

40 t EAF-LF-VD-3.7 t 铸锭工艺高品质齿轮钢 20MnCr5H-1 的研制

丁 忠 宋建萍 林 俊

(宝钢特钢有限公司制造管理部,上海 200940)

摘 要 采用 40 t 电弧炉-LF-VD-3.7 t 锭模铸-轧制工艺开发了 20MnCr5H-1 高品质齿轮钢(/% : 0.17 ~ 0.22C, ≤0.12Si, 1.0 ~ 1.5Mn, ≤0.035P, 0.015 ~ 0.035S, 0.8 ~ 1.3Cr, ≤0.002 0O, 0.015 ~ 0.045Al) - Φ80 mm 材。通过控制 EAF 终点[P] ≤0.015%, LF 精炼渣碱度 ≥2.5, 并调整钢中元素含量, VD 处理、喂硫线等工艺措施, 试制的 5 炉 20MnCr5H-1 钢的成分为(/%) : 0.16 ~ 0.20C, 0.05 ~ 0.12Si, 1.20 ~ 1.30Mn, 0.009 ~ 0.025P, 0.020 ~ 0.035S, 1.00 ~ 1.10Cr, 0.000 8 ~ 0.001 5O, 0.015 ~ 0.040Al, 淬透性带宽 ΔHRC 为 4, 各项指标均满足要求。

关键词 20MnCr5H-1 齿轮钢 40 t EAF-LF-VD-3.7 t 铸锭工艺 淬透性带 氧含量

Development of High Quality Gear Steel 20MnCr5H-1 by 40 t EAF-LF-VD-3.7 t Ingot Casting Process

Ding Zhong, Song Jianping and Lin Jun

(Manufacturing Manage Division, Baosteel Special Steel Co Ltd, Shanghai 200940)

Abstract The Φ80 mm rolled product of high quality gear steel 20MnCr5H-1 for car (/% : 0.17 ~ 0.22C, ≤0.12Si, 1.0 ~ 1.5Mn, ≤0.035P, 0.015 ~ 0.035S, 0.8 ~ 1.3Cr, ≤0.002 0O, 0.015 ~ 0.045Al) has been developed by 40 t EAF- LF- VD- 3.7 t ingot casting-rolling process. With the process measures including controlling EAF end [P] ≤0.015%, LF refining slag basicity ≥2.5 and adjusting content of elements in steel, VD treating and feeding sulphur wire, the analysis of 5 heats steel 20MnCr5H-1 is (/% :) 0.16 ~ 0.20C, 0.05 ~ 0.12Si, 1.20 ~ 1.30Mn, 0.009 ~ 0.025P, 0.020 ~ 0.035S, 1.00 ~ 1.10Cr, 0.000 8 ~ 0.001 5O, 0.015 ~ 0.040Al, hardenability band width ΔHRC 4, and each index all meets the requirement.

Material Index Gear Steel 20MnCr5H-1, 40 t-EAF-LF-VD-3.7 t Ingot Casting Process, Hardenability Band, Oxygen Content

我国特钢企业已能批量生产的新型齿轮钢有 Cr-Mo, Mn-Cr, Mn-Cr-B, Cr-Ni-Mn, Cr-Ni-Mo 系列钢种^[1-3]。宝钢特钢有限公司开展了高品质 20MnCr5H-1 钢的研发工作。

1 20MnCr5H-1 钢的技术要求和冶炼工艺控制

为了避免在渗层中发生内氧化形成“黑色网状组织”缺陷, Si 含量要求控制在 0.12% 以下, 同时为了提高切削性, 需要添加一定的硫含量^[4]。

20MnCr5H-1 齿轮钢标准化学成分见表 1, 宝钢特钢采用 40 t 电弧炉-LF-VD-3.7 t 模铸工艺试制了 5 炉 20MnCr5H-1 齿轮钢。冶炼工艺控制如下:

(1) EAF 控制终点 [P] ≤0.015% 和出钢温度 ≥1 620 ℃。出钢包内加铝进行脱氧, 出钢合金化加入锰铁、铬铁。出钢过程电弧炉下渣会引起钢水增硅^[5], 因此采用偏心炉底出钢, 留钢操作, 以防止钢水下渣。

