

攀钢 120 t 转炉-LF + RH 流程 20CrMnTiH 窄淬透性带齿轮钢的试制

蒲学坤^{1,2} 柯晓涛² 邓通武²

(1 昆明理工大学,昆明 650093; 2 攀枝花钢铁研究院,攀枝花 617000)

摘 要 攀钢采用 120 t 转炉-130 t LF + RH- 280 mm × 380 mm 方坯连铸-热轧工艺生产 Φ25 ~ 160 mm 20CrMnTiH 齿轮钢(% : 0.20 ~ 0.22C, 0.25 ~ 0.31Si, 0.93 ~ 1.00Mn, 1.03 ~ 1.15Cr, 0.05 ~ 0.08Ti)。检验结果表明,钢中氧含量(10 ~ 20) × 10⁻⁶(平均 14 × 10⁻⁶),淬透性(J₉, J₁₅)带宽 ΔHRC 值 ≤ 7,机械性能和组织均符合 GB/T5216-2004 标准要求。

关键词 20CrMnTiH 齿轮钢 转炉 LF + RH

Pilot Production of Narrow Hardenability Band Gear Steel 20CrMnTiH by 120 t Converter - LF + RH Process at Panzhihua Steel

Pu Xuekun^{1,2}, Ke Xiaotao² and Deng Tongwu²

(1 Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093;
2 Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua 617000)

Abstract The Φ25 ~ 160 mm round bars of gear steel 20CrMnTiH- 0.20 ~ 0.22C, 0.25 ~ 0.31Si, 0.93 ~ 1.00Mn, 1.03 ~ 1.15Cr, 0.05 ~ 0.08Ti were pilot- produced by 120 t converter - 130 t LF + RH - 280 mm × 380 mm bloom concasting - hot rolling process at Panzhihua Steel. The examination results showed that oxygen content in steel was (10 ~ 20) × 10⁻⁶(average 14 × 10⁻⁶), hardenability (J₉, J₁₅) band width - ΔHRC value ≤ 7; mechanical and structure all met the requirement of standard GB/T5216-2004.

Material Index Gear Steel 20CrMnTiH, Converter, LF + RH

攀钢从奥钢联全套引进的 130 t LF(钢包精炼炉)、130 t RH 真空脱气装置、6 流弧形大方坯连铸机生产线^[1],自 2005 年 7 月投产以来,已累计试制 20CrMnTiH 齿轮钢近万吨,使用性能良好。

1 20CrMnTiH 齿轮钢生产工艺

攀钢 20CrMnTiH 齿轮钢生产工艺流程为:120 t 转炉顶底复合吹炼→包内合金化→吹氩→LF + RH 精炼→大方坯连铸(280 mm × 380 mm)→热轧(Φ25 ~ 160 mm 圆钢)。

1.1 转炉冶炼

铁水条件要求[S] ≤ 0.020%,转炉终点[C]控制在 0.05% ~ 0.15%之间。严格控制转炉下渣量,出钢过程采用挡渣标挡渣,出完钢后钢包渣层厚度控制在 80 mm 以内。

采用 P1 脱氧剂脱氧。既可以脱出钢液中的氧,

也可以对转炉的下渣进行部分脱氧;同时,由于其脱氧产物是 CaO,提高了钢包渣的碱度,有一定的脱硫能力,同时有利于吸附夹杂、净化钢质^[2]。

采用钢包内合金化和 RH 成分微调,20CrMnTiH 钢化学成分见表 1。

1.2 LF + RH 精炼

LF(表 2)精炼过程全程吹氩,氩气流量控制在 100 ~ 200 L/min,保证精炼时间 ≥ 15 min,以利于成分均匀和非金属夹杂物的去除。采用表 3 工艺参数进行 RH 脱气处理,真空度达到规定要求后按表 1 内控进行成分微调,同时为保证标准对晶粒度的要求,在真空状态下将钢中 Al₀调整到 0.020% ~ 0.030%。

1.3 连铸

全程无氧化保护浇铸,中间包过热度控制在

表 1 20CrMnTiH 齿轮钢化学成分/%
Table 1 Chemical composition of gear steel 20CrMnTiH / %

| 项目 | C | Si | Mn | Cr | Ti | P | S | Al ₀ |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------|---------------|-----------------|
| 标准 | 0.17 ~ 0.23 | 0.17 ~ 0.37 | 0.80 ~ 1.10 | 1.00 ~ 1.30 | 0.04 ~ 0.10 | ≤ 0.030 | ≤ 0.030 | - |
| 内控 | 0.18 ~ 0.22 | 0.20 ~ 0.30 | 0.85 ~ 1.05 | 1.05 ~ 1.25 | 0.05 ~ 0.07 | ≤ 0.025 | ≤ 0.020 | 0.010 ~ 0.040 |
| 分析值 | 0.20 ~ 0.22 | 0.25 ~ 0.31 | 0.93 ~ 1.00 | 1.03 ~ 1.15 | 0.05 ~ 0.08 | 0.015 ~ 0.026 | 0.007 ~ 0.016 | 0.014 ~ 0.032 |

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 | 130 |
| 钢包直径/mm | 3 200 |
| 自由空间/mm | 300 ~ 500 |
| 变压器容量/MVA | 22 |
| 升温速度/($^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$) | 3 ~ 5 |
| 精炼周期/min | 35 |

