

承德建龙 70 t LD-LF-CC 流程生产 20CrMnTiH 齿轮钢的工艺实践

张志宏

(承德建龙钢铁有限公司设计管理处, 承德 067201)

摘要 通过高拉碳等操作使 LD 终点 [C] 0.05% ~ 0.13%, 出钢前钢包底预加钢芯铝、硅锰和铝锰进行脱氧合金化; 采用挡渣技术和全程吹氩, 控制 LF 精炼渣碱度 2.5 ~ 3.0, 加铝线脱氧, 控制钢水中 Al_S 0.020% ~ 0.045%, 加 Ti 后 T[O] ≤ 20 × 10⁻⁶, 精炼末期喂硅钙线等工艺措施。该钢 13 炉分析、检验结果表明, 该钢的成分 (%) 为: 0.17 ~ 0.22C, 0.26 ~ 0.34Si, 0.90 ~ 0.98Mn, 1.08 ~ 1.13Cr, 0.048 ~ 0.075Ti, 0.015 ~ 0.021P, 0.008 ~ 0.013S; 钢材的氧含量 ≤ 20 × 10⁻⁶, 氮含量 ≤ 70 × 10⁻⁶, J₀ 和 J₁₅ 淬透带宽 4 HRC, 各项指标达到标准要求。

关键词 20CrMnTiH 齿轮钢 LD-LF-CC 流程 工艺实践

Process Practice of Gear Steel 20CrMnTiH Production with 70 t LD-LF-CC Flow Sheet at Chengde Jianlong Steel

Zhang Zhihong

(Dept of Design and Management, Chengde Jianlong Iron and Steel Co Ltd, Chengde 067201)

Abstract With the technology operations such as catch carbon practice to get LD end [C] 0.05 ~ 0.13, pre-adding aluminium cladding steel, silicon-manganese and aluminium-manganese at bottom of ladle before tapping for deoxidization and alloying, using slag stopping technology and blowing argon in whole phase, controlling LF refining slag basicity 2.5 ~ 3.0, adding Al wire deoxidizing to control Al_S content in liquid steel 0.020% ~ 0.045%, after adding Ti the T[O] ≤ 20 × 10⁻⁶ and feeding silicon-calcium wire in end refining period, the examination results of 13 heats of the steel showed that the analysis of steel was 0.17 ~ 0.22C, 0.26 ~ 0.34Si, 0.90 ~ 0.98Mn, 1.08 ~ 1.13Cr, 0.048 ~ 0.075Ti, 0.015 ~ 0.021P and 0.008 ~ 0.013S; the oxygen content in steel products ≤ 20 × 10⁻⁶, nitrogen content ≤ 70 × 10⁻⁶, the width of hardenability band for J₀ and J₁₅ was HRC 4 and each property index met the requirements of standard.

Material Index Gear Steel 20CrMnTiH, LD-LF-CC Flow Sheet, Process Practice

20CrMnTiH 钢是常用的齿轮钢种^[1,2]。承德建龙钢铁有限公司开发了齿轮钢 20CrMnTiH, 2006 年 12 月连续成功试生产 20CrMnTiH 齿轮钢系列两批共 3 000 多吨, 钢坯合格率 100%。

1 生产工艺

工艺路线: 混铁炉 → 70 t 转炉 → 70 t LF → 200

mm × 200 mm 方坯铸机(全保护浇铸、结晶器电磁搅拌) → 切割 → 冷床 → 检验入库 → 热轧 20CrMnTiH 齿轮钢的化学成分见表 1。

2 工艺操作

(1) 采用高拉碳操作终点 [C] 保持在 0.05% ~ 0.13% (表 2)。

表 1 20CrMnTiH 齿轮钢的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of gear steel 20CrMnTiH / %

