

50 t EAF-LF(VD)-CC 流程冶炼轴承钢的氮含量控制

胡蒙均¹ 李法兴¹ 赵俊学¹ 王 梁¹ 孙永喜²

(1 西安建筑科技大学, 西安 710055; 2 莱芜钢铁股份有限公司, 莱芜 271105)

摘 要 分析莱钢 50 t EAF-LF(VD)-CC 冶炼工艺各期 GCr15 轴承钢中氮含量的变化, 得出电弧炉终点 [N] 为 $(23 \sim 36) \times 10^{-6}$, 成品材 N 含量为 $(79 \sim 104) \times 10^{-6}$ 。为降低轴承钢中的 N 含量, 采取电弧炉兑入铁水量 $\geq 35\%$ 、用低氮增碳剂、优化 LF 精炼操作、VD 真空度 ≤ 67 Pa、长水口和氩气保护浇铸等措施, 使 GCr15 轴承钢的平均氮含量从 91.6×10^{-6} 降至 54.8×10^{-6} 。

关键词 50 t EAF-LF(VD)-CC 流程 GCr15 轴承钢 氮含量 控制

Control of Nitrogen Content in Bearing Steel Steelmaking by a 50 t EAF-LF(VD)-CC Flowsheet

Hu Mengjun¹, Li Faxing¹, Zhao Junxue¹, Wang Liang¹ and Sun Yongxi²

(1 Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055;

2 Laiwu Iron and Steel Co Ltd, Laiwu 271105)

Abstract The nitrogen content in GCr15 bearing steel at each melting phase in 50 t EAF-LF(VD)-CC process was analyzed to obtain that the EAF end [N] was $(23 \sim 36) \times 10^{-6}$ and the N content in products was $(79 \sim 104) \times 10^{-6}$. In order to decrease the N content in bearing steel, with charging $\geq 35\%$ hot metal in EAF, using low nitrogen carbonizing agent, optimizing LF refining operation, VD vacuum ≤ 67 Pa, long nozzle and argon shielding casting, the average nitrogen content in GCr15 bearing steel products decreased to 54.8×10^{-6} from original 91.6×10^{-6} .

Material Index 50 t EAF-LF(VD)-CC Flowsheet, GCr15 Bearing Steel, Nitrogen Content, Control

1 钢中氮含量影响环节

“EAF-LF-VD-CC”冶炼工艺流程生产的钢中氮含量由下式决定:

$$[N] = [N]_0 - \Delta[N]_1 + \Delta[N]_2 + \Delta[N]_3 - \Delta[N]_4 + \Delta[N]_5 + \Delta[N]_6$$

式中:[N]-钢中氮含量;[N]₀-炉料中原始氮含量; $\Delta[N]_1$ -电弧炉冶炼过程中的净脱氮,为脱氮量与增氮量的差; $\Delta[N]_2$ -电弧炉出钢至 LF 精炼开始钢液增氮量; $\Delta[N]_3$ -LF 精炼过程钢液增氮量; $\Delta[N]_4$ -LF 精炼结束至 VD 结束钢液脱氮量; $\Delta[N]_5$ -VD 结束至连铸中间包钢液增氮量; $\Delta[N]_6$ -连铸中间包至结晶器(连铸坯)增氮量。

目前高碳轴承钢的氮含量一般控制在 0.008% 左右^[1]。

2 莱钢 50 t 电弧炉冶炼高碳轴承钢工艺

工艺流程:配料→50 t 电弧炉→50 t LF→60 t VD→方坯连铸。

(1) 50 t 电弧炉。铁水比例 35% ~ 50%。供

电电压 513 V;4 支炉壁侧氧枪,总流量 3 000 m³/h;1 支炉门水冷氧枪,流量 1 800 m³/h;泡沫渣埋弧操作;偏心底出钢;出钢过程钢包内合金化、加入合成渣及铝预脱氧、钢包底吹氩搅拌。

(2) 50 t LF。钢液量 52 t/炉;合成渣量 500 kg/炉;钢包底吹氩搅拌;精炼中期取一次样前喂入铝线。

(3) 60 t VD。钢包入 VD 工位之前扒除部分精炼渣;真空度 67 Pa 以下保持时间 ≥ 15 min;VD 过程,钢包底吹氩搅拌;VD 后加入覆盖剂和炭化稻壳,软吹时间 15 min 以上浇铸。

(4) 连铸。浇铸 260 mm × 300 mm 和 180 mm × 220 mm 两种规格连铸坯;钢包至中间包铸流长水口吹氩保护;中间包加包盖;浇铸过程中间包内加覆盖剂和炭化稻壳保护;中间包至结晶器铸流浸入式水口保护;专用保护渣。

3 钢中氮含量变化实测

多炉的测定结果,电弧炉熔清氮含量 $(31 \sim 32) \times 10^{-6}$;电弧炉终点氮含量 $(23 \sim 36) \times 10^{-6}$;

LF 精炼前氮含量 $(51 \sim 61) \times 10^{-6}$; VD 真空处理前氮含量 $(61 \sim 96) \times 10^{-6}$; VD 真空处理后氮含量 $(59 \sim 75) \times 10^{-6}$; 连铸中间包氮含量 $(79 \sim 85) \times 10^{-6}$; 连铸坯成材氮含量 $(79 \sim 104) \times 10^{-6}$ 。

