

## 降低汽车齿轮钢氧含量的工艺实践

齐欣 徐太安 高勇 单志勇

(东北特钢集团北满特殊钢有限责任公司, 齐齐哈尔 161041)

**摘要** 分析和研究了用 30 t EBT 电弧炉-40 t LFV 精炼工艺冶炼 Mn-Cr、Cr-Mo、Cr-Ni-Mo 系等汽车用新型齿轮钢时,真空度、精炼渣、吹 Ar 工艺和 [Al]<sub>s</sub> 对钢中氧含量的影响,得出真空度小于  $10 \times 133$  Pa,吹 Ar 100 ~ 150 L/min,精炼渣碱度 2.5 ~ 3.0,控制 [Al]<sub>s</sub> 为 0.02% ~ 0.04% 时可以获得低氧含量。生产结果表明, Mn-Cr 系、Cr-Mo 系和 Cr-Ni-Mo 系齿轮钢氧含量为  $(12 \sim 20) \times 10^{-6}$ , 达到汽车用新型齿轮钢氧含量的标准要求。

**关键词** EAF-LFV 工艺 齿轮钢 钢中氧含量

## Process Practice to Decrease Oxygen Content in Gear Steel for Car

Qi Xin, Xu Taian, Gao Yong and Shan Zhiyong

(Beiman Special Steel, Co Ltd, Northeast Special Steel Group, Qiqihar 161041)

**Abstract** The effect of vacuum, refining slag, argon stirring process and [Al]<sub>s</sub> on oxygen content in steel has been analyzed and studied in production of Mn-Cr, Cr-Mo and Cr-Ni-Mo series new type gear steels for car by 30 t EBT arc furnace- 40 t LFV refining process to get that it is available to obtain lower oxygen content in steel by the operation with vacuum less than 1.33 kPa, 100 ~ 150 L/min Ar stirring, refining slag basicity 2.5 ~ 3.0 and controlling [Al]<sub>s</sub> between 0.02% and 0.04%. The production results showed that the oxygen content in Mn-Cr, Cr-Mo and Cr-Ni-Mo series gear steels was between  $12 \times 10^{-6}$  and  $20 \times 10^{-6}$  up to standard requirement for oxygen content in new type gear steels for car.

**Material Index** EAF-LFV Process, Gear Steel, Oxygen Content in Steel

### 1 真空处理对钢中氧含量的影响

根据几年的生产实验统计数据,得出真空度与  $\Sigma[O]$  的关系如图 1(a) 所示。从图中明显地看出,随真空度的提高,钢中氧含量减少,当真空度小于  $50 \times 133$  Pa 后,氧含量下降曲线趋于平缓,下降幅度较小。真空处理时间一般不少于 15 min。

### 2 吹 Ar 制度的确定

钢包吹入 Ar 气对钢水进行搅拌可达到均匀成分、温度和去除夹杂双重效果。40 t LF 精炼低碳钢的吹 Ar 压力为 0.25 ~ 0.40 MPa, Ar 气流量为 100 ~ 150 L/min。在精炼初期采用较大 Ar 气量,在抽真空时,随着真空度的提高,搅拌功率增大,

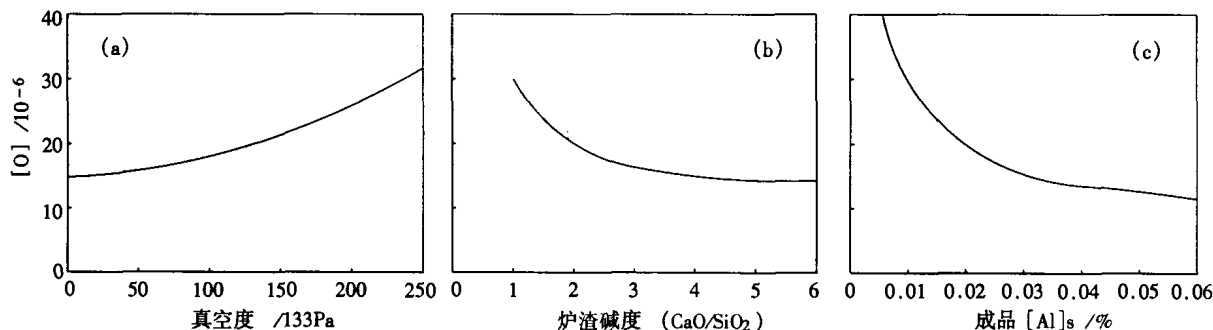


图 1 LFV 真空度(a),精炼渣碱度(b),成品 [Al]<sub>s</sub> (c) 对齿轮钢中氧含量的影响

Fig.1 Effect of LFV vacuum (a), basicity of refining slag (b) and [Al]<sub>s</sub> in products (c) on oxygen content in gear steel

Ar 气流量相应减小。实践表明,北满特钢吹 Ar 参数的选择是合理的,能够保证钢液成分和温度的均匀性,促进钢中气体和夹杂物的上浮排除。

### 3 精炼炉渣碱度与钢中氧含量的关系

为了降低钢中氧含量,采取了白渣精炼,即钢

液经偏心炉底电弧炉出钢后,在钢包中用石灰和萤石造碱性渣,到精炼工位后,通电加热并用粉状脱氧剂扩散脱氧,以使炉渣在真空精炼前变白。通过对不同精炼炉渣碱度的试验,得到了不同精炼炉渣碱度与钢中氧含量的关系,如图1(b)所示。

高碱度精炼渣,虽然可以降低钢中氧含量,但不是碱度越高越好。碱度过高的炉渣,使炉渣的粘度增加,炉渣的流动性变坏,不但达不到脱气和吸附非金属夹杂物的目的,而且还容易产生卷渣,使钢的内在质量降低。为了能得到流动性良好、碱度适中的炉渣,通常将炉渣碱度控制在2.0~3.0之间,以达到最佳去气、去夹杂的效果。