项目	C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S
国标	0.17 ~ 0.23	0.17 ~ 0.37	0.80 ~ 1.10	1.00 ~ 1.30	0.04 ~ 0.10	≤ 0.035	≤ 0.035
内控	0.19 ~ 0.21	0.25 ~ 0.29	0.90 ~ 1.00	1.10 ~ 1.20	0.05 ~ 0.07	≤ 0.020	≤ 0.015
实测值	0.17 ~ 0.22	0.26 ~ 0.34	0.90 ~ 0.98	1.08 ~ 1.13	0.048 ~ 0.075	0.015 ~ 0.021	0.008 ~ 0.013

(2) 出钢前包底预先加钢芯铝, 用硅锰和铝锰替代硅铁、锰铁和铝锭进行脱氧合金化; 采用挡渣技术和全程吹氩, 出钢后向包内加石灰粉稠化炉渣, 防止回磷。出钢完毕往钢包渣面铺撒 AD 粉、电石、复合脱氧剂, 为精炼造初期顶渣。

(3) 钢水到 LF 站后吹氩改强吹为中吹, 3 min

表 2 转炉钢水终点成分/%

Table 2 Analysis of LD end point liquid steel / %

项目	C	P	S
终点目标	0.05 ~ 0.06	≤ 0.015	≤ 0.025
终点含量	0.05 ~ 0.13	0.015 ~ 0.020	0.011 ~ 0.018

后取样测定氧含量, 要求钢水中自由氧 ≤ 5 × 10⁻⁶,

如氧含量偏高用铝线调整。

(4) 精炼渣碱度控制在 2.5 ~ 3.0, 精炼结束渣中 (MnO + FeO) < 1.5%。白渣保持时间大于 10 min。

(5) 为了提高 Ti 的回收率, 需要在钢中加入铝线深脱氧, 使出站的钢水中 Als 含量稳定控制在 0.020% ~ 0.045%。钛铁合金按成分的中限 0.06% 加入, 加 Ti 后 T[O] ≤ 20 × 10⁻⁶、[N] ≤ 70 × 10⁻⁶。

(6) 离站前喂硅钙线, 使得 CaO 与 Al₂O₃ 生成 12CaO · 7Al₂O₃, 在钢水中呈液态易上浮, 软吹时间 10 ~ 15 min。

(7) 连铸一个浇次 13 炉, 全保护浇铸, 中间包过热度 20 ~ 30 °C, 采用结晶器外置式电磁搅拌, 二冷比水量 0.4 L/kg, 拉速 1.2 ~ 1.3 m/min。

LF 采用 CaO-Al₂O₃-SiO₂-MnO 渣系, 成分见表 3。

表 3 LF 精炼渣成分和指标

Table 3 Ingredient and index of LF refining slag

精炼渣成分/%					指标	
CaO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	MnO	H ₂ O/%	粒度/mm
56 ~ 60	21 ~ 27	13 ~ 17	1.1 ~ 3.0	0.1 ~ 0.4	≤ 1	15 ~ 20

3 20CrMnTiH 的质量分析

3.1 化学成分

(1) 成品成分波动范围很小, 13 炉成品中元素的极差为 (%) 0.05C、0.08Mn、0.08Si、0.05Cr、0.027Ti, 精炼的平均脱碳率为 73.32%, 最高脱碳率达到了 84.62%, 磷、硫含量都在内控范围内。

(2) 转炉离站自由氧含量, 第 1 炉为 12 × 10⁻⁶, 其余炉次均 ≤ 5 × 10⁻⁶, 平均自由氧含量为 4.13 × 10⁻⁶。经国家钢铁材料测试中心分析(表 4), 钢坯中的 T[O] ≤ 20 × 10⁻⁶。由于氩气不足前几炉临时采用氮封导致钢中氮含量偏高, [N] ≤ 120 × 10⁻⁶, 采用氮封全保护浇铸后, [N] ≤ 70 × 10⁻⁶。

