

· 工艺技术 ·

武钢 Consteel EAF-LF(VD) -CC 工艺生产轴承钢棒材的质量控制

熊玉彰¹ 张贤忠¹ 陈庆丰¹ 谈知良² 韦泽宏² 徐冠宇²

(1 武钢研究院,武汉 430080; 2 武钢鄂钢公司,鄂州 436002)

摘要 武钢鄂钢公司采用 70 t Consteel EBT EAF-LF(VD) -CC 工艺生产高碳铬轴承钢 GCr15 棒材。通过控制电弧炉终点碳 $\geq 0.25\%$ 和高碱度渣精炼,使 $[S] \leq 0.004\%$, $T[O] 0.0008\% \sim 0.0012\%$ 。检验结果表明,钢中非金属夹杂物 A、B 类夹杂物 ≤ 1.20 级,C 类夹杂物为 0,D 类夹杂物 ≤ 0.5 级。

关键词 电弧炉 轴承钢 质量控制

Quality Control of Bar Products of Bearing Steel Produced by Consteel EAF-LF(VD) -CC Process at Wuhan Iron and Steel

Xiong Yuzhang¹, Zhang Xianzhong¹, Chen Qingfeng¹, Tan Zhiliang², Wei Zehong² and Xu Guanyu²

(1 Research and Development Center, Wuhan Iron and Steel (Group) Corp, Wuhan 430080;

2 Egang Co, Wuhan Iron and Steel (Group) Corp, Ezhou 436002)

Abstract The bar products of high C chromium bearing steel GCr15 are produced by 70 t Consteel EBT EAF - LF (VD) - CC process at Egang Co, Wuhan Iron and Steel. The results showed that with controlling EAF end carbon $\geq 0.25\%$, using high basicity slag refining, so that $[S] \leq 0.004\%$, $T[O] 0.0008\% \sim 0.0012\%$, the rating of A and B series inclusions in steel was respectively ≤ 1.20 , of C series inclusions was 0 and of D series inclusions was ≤ 0.5 .

Material Index Electric Arc Furnace, Bearing Steel, Quality Control

1 工艺装备和冶炼工艺控制

武钢鄂钢公司电炉厂主要由 1 台 Consteel 电弧炉、钢包精炼炉-LF、真空脱气装置-VD,1 机 4 流圆、方、矩形坯兼容的弧型连铸机以及相应配套设施组成。设计规模为年产连铸坯 45 万 t。其轴承钢生产

的工艺装备特点如表 1。

1.1 冶炼终点碳

用 50% ~ 70% 铁水 + 废钢作为 GCr15 轴承钢(表 2)的冶炼原料,终点 $[C]$ 控制在 0.26% ~ 0.87% (平均 0.56%)。

表 1 GCr15 轴承钢棒材生产的主要装备和工艺参数
Table 1 Main equipment and process parameters for production of GCr15 bearing steel bar products

流程	项目	参数
EAF	炉料结构	50% ~ 70% 铁水 + 废钢冷料
	熔炼方式	炉门碳氧枪 + 炉壁氧枪
	出钢方式	偏心炉底出钢(EBT)
	出钢量/t	70
	留钢量/t	20 ~ 30
LF	钢包炉容量/t	70
	变压器容量/MVA	14
	电极直径/mm	350
	搅拌方式	底吹氩
	升温速度/($^{\circ}\text{C} \cdot \text{min}^{-1}$)	5
VD	真空脱气装置型式	罐式
	真空泵型式	5 级蒸汽喷射泵
	工作真空度/Pa	66.7
	抽气速度	6 min(从大气压到 66.7 Pa)
CC	铸坯断面/mm × mm	200 × 200
	保护浇铸手段	吹氩
	结晶器电磁搅拌	EMS
	结晶器液面控制手段	Cs137
	二次冷却形式	喷雾

表 2 GCr15 轴承钢的化学成分/%

Table 2 Chemical composition of GCr15 bearing steel /%

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Ca	O
0.95 ~ 0.15	0.15 ~ 0.25	~	\leq	\leq	1.40 ~	\leq	\leq	\leq
1.05	0.35	0.45	0.025	0.025	1.65	0.005	0.0010	0.0012

1.2 钢中 N、Ti

由图 1(a)可见,电弧炉冶炼时从原料到出钢全过程的措施保证低的终点氮含量;LF 精炼操作虽然使增氮量有所增加,但维持在较低的水平;VD 过程采取延长高真空处理时间可使脱氮率达 20% 以上。

由图 1(b)可见,铁水和废钢带入钢液中的 Ti 均能通过氧化反应使其含量 $\leq 0.001\%$,但由于合金的加入,使钢液中 Ti 含量有所增加,在 EBT 出钢加合金后钢水的 Ti 含量达到 0.008%,增加量为 0.007%。另外,由于高温使含有 TiO_2 的钢包耐火材料中的 Ti 也极易进入钢液,导致钢中 Ti 含量增加。但随着钢水进一步精炼,钢水趋于完全脱氧,钢

