

120 t 转炉-LF-RH-CC 流程生产 GCr15 轴承钢的工艺和冶金质量

刘明¹ 柯晓涛¹ 邓通武¹ 陈小龙² 程书文² 李叙生² 蒲学坤²

(1 攀枝花钢铁研究院,攀枝花 617000; 2 攀枝花新钢钒股份有限公司,攀枝花 617067)

摘要 攀钢采用铁水预处理-120 t 顶底复吹转炉-LF-RH-280 mm × 380 mm 连铸工艺生产 GCr15 轴承钢。通过转炉采用挡渣技术和增碳法操作工艺,转炉终点碳 0.03% ~ 0.07%,出钢时加入含 CaC₂ 脱氧剂预脱氧,出钢后进行铝脱氧,LF 精炼渣碱度 CaO/SiO₂ 3.0 ~ 5.0,中间包平均钢水过热度为 26.5 °C。检验结果表明,铸坯的碳偏析指数为 1.08,平均 [O] 为 8×10^{-6} , [P] ≤ 0.015%, [S] ≤ 0.011%,夹杂物级别满足标准要求。

关键词 转炉-LF-RH-CC 流程 GCr15 轴承钢 冶金质量

Processing and Metallurgical Quality of Bearing Steel GCr15 Produced by 120 t Converter-LF-RH-CC Flow Sheet

Liu Ming¹, Ke Xiaotao¹, Deng Tongwu¹, Chen Xiaolong², Cheng Shuwen², Li Xusheng² and Pu Xuekun¹
(1 Panzhihua Iron and Steel Institute, Panzhihua 617000; 2 Panzhihua New Steel & Vanadium Co Ltd, Panzhihua 617067)

Abstract Bearing steel GCr15 is produced by hot metal pretreatment-120 t top and bottom combined blown converter-LF-RH-280 mm × 380 mm CC process at Pan Steel. With converter recarburization practice and slag stopping technology during tapping, controlling converter end [C] 0.03% ~ 0.07%, adding deoxidizing agent containing CaC₂ during tapping for pre-deoxidizing, deoxidizing by aluminium after tapping, controlling the basicity (CaO/SiO₂) of LF refining slag 3.0 ~ 5.0, and average overheat of liquid steel in tundish = 26.5 °C, the examination results showed that carbon segregation index was 1.08, average [O] 8×10^{-6} , [P] ≤ 0.015%, [S] ≤ 0.011%, and the rating of inclusion in steel met the requirement of standard.

Material Index Converter-LF-RH-CC Flow Sheet, Bearing Steel GCr15, Metallurgical Quality

国内外钢厂采用 LD 流程均生产了低 [O] 的轴承钢^[1,2]。攀钢装备有 LD-LF-RH-CC 方坯连铸生产线,研究并形成了低 T[O]、有害元素、非金属夹杂物和碳化物控制等关键技术,生产出了符合质量要求的 GCr15 轴承钢,生产中每中间包次连浇达到 8 炉以上,实现了轴承钢的批量生产。

1 轴承钢生产

攀钢转炉流程生产 GCr15 轴承钢工艺为“铁水预处理→120 t 顶底复吹转炉冶炼→LF 精炼→RH 真空处理→6 流 280 mm × 380 mm 方坯连铸”。

1.1 转炉冶炼

本文所述的轴承钢没有对转炉冶炼工艺作大的调整,也就是采用了现行的挡渣技术和增碳法操作工艺,实际操作中转炉终点碳基本控制在 0.03% ~ 0.07%,和冶炼普通钢相比,转炉冶炼轴承钢仅存在如下区别:(1)适当加大转炉造渣量(多加造渣料 20 kg/t_钢),转炉采用流渣操作,以降低转炉终点磷含量;(2)转炉终点前 1 min 加入高镁料造渣,稠化终渣减少下渣量,算可减少下渣量 2 ~ 4 kg/t_钢;(3)转炉采用低拉增碳法冶炼轴承钢时,终点转炉渣的氧

化性指标全铁 (TFe) 几乎达到了 23% 以上。为此,采用了出钢过程中加入含 CaC₂ 的脱氧剂对钢渣进行预脱氧,出钢后渣中 FeO 平均降低到 4.5%;(4)转炉出钢后采用铝深脱氧方式,控制钢中 [Al]_s 在 0.03% 以上,降低钢中氧活度到 5.0×10^{-6} 以下;(5)出钢后大流量吹氩,利用钢水的热容量使钢包渣熔化。

1.2 LF-RH 精炼

在转炉冶炼节奏下,一般 LF 的纯精炼时间不能高于 25 min,为此采用了铝丸对钢渣进行快速脱氧,可使 LF 平均精炼时间控制在 20 min 内,实测精炼渣中的 FeO 可控制在 0.5% ~ 1.15% (平均为 0.75%)。为了避免轴承钢的 D 类夹杂超标,要求精炼渣碱度必须控制在 5.0 以下,实际生产控制见表 1。要求 RH 在极限真空条件下处理 13 min 以上,实际纯处理时间在 13 ~ 15 min。

1.3 中间包过热度

攀钢采用 6 机 6 流方坯连铸机共浇铸 98 炉 (12 个包次),计 1.28 万 t 轴承钢,通过严格控制转炉出钢、LF 出站等过程温度,连铸中间包平均过热度可