(3) 钛含量为 0.048% ~ 0.075%。Ti 在离站后至浇铸过程的平均烧损量为 0.0178%, 钛的回收率

表 4 20CrMnTiH 齿轮钢连铸坯中氧和氮含量/%

Table 4 Oxygen and nitrogen content in cast billet of gear steel 20CrMnTiH / %

炉号	LF 处理后氮封钢水		炉号	LF 处理后氮封钢水	
	T[O]	[N]		T[O]	[N]
10069	0.001 7	0.009 1	10075	0.001 7	0.005 2
10070	0.001 5	0.009 1	10076	0.001 5	0.004 2
10071	0.001 7	0.008 9	10077	0.001 6	0.004 1
10072	0.001 7	0.009 0	10078	0.001 7	0.004 3
10073	0.001 6	0.012 0	10079	0.001 9	0.003 9
10074	0.001 6	0.011 0	10080	0.002 0	0.003 7
			10081	0.001 8	0.004 4

平均为 60.68%。

3.2 淬透性

淬透性指标和淬透性带符合 GB5216-2004 要求, 由表 5 可见, J₉ 和 J₁₅ 的淬透带宽实测在 4 HRC, 在给用户提供时能够保证淬透带宽 ≤ 6 HRC。

表 5 20CrMnTiH 齿轮钢淬透性

Table 5 Hardenability of gear steel 20CrMnTiH

项目	J ₉ /HRC			J ₁₅ /HRC		
	最大	最小	带宽	最大	最小	带宽
GB/T5216-2004	42	30	13	35	22	13
实测值	38	34	4	31	27	4

3.3 非金属夹杂物

取 3 炉试样, 每炉在不同支的轧材上取 2 个试样。非金属夹杂物 A(塑性硫化物)、B(脆性氧化物)、D(铝酸盐)类均小于 1.5 级, C(塑性硅酸盐)类夹杂物为 0 级、晶粒度 7 级(表 6)。

表 6 20CrMnTiH 齿轮钢中夹杂物检验结果(3 炉)

Table 6 Examination results of inclusion in gear steel 20CrMnTiH, 3 heats

试样编号	A		B		C		D	
	粗	细	粗	细	粗	细	粗	细
国标	≤ 1.5	≤ 2.5	≤ 1.0	≤ 2.0	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 1.0
2006W-1836	0	1.0	0	1.0	0	0	0.5	1.0
2006W-1837	0	1.5	0	1.5	0	0	0.5	1.0
2006W-1838	1	1.5	0	0.5	0	0	0.5	1.0
2006W-1839	0	1.0	0	1.5	0	0	0.5	1.5
2006W-1840	0	1.0	0	1.5	0	0	0.5	1.5
2006W-1841	0	1.5	0	1.5	0	0	0	1.5

4 结论

(1) 经夹杂物 Ca-Si 变性处理后, 20CrMnTiH 齿轮钢 A、B、D 类夹杂物均小于 1.5 级, C 类夹杂物为 0 级、晶粒度 7 级, 淬透带宽 ≤ 6 HRC, 热顶锻正常, 结果优于国家标准控制范围。

(2) 20CrMnTiH 生产中, Als 控制范围 0.020% ~ 0.045% 时, 钢液氧含量降到较低水平, 采用氮封全保护浇铸, 经国家钢铁材料测试中心分析钢中的 T[O] ≤ 20 × 10⁻⁶, [N] ≤ 70 × 10⁻⁶。

参考文献

- 1 卢明霞, 裴爱诚, 周小明, 等. 齿轮钢 20CrMnTiH 连铸坯轧材的质量分析. 特殊钢, 2001, 22(6): 50
- 2 杨卫中. 汽车用齿轮钢 20CrMnTiH-1 的研制. 大型铸锻件, 2007(3): 18

张志宏(1975-), 男, 硕士研究生, 工程师, 2006 年北京科技大学毕业, 从事优特钢品种开发工艺的研究。

收稿日期: 2008-07-03