由测定结果可以看出, 采用“电弧炉-LF-VD-连铸”冶炼工艺流程生产轴承钢, 不同时期钢中的氮含量变化; 电弧炉全熔至电弧炉终点, 钢液中的氮含量略有降低; 电弧炉终点至 VD 前(LF 精炼结束), 钢液中的氮含量增加; VD 前至 VD 后, 钢液中氮含量总体是降低的, 出现一炉次增加; VD 后至钢材(连铸坯), 钢中的氮含量增加。

4 电弧炉流程生产低氮轴承钢应采取的措施

(1) 保证足够大的铁水量(或生铁)兑入比例不低于 35%, 以稀释原始钢铁料中的氮含量; 铁水量大, 形成熔池早, 钢液能尽早被熔渣覆盖, 减少熔化过程钢液滴的吸氮; 大的脱碳量和脱碳速度, 是目前电弧炉降低钢液中氮含量的最有效手段, 熔清后, 脱碳量越大, 使钢液中的氮含量越低; 全程泡沫渣操作, 消除或减少电弧电离炉气中氮使之进入钢液; 电弧炉终点碳不宜控制过高, 以适当增加出钢时钢液中的溶解氧含量, 降低出钢过程钢流的吸氮量。

电弧炉出钢过程增碳应选用低氮增碳剂; 出钢后, 钢包内应获得足够厚的熔渣层, 并控制合适的钢包底吹氩流量, 钢液面不得裸露。

增加合成渣加入量, 应由 10 kg/t 钢提高到 15~20 kg/t 钢, 以确保精炼炉埋弧操作; 精炼过程避免大氩气流量搅拌钢液。

(2) 通过优化 LF 精炼操作, 显著降低入 VD 时钢液中的氧硫含量; VD 过程, 熔渣量越少越有利于钢液中氮的脱除; 保证钢渣不溢出的情况下, 增加氩气搅拌流量, 促进氮的脱除。

(3) VD 后, 加入钢包覆盖剂, 软吹过程, 控制好氩气流量, 必须保证钢液面不裸露, 不与大气直接接触。VD 后 $[N]$ 降至 $(40 \sim 55) \times 10^{-6}$ 平均 46.4×10^{-6} 。

(4) 钢包至中间包钢流加长水口氩封保护, 长水口与钢包下水口接触严密无缝隙; 从引流砂材质和规范填充操作上保证钢包水口自开率, 避免烧氧引流, 敞开浇铸; 中间包内加入中间包覆盖剂, 中间包包盖安装一定数量的氩气喷嘴, 大氩气流量吹扫中间包内空气, 使中间包内大气含氧量

必须在 0.1% 以下。浇铸过程控制合适的流量, 氩气保护中间包浇铸。这一措施后 $[N]$ 降至 $(43 \sim 61) \times 10^{-6}$ 平均 50.8×10^{-6} 。

(5) 中间包至结晶器钢流加浸入式水口氩封保护浇铸, 浸入式水口与中间包水口接触严密无缝隙; 必须保证浇铸过程保护渣在结晶器内始终保持完好的 3 层结构, 并且结晶器液面稳定。

采取工艺优化措施后效果如图 1。从图 1 中看出, 出钢到 LF 增氮严重, 分别由 29.5×10^{-6} 增至 58×10^{-6} 和 49.6×10^{-6} ; LF 工位吸氮量由 58×10^{-6} 降到 49.6×10^{-6} ; 特别是 VD 后氮含量由 66.7×10^{-6} 降到 46.4×10^{-6} ; 在连铸工序控制吸氮量效果明显。

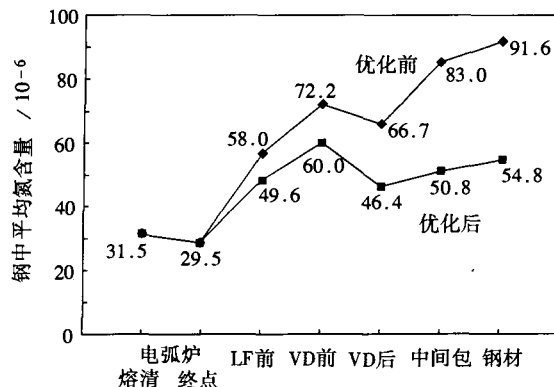


图 1 工艺优化前后在冶炼各期 GCr15 轴承钢中氮含量的比较

Fig. 1 Comparison of nitrogen content in GCr15 bearing steel at each melting phase before and after process optimization

5 结语

采取优化工艺措施后, GCr15 钢材中氮含量从 91.6×10^{-6} 降至 54.8×10^{-6} 。目前国外 VD 精炼后, $[N]$ 稳定在 $\leq 30 \times 10^{-6}$, 与之相比还存在一定差距, 今后还应做进一步工作。

参考文献

- 1 赵沛, 成国光. 炉外精炼及铁水预处理实用技术手册. 北京: 冶金工业出版社, 2004: 106

胡蒙均(1977-), 男, 西安建筑科技大学硕士研究生, 钢铁冶炼工艺。

收稿日期: 2006-02-08