

N 含量对硼钢 35MnB 末端淬火性能的影响

杨高成 孙鸿平

(江阴兴澄特种钢铁有限公司, 江阴 214429)

摘要 35MnB 钢由 40 t EAF-LF-VD-180 mm × 180 mm 连铸的电弧炉流程和 100 t BOF-LF-RH-200 mm × 200 mm 连铸转炉流程冶炼。35MnB 钢技术协议要求 J19 HRC 值为 33 ~ 41。试验结果表明, 电弧炉流程生产的 35MnB 钢 J19 HRC 值为 25 ~ 28, 转炉流程生产的 35MnB 钢末端淬火试验 J19 HRC 值为 36 ~ 41。对比分析了电弧炉流程和转炉流程生产的 35MnB 钢的末端淬火性能。分析得出, 电弧炉流程生产的 35MnB 钢中的平均 N 含量高达 $(80 \sim 90) \times 10^{-6}$ 、转炉流程为 $(45 \sim 50) \times 10^{-6}$, 电炉钢中高 N 含量影响了 B 对提高钢材淬透性的作用, 为了保证钢材末端淬火性能, 应控制钢中 N 含量 $\leq 50 \times 10^{-6}$ 。

关键词 EAF-LF-VD-CC BOF-LF-RH-CC N 含量 硼钢 35MnB 末端淬火 淬透性

Effect of N Content on End-Quenching Property of Boron Steel 35MnB

Yang Gaocheng and Sun Hongping

(Jiangyin Xingcheng Special Steel Co Ltd, Jiangyin 214429)

Abstract Steel 35MnB is melted by 40 t EAF-LF-VD-180 mm × 180 mm billet CC arc furnace flow sheet and 100 t BOF-LF-RH-200 mm × 200 mm billet CC Converter flow sheet. The requirement of technical specifications for steel 35MnB is end-quenching hardenability J19 HRC value is 33 ~ 41. Examination results show that the J19 HRC value of steel 35MnB produced by arc furnace flow sheet is 25 ~ 28, and the J19 HRC value of steel 35MnB produced by converter flow sheet is 36 ~ 41. The end-quenching hardenabilities of steel 35MnB produced by arc furnace flow sheet and converter flow sheet have been compared and analyzed. It is obtained by analysis that the average N content in steel 35MnB produced by arc furnace reaches $(80 \sim 90) \times 10^{-6}$ and that produced by converter is $(45 \sim 50) \times 10^{-6}$, the high N content in EAF steel influences the effect of B to improve hardenability of steel products, in order to ensure the end-quenching properties of steel products, the N content in steel should be controlled $\leq 50 \times 10^{-6}$.

Material Index EAF-LF-VD-CC, BOF-LF-RH-CC, N Content, Boron Steel 35MnB, End-Quenching, Hardenability

35MnB 钢用于制作工程机械底盘链轨节, 用户后道加工工艺为锻造 → 机加工 → 表面淬火。最终得到一个很好的强韧配合, 表面硬度高, 耐磨, 心部有比较好的韧性^[1]。在技术协议中, 对 J1.5、J8、J19 末端淬火有要求。协议中的主要化学成分见表 1。

1 电炉钢的工艺要点、成分控制及末端淬火结果

电炉钢工艺路线为 40 t EAF → LF 精炼 → VD → 连铸 (180 mm × 180 mm) → 轧制成材 (Φ30 ~ 60 mm), 电炉原料主要为废钢和少部分生铁, 成分满足 $P \leq 0.015\%$ 、 $0.15\% \sim 0.20\%$ C, 即可出钢, 出钢方式为偏心炉底出钢, 在出钢过程中加入部分渣料和铝块预脱氧, 渣料组成 (300 kg 石灰 + 30 kg 萤石), 脱氧剂铝块加入数量按 0.5 kg/t_钢。

精炼全过程控制吹 Ar, 吹 Ar 流量 150 ~ 250 L/min, 吹 Ar 压力 0.3 ~ 0.5 MPa, 精炼时间 ≥ 45 min, 脱氧方式为复合脱氧, 在精炼前期根据钢中 Al 含量喂 Al 线 100 ~ 150 m 沉淀脱氧, 在精炼过程中

用碳化硅和铝粒加强渣面脱氧, 白渣精炼的时间 ≥ 20 min。精炼渣的主要成分 (%): 50 ~ 60CaO、10 ~ 15SiO₂、10 ~ 20Al₂O₃、3 ~ 8MgO、2 ~ 3CaF₂。

VD 真空处理时间 ≥ 25 min, 高真空时间 (≤ 133 Pa) ≥ 15 min, 破真空后, 喂 Ti 铁固 N, 再加入 B 铁, 调 B, 喂线后继续软吹 Ar 时间 ≥ 15 min, 35MnB 钢的主要成分、N 含量和 Ti/N 见表 1。

末端淬火 J19 全部不合, 协议要求 J19 33 ~ 41 HRC, 实际测量值 25 ~ 28 HRC (表 2)。

2 转炉钢的工艺要点、成分控制及末端淬火结果

转炉钢的工艺路线为 100 t BOF → LF 精炼 → RH 真空脱气 → 连铸 (200 mm × 200 mm) → 轧制成材 (Φ30 ~ 60 mm), 转炉加入原料约为 80% 铁水和 20% 废钢。成分满足 $P \leq 0.015\%$ 、 $C \geq 0.08\%$, 即可出钢, 在出钢过程中加入部分渣料和铝块预脱氧, 渣料组成 (500 kg 石灰 + 50 kg 萤石), 脱氧剂铝块加入数量按 1 kg/t_钢。

