

高品质大规格 GCr18Mo 轴承钢的试制

汪质刚 肖爱平 潘明旭 安 钢 李秋志
(大冶特殊钢股份有限公司, 黄石 435001)

摘 要 大冶特钢通过铁水 + 废钢 - 60 t 电弧炉 - LF - RH - 5 t 锭模铸 - 热轧/热锻工艺, 成功生产出 $\Phi 300 \sim 350$ mm 高品质大规格 GCr18Mo 高碳铬轴承钢。结果表明, 通过 30% ~ 60% 铁水热装比, 控制废钢和合金料中的有害残余元素, LF 精炼和 RH 真空处理, 软吹 Ar, Ar 气保护浇铸等工艺措施, 使高洁净度大规格 GCr18Mo 轴承钢中 As 0.010% ~ 0.012%、(As + Sn + Sb) 0.022% ~ 0.025%、Pb 0.0007% ~ 0.0011%、Ti $(17 \sim 19) \times 10^{-6}$ 、Ca 3×10^{-6} 、[O] $(6.5 \sim 6.7) \times 10^{-6}$ 。A 类夹杂 0.5 ~ 1.5 级, B 类 0 ~ 1.0 级, C 类 0 级, D 类 0.5 ~ 1.0 级。

关键词 GCr18Mo 轴承钢 大规格 高洁净度 RH 真空脱气 夹杂物

Pilot Production of High Quality Heavy Round Sections of GCr18Mo Bearing Steel

Wang Zhigang, Xiao Aiping, Pan Mingxu, An Gang and Li Qiuzhi
(Daye Special Steel Corp Ltd, Huangshi 435001)

Abstract The $\Phi 300 \sim 350$ mm high quality heavy round sections of GCr18Mo high Carbon Chromium bearing steels have been successfully produced by hot metal + scrap - 60 t arc furnace - LF - RH - 5 t ingot casting - hot rolling / hot forging process at Daye Special Steel. Results showed that with the process measures such as hot metal charge ratio 30% ~ 60%, controlling deleterious residual elements in scrap and alloy materials, LF refining, RH vacuum treatment, soft Ar blowing and Ar gas shield casting, the As content in the high cleanliness heavy round sections of GCr18Mo bearing steel was 0.010% ~ 0.012%, (As + Sn + Sb) 0.022% ~ 0.025%, Pb 0.0007% ~ 0.0011%, Ti $(17 \sim 19) \times 10^{-6}$, Ca 3×10^{-6} , [O] $(6.5 \sim 6.7) \times 10^{-6}$, and rating of A grade inclusion was 0.5 ~ 1.5, B grade 0 ~ 1.0, C grade 0, and D grade 0.5 ~ 1.0.

Material Index GCr18Mo Bearing Steel, Heavy Round Sections, High Cleanliness, RH Vacuum Degas, Inclusion

大冶特钢通过铁水热装、二次精炼、模铸, 热轧或锻制工艺, 开发出高品质大规格轴承钢棒材, 其中热轧材规格达到 $\Phi 300$ mm, 热锻材规格可以达到 $\Phi 350$ mm。

1 产品技术特性

$\Phi 300 \sim 350$ mm GCr18Mo 轴承钢(表 1)热轧/热锻圆钢的技术要求为:

(1) 高的洁净度来保证轴承高的疲劳寿命; (2) 成分非常均匀, 保证了均匀的碳化物组织、尺寸等; (3) 控制较低的五害和残余元素含量; (4) 成材规格大, 是国内最大规格高端轴承钢, 同时要求良好的组织状态, 以保证热处理性能。

冶炼及加工过程容易出现的质量问题: 夹杂物、残余元素、氧含量超标及组织不合格, 同时由于规格大, 低倍内部组织难以保证。

2 工艺流程及生产设备

大冶特钢生产该品种的工艺流程为: 高炉铁水 + 废钢 \rightarrow 60 t 交流高功率电弧炉 \rightarrow LF 钢包精炼炉 \rightarrow RH 循环真空脱气处理 \rightarrow 软吹氩处理 \rightarrow 模铸 5 t 钢锭 \rightarrow 钢锭退火 \rightarrow 轧制 $\Phi 300$ mm 或锻制 $\Phi 350$ mm 棒材。钢锭平均断面为边长 600 mm 的正方形, 成材压缩比为 3.5 ~ 5.0。其中电弧炉实际容量达 72 ~ 75 t, 冶炼周期 67 min, LF 精炼周期 55 ~ 60 min/炉。

表 1 GCr18Mo 轴承钢的化学成分和气体含量
Table 1 Chemical compositions and gas content of GCr18Mo bearing steel

项目	化学成分/%														残余元素和 氧含量/ 10^{-6}			
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu	Al	V	As	Sn	Sb	Pb	Ti	Ca	[O]
1	0.95	0.64	0.23	0.009	0.006	1.71	0.04	0.24	0.11	0.027	≤ 0.01	0.010	0.008	0.003	0.000	18	3	6.5
2	0.94	0.65	0.23	0.009	0.005	1.70	0.04	0.24	0.11	0.029	≤ 0.01	0.011	0.008	0.003	0.001	17	3	6.6
3	0.95	0.66	0.23	0.009	0.006	1.72	0.04	0.25	0.11	0.027	≤ 0.01	0.011	0.009	0.003	0.000	19	3	6.7
标准	0.93 ~ 0.60	~ 0.20	~	\leq	\leq	1.60 ~	\leq	0.20 ~	\leq	0.01 ~	-		≤ 0.075	\leq	\leq	\leq	\leq	\leq
要求	1.03	0.80	0.35	0.025	0.025	1.95	0.25	0.30	0.30	0.05	-		(As ≤ 0.04)	0.002	50	10	15	