表3 RH 处理主要工艺参数
Table 3 Main technology parameters of RH treatment

| 项目 | 插入深度/ mm | 氩气流量/ ($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$) | 真空度/ Pa | 处理时间/ min |
|----|-------------|---|------------|--------------|
| 参数 | 450 ~ 700 | 1 400 | ≤ 300 | ≥ 12 |

20 ~ 30 $^{\circ}\text{C}$ 。

结晶器电磁搅拌频率为 2.4 Hz, 电流为 300 ~ 400 A。铸坯拉速控制在 0.6 ~ 0.9 m/min。二冷方式采用中冷, 比水量按 0.35 ~ 0.45 L/kg 控制。

1.4 轧制

采用步进式加热炉加热, 预热段温度不限, 加热

段温度 $\leq 1\ 260\ ^{\circ}\text{C}$, 均热段温度为 $(1\ 200 \pm 20)\ ^{\circ}\text{C}$, 开轧温度 $\geq 1\ 100\ ^{\circ}\text{C}$ 。要求铸坯温度均匀, 阴阳面温差小, 出钢速度均匀。

2 试验结果与分析

2.1 化学成分

20CrMnTiH 齿轮钢化学成分测定结果见表 1。由表 1 可见, C、Si、Mn、Cr、Ti 含量均控制在一个较窄的范围内且比较稳定, 基本达到内控成分要求, 实测钢中各元素含量的波动范围为 (%): 0.02C、0.06Si、0.07Mn、0.12Cr、0.03Ti。

2.2 低倍组织和洁净度

通过对攀钢连铸大方坯轧制规格为 $\Phi 25 \sim 160$ mm 的圆钢进行检验, 低倍组织中心疏松 0.5 级, 一般疏松 0.5 ~ 1.0 级, 偏析 0.5 级, 远低于 GB/T5216-2004 标准 ≤ 3 级的要求。

从表 4 可见, 攀钢采用 LF + RH 精炼配合方坯连铸生产的优质齿轮钢氧含量为 $(10 \sim 20) \times 10^{-6}$, 平均为 14×10^{-6} 。

表4 20CrMnTiH 齿轮钢的洁净度
Table 4 Cleanliness of gear steel 20CrMnTiH

| 项目 | 非金属夹杂物/级 | | | | | | | | 气体含量/ 10^{-6} | |
|------------------------|----------|-----------|---------|---------|-----|-----|---------|-----|-----------------|-----------|
| | A | | B | | C | | D | | [O] | [H] |
| | 粗 | 细 | 粗 | 细 | 粗 | 细 | 粗 | 细 | | |
| GB/T5216-2004 (最大值) | 2.5 | 3.0 | 2.5 | 3.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 20 | - |
| 实测值 | 0 ~ 1.5 | 1.0 ~ 3.0 | 0 ~ 2.0 | 0 ~ 2.5 | 0 | 0 | 0 ~ 2.0 | 0 | 10 ~ 20 | 0.9 ~ 2.7 |

2.3 淬透性和机械性能

从表 5 可见, 20CrMnTiH 齿轮钢淬透性均满足标准要求, 且淬透性带宽较窄。按 GB/T3077-1999 的规定检验 20CrMnTiH 齿轮钢的机械性能, 结果见表 6, 均达到 GB/T5216-2004 标准要求。

表5 20CrMnTiH 齿轮钢的淬透性
Table 5 Hardenability of gear steel 20CrMnTiH

| 项目 | J_9 /HRC | | | | J_{15} /HRC | | | |
|---------------------|------------|----|----|----|---------------|----|----|----|
| | 最大 | 最小 | 平均 | 带宽 | 最大 | 最小 | 平均 | 带宽 |
| GB/T5216-2004 要求 | 42 | 30 | - | 13 | 35 | 22 | - | 13 |
| 实测值 | 40 | 34 | 37 | 7 | 34 | 28 | 30 | 7 |

3 结论

(1) 攀钢 120 t 顶底复吹转炉 \rightarrow LF + RH 精炼 \rightarrow 连铸工艺试制 20CrMnTiH 齿轮钢的氧含量平均为 14×10^{-6} , 非金属夹杂物级别较低, 钢水洁净度高。

表6 20CrMnTiH 齿轮钢机械性能

Table 6 Mechanical properties of gear steel 20CrMnTiH

| 项目 | R_{eL} /MPa | R_m /MPa | A/% | Z/% | A_{KU} /J |
|-----|-----------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------|
| 标准 | ≥ 850 | $\geq 1\ 080$ | ≥ 10 | ≥ 45 | ≥ 55 |
| 实测值 | 915 ~ 1 280/ 1 120 | 1 130 ~ 1 520/ 1 350 | 11 ~ 17/ 13 | 55 ~ 62/ 58 | 76 ~ 138/ 101 |

(2) 20CrMnTiH 齿轮钢的 J_9 为 34 ~ 40HRC, 带宽 7HRC; J_{15} 为 28 ~ 34HRC, 带宽 7HRC。

参考文献

- 蒲学坤. 攀钢转炉-大方坯连铸工艺生产齿轮钢 20CrMoH 的实践. 特殊钢, 2005, 26(4): 36
- 韩乃川, 杨素波, 文永才, 等. 炼钢脱氧工艺现状及改进攀钢脱氧工艺的建议. 钢铁钒钛, 2000, 21(4): 34

蒲学坤(1970-), 男, 高级工程师, 1994 年东北大学钢铁冶金专业毕业, 从事型棒材冶金新产品开发和冶炼工艺研究。

收稿日期: 2006-09-06