# 铁路车厢用高强度耐候H型钢生产实践

高 勇[1,2],董 方[1],刘 平[2],周 彦[3]

(1. 内蒙古科技大学材料与冶金学院,内蒙古 包头 014010;
2. 内蒙古包钢钢联股份有限公司炼钢厂,内蒙古 包头 014010;
3. 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:** 文章简单介绍了铁路车厢用高强度耐候H型钢的生产工艺和试制结果,结果表明,该钢化学成分、力学性能等技术指标均达到了标准要求,满足车厢用钢的需要。

**关键词:** 冶炼工艺;保护渣;高强度耐候H型钢
**中图分类号:** TF764 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-5438(2017)03-0023-03
DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.007

# Production Practice of High Strength Weather-resistant H-beam for Railway Carriage

*GAO Yong*[1,2], *DONG Fang*[1], *LIU Ping*[2], *ZHOU Yan*[3]

(1. *School of Material and Metallurgy, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
2. *Steel-melting Plant of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*;
3. *Technical Center of Steel Union Co. Ltd. of Baotou Steel (Group) Corp., Baotou* 014010, *Nei Monggol, China*)

**Abstract:** In this paper, it briefly introduces the production process and trial production results of high strength weather-resistant H-beam for railway carriage. The results show that the technical indicators such as chemical components and mechanical properties of the steel reach the standard requirements and meet the requirement of steel for carriage.

**Key words:** smelting process; casting powder; high strength weather-resistant H-beam

耐候钢是指通过添加少量合金元素,使其在大气中具有良好耐腐蚀性能的低合金高强度钢。耐候钢的耐大气腐蚀性能为普通碳素钢的2~8倍,并且使用时间愈长,耐蚀作用愈突出。耐候钢除具有良好的耐候性外,还具有优良的力学、焊接等使用性能,广泛用于铁道车辆、桥梁和集装箱制造用钢材。铁道车辆用耐候钢,体现于高耐蚀性、高强度及低成本[1]。包钢首次开发适应铁路车厢用耐候H型钢,采用异型坯连铸机-万能轧机一次试制成功。

## 1 耐候H型钢技术要求

### 1.1 化学成分

H型钢的化学成分应符合技术协议要求表1要求。

收稿日期:2017-03-31
作者简介:高勇(1983-),男,内蒙古鄂尔多斯市人,在读硕士,工程师,现从事炼钢生产相关工作。

中国知网 https://www.cnki.net

表1 化学成分(质量分数) %

| C | Si | Mn | P | S | Cu | Ni | Cr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ≤0.20 | ≤0.70 | 0.30~0.70 | ≤0.15 | ≤0.025 | 0.10~0.50 | 0.10~0.50 | 0.30~1.00 |

$w$【H】≤$2.0\times10^{-6}$;$w$【O】≤$20\times10^{-6}$;$w$【N】≤$60\times10^{-6}$

### 1.2 力学性能

根据技术协议要求耐候H型钢的力学性能应满足表2。

表2 力学性能

| 性能 | 屈服强度 $R_{el}$ /MPa | 抗拉强度 $R_m$ /MPa | 延伸率 $A$ /% | 冷弯180°, $D=2a$ |
|---|---|---|---|---|
| 技术协议 | ≥345 | ≥480 | ≥24 | 合格 |

## 2 生产控制

### 2.1 工艺路线

高强度耐候H型钢生产工艺路线:高炉铁水→KR脱硫→转炉顶底复吹冶炼→LF精炼→VD真空脱气→异型坯连铸机→步进加热炉→高压水一次除磷→BD1开坯→CCS万能轧制→热锯取样→步进冷床冷却→矫直。

由于该耐候H型钢的钢种碳含量范围多处于亚包晶反应区,并含有较高的磷,高温塑性较差,表面裂纹敏感性较强。同时,该钢种含有铬、铜、镍等元素,坯壳易与结晶器铜板发生粘连,从而发生粘结漏钢,为了降低粘结漏钢率,异型坯连铸时采用了低拉速的工艺,导致铸坯接痕缺陷发生率较高。通过对保护渣的优化调整,拉速的合理控制,冷却水量,矫直温度的控制,生产顺,产品质量良好。

### 2.2 冶炼工艺

#### 2.2.1 转炉工艺

铁水采用KR深脱硫,要求入炉铁水 $w$【S】≤0.005%,$w$【As】≤0.030%。针对高强度耐候H型钢钢种成分的P含量要求,适当减少石灰加入量,降低炉渣碱度,使炉渣碱度控制在2.0~2.5内,保证了冶炼效果。吹炼中期要及时降枪,以降低渣中氧化铁,来抑制脱P。出钢时 $w$【C】≥0.03%,$T$≥1 640 ℃,$w$【Ni】0.29%,$w$【Cu】0.22%。一个炉次(熔炼号16200689)典型终点控制参数见表3。

表3 终点控制参数(一次倒炉状况)

| $w$【C】/% | $w$【Mn】/% | $w$【P】/% | $w$【S】/% | 温度/℃ | 供氧时间/min | 总氧累/$m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.08 | 0.21 | 0.017 | 0.007 | 1 668 | 17 | 4 604 |

