

## 碳偏析和残余 B 对 20CrMnTiH1 齿轮钢淬透性的影响

陶建军 朱惠刚 吴小林  
(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214432)

**摘要** 试验分析了电磁搅拌电流对 20CrMnTiH1 齿轮钢 180 mm × 180 mm 连铸坯碳偏析的影响以及精炼和连铸工序钢中残余 B 含量及其变化对钢淬透性的影响。结果表明,电磁搅拌电流从 200 A 降至 100 A 时,铸坯碳偏析指数降低 0.1;控制钢中残余 B ≤ 0.000 2%,可使 20CrMnTiH1 齿轮钢淬透性带宽 ≤ 4 HRC。

**关键词** 20CrMnTiH1 齿轮钢 残余 B 碳偏析 淬透性

## Effect of Carbon Segregation and Residual B on Hardenability of Bearing Steel 20CrMnTiH1

Tao Jianjun, Zhu Huigang and Wu Xiaolin  
(Xingcheng Special Iron and Steel Co Ltd, Jiangyin 214432)

**Abstract** The effect of magnetic stirring current on carbon segregation of 180 mm × 180 mm cast billet of gear steel 20CrMnTiH1 and the effect of change of residual B content in steel during refining and casting on hardenability of steel have been tested and analyzed. Results showed that as magnetic stirring current decreased from 200 A to 100 A, the carbon segregation index of cast billet decreased by 0.1; with controlling residual B in 20CrMnTiH1 steel ≤ 0.000 2%, the hardenability band width of steel was ≤ 4 HRC.

**Material Index** Gear Steel 20CrMnTiH1, Residual B, Carbon Segregation, Hardenability

用户要求 20CrMnTiH1 齿轮钢淬透性带宽 ≤ 6 HRC, 2004 年底以来生产过程中出现了 20CrMnTiH1 钢淬透性高出规格的问题, J<sub>0</sub> 一次检验合格率只有 70% ~ 80%。据此,对淬透性的影响因素进行分析并改进了工艺。

### 1 工艺流程

兴澄三炼钢厂生产 20CrMnTiH1 钢的铸坯断面为 180 mm × 180 mm; 工艺流程: EBT(3 × 40 t 交流电弧炉、偏心底出钢) → LF(3 × 40 t 精炼炉) → VD(2 × 40 t 真空脱气炉) → CCM(R8 合金钢连铸机) → CR(半连轧), 其中钢包-中间包-结晶器采用全过程保护浇铸, 结晶器配备有电磁搅拌及液面自动控制装置。

### 2 淬透性影响因素的分析和试验方案

对三炼钢厂生产的 20CrMnTiH1 钢分 2004 年、

2005 年、不合格严重的炉号以及一炼钢厂同标准生产的改钢种化学成分数据作平均统计(表 1)。

从表 1 中可知,三炼钢厂 2004 年生产的齿轮钢与一炼钢厂生产的齿轮钢的成分控制相当,并且 J<sub>0</sub> 淬透性的检测结果也相近。从 2005 年开始,三炼钢厂生产 20CrMnTiH1 钢的 Mn、Cr 含量有所降低,但 B 含量却升高。用 C-S 仪分析了 2005 年齿轮钢成品材 1/2R(半径)处的碳成分与熔炼成品样进行比较,对碳偏析情况(碳偏析指数 = C<sub>1/2R</sub>/C<sub>成品</sub>)进行分析,结果表明,1/2R 处的碳含量明显高于熔炼成品成分,存在比较严重的碳偏析,最高的偏析指数达到 1.2,相当于增碳 0.04% ~ 0.05%。

为改进工艺进行了下列分析与试验:(1)对各工序阶段硼的变化情况进行统计,分析与钢水直接接触的各种铁合金及辅助耐火材料的硼含量;(2)

表 1 20CrMnTiH1 齿轮钢成分控制及淬透性结果  
Table 1 Effect of chemical compositions hardenability of gear steel 20CrMnTiH1

项目	成分/%						J <sub>0</sub> (HRC)	
	C	Si	Mn	Cr	Ti	B		
标准	0.17 ~ 0.23	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.15	1.00 ~ 1.35	0.04 ~ 0.10	-	30 ~ 36	
三炼钢厂	2004 年	0.20	0.26	0.97	1.09	0.07	0.000 2	34.50
	2005 年	0.20	0.25	0.91	1.06	0.06	0.000 3	35.50
不合格炉号	0.20	0.25	0.93	1.07	0.06	0.000 5	40.58	
一炼钢厂	0.19	0.26	0.96	1.14	0.06	0.000 1	34.65	

