

## 攀钢转炉-大方坯连铸工艺生产齿轮钢 20CrMoH 的实践

蒲学坤

(攀枝花钢铁研究院, 攀枝花 617000)

**摘要** 攀钢采用 120 t 顶底复吹转炉→LF+RH 精炼→大方坯连铸(280 mm×380 mm)→热轧工艺生产规格为 Φ25~60 mm 的 20CrMoH 齿轮钢, 检验结果表明, 成品检验结果为成分(%): C 0.19~0.22, Mn 0.54~0.58, Cr 0.97~1.03, Mo 0.18~0.19, P 0.019~0.028, S 0.006~0.012, ΔHRC J<sub>9</sub> ≤6, J<sub>15</sub> ≤9, [O] ≤20×10<sup>-6</sup>, A, B 类夹杂 ≤1.5 级, C, D 类夹杂 ≤1.0 级, 机械性能和低倍组织均满足标准要求。

**关键词** 20CrMoH 齿轮钢 大方坯连铸 工艺实践

## Practice on Production of Gear Steel 20CrMoH by Converter-Bloom Concasting Process at Panzhihua Iron and Steel

Pu Xuekun

(Panzhihua Iron and Steel Research Institute, Panzhihua 617000)

**Abstract** The Φ25~60 mm round bars of gear steel 20CrMoH have been produced at Panzhihua Iron and Steel by 120 t top and bottom combined blown converter - LF+RH refining - 280 mm×380 mm bloom concasting - hot rolling process. The examination results showed that the products analysis was 0.19~0.22C, 0.54~0.58Mn, 0.97~1.03Cr, 0.18~0.19Mo, 0.019~0.028P, 0.006~0.012S; the hardenability band ΔHRC J<sub>9</sub> was ≤6, ΔHRC J<sub>15</sub> ≤9, [O] ≤20×10<sup>-6</sup>, inclusion rating number- type A, B ≤1.5 and type C, D ≤1; and the mechanical properties and macrostructure all met requirement of standard.

**Material Index** Gear Steel 20CrMoH, Concasting Bloom, Process Practice

攀钢自 2003 年 9 月大方坯连铸机投产后, 型线系统品种生产实现了 LF+RH 精炼和大方坯连铸, 从而使攀钢具备生产 20CrMoH 齿轮钢的能力。为此, 攀钢开发了 120 t 顶底复吹转炉→LF+RH 精炼→大方坯连铸(280 mm×380 mm)的工艺生产 20CrMoH 齿轮钢。

### 1 20CrMoH 齿轮钢生产工艺

攀钢 20CrMoH 齿轮钢生产工艺流程为: 120 t 转炉顶底复合吹炼→包内合金化→吹氩→LF+RH 精炼→大方坯连铸(280 mm×380 mm, 表 1)→热轧(Φ25~60 mm 圆钢)。

转炉冶炼工艺为: (1) 铁水[S] ≤0.020%; (2) 转炉终点[C]控制在 0.05%~0.15%之间; (3) 出完钢后钢包渣层厚度控制在 80 mm 以内; (4) 脱氧采用 BaCaSi 复合脱氧剂, 防止连铸中间包水口结瘤<sup>[1]</sup>; (5) 采用包内合金化, 在出钢过程中将铁合金加入到钢包中, 炉后小平台成分控制目标见表 2。碳含量控制在下限以下主要是考虑

表 1 攀钢大方坯连铸机的主要技术参数

Table 1 Main technical parameters of bloom concasting at Panzhihua Iron and Steel

项目	技术指标
机型	弧形六机六流
铸机半径/m	12
铸坯断面尺寸/mm	280×380, 280×325
铸坯定尺长度/m	3.7~8.0
电磁搅拌	结晶器电磁搅拌
结晶器型式	弧形结晶器
结晶器长度/mm	850
矫直方式	连续矫直
二冷方式	气雾冷却, 动态控制

到 LF 加热过程中要增碳; 铬和钼含量控制在中上限, 是考虑到尽量在前工序将其调整到位, 简化 RH 操作。

LF+RH 精炼工艺为: (1) LF 处理过程全程吹氩, 保证精炼时间大于 15 min; (2) RH 插入深度 450~700 mm, 氩气流量 1 400 L/min, 真空度 ≤300 Pa, 处理时间 ≥12 min; (3) 真空度达到规定要求后按表 2 内控进行成分微调, 并在真空状态下将钢中 Als 调整到 0.020%。

表2 转炉冶炼 20CrMoH 齿轮钢的成品成分和标准要求成分/%

Table 2 Analysis of product for converter melting and standard chemical composition requirement for gear steel 20CrMoH /%