#### 2.2.2 精炼工艺

当钢水到达LF炉时,根据炉渣情况加入石灰、萤石、铝粒、硅钙粉、碳粉进行造渣和脱氧,渣样成分见表4。

表4 LF炉终渣成分(质量分数) %

| 熔炼号 | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | MgO | FeO | MnO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 16200689 | 21.28 | 14.40 | 48.40 | 5.04 | 0.92 | 0.40 |

由表4可看出LF炉渣碱度较高,渣中 $w$(FeO+MnO)很低,表明脱氧良好,去除夹杂强。

### 2.3 连铸工艺

针对含铜耐候钢在浇铸过程中,易出现漏钢事故,钢坯表面容易出现表面纵裂纹[2]。从包晶钢角度选用合适的保护渣及合理的冷却工艺。

#### 2.3.1 冷却制度的研究

考虑该钢种在冷却过程中的热应力和组织应力较大。结晶器采用弱冷配方,冷却水进水温度控制在28~31 ℃;使进出水温差在4~5 ℃,保证了结晶器宽面热流稳定均匀,从而降低裂纹产生的几率。实际结晶器水量(L/min)及温差见表5。

表5 实际结晶器水量及温差

| 流别 | 左侧 | | | 外侧 | | | 内侧 | | | 右侧 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 流量/(L·min$^{-1}$) | 温度/℃ | 温差/℃ | 流量/(L·min$^{-1}$) | 温度/℃ | 温差/℃ | 流量/(L·min$^{-1}$) | 温度/℃ | 温差/℃ | 流量/(L·min$^{-1}$) | 温度/℃ | 温差/℃ |
| 一流 | 905 | 28.65 | 4.55 | 2396 | 28.07 | 3.97 | 2391 | 28.13 | 4.03 | 897 | 28.50 | 5.18 |
| 二流 | 898 | 28.85 | 4.75 | 2394 | 28.24 | 4.14 | 2408 | 28.41 | 4.31 | 906 | 29.28 | 4.43 |

中国知网 https://www.cnki.net

为减少含 Cu 钢表面裂纹发生率，对二次冷却工艺进行了调整，采用弱冷水表 Soft－160。

2.3.2　保护渣的选型

为了应对耐候钢凝固坯壳收缩大，易产生纵裂，选用碱度和凝固温度较高的保护渣，使渣膜热阻增加，保证铸坯冷却均匀[2]。通过对几种不同类型保护渣的理化性能分析，最终选定了斯多伯格专用保护渣。为使保护渣的熔化效果，将浸入式水口插入深度控制在 85～95 mm 范围内；该保护渣适宜拉速为 0.8～1.1 m/min。该渣的主要化学成分及物理性能见表 6。

表 6　专用保护渣成分和物理性能

| 化学成分(质量分数)/% | | | | | | $R$ | 熔速 | 半球温度 | 粘度 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | CaO | $Fe_2O_3$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | | /s | /℃ | /(Pa·s$^{-1}$) |
| 31.6 | 5.7 | 31.8 | 1.02 | 0.49 | 6.1 | 1.006 | 41 | 1 128 | 0.34 |

使用过程中，保护渣熔化良好，渣耗量约 0.62 kg/t，液渣层在 8～10 mm 间，铸坯表面质量正常，没有发生粘结漏钢，能较好地满足耐候钢的浇铸需求。

## 3　耐候 H 钢的组织与性能

### 3.1　金相组织

取 H 型钢轧制实物进行金相显微组织分析，在热轧状态下，其组织为均匀细小的铁素体＋珠光体，带状组织在一般在 1.0 左右，晶粒度在 9.0 级左右，非金属夹杂含量少。完全能满足用户对耐候 H 钢夹杂物、带状组织、晶粒度的要求。

### 3.2　力学性能

试制炉次轧材的屈服强度、抗拉强度及延伸率完全满足用户要求具体见表 7。

表 7　耐候钢的力学性能

| 熔炼号 | $R_{p0.2}$ /MPa | $R_m$ /MPa | $A$ /% | 冷弯 $D=2a$ $\alpha=180°$ |
|---|---|---|---|---|
| 16200689 | 481 | 575 | 24.5 | 合格 |

## 4　结论

(1) 通过优化调整连铸二次冷却工艺及采用合适的结晶器保护渣，在生产中保持合适、恒定的拉速，保证了耐候 H 钢异型连铸坯的质量。

(2) 热轧后 H 型钢的各项性能均能满足技术协议要求。

## 参　考　文　献

[1]　朱志远. 耐候钢连铸板坯纵裂机理及控制方法研究[D]. 北京：北京科技大学，2002.

[2]　阮晓明. 宝钢耐候钢连铸实践[J]. 钢铁，2001，26(2)：20－26.


# 欢迎订阅《包钢科技》杂志

DOI:10.13647/j.cnki.btgkj.2017.03.028

**邮发代号:** 16－151　　**定价:** 90 元/年

**地　　址:** 内蒙古包头市昆区河西工业园区包钢技术中心《包钢科技》编辑部

**邮　　编:** 014010

**联系电话:** 0472－2186065　　0472－2183081

**联 系 人:** 于　慧

《包钢科技》编辑部


中国知网　https://www.cnki.net