#### 4 钢液终氧与钢中酸溶铝含量的关系

真空精炼后,保持钢中一定的 $[Al]_s$ 含量,一方面可以使钢中的氧进一步降低和防止在浇注过程中的吸氧造成钢液二次氧化;另一方面,通过控制 $[Al]_s$ 在一定范围为获得较细的晶粒度打下基

础。通过几年的试验研究,得到了钢中氧含量与 $[Al]_s$ 的关系,如图1(c)所示。

从图1(c)可以看到,当 $[Al]_s \geq 0.020\%$ 时, $\Sigma[O] \leq 20 \times 10^{-6}$ ,当 $[Al]_s < 0.020\%$ 时, $\Sigma[O]$ 明显增加,为保证 $[Al]_s$ 达到0.020%以上。一般在真空精炼后,采用喂丝机向钢液内喂入铝线的工艺。这不仅提高了铝的回收率,节约了用铝量,而且使成品 $[Al]_s$ 稳定地控制在0.020%~0.040%之间,从而保证了 $\Sigma[O] \leq 20 \times 10^{-6}$ 。

#### 5 新型汽车齿轮钢的试制工艺

新型汽车齿轮钢的成分见表1。试制时30t EBT电弧炉冶炼脱碳量 $\geq 0.30\%$ ,当炉中分析 $[C]$ 及温度合适、 $[P] \leq 0.008\%$ 时即可出钢,出钢时严格控制出钢量,严禁下氧化渣,精炼钢包中渣料由石灰和萤石按3.5:1组成,渣量为钢水量的4%~6%,碱度控制在2.5~3.0之间,出钢全过程吹氩搅拌,直至精炼工位。

表1 新型汽车齿轮钢的化学成分要求/%

Table 1 Requirement for chemical compositions of new type gear steels for car /%

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	$[O]/10^{-6}$
16MnCr5	0.14~0.20	$\leq 0.12$	1.00~1.40	$\leq 0.035$	0.020~0.035	0.80~1.20	-	-	0.020~0.055	$\leq 20$
20MnCr5	0.17~0.23	$\leq 0.12$	1.10~1.50	$\leq 0.035$	0.020~0.035	1.00~1.30	-	-	0.020~0.055	$\leq 20$
25MnCr5	0.23~0.28	$\leq 0.12$	0.60~0.80	$\leq 0.035$	0.020~0.035	0.80~1.10	-	-	0.020~0.055	$\leq 20$
28MnCr5	0.25~0.30	$\leq 0.12$	0.60~0.80	$\leq 0.035$	0.020~0.035	0.80~1.10	-	-	0.020~0.055	$\leq 20$
SCM822H	0.19~0.25	0.17~0.37	0.55~0.90	$\leq 0.030$	$\leq 0.030$	0.85~1.25	-	0.35~0.45	-	$\leq 20$
SCM415	0.12~0.18	0.17~0.37	0.55~0.90	$\leq 0.030$	$\leq 0.030$	0.85~1.25	-	0.15~0.35	-	$\leq 20$
SCM420H	0.17~0.23	0.17~0.37	0.55~0.90	$\leq 0.030$	$\leq 0.030$	0.85~1.25	-	0.15~0.35	-	$\leq 20$
19CrNi5	0.16~0.21	0.15~0.35	0.70~1.10	$\leq 0.035$	0.020~0.040	0.80~1.20	-	-	0.02~0.050	$\leq 20$
8620H	0.17~0.23	0.15~0.35	0.50~0.95	$\leq 0.035$	$\leq 0.035$	0.35~0.65	0.35~0.75	0.15~0.25	-	$\leq 20$

钢包到精炼工位后,待化好渣料,用喂丝机喂入铝线0.5 kg/t,然后根据渣况分批加入Si粉或Al粉,用量1~2 kg/t,真空精炼前要保证白渣,并将碳调至规格成分下限,其它合金成分调到规格中限,当温度达1660℃时开始抽真空,在真空度达 $10 \times 133$  Pa以下后保持15 min以上。抽真空全程不能将Ar气关闭。

破真空后,在成分达到要求的情况下,用喂丝机喂入Al线,回收率按60%~80%计算,使 $[Al]_s$ 达到0.02%~0.04%的范围,喂线后吹Ar $\geq 3$  min(此过程吹Ar气强度控制在以不吹开渣面为宜),温度合适吊包浇注。

北满特钢新型汽车齿轮钢氧含量列表2。由表2可见,Mn-Cr、Cr-Mo和Cr-Ni-Mo系汽车齿轮钢中的氧含量均 $\leq 20 \times 10^{-6}$ 。

表2 30t EAF-LFV精炼新型汽车齿轮钢中的氧含量

Table 2 Oxygen content in new type gear steels for car produced by 30t EAF-LFV refining

钢种系列	检验批次	范围/ $10^{-6}$	平均 $[O]/10^{-6}$
Mn-Cr	157	14~20	18.3
Cr-Mo	60	12~19	17
Cr-Ni-Mo	96	15~20	19.5

#### 6 结论

通过控制精炼渣碱度2.5~3.0,真空度 $10 \times 133$  Pa以下保持15 min,通过喂Al丝和加Al粉控制 $[Al]_s$  0.02%~0.04%,可使新型汽车用齿轮钢的氧含量 $\leq 20 \times 10^{-6}$ 。

齐欣,男,37岁,工程师,1990年毕业于北京科技大学冶金系。从事轴承钢、结构钢新老产品的工艺质量研究。

收稿日期:2004-11-01