对结晶器电磁搅拌参数进行调整,改善铸坯碳偏析。

### 3 试验结果及讨论

#### 3.1 电磁搅拌强度对铸坯碳偏析的影响

在过热度、拉速比较稳定的情况下,结晶器电磁搅拌力对凝固过程钢水的过强搅拌,会在铸坯端面造成碳分布的不均匀性,在半径的1/2附近出现碳的正偏析峰值<sup>[1,2]</sup>,而淬透性试样的试验检测面根据国家标准要求半径的1/2处附近,因此电磁搅拌强度过大造成的偏析会严重影响淬透性的稳定。对此,调整电磁搅拌强度后的试验结果如表2所示。从表2看出电磁搅拌电流从200 A降到100 A时,铸坯的碳偏析指数平均降低0.1。

表2 电磁搅拌强度对180 mm × 180 mm 铸坯碳偏析的影响  
Table 2 Effect of magnetic stirring current on carbon segregation of 180 mm × 180 mm cast billet

电磁搅拌电流/A	碳偏析指数(10炉平均)
100	1.05
200	1.15

#### 3.2 硼的来源及对淬透性的影响

对未加合金的LF前期、加合金后浇铸前的钢水和成品材的硼含量进行分析,结果见表3。同时对与钢水直接接触的主要铁合金和中间包材料的硼含量进行化学分析,结果见表4。

从表3可见,在精炼工序钢水平均增硼0.000 1%以上,浇铸工序钢水增硼0.000 2%~0.000 3%。

从表4中可见,中间包材料及某些合金中的硼

表3 LF前、连铸前和连铸后钢中硼含量的变化

Table 3 Change of boron content in steel before LF, before cast and after cast

工序	LF前	连铸前	连铸后
B/(%) (10炉平均)	0.000 18	0.000 31	0.000 57

表4 不同合金和辅助耐火材料中硼含量的分析结果

Table 4 Analysis results of various alloys and auxiliary refractory materials

合金与材料	硼含量/%
合金	
FeSi	0.002 0
MnSi	0.010 0
FeTi(线) 1	0.026 0
FeTi(线) 2	0.007 0
CaSi(线)	0.002 0
FeMn	0.020 0
FeCr	0.000 5
中间包材料	
1	0.000 5
2	0.030 0
3	0.080 0
4	0.040 0
浇铸料	0.003 0

含量较高,尤其是不同的中间包材料和不同的FeTi线之间要相差1~2个数量级。结合2004年底开始更换中间包料的使用情况以及FeTi线两家单位供货,确定造成本次淬透性波动的主要原因是中间包材料和FeTi线的高硼含量。此时钢水已经过了真空精炼,钢水中氧、氮含量均较低,加上该钢种Ti含量较高的特点,使增加的微量硼影响钢材的淬透性作用明显增强。据此分析,通过对精炼过程FeTi线选择使用及要求生产厂家对中间包材料的配方进行调整,目前钢水中的硼含量得到了有效控制,基本稳定在0.000 2%以下。

如果钢中所有的氮全部被钛固定。则必须的钛含量为<sup>[3]</sup>:

$$Ti_{必需} = 5(w_N - 0.003) \quad (1)$$

则钢中的过剩钛为<sup>[4]</sup>:

$$Ti_{过剩} = Ti_{总} - Ti_{必需} = Ti_{总} - 5(w_N - 0.003) \quad (2)$$

式中: $w_N$ -钢中的含氮量/%。

钢中过剩钛在0.02%~0.04%时,含硼钢的淬透性指标处于峰值<sup>[5]</sup>。因此,根据目前20CrMnTiH1的氮含量 $(80 \sim 100) \times 10^{-6}$ 及钛含量(0.06%左右)的控制范围,通过式(2)计算,过剩钛基本在此范围内,因此应控制钢中硼含量 $\leq 0.000 2\%$ 。

### 4 结论

通过降低电磁搅拌电流,减少铸坯碳偏析及合理使用和改进增硼的原辅助材料,控制钢中残余B $\leq 0.000 2\%$ ,使同一炉号20CrMnTiH1齿轮钢的淬透性带宽 $\leq 2$  HRC,不同炉号带宽 $\leq 4$  HRC;满足了用户的质量要求。

### 参考文献

- 1 陈绍勇,谢茂恩,沈旭,等. 结晶器电磁搅拌技术在特钢上的应用. 现在连铸技术进展第七届全国连铸学术年会论文集. 攀枝花,2003,12:291
- 2 吴小林,王福明,黄晓星,等. 结晶器电磁搅拌对中碳钢成分偏析的影响. 炼钢,2005,21(5):23
- 3 Thelning K E. 硼钢淬透性的评价及其实际应用. 钢中的硼. 北京:冶金工业出版社,1985
- 4 李文卿,杜斌,许洪新. 适合转炉和平炉冶炼与高温渗碳的改进型20MnVB钢. 钢铁,1990,25(10):38
- 5 赵西成,宋红,马幼平. 钛含量及奥氏体化温度对20MnMoB钢淬透性的影响. 热加工工艺,2001(5):3

陶建军(1967-),男,工程师,1988年毕业于上海工业大学冶金系,从事工艺质量管理技术管理工作。

收稿日期:2007-03-20