂纹。

(2) 本次试制的H175×200的耐候H型钢的抗拉强度、屈服强度均符合开发方案的要求。抗拉强度平均值为507.7 MPa、屈服强度平均值为409 MPa。对产品取样分别检测了常温、-20℃和-40℃的横向、纵向冲击功。例如，3个批次-20℃纵向冲击功平均值分别为120 J、158 J、116.3 J，满足国家标准。

### 4.2 微观检测

(1) 异形连铸坯低倍检测结果表明，各种缺陷检测项目都在2.0级以下，说明本次生产冶炼过程控制理想。

(2) 本次试制对连铸坯化学成分及成品材均做化学成分检测，结果发现两者均满足设计要求，并未出现明显的成分偏析现象，表明成分控制比较理想，各化学元素成分均匀。

(3) 金相组织及非金属夹杂物检验结果如表2所示。

表2 金相组织及非金属夹杂物

批号	晶粒度	组织	硫化物A	氧化铝B	硅酸盐C	氧化物D	单颗粒DS
5132565	8.5级	F+P	0.5	无	无	1	1
5132566	8.5级	F+P	0.5	无	0.5	1	1
5132567	8.5级	F+P	1	无	0.5	1.5	1

产品微观组织为铁素体+珠光体，晶粒度8.5级。本次试制各类非金属夹杂物控制在1.5级以下，表明钢成分相对均匀，杂质含量较少。

## 5 结论

本次试制Q355NHD耐候H175×200×8×12规格热轧H型钢，产品化学成分、表面质量符合要求，各项力学性能满足国标要求。产品微观组织为铁素体+珠光体，晶粒度8.5级，各类非金属夹杂物控制在1.5级以下，表明成分设计、工艺路线及关键参数基本可行。该产品的成功生产，说明首钢长治钢铁公司已经掌握该钢种的生产工艺技术，既丰富了公司产品结构，也为我国的绿色钢材发展做出了贡献。

### 参考文献

- [1] 谢世红, 汪开忠, 吴结才, 等. 铁道车辆用耐候H型钢的开发[J]. 钢铁研究, 2005, 33(1):25-27.
- [2] 王振波. 钢结构建筑防腐技术[J]. 工程设计与研究, 2012(2):26-27.

- [3] 谢世红. 马钢开发耐候H型钢的可行性分析[C]// 中国金属学会青年学术年会. 2002.
- [4] 刘炳宇, 刘昆华. 转炉—连铸工艺生产重轨钢的实践[C]// 全国炼钢学术会议. 2002:9-12.
- [5] 李率民, 胥克宝, 万友堂, 等. 耐候钢板表面微裂纹研究[J]. 宽厚板, 2009, 15(3):15-17.

### 作者简介:

韩北方(1987-), 男, 汉族, 山西长治人, 本科, 助理工程师。主要从事材料开发和监测工作。