

## 提高 20CrMnTiH 齿轮钢夹杂物合格率的工艺实践

刘 昭

(本溪钢铁集团公司特殊钢厂, 本溪 117000)

**摘 要** 本钢特殊钢厂 20CrMnTiH 齿轮钢采用 EAF(出钢量 45 t)-LF-CC 工艺流程生产。通过控制电弧炉脱碳量  $\geq 0.25\%$  C, 保证脱碳速度  $0.02\%$  C/min, 出钢前加  $0.2\%$  锰铁, 使终点碳  $\geq 0.10\%$ ; 电弧炉出钢加铝铁或硅钡钙铝  $3.0 \text{ kg/t}_{\text{钢}}$  进行沉淀脱氧, LF 加入  $3 \sim 5 \text{ kg/t}_{\text{钢}}$  脱氧剂扩散脱氧, 使  $(\text{FeO}) \leq 0.5\%$ , 钢包钢水浇铸前在  $0.1 \sim 0.3 \text{ MPa}$  氩气压力镇静吹氩  $\geq 15 \text{ min}$ , 使 20CrMnTiH 钢的夹杂物一次合格率从  $88.35\%$  提高到  $92.49\%$ 。

**关键词** 20CrMnTiH 齿轮钢 夹杂物 冶炼工艺

## Practice of Process for Increasing Ratio of Qualified 20CrMnTiH Gear Steel Products with Non-metallic Inclusion Examination

Liu Zhao

(Special Steel Works, Benxi Iron and Steel (Group) Co, Benxi 117000)

**Abstract** 20CrMnTiH gear steel is produced by EAF (tapping 45 t steel)-LF-CC process flow sheet at Special Steel Works, Bensteel. With controlling arc furnace liquid steel decarburizing amount  $\geq 0.25\%$  C, insuring decarburizing rate  $0.02\%$  C/min, adding  $0.2\%$  manganese iron before tapping, end  $[\text{C}] \geq 0.10\%$ , adding ferro-aluminium or Si-Ba-Ca-Al by  $3.0 \text{ kg/t}$  for killing, diffusion-deoxidizing by adding  $3 \sim 5 \text{ kg/t}$  deoxidant during LF refining,  $(\text{FeO}) \leq 0.5\%$ , and before casting with  $0.1 \sim 0.3 \text{ MPa}$  argon blowing  $\geq 15 \text{ min}$ , the ratio of qualified 20CrMnTiH steel products with first inclusion examination increased to  $92.49\%$  from original  $88.35\%$ .

**Material Index** 20CrMnTiH Gear Steel, Inclusion, Steelmaking Process

本钢特殊钢厂电炉炼钢车间现有公称容量 30 t 电弧炉 2 座, 出钢量 45 t; 40 t LF 2 座, VD 1 座, 3 机 3 流挠性引锭杆全弧型连铸机 1 台。冶炼采用全废钢冶炼, 配合炉门氧枪吹氧, 氧气压力  $0.8 \sim 1.2 \text{ MPa}$ , 偏心底出钢。

### 1 钢中夹杂物级别要求和检验情况

20CrMnTiH 钢的夹杂物级别要求为:  $A \leq 3, B \leq 2, C \leq 1, D \leq 1$ 。从表 1 可以看出, 2006 年 20CrMnTiH 钢夹杂物检验水平总体不高, 主要缺陷是 B 类和 D 类, 所以有必要进行工艺方面的优化及改进。为此 6 $\sigma$  项目选定为控制 CrMnTiH 钢的夹杂物, 提高一次检验合格率。

### 2 冶炼工艺流程的控制

20CrMnTiH 钢的冶炼工艺流程为: 炼钢原材料

→电弧炉→LF 精炼→浇注→ $\left\{ \begin{array}{l} \text{模注} \\ \text{连铸} \end{array} \right.$

20CrMnTiH 钢的标准成分如表 2。

#### 2.1 熔氧期操作, 控制钢水过氧化

##### 2.1.1 控制吹氧, 造泡沫渣

电弧炉装料前要提前垫入  $20 \text{ kg/t}$  的石灰, 以便

表 1 2006 年和 2007 年 20CrMnTiH 钢夹杂物合格率对比  
Table 1 Comparison of qualified of inclusion examination for ratio 20CrMnTiH steel products produced in 2006 and 2007

年份	检验批次	合格批次	合格率/%
2006 年 1~12 月	704	622	88.35
2007 年 1~7 月	426	394	92.49

表 2 20CrMnTiH 钢的化学成分要求/%

Table 2 Requirement of chemical composition of 20CrMnTiH steel/%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
$0.17 \sim 0.23$	$0.17 \sim 0.37$	$0.80 \sim 1.10$	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	$1.00 \sim 1.35$	$0.04 \sim 0.10$

在电弧炉冶炼前期低温、高 FeO 的条件下, 提前去 P, 减轻电弧炉在氧化期的任务。电弧炉冶炼加生铁配碳, 配碳量提高到  $0.70\%$  以上。一定要禁止提前埋管吹氧, 当炉中钢水形成一定的熔池后开始吹氧, 保证脱碳量大于  $0.25\%$ , 同时要保证脱碳速度  $0.02\%$  C/min, 使熔池激烈沸腾, 促使夹杂物上浮到炉渣中, 随炉渣一起流出炉外。在氧化期要加入碳粉, 造良好的泡沫渣。

##### 2.1.2 出钢前做锰沸腾

出钢前对钢水做锰沸腾,保证出钢终点 C 大于 0.10%;出钢前按 0.2% 的计算量加入锰铁,保证静沸腾时间 $\geq 5$  min,这样可以使钢中夹杂物充分上浮,同时有利于钢中气体的排出。必须保证出钢 C $\geq 0.1\%$ ,如果出钢 C 过低,钢中氧含量必定高,钢中合金就会被氧化,产生氧化夹杂。

