

石横特钢 65 t Consteel EBT EAF-LF-CC 流程生产 焊线钢 H11Mn2SiA 的工艺实践

李洪勇 柴建铭

(济南钢铁集团石横特殊钢厂, 肥城 271612)

摘要 采用 60% 铁水 + 优质废钢, Consteel 电弧炉偏心底炉出钢留渣作业, 控制出钢终点 [C] 0.035% ~ 0.050%、出钢 [P] ≤ 0.012%; LF 用低碱度渣精炼, 喂硅钙线, LF 精炼后软吹氩 15 min; 150 mm × 150 mm 方坯连铸时, 采用全保护自动控制浇铸和结晶器、铸坯凝固末端电磁搅拌, 使所生产的 H11Mn2SiA 焊线钢 (%: 0.06 ~ 0.09C, 0.82 ~ 1.00Si, 1.45 ~ 1.70Mn) 的平均氧含量为 20×10^{-6} , Φ5.5 mm 盘条不经热处理可直接冷拔至 Φ1.0 mm 不断丝。

关键词 H11Mn2SiA 焊线钢 Consteel EAF LF 氧含量

Process Practice for Production of Steel H11Mn2SiA for Welding Wire by 65 t Consteel EBT EAF-LF-CC Flowsheet at Shiheng Steel

Li Hongyong and Chai Jianming

(Shiheng Special Steel Works, Jinan Iron and Steel Group, Feicheng 271612)

Abstract With using 60% hot metal + quality scrap charge, Consteel EAF eccentric bottom tapping operation, controlling tapping end [C] 0.035% ~ 0.050% and tapping [P] ≤ 0.012%, LF refining by low basicity slag, feeding silicon wire, soft blown argon for 15 min after LF refining and fully shielding auto control casting 150 mm × 150 mm billet in whole period, the average oxygen content in steel H11Mn2SiA (0.06 ~ 0.09C, 0.82 ~ 1.00Si, 1.45 ~ 1.70Mn) for welding wire was 20×10^{-6} , of which the Φ5.5 mm wire rods could be direct drawn to Φ1.0 mm wire without by heat treatment and no-broken wire occurred.

Material Index Steel H11Mn2SiA for Welding Wire, Consteel EAF, LF, Oxygen Content

1 冶金工艺

石横特钢采用 65 t Consteel EBT EAF^[1]-LF-CCM(150 mm × 150 mm)-高速线材(105 m/s, 缓冷)工艺生产 Φ5.5 mm H11Mn2SiA 焊线钢(表 1)。

1.1 Consteel 电弧炉

1999 年石横特钢从意大利得兴公司引进 65 t Consteel 电弧炉, 该设备辅以 1 支炉门碳氧枪、3 支炉壁集束氧枪和 2 支炉壁碳枪, 出钢量 70 t、留钢量 27 t, 冶炼周期(出钢至出钢时间)约 47 min, 年产能 50 万 t(优钢比例 80%)。2002 年 1 月试生产。

生产 H11Mn2SiA 焊线钢, 为了保证钢水质量(低残余、低氮)和降低成本, 入炉钢铁料为 60% 铁水, 余量为优质废钢; 铁水主要通过倾动和铁水流槽

装置连续流入炉内(2 t/min); 废钢采用 Consteel 连续预热输料, 输料速度为 0.8 ~ 1.3 t/min。

加料过程中, 根据设定好的碳氧枪曲线, 炉门碳氧枪和 3 支炉壁集束氧枪、2 支炉壁碳枪依次启动, 并保证全程泡沫渣埋弧操作。

出钢终点 [C] 控制目标 0.035% ~ 0.050%, 尽量不要低于 0.035%, 以减轻后面工序的去夹杂任务; 采用偏心底挡渣出钢, 出钢过程中加入低碳合金和预熔精炼渣, 出钢量(66 ± 1) t, 加入铝锰铁 2 kg/t。

1.2 LF 精炼

LF(表 2)前期造高碱度渣脱硫, 后期造低碱度渣以利于吸附脆性夹杂。LF 前期采用 SiC 和硅铁

表 1 H11Mn2SiA 焊线钢化学成分
Table 1 Chemical compositions of steel H11Mn2SiA for welding wire

项目	化学成分/%								气体含量/ 10^{-6}	
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu	[O]	[N]
内控	0.06 ~ 0.09	0.82 ~ 1.00	1.45 ~ 1.70	≤ 0.015	≤ 0.015	≤ 0.05	≤ 0.05	≤ 0.10	≤ 30	≤ 70
实际	0.07 ~ 0.08	0.85 ~ 0.90	1.47 ~ 1.52	0.007 ~ 0.012	0.006 ~ 0.011	≤ 0.04	≤ 0.04	≤ 0.08	13 ~ 26	48 ~ 65