项目	C	Si	Mn	Cr	Mo	P	S	Als
小平台目标	0.13~0.17	0.20~0.30	0.50~0.60	0.95~1.05	0.20~0.25	≤0.025	≤0.020	-
内控	0.18~0.22	0.20~0.30	0.45~0.65	0.85~1.05	0.15~0.25	≤0.025	≤0.020	0.020
成品分析值	0.19~0.22	0.25~0.28	0.54~0.58	0.97~1.03	0.18~0.19	0.019~0.028	0.006~0.012	0.019~0.022
标准要求	0.17~0.24	0.17~0.37	0.40~0.70	0.80~1.10	0.15~0.25	≤0.035	≤0.025	-

连铸工艺为:(1) 全程采用无氧化保护浇注技术;(2) 中间包过热度控制在 20~30℃,中间包目标温度为 1530~1540℃;(3) 结晶器电磁搅拌,频率 2.4 Hz,电流强度 400 A;(4) 拉速控制在 0.7~0.9 m/min;(5) 方坯连铸时二冷方式采用中冷,比水量按 0.35~0.45 L/kg 控制。

## 2 试验结果与分析

20CrMoH 齿轮钢化学成分结果见表 2。从表中可以看出 C、Si、Mn、Cr、Mo 五大主要元素含量均控制在一个较窄的范围内且比较稳定,都达到内控成分要求,其平均值与标准要求的中间值相差很小,分别为 +0.005%、-0.01%、+0.01%、

+0.05%、-0.01%。

采用 925℃ 正火 + 925℃ 淬火热处理工艺和 Φ25 mm 标准末端淬火试样,按 GB225-88 规定进行 20CrMoH 齿轮钢的淬透性检验,结果见表 3。

表3 20CrMoH 齿轮钢淬透性(HRC)

Table 3 Hardenability HRC of gear steel 20CrMoH

项目	J <sub>9</sub>				J <sub>15</sub>			
	最大	最小	平均	带宽	最大	最小	平均	带宽
实测	37	32	35	6	33.5	24.5	29.7	9
标准	38	30	-	9	35	24	-	12

20CrMoH 齿轮钢的非金属夹杂物、总氧含量和氢含量检验结果见表 4。从中可以看出,均达

表4 20CrMoH 齿轮钢纯净度和低倍组织

Table 4 Cleanliness and macrostructure of gear steel 20CrMoH

项目	非金属夹杂物/级				低倍组织/级			T[O]/	[H]/
	A	B	C	D	中心疏松	一般疏松	偏析	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-6</sup>
检验值	1.0~1.5	0.5~1.5	0~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0	0.5~1.0	0~0.5	13~20	1.6~2.2
汽齿标准	≤2.5	≤2.5	≤2.0	≤2.5	≤3.0	≤3.0	≤3.0	≤20	-

到“汽车齿轮钢市场准入条件”的要求,其中非金属夹杂物的控制显得更为突出,级别很低,与进口齿轮钢水平相当。说明攀钢采用 LF + RH 精炼配合方坯连铸能生产纯净度很高的优质齿轮钢,满足快速发展的汽车行业的要求。

通过攀钢连铸大方坯轧制规格为 Φ25~60 mm 的圆钢,其压缩比达到 37.7 以上,完全能够满足要求,低倍组织的评级结果非常理想(表 4),其级别远低于标准要求。

按 GB/T3077-1999 的规定检验 20CrMoH 齿轮钢的机械性能,结果见表 5。性能波动较小,均达

表5 20CrMoH 齿轮钢机械性能

Table 5 Mechanical properties of gear steel 20CrMoH

项目	σ <sub>b</sub> /MPa	σ <sub>s</sub> /MPa	δ/%	ψ/%	A <sub>KU</sub> /J
实际	700~825/791	890~965/915	17~22/20	69~75/72	81~117/96
标准要求	≥685	≥885	≥12	≥50	≥78

到标准要求,这得益于化学成分的精确控制。

## 3 结论

攀钢采用 120 t 转炉→LF + RH 精炼→大方坯连铸(280 mm × 380 mm)工艺生产 20CrMoH 齿轮钢是可行的,其化学成分、淬透性、纯净度、机械性能、低倍组织等指标均满足标准要求,非金属夹杂物达到国外进口齿轮钢的水平。

### 参考文献

- 胡文豪,叶俊辉,金进文. 硅钙钡脱氧剂的试验和推广. 宽厚板, 2003, 9(5): 9

蒲学坤(1970-),男,高级工程师,1994年东北大学毕业。从事型棒材新产品开发和冶炼工艺研究。

收稿日期:2004-12-02