如果出钢时终点 C 小于 0.1%,出钢过程中可以加入 10~20 kg 的增碳剂,利用出钢时的 C-O 反应,形成 CO 气泡,缓解钢水的过氧化问题,为精炼造渣操作创造良好的条件。

对 2006 年 20CrMnTiH 钢夹杂物不合格的炉号抽取 100 炉进行分析,有 68 炉出钢 C 小于 0.1%,说明存在钢水过氧化现象。

## 2.2 精炼

为完成脱氧任务,最主要的是造好白渣,防止电弧炉出钢时下渣。根据脱氧剂加入的方法不同,脱氧可分为沉淀脱氧与扩散脱氧(炉渣脱氧)<sup>[1]</sup>。

电弧炉出钢预脱氧加入铝铁或硅钡钙铝 3.0 kg/t<sub>钢</sub>,进行钢水的沉淀脱氧,这样脱氧迅速,产生的夹杂物可以在还原期有充分上浮的时间。

目前在电弧炉生产中采用扩散与沉淀结合的综合脱氧方式,即在电弧炉出钢时加入铝铁或硅钡钙铝进行预脱氧,在 LF 加入散状脱氧剂扩散脱氧。

因为电弧炉出钢时已经加入了渣料和预脱氧剂,因此钢包进入 LF 工位后,即刻送电化渣,炉渣熔化后,按吨钢 3~5 kg 分两批加入脱氧剂进行扩散脱氧,关闭炉门,脱氧时间 $\geq 15$  min,在炉渣呈白渣的情况下取样分析,然后视温度情况调整送电电流,继续脱氧并随时补加脱氧剂保证炉内还原气氛,使(FeO)小于 0.5%,直到具备出钢吊包条件。LF 在取样分析时要全程分析 Al 含量,根据 Al 的含量,确定钢液中脱氧程度,随时调整脱氧剂的加入量。由于加入脱氧剂后生成一定量的 SiO<sub>2</sub>,降低了渣的碱度,为了保持炉渣碱度,在加入每批脱氧剂后,视渣况加入适量石灰。在整个精炼过程中,保证渣的有效碱度控制在 3.5 左右以及良好的流动性。

通过对全分析及吊包前取渣样分析,渣中 FeO 含量大于 2%,钢种氧化物夹杂出现几率增加;渣中 FeO 含量小于 0.5%,通过检验,夹杂物级别都合乎要求。由此可见,控制渣中氧化铁的含量要越小越好,对精炼炉渣取样分析,在 LF 现有条件下,渣中 FeO 含量一般在 1.0% 左右,因此还需要进一步控制渣中 FeO 含量。

## 2.3 钢包静吹氩

20CrMnTiH 由于含有一定的 Ti,流动性不好,夹杂物不易上浮。因此钢包静吹氩工艺执行的好坏,对夹杂物含量的影响很大。对生产过程中由于生产节奏加快,没有达到静吹氩要求的炉号进行夹杂物分析,结果发现夹杂物含量有半数检验不合格。

静吹氩工艺参数主要是压力及吹氩时间<sup>[2]</sup>。吹氩压力越大,搅拌能力越强,气泡上升越快。但吹氩压力过大,氩气流涉及范围就会越来越小,甚至形成连续的气泡柱,容易造成钢包液面剧烈翻滚,钢液大量裸露与空气接触造成二次氧化和降温,钢渣相混,使夹杂物含量增加。所以吹氩氩气最大压力以不冲破渣层露出钢液面为限。理想的吹氩压力是使氩气流遍布整个钢包,氩气泡在钢液内呈均匀分布。

吹氩时间主要与钢包和钢种有关。吹氩时间不宜太长,否则降温过大,对耐火材料冲刷严重,反而增加了夹杂物的含量。但是如果吹氩时间短,C-O 反应在钢包内不能充分进行完全,达不到平衡,非金属夹杂物和气体不能有效排除,吹氩效果不显著。

根据实际操作经验以及对 20CrMnTiH 钢夹杂物的研究,规定在 LF 终脱氧后停止送电,开始静吹氩,时间 $\geq 15$  min,氩气压力调整到 0.1~0.3 MPa(以氩气压力表为准),保证钢液面有微小的起伏,不使钢液裸露,不破坏渣面。

经过以上的工艺实践操作后,从 2007 年 1 月开始对 20CrMnTiH 钢进行夹杂物的数据统计,由表 1 可见,2007 年 1~7 月份夹杂物检验合格率为 92.49%,说明控制措施取得了较好的效果,比 2006 年检验水平提高 4.14%,相比去年同期水平提高 6.24%。

## 3 结论

为提高 20CrMnTiH 钢夹杂物检验合格率,应认真做到:(1)电弧炉提前造渣去 P,加碳粉造泡沫渣。控制钢水过氧化,出钢时终点 C 大于 0.1%。(2)精炼保证白渣操作。保证静吹氩时间 $\geq 15$  min,压力 0.1~0.3 MPa,不裸露钢液为宜。

### 参考文献

- 1 孙培林.碱性电弧炉冶炼工艺及炼钢过程的主要反应.电炉炼钢学.北京:冶金工业出版社,1995
- 2 高泽平,贺道中.炉外精炼的理论与技术基础搅拌方法.炉外精炼.北京:冶金工业出版社,2005

刘 昭(1975-),男,工程师,2000 年本溪冶专毕业,电弧炉炼钢工艺。

收稿日期:2008-07-16