表2 LF 主要技术参数
Table 2 Main technical parameters of LF

项目	参数
额定处理量/t	66
钢包直径/mm	2 580
自由空间/mm	500
变压器容量/MVA	12.5
升温速度/($^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$)	4

粉或硅钙粉脱氧造渣,中后期严禁采用 SiC;LF 保持白渣 ≥ 30 min,后期采用硅石造低碱度渣,并喂硅钙线 200 m。LF 出站时精炼渣主要成分见表 3。

表3 LF 精炼渣主要成分/%
Table 3 Main ingredient of LF refining slag /%

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	FeO + MnO
47 ~ 52	19 ~ 25	20 ~ 25	8 ~ 12	≤ 0.5

LF 精炼出站后进行软吹氩:氩气流量 50 ~ 80 L/min,严禁钢水裸露,保证钢水液面波动直径稳定在 10 ~ 20 cm;软吹氩时间 ≥ 15 min。

1.3 连铸工艺

连铸机主要技术参数见表 4。连铸时钢水过热度控制在 15 ~ 25 $^{\circ}\text{C}$,拉速 1.8 ~ 2.0 m/min,比水量 0.65 L/kg;采用塞棒自动控制,结晶器液面波动 < 3 mm;结晶器电磁搅拌频率 5 Hz,电流 300 A,凝固末端电磁搅拌电流 450 A,频率 11 Hz,采用周期性正反搅拌,以防白亮带产生。

为了防止钢水二次污染,中间包采用镁质涂料包,并采用中性微碳覆盖剂和碳化稻壳双层覆盖;钢包至中间包采用吹氩长水口,中间包至结晶器采用浸入式水口,并在配合处采用耐火纤维毡提高密封

表4 连铸机主要技术参数
Table 4 Main technical parameters of concaster

项目	参数
中间包容量/t	22
铸坯断面/mm	150 × 150; 200 × 200
弧形半径/m	9
流数	4 ~ 4
流间距/mm	1 250
拉坯速度/($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	1.8 ~ 2.4; 1.4 ~ 1.6
冶金长度/m	16.4
铸坯定尺/m	2.5 ~ 12
二次冷却	气-雾冷却
电磁搅拌	M-EMS + F-EMS
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	85
连铸机连铸炉数	12
平均浇铸时间/min	50
生产能力/($\text{万 t} \cdot \text{a}^{-1}$)	60

性,连铸采用全保护浇铸技术。

防止增碳:中间包采用微碳覆盖剂,结晶器采用微碳保护渣。

控制下渣:调换钢包这一操作必须有经验丰富的人专人负责,同时按“钢包留钢量 = 连铸钢包显示重量 - 钢水重量 + 2.5 t”经验公式执行。

2 结果分析

石横特钢从 2005 年 10 月至 2006 年 9 月共生产 8 000 多吨 H11Mn2SiA 焊线钢。生产的铸坯质量较好,铸坯组织致密,无皮下气泡、夹杂、裂纹、缩孔等缺陷。

焊线钢的化学成分全部达到内控要求(表 1);其机械性能全部达到用户协议要求(表 5)。

表5 $\Phi 5.5$ mm H11Mn2SiA 焊线钢的机械性能
Table 5 Mechanical properties of steel H11Mn2SiA for $\Phi 5.5$ mm welding wire

项目	抗拉强度/MPa	延伸率/%
用户要求	500 ~ 560	≥ 30
实测范围	535 ~ 555	33 ~ 38
平均	550	35.5

经检测,钢材的非金属夹杂物级别(GB/T10561-2005):A、C 类 0 级, B 类 ≤ 1.0 级, D 类 ≤ 1.0 级。

在用户深加工过程中, $\Phi 5.5$ mm 盘条可不经热处理直接拉拔到 $\Phi 1.0$ mm 而不断丝;成品焊丝熔敷金属检验符合国家标准,完全满足用户需要。

3 结论

通过采用优化配料、过程防止增碳、LF 合理的造渣制度、稳定的软吹氩控制以及连铸全保护浇铸、M-EMS + F-EMS 复合电磁搅拌技术、结晶器液面自动控制等技术,并辅以严格的管理,石横特钢生产的 $\Phi 5.5$ mm H11Mn2SiA 焊线钢,平均氧含量为 20×10^{-6} , $\Phi 5.5$ mm 盘条不经热处理可直接拉拔到 $\Phi 1.0$ mm 不断丝,降低了能耗,社会效益显著。

参考文献

- 李洪勇,柴建铭,姚娜.石横特钢 65 t Consteel 电弧炉铁水热装的节能实践.特殊钢,2005,26(2):58

李洪勇(1975-),男,工程师,1998 年包头钢铁学院钢铁冶金专业毕业,从事炼钢工艺研究和新产品开发。