3 工艺操作

3.1 电弧炉冶炼

电弧炉炉料为铁水 + 废钢, 铁水热装比为 30% ~ 60%。并控制炉料中的有害元素(表 2)。

电弧炉冶炼过程中, 确保出钢终点 C 在 0.4% 以上。为了保证无渣出钢和最佳冶炼效果, 留钢量控制在 10% ~ 15%^[1]。出钢过程中随钢流依次加入合金、脱氧剂、造渣材料, 同时喂铝线。

为减少钢中 TiN 类夹杂物, 必须控制钢水中的 Ti 含量, 在炉后加入合金的目的, 也是为了利用钢水的氧化气氛氧化掉合金中的一部分残余 Ti, 从而降低钢水中的 Ti 含量。同时控制合金中的 Ti 含量(表 3)。

表 2 钢铁料中的有害元素含量/%

Table 2 Deleterious elements content in hot metal and scrap / %

炉料	As	Sn	Pb	Sb	Ti	Ca
铁水	0.017 0	0.009 0	0.002 1	0.001 9	-	-
废钢	0.002 1	0.005 8	0.000 4	0.000 4	0.001	0.000 8

表 3 电弧炉出钢合金中 Ti 含量和加入量

Table 3 Ti content in alloy and alloy adding amount during tapping in arc furnace

合金	Ti 含量/%	加入量/kg
Al	-	50 ~ 100
FeSi	≤ 0.08	120 ~ 180
中 Mn	≤ 0.05	500 ~ 800
高 Cr	≤ 0.05	1 500 ~ 1 800
FeMo	≤ 0.06	100 ~ 200

3.2 二次(真空)精炼

轴承钢中的 C、D 类夹杂物主要以 Ti 类和 Ca 类夹杂物为主, 所以要满足高洁净度的要求, 必须降低钢水中的 Ti、Ca 含量, 而 B 类夹杂物(氧化物夹杂)的含量是随固态金属中氧含量的增加而增加的^[2], 所以控制氧含量也是精炼过程的另外一个重要任务。

LF 冶炼过程主要有两项任务: (1) 减少夹杂物的数量(去气、去夹杂); (2) 改善夹杂物的形态(使塑性夹杂物的比例增加, 减少 CaO 型的球状夹杂物)^[3], 在 LF 采取分批造渣。精炼渣主要成分(%)为: 55 ~ 60CaO、17 ~ 20SiO₂、10 ~ 13Al₂O₃、8 ~ 9MgO。为了控制 C、D 类夹杂物在钢水中的形成, 精炼渣碱度控制在 3.0 左右为宜。

为进一步脱氧, 精炼炉喂 Al 线 100 ~ 150 m 进行沉淀脱氧, 成品 Al 控制在 0.02% ~ 0.04%。为

控制 C 类夹杂物的出现, 精炼后严禁 Ca 或 Ca 的合金进行夹杂物变性处理。

RH 大约每 4 min 整包钢水可以循环一次, 整个真空过程可以循环 6 ~ 8 次, 66.67 Pa 低真空度下保持时间 20 min, 可以循环 4 ~ 5 次。RH 处理后, 保持 20 min 以上的软吹 Ar 静置时间, Ar 流量保持在 12 ~ 15 m³/h, 使夹杂物充分上浮到渣中。

3.3 Ar 封保护浇铸防止二次氧化

模铸过程采用了 Ar 封保护浇铸装置。模铸采用三盘浇铸。

3.4 控制加热时间和温度

热轧成材时均热保温温度控制在 1 240 °C 左右, 均热时间 5 ~ 6 h, 成材规格 Φ300 mm; 热锻成材时均热温度控制在 1 180 ~ 1 200 °C, 均热时间 10 ~ 12 h, 成材规格 Φ350 mm。

4 检验结果

低倍组织按照 ISO4969-1980 标准检验, 根据 GB/T1979-2001 进行评级, 偏析、一般疏松 0.5 级, 中心疏松 0.5 ~ 1.5 级。

夹杂物按照 ISO4967:1988-A 法进行检验, 碳化物组织按照 SEP1520-1998 进行评定, 结果见表 4。化学成分和氧含量分别见表 1。

表 4 钢中夹杂物和碳化物检验结果

Table 4 Examination results of inclusion and carbide in steel

非金属夹杂/级				碳化物/级					
A		B		C		D		网状	偏析(带状)
细	粗	细	粗	细	粗	细	粗		
0.5 ~ 1.5	0.5 ~ 1.0	1.0	0 ~ 0.5	0	0	0.5 ~ 1.0	0.5	5.2 ~ 5.3	6.0 ~ 6.1
								7.2 ~ 7.3	

5 结论

通过工艺优化生产的 Φ300 ~ 350 mm 高洁净度轴承钢, A 类夹杂物 0.5 ~ 1.5 级, B 类 0 ~ 1.0 级, C 类 0 级, D 类 0.5 ~ 1.0 级。经合适的热加工工艺和软化退火或缓冷, 可以得到良好的钢材内部质量。

参考文献

- 1 李士琦, 李伟立, 刘仁刚, 等. 现代电弧炉炼钢. 北京: 原子能出版社, 1995
- 2 栾燕, 褚翰林, 蔡莹莹, 等. 新编国外轴承钢标准汇编. 北京: 冶金信息标准研究院, 1999
- 3 钟顺思, 王昌生. 轴承钢. 北京: 冶金工业出版社, 2000

汪质刚(1973-), 男, 工程师, 1996 年北京科技大学毕业, 从事轴承钢工艺、产品开发和材料研究。

收稿日期: 2007-12-07