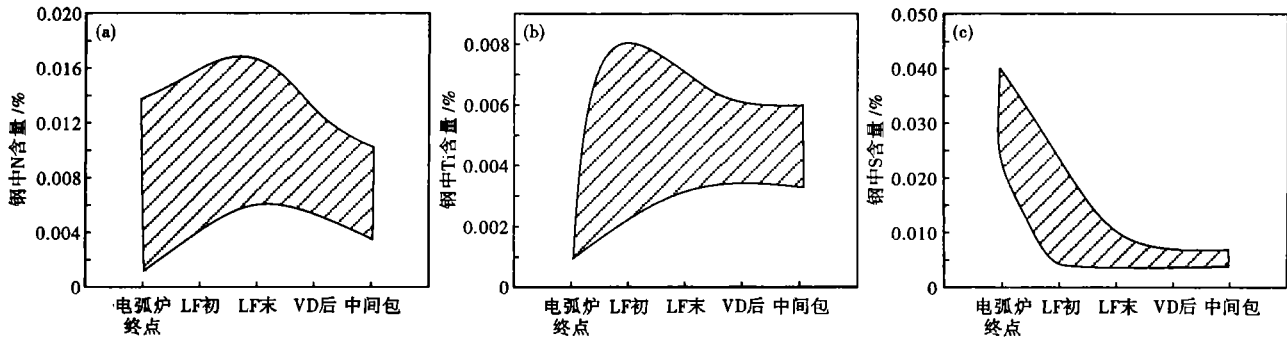


图1 冶炼期钢水氮含量(a)、钛含量(b)和硫含量(c)的变化

Fig.1 Change of nitrogen content (a), Titanium content (b) and sulphur content (c) in liquid steel at each steelmaking period

水中的Ti与精炼渣中TiO₂的平衡被打破,钢水中的Ti含量明显降低。

1.3 钢中S、O

精炼期渣为CaO-SiO₂-Al₂O₃渣系(表3)。LF高碱度白渣、强还原性气氛及良好吹氩搅拌,保证[S]低于 50×10^{-6} ;经VD处理,在高真空条件下渣钢充分混合搅拌,保证[S]低于 40×10^{-6} (图1c)。

表3 LF精炼期炉渣的成分和碱度

Table 3 Ingredient and basicity of slag during LF refining

渣成分/%						CaO/SiO ₂
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	
13.38	15.54	62.36	3.35	0.027	0.62	4.7

轴承钢中的氧含量对其疲劳寿命有着重要影响^[1],而GCr15轴承钢中的氧主要是通过精炼处理来去除的。武钢鄂钢电炉厂生产GCr15轴承钢中氧含量控制在0.0008%~0.0012%,平均为0.0011%,与国内外先进轴承钢生产厂轴承钢氧含量控制在0.0005%^[2,3]左右相比还有一定的差距。

2 轧制工艺

GCr15轴承钢在蓄热式加热炉中的预热段温度 ≤ 850 ℃,避免了其在脆性转变温度内由于快速加热而产生裂纹的可能性;加热段和均热段温度控制在1200~1230℃,加热时间 ≥ 3 h;但由于终轧温度控制在900~1000℃,对改善碳化物带状和网状不利。

3 夹杂物的控制

表4是轧制规格为 $\Phi 35 \sim 60$ mm圆钢非金属夹杂物平均级别控制情况。由表4可见,A类硫化物夹杂级别平均为1.05,B类氧化铝类夹杂级别平均为1.19,C类硅酸盐类夹杂级别为0,D类不变形夹杂级别平均为0.16。

由于高碱度精炼白渣(表3)具有脱氧能力强、

表4 GCr15轴承钢棒材中非金属夹杂物的检验结果/级
Table 4 Examination results of inclusions in bar products of GCr15 bearing steel /rating

规格/mm	A	B	C	D
$\Phi 35$	1.00	1.06	0	0.17
$\Phi 40$	1.14	1.50	0	0.17
$\Phi 45$	1.11	1.20	0	0.33
$\Phi 50$	1.00	1.00	0	0.14
$\Phi 55$	1.00	1.17	0	0.03
$\Phi 60$	1.00	1.25	0	0.08

脱硫效率高和较强的吸附夹杂物的功效,而且钢包底吹氩有良好的搅拌条件。因此,它能使钢中硫含量降到很低的程度(图1c),其硫化物夹杂也相应很少;但在GCr15轴承钢中应用铝脱氧造成钢中部分氧化铝类夹杂不能及时上浮去除。

4 结论

武钢鄂钢公司电弧炉冶炼终点碳控制在0.25%以上,避免了钢液的过氧化;N和Ti的控制也达到较低水平,部分炉次成品钢中N含量达到0.0029%;高碱度精炼渣系使钢中硫含量降低到0.0040%,而钢中全氧含量平均控制在0.0008%~0.0012%;非金属夹杂物主要是硫化物、氧化铝类和不变形夹杂物,但其级别较低,A、B类夹杂物分别小于1.20级;D类夹杂物小于0.5级。

参考文献

- 钟顺思,王昌生. 轴承钢. 北京:冶金工业出版社,2000
- 徐明华,虞明全,郭有铭. 轴承钢精炼与浇铸技术发展概况. 特殊钢,1999,20(6):1
- 李凤翔,孙东东,吴利生. 轴承钢的连铸生产. 特殊钢,1996,17(2):15

熊玉彰(1963-),男,高级工程师,副院长,1985年武汉科技大学毕业,钢铁新产品的研发和管理。