

高强度耐候钢 SPA-H 的试制

李湘凡¹ 孙 华² 郗书忠³

(南京钢铁股份有限公司: 1 技术质量部; 2 电弧炉厂; 3 带钢厂, 南京 210035)

摘 要 南钢采用 100 t 电弧炉-钢包炉-连铸-轧制工艺路线试制了成分 (%) 为: C ≤ 0.12, Mn 0.20 ~ 0.50, Si 0.25 ~ 0.75, P 0.07 ~ 0.15, S ≤ 0.04, Cu 0.25 ~ 0.60, Cr 0.30 ~ 1.25, Ni ≤ 0.65 低合金高强度耐候钢 SPA-H 钢带。检验和使用结果表明, 该钢组织为铁素体 + 珠光体, 有较高洁净度, 钢的屈服强度 345 ~ 435 MPa, 抗拉强度 480 ~ 570 MPa, 延伸率 23% ~ 43%, 并具有良好的焊接性能。

关键词 高强度 耐候钢 SPA-H 试制

Trial Production of High Strength Weather-Resisting Steel SPA-H

Li Xiangfan¹, Sun Hua² and Gao Shuzhong³

(1 Technology and Quality Department, 2 Electric Arc Furnace Plant,
3 Steel Strip Plant, Nanjing Iron and Steel Co Ltd, Nanjing 210035)

Abstract The low alloying high strength weather-resisting steel SPA-H strip - C ≤ 0.12, Mn 0.20 ~ 0.50, Si 0.25 ~ 0.75, P 0.07 ~ 0.15, S ≤ 0.04, Cu 0.25 ~ 0.60, Cr 0.30 ~ 1.25, Ni ≤ 0.65 has been trial-produced by flow sheet of an 100 t electric arc furnace - ladle furnace - concaster - rolling mill at Nanjing Steel. The results of examination and service showed that the steel structure was ferrite + pearlite and has higher cleanliness, the yield strength of steel was 345 ~ 435 MPa, tensile strength 480 ~ 570 MPa, elongation 23% ~ 43%, and the steel has excellent weld ability.

Material Index High Strength, Weather-Resisting Steel SPA-H, Trial Production

随着铁路运输、公路运输及航运的大力发展, 国内、国际对集装箱的需求大量增加, 对集装箱用钢也提出了高强度、高耐候的要求。南钢与国际上最大的集装箱生产商中集集团合作开发, 成功生产出高强度耐候钢 SPA-H 集装箱用钢带, 现已批量生产, 用户反应良好。

1 高强度耐候钢 SPA-H 的试制工艺

生产 SPA-H 高强度耐候钢(表 1)的工艺路线为: 废钢 + 20% 左右的铁水 → 100 t 电弧炉 → LF → 5 流连铸机 → 铸坯检验 → 带钢轧制。

表 1 高强度耐候钢带 SPA-H 化学成分/%

Table 1 Chemical composition of high strength weather-resisting steel strip SPA-H / %

C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
≤ 0.12	0.20 ~ 0.50	0.25 ~ 0.75	0.07 ~ 0.15	≤ 0.040	0.25 ~ 0.60	0.30 ~ 1.25	≤ 0.65

南钢电弧炉(表 2)冶炼过程中采用留钢、留渣操作法, 装料采用两次装料制度, 采用氧枪吹氧助熔。电弧炉冶炼终点控制的主要目标: [C] ≤

表 2 南钢 100 t 电弧炉主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of an 100 t electric arc furnace at Nanjing Steel

项目	参数
冶炼周期/min	40 ~ 50
每天平均炉数/炉	28
平均容量/t	100
炉料组成/%	70 ~ 80 废钢 + 20 ~ 30 铁水
变压器容量/MVA	60
电极直径/mm	550
电耗/kWh · t ⁻¹	350
电极消耗/kg · t ⁻¹	1.2
氧耗/m ³ · t ⁻¹	35 ~ 40
年产量/万 t	85

注: 1996 年投产。

0.06%, 出钢温度: 1 630 ~ 1 670 °C。钢包底备 NiCu、低碳 CrFe、AlFe, 在出钢过程中加入 MnSiFe、SiFe、中碳 CrFe。

钢包抵 LF 精炼工位, 取样 1, 根据样 1 成分加入 NiSiFe、NiCu、PF_e、中碳 CrFe 等。各成分范围和目标值按表 3 要求控制。LF 吊包温度的控制: 第 1 炉 1 600 ~ 1 610 °C, 连浇炉 1 585 ~ 1 600 °C。成分、温度合格后喂丝、静搅 8 min 以上。

采用 5 流小方坯连铸机(表 4), 连铸时中间

表 3 高强度耐候钢 LF 精炼成分控制范围和目标值/%

Table 3 Controlling range and aim value of chemical composition of high strength weather-resisting steel during refining/%

