

## 汽车用低碳齿轮钢的 LF-VD 脱氧工艺

肖爱平 李德胜 雷应华 颜学勇 陈 君  
(大冶特殊钢股份有限公司, 黄石 435001)

**摘 要** 分析和研究了 105 炉 SCM318H、SCM322H、SCM420K-C、SCM822H、SCr420K 等汽车用低碳齿轮钢的 20 t LF-VD 精炼终渣碱度、终 Al 含量和真空时间对钢中氧含量的影响。实践操作结果表明,采用白渣操作,控制终渣碱度不低于 3,终 Al 含量  $\geq 0.22\%$ 、真空处理时间不低于 25 min,可使低碳齿轮钢的氧含量稳定地  $\leq 15 \times 10^{-6}$ ,平均氧含量为  $11.58 \times 10^{-6}$ 。

**关键词** 低碳齿轮钢 LF-VD 精炼 氧含量 脱氧工艺

## Deoxidation Process of Low Carbon Gear Steel for Auto in LF-VD Refining

Xiao Aiping, Li Desheng, Lei Yinghua, Yan Xueyong and Chen Jun  
(Daye Special Steel Corp Ltd, Huangshi 435001)

**Abstract** The effect of end slag basicity, end Al content and vacuum treatment time in 20t LF-VD refining on oxygen content in 105 heats gear steels SCM318H, SCM322H, SCM420K-C, SCM822H and SCr40K for auto has been analyzed and studied. The practice operation results showed that using white slag operation, controlling end slag basicity no less than 3, end Al content in steel  $\geq 0.22\%$ , vacuum treatment time  $\geq 25$  min, the oxygen content in low carbon gear steel was definite  $\leq 15 \times 10^{-6}$ , the average oxygen content in steel was  $11.58 \times 10^{-6}$ .

**Material Index** Low Carbon Gear Steel, LF-VD Refining, Oxygen Content, Deoxidation Process

大冶特钢通过试验研究,采用现行的汽车用低碳齿轮钢脱氧工艺,齿轮钢氧含量能稳定在  $15 \times 10^{-6}$  以内,平均  $11.58 \times 10^{-6}$ 。

### 1 试验工艺

工艺路线:18 t 偏心底电弧炉  $\rightarrow$  LF  $\rightarrow$  VD  $\rightarrow$  浇 3 t 锭  $\rightarrow$  初轧开坯  $\rightarrow$  相关机组轧制成材。冶炼脱氧工艺为:偏心底冶炼,钢包中加预脱氧铝块 1.0 kg/t,钢包合金化,随钢流加渣料;精炼炉对钢水加热升温、喂铝线脱氧、微调合金、真空脱气、喂铝丝控制残余铝;控温浇注。

试验以 SCM318H、SCM322H、SCM420K-C、SCM822H、SCr420K 等低碳齿轮钢为主,3 轮试验结果见表 1。第 1 轮试验钢材平均氧含量偏高,有 1/3 的炉号钢材氧含量大于  $20.0 \times 10^{-6}$ 。分析

氧含量超标的原因,一是真空时间短;二是炉渣脱氧不好。因此在 2、3 轮试验中采取了精炼炉白渣操作,适当提高真空温度,延长真空时间,控制钢中残余铝含量,降低吊包温度等措施,第 3 轮试验氧含量明显降低。

### 2 结果分析

低碳齿轮钢由于碳含量低,脱氧难度大,电弧炉冶炼低碳钢过氧化相当严重,加重了精炼脱氧。通过实践得出,造高碱度白渣是获得低氧的前提,辅之以铝强制脱氧,钢液氧含量可降到较低水平;精炼炉操作以温度为主线,全程吹氩,抽真空时间适当延长至 30 min 以上,氧含量均能稳定在  $15.0 \times 10^{-6}$  以内。

#### 2.1 渣的碱度对脱氧的影响

表 1 LF-VD 冶炼工艺参数和钢中氧含量

Table 1 LF-VD refining process parameters and oxygen content in steel

轮数	炉数	成品 Al/%	真空前温度/°C	真空时间/min	过热度/°C	平均氧含量/ $10^{-6}$	氧含量范围/ $10^{-6}$
1	30	0.010 ~ 0.047	1 595.9	10 ~ 25	45 ~ 60	20.50	14.2 ~ 25.5
2	35	0.020 ~ 0.050	1 614.5	20 ~ 30	40 ~ 52	11.98	8.4 ~ 18.2
3	40	0.022 ~ 0.050	1 624.1	25 ~ 41	40 ~ 51	11.58	7.0 ~ 14.5

钢液顶渣脱氧好,渣中 FeO、MnO 等氧化物含量低,渣冷却后表现为白色。

根据理论计算<sup>[1]</sup>和分析,对低碳齿轮钢溶池,在钢水处理温度为  $T = 1873$  K、白渣操作、成分一定的条件下,碱度高,氧含量低。通过扩散脱氧,在一定温度和一定成分条件下,扩散脱氧反应充分,降低渣中 FeO、MnO 等氧化物含量,相应地提高了渣的碱度 B,钢中氧含量降低,因此生产中

