

杭钢 80 t DC EAF-LF-CC 工艺 20Mn2 链用钢盘条的试制

鲁欣武 潘志军

(杭州钢铁集团公司技术中心, 杭州 310022)

摘要 杭钢采用 80 t 超高功率直流偏心底电弧炉-钢包炉(LF)-150 mm×150 mm 连铸-高速线材轧机试制了 20Mn2(C:0.19~0.24%, 1.50~1.70Mn)链用钢 Φ8 mm 和 Φ12 mm 盘条。LF 冶炼时将钢中酸溶铝控制在 0.020%~0.025%, 喂硅钙线并全程吹氩, 连铸时采用长水口, 钢水过热度为 25~35 °C, 使钢水纯净度较高, 全氧含量为 $(22\sim31)\times 10^{-6}$, 夹杂物 ≤2.0 级。通过控制开轧温度 950~980 °C、终轧温度 820~860 °C 和轧后延迟性冷却工艺, 钢的晶粒度为 8~10 级, 屈服强度为 620~650 MPa, 抗拉强度 835~875 MPa, 延伸率 15%~18%, 热轧材硬度(HB)175~195, 满足标准和使用要求。

关键词 20Mn2 链用钢 盘条 控制冷却

Pilot Production of Steel 20Mn2 Coil for Chain by 80 t DC EAF-LF-CC Process at Hangzhou Steel

Lu Xinwu and Pan Zhijun

(Technical Center, Hangzhou Iron and Steel Group Co, Hangzhou 310022)

Abstract The Φ8 mm~12 mm rod coil of 0.19~0.24C, 1.50~1.70Mn steel 20Mn2 was produced by an 80 t DC UHP EBT arc furnace-ladle furnace (LF)-150 mm×150 mm concasting- high speed rod rolling mill process at Hangzhou Steel. During LF refining, the soluble aluminium in steel was controlled between 0.020% and 0.025% with feeding Silicon-calcium wire and argon stirring full period, in concasting the long nozzle was adopted and the over heat of liquid steel was between 25 °C and 35 °C, therefore the cleanliness of steel was higher than the total oxygen content in steel was between $(22\sim31)\times 10^{-6}$ and the inclusion rating was ≤2.0. With controlling beginning rolling temperature between 950 °C and 980 °C, finishing temperature between 820 °C and 860 °C, and after rolling delay cooling process the grain size of steel was 8~10 class, yield strength 620~650 MPa, tensile strength 835~875 MPa, elongation 15%~18% and hardness (HB) of hot rolled products 175~195 to meet the requirement of standard and service.

Material Index 20Mn2 Steel for Chain, Rod Coil, Controlling Cooling

1 技术质量要求

根据国内索具、环链制造企业的特殊质量要求, 杭钢与用户签订了 20Mn2 链用钢盘条的技术协议, 在 GB3077 合金结构钢标准基础上加严和新增的条款有:

(1) C、Mn 含量分别从 GB3077 标准的 0.17%~0.24%、1.40%~1.80% 缩窄至 0.19%~

0.24%、1.50%~1.70% (表 1);

(2) 钢中酸溶铝含量 ≥0.015%;

(3) 热轧状态硬度 ≤HBW200;

(4) 钢材实际晶粒度 ≥7 级;

(5) 表面质量应符合 GB3077 合金结构钢标准中的压力加工用钢的要求, 不允许有裂纹、结疤、夹杂以及深度超过 0.15 mm 的缺陷。

表 1 20Mn2 试验钢化学成分/%

Table 1 Chemical compositions of test steel 20Mn2 /%

| 项目 | C | Mn | Si | S | P | Cu | Cr | Ni | Als |
|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|
| GB3077 标准 | 0.17~0.24 | 1.40~1.80 | 0.17~0.37 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.30 | ≤0.30 | ≤0.30 | - |
| 用户协议要求 | 0.19~0.24 | 1.50~1.70 | 0.17~0.37 | ≤0.035 | ≤0.035 | ≤0.20 | ≤0.20 | ≤0.20 | ≥0.015 |
| D0109028 | 0.22 | 1.55 | 0.22 | 0.016 | 0.021 | 0.14 | 0.06 | 0.04 | 0.021 |
| D0109029 | 0.21 | 1.55 | 0.28 | 0.010 | 0.022 | 0.11 | 0.07 | 0.03 | 0.017 |
| D0109030 | 0.20 | 1.59 | 0.22 | 0.017 | 0.025 | 0.08 | 0.08 | 0.04 | 0.025 |
| D0109031 | 0.21 | 1.53 | 0.24 | 0.011 | 0.019 | 0.11 | 0.11 | 0.03 | 0.024 |

2 冶金设备和试制工艺

Φ5.5~20 mm 20Mn2 链用钢盘条的生产工艺流程为:电弧炉冶炼-LF 精炼-连铸-高线轧制。

80 t 超高功率直流电弧炉(实际出钢量 100 t, 从法国克莱西姆公司引进)变压器容量 80 000 kVA。配备了机械手控制的炉门碳氧喷枪,供氧量为 5 000 m³/h。采用 EBT 偏心炉底出钢。

