

## 90 t LF(VD)精炼工艺对 GCr15 轴承钢氧含量的影响

庞洪亮 边延君

(北满特钢北兴公司, 齐齐哈尔 161041)

**摘要** 北满特钢用 90 t EBT 电弧炉-LF(VD)-240 mm × 240 mm 方坯连铸生产 GCr15 轴承钢。GCr15 轴承钢包精炼时采用碱度为 4.46 的高碱度渣系, 用含 32.8% Al 的脱氧剂, 并进行 25 min VD 真空处理, 保持 [Als] ≤ 0.030%, 统计结果表明 GCr15 轴承钢的氧含量 ≤ 8 × 10<sup>-6</sup>。

**关键词** LF 精炼 GCr15 轴承钢 氧含量

## Effect of 90 t LF(VD) Refining Process on Oxygen Content in Bearing Steel GCr15

Pang Hongliang and Bian Yanjun

(Beiman Special Steel Beixing Co, Qiqihaer 161041)

**Abstract** The GCr15 bearing steel is produced by a 90 t EBT arc furnace - LF(VD) - 240 mm × 240 mm billet con-casting process at Beiman Special Steel. The statistic results showed that with using 4.46 high basicity slag series, deoxidant containing 32.8% Al, VD vacuum treatment for 25 min and controlling [Als] ≤ 0.030%, the oxygen content in GCr15 bearing steel was ≤ 8 × 10<sup>-6</sup>.

**Material Index** LF(VD) Refining, GCr15 Bearing Steel, Oxygen Content

### 1 电弧炉-连铸机设备和工艺

北满特钢北兴公司 2004 年采用 90 t EBT 电弧炉-LF(VD)-240 mm × 240 mm 方坯连铸工艺生产轴承钢共计 15 万 t, 占全国特钢企业轴承钢总量的 9%, 目前轴承钢氧含量平均在 7.71 × 10<sup>-6</sup>。电弧炉与连铸机的主要技术参数见表 1, 2。

北兴特钢冶炼工艺中采用合成渣补造渣系, 合成渣(CaO 51% ~ 53%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 47%)加入量为 3 kg/t。炉后再补充 CaO 保证渣量在 10 kg/t, 形成的

表 1 90 t AC EBT 电弧炉主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of a 90 t AC EBT arc furnace

项目	参数
投产年月	2002.11
熔炼周期/min	78
每天平均炉数	10.5
平均容量/t	101
炉料组成(废钢, 铁水, DRI 等)	废钢
变压器容量/MVA	85
电极直径/mm	610
电耗/kWh·t <sup>-1</sup>	440
电极消耗/kg·t <sup>-1</sup>	3.5
氧耗/m <sup>3</sup> ·t <sup>-1</sup>	48
年产量/万 t	30

表 2 连铸机主要技术参数

Table 2 Main technical parameters of billet concaster

项目	参数
中间包容量/t	21
铸坯断面/mm × mm	240 × 240
弧形半径/m	10.25
流数	4
流间距/mm	1 300
铸(拉)坯速度/m·min <sup>-1</sup>	0.60 ~ 1.0
铸坯定尺长度/m	5.9
冶金长度/m	28
矫直方式	多点连续
二次冷却方式	气雾冷却
电磁搅拌(M-EMS)	有
铸流保护	有
连铸机平均作业率/%	57.44
连铸机连浇铸炉数	5.6
平均浇铸时间/min	85
生产能力/万 t·a <sup>-1</sup>	50

渣系具有熔点低、成渣快及吸附夹杂物能力强的特点。渣系成分见表 3。

北兴特钢从 2005 年初开始进行一次性加铝试验和钢渣友试验, 钢渣友的作用是代替铝粉、铝粒进行脱氧, 钢渣友的主要成分如表 4。

电弧炉出钢仍按一次性加铝工艺进行沉淀脱氧, 出钢加入渣料: 石灰 1 000 kg, 合成渣 300 kg。

表 3 GCr15 轴承钢精炼渣系成分/%

Table 3 Ingredient of refining slag series for GCr15 bearing steel/%

项目	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaF <sub>2</sub>	R
调控前	20.31	44.18	14.26	7.47	6.27	2.17
调控后	12.83	57.30	7.48	18.02	1.89	4.46
日本山阳 <sup>[1]</sup>	13.20	57.80	4.30	15.80	7.80	4.38

表 4 脱氧剂钢渣的成分/%

Table 4 Ingredient of deoxidant Gangzhayou /%

SiO <sub>2</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al	H <sub>2</sub> O
7.25	3.8	0.92	5.09	44.5	32.8	<0.35