一般不加或少量加入 Si 粉进行渣面扩散脱氧,以免降低渣的碱度,最好采用 C 粉扩散脱氧。图 1(a)是 10 炉钢终渣碱度与氧含量的结果,表明了实际精炼造高碱度渣,精炼时间充分,可得到白渣,获得低氧含量。根据文献[2]有关说明,没有进一步提高碱度,以免渣流动性差和钢材出现点状夹杂。

## 2.2 残余铝对脱氧的影响

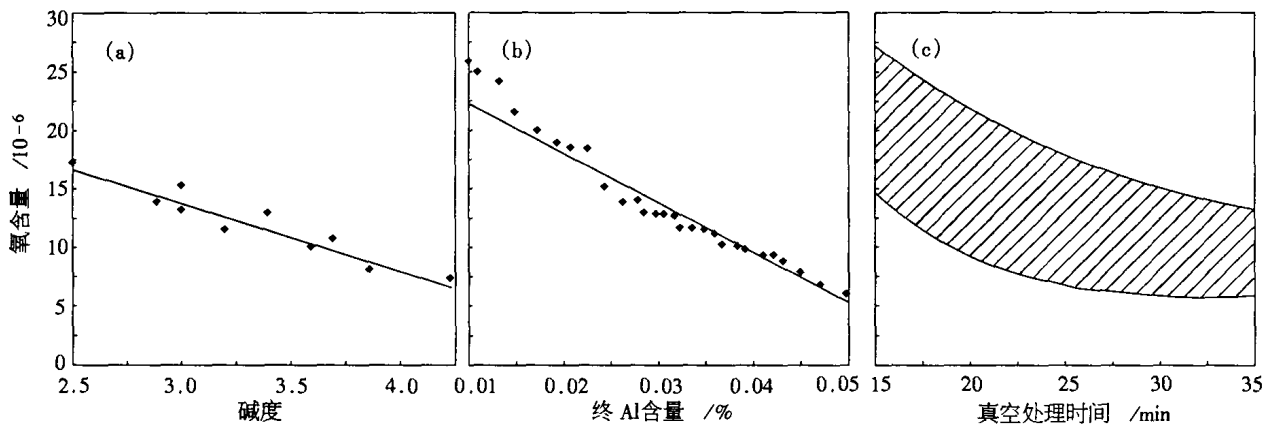


图 1 终渣碱度(a),终 Al 含量(b),真空处理时间(c)对低碳齿轮钢中氧含量的影响

Fig.1 Effect of end slag basicity (a), end Al content (b) and vacuum treatment time (c) on oxygen content in low carbon gear steel

为进一步降低氧含量,采取钢液中喂铝线深脱氧方法。钢液中铝与氧反应分两部分:一部分与溶解氧反应,另一部分与氧化物(FeO、MnO、SiO<sub>2</sub>等)反应生成 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。在渣流动性和还原好的情况下主要与溶解氧反应<sup>[1]</sup>。经统计分析(图 1(b)),钢液中氧含量与铝含量在一定范围内有直线关系,必须排除钢液中的脱氧产物 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,故在精炼过程中吹入适量 Ar 气,吹氩强度以不暴露钢液为标准,以达到排除 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 夹杂的目的。

## 2.3 真空处理和浇铸过热度对脱氧的影响

从理论上分析,在化学成分和温度一定的条件下,随 VD 真空度的降低,氧含量降低。因此在实际操作中要求真空度  $\leq 66.67$  Pa,而且在最低真空下保持 5 min 以上,真空总处理时间  $\geq 25$  min,以保证在高真空度下碳氧有充分的反应时间。图 1(c)表示了冶炼的 40 炉钢材氧含量与真空时间的关系,从图中可以看出在一定的真空度和温度下,真空时间影响氧含量,说明了氧在钢水中有一定的扩散反应时间,这与理论上分析是相吻合的。延长真空时间还有利于最大限度地排除钢中气体,使钢中夹杂物聚集长大并上浮被渣吸

收。

真空之后,降低浇钢过热度,不仅减少钢液在高温下的吸气量,减少钢液浇铸过程中的二次氧化,这也是降低氧含量的主要措施之一。

## 3 结论

(1) 低碳齿轮钢碳含量低,脱氧难度大,但通过造高碱度精炼渣,用 Al 强制脱氧,钢液真空处理,并且保证足够的真空时间,精炼炉严格控制好各工序温度和吹氩强度,降低浇钢温度等措施,低碳齿轮钢氧含量能稳定在  $15.0 \times 10^{-6}$  以内。

(2) 合适的精炼脱氧工艺是保证低碳齿轮钢氧含量稳定的前提,并配以良好的真空设备和喂丝技术,氧含量可达到更低。

## 参考文献

- 1 黄希祐. 钢铁冶金原理. 北京:冶金工业出版社,1993. 190
- 2 钟顺思,王昌生. 轴承钢. 北京:冶金工业出版社,2000. 122

肖爱平(1971-),男,工程师,1996 年华东冶金学院毕业,从事电弧炉冶炼,特殊钢工艺质量研究和新产品开发。

收稿日期:2005-01-06