表1 LF精炼渣成分,16炉/%
Table 1 Ingredient of LF refining slag, 16 heats /%

项目	CaO	SiO ₂	MgO	Al ₂ O ₃	CaO/SiO ₂
范围	48.72 ~ 54.15	12.96 ~ 15.38	3.53 ~ 6.36	16.26 ~ 24.64	3.05 ~ 4.96
平均	50.91	13.90	5.37	21.62	3.68

控制在25℃左右。图1是一个浇铸包次的中间包过热度控制范围在15~40℃,平均过热度(a)为26.5℃。实测280 mm×380 mm铸坯的最大碳偏析度仅为1.08。

1.4 轧制

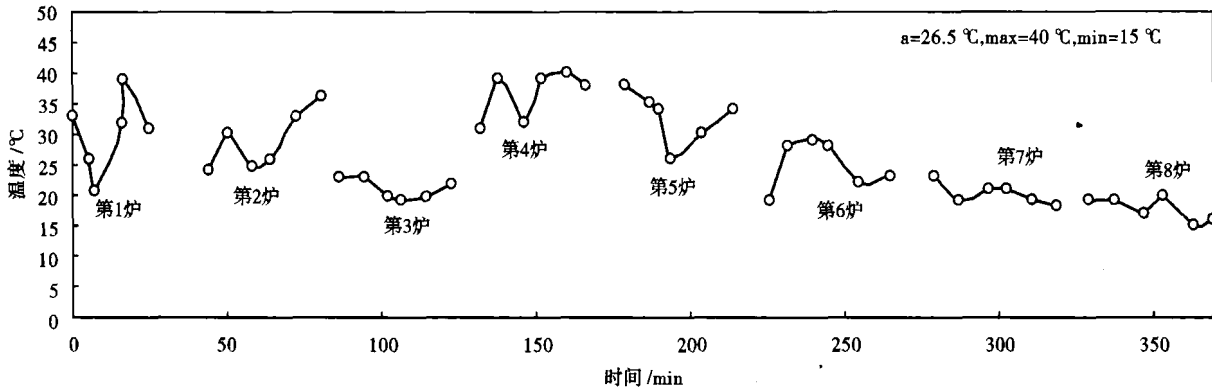


图1 一个浇次(8炉)中各炉次中间包钢水过热度的分布
Fig. 1 Distribution of liquid steel overheating of each heat in tundish for one casting batch (8 heats)

铸坯在均热坑加热,总加热时间5.0~8.5 h,最高加热温度1250℃,高温区停留时间3.0~5.0 h,然后在Φ825 mm轧机上轧制成130 mm或150 mm方坯。方坯冷却后,再在步进式加热炉加热,随后在Φ550 mm轧机上轧制成Φ38~85 mm的成品轴承钢棒材。

2 冶金质量

2.1 化学成分

表2是有害元素的控制情况,由表2可见,GCr15轴承钢的T[O]控制在0.0005%~0.0012%,平均为0.0008%;[P]和[S]大多数控制在0.0010%以下。另外,在攀钢特有的含残钒和钛的铁水条件下,仅转炉采用“流渣”操作工艺,轴承钢的[Ti]最低达到了0.0010%,平均也达到了0.0026%的水平。

表2 成品轴承钢[O]、[Ti]、[P]、[S]的分布,35炉
Table 2 Distribution of [O], [Ti], [P] and [S] in bearing steel products, 35 heats

项目	[O]/10 ⁻⁶	[Ti]/10 ⁻⁶	[P]/%	[S]/%
最大值	12	45	0.0014	0.0011
最小值	5	10	0.0007	0.0003
平均	8	26	-	-

转炉流程实际控制镍含量≤0.05%、铜含量≤0.06%、钼含量≤0.01%,均达到了GB/T18254-2002标准的要求。

2.2 夹杂物

轴承钢成品夹杂检验结果表明,无论细系还是粗系,转炉轴承钢的A、B、C、D类夹杂的评级结果均满足标准要求,其中A类评级均≤1.5级,A细比标准还高一个级别;B细≤1.5级,B粗≤0.5级;C类评级全部为0级;D细为0级,D粗≤1.0级。

2.3 碳化物

Φ38~85 mm轴承钢碳化物带状≤2.5级,液析≤0.5级,成品材无论碳化物带状或液析均得到了较好的控制,满足GB/T18254-2002标准的要求。

3 结语

攀钢在“铁水预处理→转炉冶炼→LF精炼→RH真空处理→方坯连铸”工艺条件下,批量生产GCr15轴承钢的化学成分控制、洁净度指标T[O]、成品非金属夹杂和碳化物不均匀性等技术指标,均达到GB/T18254-2002标准的要求。

参考文献

- 周德光,傅杰,王平,等.超纯轴承钢的生产工艺及质量进展.钢铁,2000,35(12):19
- 杨广前.120 t转炉冶炼GCr15轴承钢的工艺实践.特殊钢,2004,25(1):41

刘明(1963-),男,高级工程师,1983年重庆钢铁学校毕业,钢铁材料及炼钢工艺研究。