成分	C	Mn	Si	P	S	Cu	Cr	Ni
范围	≤0.08	0.35~0.45	0.25~0.40	0.07~0.11	≤0.025	0.25~0.40	0.30~0.50	0.15~0.25
目标值	0.06	0.40	0.30	0.085	≤0.020	0.30	0.40	0.20

表 4 南钢连铸机主要技术参数

Table 4 Main technical parameters of concaster at Nanjing Steel

项目	参数
中间包容量/t	20
铸坯断面/mm×mm	150×150, 150×220
弧形半径/m	8
流数	5
流间距/mm	500
铸(拉)坯速度/m·min ⁻¹	≤3
铸坯定尺长度/m	10~11
冶金长度/m	10
矫直方式	多点
二次冷却方式	气雾
电磁搅拌(M-EMS)	有
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	85
连铸机连浇铸炉数/炉	7~10
平均浇铸时间/min	50
生产能力/万 t·a ⁻¹	85

包钢水温度为 1 540~1 555 ℃(液相线温度 1 524 ℃)。

断面为 220 mm×150 mm 的矩型坯的拉速为 1.5~1.7 m/min; $\Delta T \geq 35$ ℃, 拉速 1.5 m/min, $\Delta T = 20 \sim 35$ ℃, 拉速 1.6 m/min, $\Delta T \leq 20$ ℃, 拉速 1.7 m/min。断面为 150 mm×150 mm 方坯的拉速控制在 2.6 m/min 以内。

坯料采用 150 mm×220 mm×5 500 mm 矩型坯或 150 mm×150 mm×5 500 mm 方型坯。钢坯加热温度 1 100~1 180 ℃, 均热温度 1 100~1 180 ℃, 炉内为还原气氛, 加热时间 2~2.5 h。

所有坯料出炉送粗轧机轧制前, 必须经高压水除鳞。粗轧机开轧温度: 1 070~1 140 ℃, $\Phi 650$ 粗轧、 $\Phi 500$ 粗轧和中轧、精轧过程均按相应的压下规程进行轧制, 保证终轧温度 830~890 ℃。冷却方式采用空冷, 卷取方式为立式卷取, 卷取温度控制在 690~750 ℃。

2 高强度耐候钢 SPA-H 的组织 and 性能

到目前南钢共冶炼了 270 炉(计 2.6 万 t) 高强度耐候钢, 化学成分和机械性能(表 5) 均满足供货要求。

SPA-H 热轧钢带组织为铁素体 + 珠光体(F +

表 5 高强度耐候钢 SPA-H 热轧钢带的机械性能

Table 5 Mechanical properties of high strength weather-resisting steel SPA-H hot rolled strip

项目	屈服强度/MPa	抗张强度/MPa	延伸率/%
标准件	≥345	≥480	≥22
热轧带钢	345~435	480~570	23~43

表 6 高强度耐候钢 SPA-H 热轧带的实际晶粒度和夹杂物/级

Table 6 Actual grain size and inclusion rating of high strength weather-resisting steel SPA-H hot rolled strip /rating

批号	氧化物		硫化物		氧化铝		组织	晶粒度
	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系		
65020502206382	0.5	0.5	-	0.5	-	-	F+P	9.0
65020502206391	-	0.5	-	0.5	-	-	F+P	9.5

P) 晶粒度 8.5~10 级。钢中夹杂物类型及级别详见表 6。

评价焊接性的方法很多, 有间接判断法和直接试验法。间接判断法通常采用碳当量(C_{EN}) 和焊接裂纹敏感指数(P_{cm}) 来估算钢的淬硬倾向和冷裂倾向^[1]。通过计算, 南钢 SPA-H 高强度耐候钢带 $C_{EN} < 0.187\%$, $P_{cm} < 0.169\%$ 。一般认为 $C_{EN} < 0.45\%$ 、 $P_{cm} < 0.24\%$ 可焊性良好^[2], 因此可以判定, 南钢 SPA-H 高强度耐候钢带焊接性能良好, 淬硬倾向不大, 冷裂纹敏感性较小。

3 结语

南钢采用 100 t 电弧炉→LF→连铸→轧制工艺生产 SPA-H 高强度耐候钢钢带是可行的, 各项工艺参数的制定是合理的, 钢带表面质量和内部质量均能满足标准的要求, 用户反应良好。

参考文献

- 1 中国机械工程学会焊接学会编. 焊接手册. 北京: 机械工业出版社, 1992
- 2 陈裕川. 低合金结构钢的焊接. 北京: 机械工业出版社, 1992

李湘凡(1972-), 男, 工程师, 1997 年包头钢铁学院毕业, 从事新产品研制与开发。

收稿日期: 2005-08-01