精炼到位加入 45 ~ 60 kg 钢渣友, 取样后加入 30 kg 钢渣友。成分调整后每隔 5 ~ 15 min 加入 15 kg 钢渣友, 从现场看加入钢渣友渣发泡性能大大增加, 渣较快变白, 试验分 3 阶段进行, 第 1、2 阶段只限白班进行, 结果无异常后再连续试验 35 炉, 整个试验生产了 50 炉, 共 10 t 钢渣友。其检验结果如表 5。期间分析了 3 炉轴承钢的 Ti 含量, 分别为  $25 \times 10^{-6}$ 、 $20 \times 10^{-6}$ 、 $32 \times 10^{-6}$ 。

表 5 钢渣友与铝碳粉脱氧效果对比

Table 5 Comparison of deoxidation effect between deoxidant Gangzhayou and aluminium carbon powder

脱氧剂	总炉数	检验炉数	[Als]/%	[O]/ 10 <sup>-6</sup>	夹杂物/级			
					A 细	A 粗	B 细	B 粗
钢渣友	50	33	0.021	6.90	0.41	0.31	0.09	0.08
铝碳粉	144	102	0.020	6.97	0.47	0.34	0.13	0.09

## 2 真空处理和吹氩工艺

北兴特钢在真空处理时采用真空度 67 Pa 以下保持 10 ~ 15 min 的精炼工艺。实行入 VD 前倒渣操作, 保证倒渣在 400 kg 左右。统计结果表明倒渣较不倒渣氧含量平均降低  $0.15 \times 10^{-6}$ 。

VD 处理时间为 25 min, 能够满足生产需要并保证氧含量在  $8 \times 10^{-6}$  以下。

平均氩气流量在 80 L/min; 在加合金或增碳时, 氩气流量为 100 L/min; 抽真空时氩气流量为 70 L/min; 真空保持时氩气流量 60 L/min; 真空完毕软吹过程中氩气流量为 50 L/min。

## 3 精炼时间和 [Als] 对氧含量的影响

北兴特钢精炼炉变压器功率为 18 MVA, 现有渣系配比量及成分最适宜的精炼处理时间为 45 ~ 55 min。2004 年 11 月和 12 月统计的精炼时间

和氧含量关系如表 6。

表 6 LF 精炼时间与 GCr15 轴承钢中氧含量的关系

Table 6 Relation between LF(VD) refining time and oxygen content in GCr15 bearing steel

精炼时间/min	平均氧含量/10 <sup>-6</sup>	
	11 月	12 月
< 50	7.70	7.69
50 ~ 70	7.68	7.16
70 ~ 100	7.98	7.37
> 100	8.30	7.75

$$K = [\%Al]^2 [\%O]^3$$

$$\lg K = -64900/T + 20.6$$

从脱氧反应及其平衡常数可见, 在一定的温度下, [Al] 的提高有利于 [O] 的降低, 用铝作为终脱氧剂, [Als] 达 0.030% ~ 0.050% 时, 钢液中的氧几乎全部变为 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 因此必须保证一定的 [Als] 量。现采用一次性加铝工艺, 实验表明 [Als] 在 < 0.005 0% 时, [O] 很高, 最合适的范围为 0.010% ~ 0.026%, 太高易造成连铸水口堵塞并增加成本。表 7 是 2004 年两个月的 [Als] 与氧含量的关系。

表 7 [Als] 含量与 GCr15 轴承钢中氧含量的关系

Table 7 Relation between [Als] and oxygen content in GCr15 bearing steel

[Als]/%	平均氧含量/10 <sup>-6</sup>	
	11 月	12 月
< 0.005	8.64	7.86
0.006 ~ 0.010	7.84	7.96
0.011 ~ 0.015	8.02	7.06
0.016 ~ 0.030	8.08	7.10

## 4 结论

通过对精炼渣成分、真空度、真空保持时间、钢中 [Als] 含量、精炼处理时间及脱氧度等的有效控制, 使轴承钢平均氧含量达到  $7.50 \times 10^{-6}$ 。

### 参考文献

- 王平, 马廷温, 张鉴, 等. 日本轴承钢生产现状. 特殊钢, 1991, 12(2): 6

庞洪亮(1973-), 男, 工程师, 技术科科长。1995 年佳木斯工学院毕业, 从事冶炼、轧钢质量攻关及生产工作。

收稿日期: 2005-09-01