15 000 kVA 钢包炉(LF)1 座,三相交流供电。

合金钢方坯连铸机 1 台,从奥钢联引进,4 机 4 流,曲率半径 9 m,配备了奥钢联专利技术的 Diamond 结晶器、外置式结晶器电磁搅拌装置浇注 150 mm×150 mm、200 mm×200 mm 两种断面的连铸坯。

高速线材轧机美国摩根工程公司引进,全线 30 机架,呈单线、无扭、全连续式布置,配置了 V 型超重载无扭精轧机组、Tekisun 减定径机组。延迟型辊式控制冷却线(斯太尔摩线)长达 104.46 m,设有对称调解风量的“佳灵”装置。采用 150 mm×150 mm×12 m 的连铸坯,所轧盘条直径范围为 Φ5.5~20 mm,单卷重量可达 2 t。

超高功率直流电弧炉装料时配加 30% 的生铁,采用炉门碳氧喷枪造泡沫渣,终点 C 控制在 0.06%~0.12%,采用 EBT 偏心炉底出钢,严格控制下渣量。出钢过程中首先向钢包投加钢水净化剂,出钢中后期加一部分 FeMn、FeSi 合金,同时加入 300~400 kg 的石灰。

钢包进入 LF 工位后,全程吹氩搅拌。加石灰、电石造白渣,微调成分,精炼后期加入铝硅钡合金进行终脱氧,酸溶铝含量为 0.020%~0.025%,钢包钢水喂 200 m 左右的硅钙线。

连铸采用全程保护浇注,即钢流从钢包至中间包、从中间包至结晶器均用长水口保护。连铸钢水过热度控制在 25~35℃,拉速则根据过热度的高低控制在 2.4~3.0 m/min。

高线轧制采用较低的钢坯加热温度,开轧温度控制在 950~980℃,坯料出炉后进行高压水除鳞;吐丝温度控制在 820~860℃,斯太尔摩线的控冷采用延迟型冷却工艺,运输辊道保持低速运行,风机全部关闭,保温罩全部合上。

3 试制结果

20Mn2 试验钢的化学成分如表 1 所示,连铸坯和 Φ8 mm、Φ12 mm 轧材表面和低倍组织均符合

标准要求。

钢的夹杂物控制较好,硫化物夹杂为 0.5~1.5 级,氧化物夹杂 0.5~2.0 级,硅酸盐夹杂 0.5~2.0 级,球状夹杂为 0 级。全氧含量为(22~31)×10⁻⁶,说明钢的纯净度还是比较好的(表 2)。

表 2 20Mn2 试验钢夹杂物和全氧含量

Table 2 Inclusion rating and total oxygen content in test steel 20Mn2

| 轧制批号 | 夹杂物级别 | | | | 全氧含量 /10 ⁻⁶ |
|-----------|-------|-----|-----|----|---------------------------|
| | 硫化物 | 氧化物 | 硅酸盐 | 球状 | |
| G0109-571 | 0.5 | 1.0 | 0.5 | 0 | 27 |
| G0109-572 | 0.5 | 2.0 | 2.0 | 0 | 25 |
| G0110-223 | 1.5 | 0.5 | 1.0 | 0 | 31 |
| G0110-224 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 0 | 22 |

检测 20Mn2 试验钢的实际晶粒度为 9~10 级,属细晶粒钢,达到了协议要求。

4 炉 20Mn2 试验钢的性能测试结果如表 3 所示。从表 3 结果看,均达到了标准的要求,并且塑性指标还有较大的富裕量。

表 3 20Mn2 试验钢机械性能

Table 3 Mechanical properties of test steel 20Mn2

| 项目 | 规格 /mm | 屈服点 /MPa | 抗拉强度 /MPa | 延伸率 /% | 断面收缩率 /% | 热轧硬度 (HB) |
|---------|-----------|-------------|--------------|-----------|-------------|--------------|
| 标准及协议要求 | | ≥590 | ≥785 | ≥10 | ≥40 | ≤200 |
| 检验结果 | Φ5.5~20 | 620~650 | 835~875 | 15~18 | 55~62 | 175~195 |

注:试样热处理制度为:880℃淬火(油冷),440℃回火(水冷)。

4 用户试用及正常生产情况

4 炉 20Mn2 试验钢交付用户检验和制造电动和手拉葫芦,结果全部达到协议要求。用杭钢 20Mn2 盘条加工的承载能力达 800 MPa 的 T(8)级起重用短环链,质量和性能完全达到了 JB/T8108.1~8108.2-1999 标准和 ISO1834:1980 标准的要求,产品批量出口到欧美发达国家。

20Mn2 制链用钢盘条试制成功后,已转入正常生产,年产量达 6 000~8 000 t,满足了市场需求,为企业创造了较大的经济效益。

鲁欣武(1966-),男,1990年毕业于北京科技大学,硕士,高级工程师,从事新产品开发工作。