表 1 电弧炉和转炉流程冶炼的 35MnB 钢的主要化学成分、N 含量和 Ti/N

Table 1 Main chemical composition, N content and Ti/N in steel 35MnB melted by arc furnace and converter flow sheet

流程	化学成分/%								Ti/N
	C	Si	Mn	Cr	B	N	Ti	Al	
电弧炉	0.33~0.35	0.24~0.30	1.23~1.27	0.18~0.20	0.002 0~0.002 5	0.007 6~0.009 3	0.041~0.049	0.020~0.030	4.7~6.4
转炉	0.34~0.35	0.24~0.26	1.32~1.34	0.22~0.24	0.001 9~0.002 1	0.004 5~0.004 9	0.028~0.031	0.020~0.030	6.0~6.9
协议	0.32~0.36	0.15~0.35	1.00~1.40	0.15~0.25	0.000 5~0.003 5		≤0.050	0.015~0.045	

注:协议要求 P≤0.025%, 0.010%~0.025% S。

表 2 电弧炉和转炉流程生产的 35MnB 钢的末端淬火试验结果

Table 2 End-quenching hardenability test results of steel 35MnB produced by arc furnace and converter flow sheet

炉号	J1.5	J8	J12	J15	J17	J19	J21	J23
电弧炉 (5 炉)	51~ 53	48~ 51	37~ 40	31~ 35	28~ 32	25~ 28		
转炉 (4 炉)	53~ 56	51~ 53	49~ 53	45~ 48	41~ 44	36~ 41	33~ 39	30~ 36
协议 要求	51~ 58	48~ 55	-	-	-	33~ 41		

精炼全过程控制吹 Ar, 吹 Ar 流量 300~350 L/min, 吹 Ar 压力 0.6~0.9 MPa, 精炼时间 ≥50 min, 脱氧方式为复合脱氧, 在精炼前期根据钢中 Al 含量喂 Al 线 150~200 m 沉淀脱氧, 在精炼过程中用碳化硅和铝粒加强渣面脱氧, 白渣精炼时间 ≥25 min。精炼渣的主要成分(%): 50~60CaO、10~20SiO₂、10~20Al₂O₃、3~8MgO、2~3CaF₂。

在真空脱气阶段, RH 环流时间 ≥25 min, 高真空时间(≤133 Pa) ≥15 min, 破真空后, 喂 Ti 线固 N, 再加入 B 铁, 调 B, 喂线后继续软吹 Ar 时间 ≥15 min, 35MnB 钢的主要成分、N 含量和 Ti/N 见表 1。

末端淬火检验全部符合协议要求。表 2 为部分炉号的末端淬火结果。

3 电炉钢和转炉钢两炉末端淬火曲线对比

图 1 是两个代表炉号末端淬火曲线对比情况, 从图 1 看出, 转炉钢的末端淬火曲线在 J15 出现拐点, 但下降比较平缓, 电弧炉钢的末端淬火曲线在 J12 出现拐点, 而且下降比较剧烈。

4 电弧炉和转炉工艺对比分析

从表 2 看出, J8 点电炉钢和转炉钢末端淬火值相当, J12、J15、J17、J19 电炉钢比转炉钢 HRC 值平均值低 10~13。

电弧炉原料为废钢和少部分生铁, 钢水在高温电弧下增 N 明显, 并且电弧炉脱碳量小, 脱 N 率低, 导致成品气体 N 含量大部分都在 80×10^{-6} 以上。

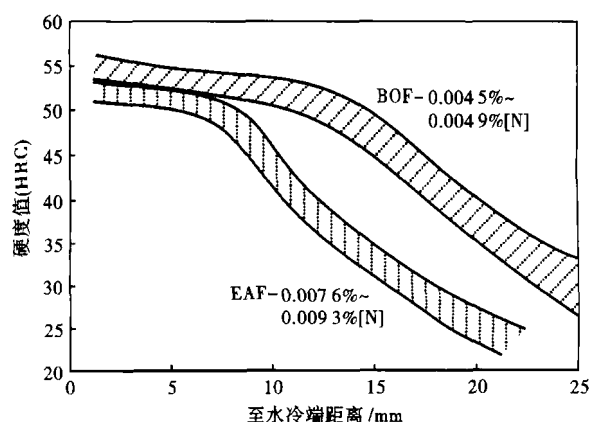


图 1 电弧炉流程和转炉流程生产的 35MnB 钢末端淬火试验的淬透性对比

Fig. 1 Comparison of end-quenching hardenability of steel 35MnB melted by arc furnace flow sheet and converter flow sheet

转炉脱碳量大, 碳氧反应生成 CO 去除气体 N 效果好, 在精炼和 RH 真空循环脱气后, N 含量得到很好的控制(表 1)。

对电弧炉流程各炉号和转炉流程各炉号喂 Ti 线固 N 工艺看, 电弧炉各炉号和转炉各炉号工艺没有本质区别, 都是在抽真空破空后, 喂 Ti 线或 Ti 铁固 N, 再加入 B 铁, 调 B 到内控范围。而且 Ti/N 都控制的相当, 都在 4~7, 都控制的比较好。

5 结论

从电炉钢和转炉钢中 N 含量及对末端淬火的试验结果对比得出, 钢中 N 含量控制过高, 极大的影响了 B 对提高钢材淬透性的发挥, 为了保证钢材的末端淬火性能, 必须采取有效措施控制钢中气体 N 含量。

参考文献

- 1 项程云. 合金结构钢. 北京: 冶金工业出版社, 2002

杨高成(1977-), 男, 工程师, 2001 年鞍山钢铁学院毕业, 新产品开发和工艺研究。

收稿日期: 2011-04-15