(2) 保证炉渣碱度 ≥2.5, 精炼过程保持白渣, 按内控要求调整 C、Si、Mn、Cr 等主元素至中上限。

(3) VD 精炼中还需喂硫线, 将硫含量调至规格中限。

2 试制结果

2.1 冶炼过程成分变化

不同工序 C、Si、S 含量的成分变化如图 1 所示, 在电弧炉出钢时, C 含量按下限控制, 钢包进 LF 工位初始 Si 含量很低, 电弧炉出钢控制较好, 为 LF 后期和 VD 后增硅提供了基础。不同工序 S 含量的变化形状类似倒“W”型, 20MnCr5H-1 钢对氧含量有严格要求, 脱氧要好, LF 后期硫含量必须低, 降低渣的氧化性有利于钢液的脱硫。为了弥补脱氧造成的硫含量降低问题, VD 后还需补喂硫线增硫。

2.2 棒材实物质量

表 1 20MnCr5H-1 齿轮钢的化学成分要求 /%

Table 1 Requirement of chemical composition of gear steel 20MnCr5H-1 /%

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	O	Al
协议	0.17 ~ 0.22	≤0.12	1.00 ~ 1.50	≤0.035	0.015 ~ 0.035	0.80 ~ 1.30	≤0.002 0	0.015 ~ 0.045
试验钢	0.16 ~ 0.20	0.05 ~ 0.12	1.20 ~ 1.30	0.009 ~ 0.025	0.020 ~ 0.035	1.00 ~ 1.10	0.000 8 ~ 0.001 5	0.015 ~ 0.040

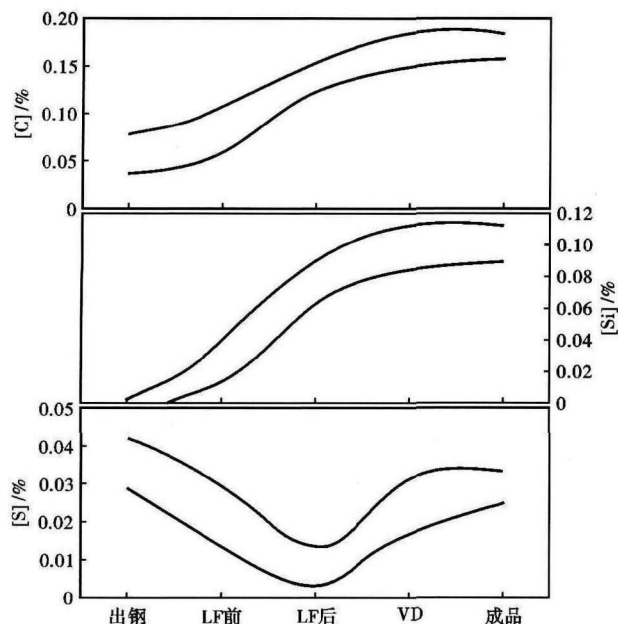


图1 炼钢过程 20MnCr5H-1 齿轮钢中 C、Si、S 含量的变化
Fig. 1 Change of C, Si and S content in gear steel 20MnCr5H-1 during steelmaking process

表2 20MnCr5H-1 齿轮钢 Φ80 mm 材的低倍级别的分布/%
Table 2 Distribution of macrostructure rating of gear steel 20MnCr5H-1 Φ80 mm rolled products /%

一般疏松	中心疏松		锭型偏析			
	0级	0.5级	1级	0级	0.5级	1级
100	5.40	89.19	5.41	27.03	62.16	10.81

2.2.1 低倍组织

Φ80 mm 棒材的低倍组织级别为:一般疏松 ≤ 0.5 级,中心疏松、锭型偏析均在 1.0 级以下(表 2)。

2.2.2 非金属夹杂

钢材非金属夹杂物级别符合标准要求(表 3)。通过采用铝脱氧和硅钙变形处理工艺,以及连续、多道次的变形工艺^[6],使得硫化物破碎并均匀弥散,A 类夹杂物的级别得到有效控制,A 细夹杂物 ≤ 2.0 级的比例为 100%;A 粗夹杂物 ≤ 1.5 级的比例为 100%(图 2)。

2.2.3 纯净度和淬透性

20MnCr5H-1 钢的氧含量为 0.000 8% ~ 0.001 5%,20MnCr5H-1 钢的淬透性范围为 34.5 ~ 38.5 HRC,带宽仅为 4 HRC。较窄的淬透性带宽为减小齿轮热处理后变形,减小齿轮修磨量,提高啮合精度,降低齿轮噪音提供了有力的保证^[7]。

2.2.4 晶粒度

钢材试样经 930 °C ± 5 °C × 4 h 水淬后,晶粒度达到了 8.0 级。20MnCr5H-1 钢材晶粒细小均匀,加

表3 20MnCr5H-1 齿轮钢 Φ80 mm 材的非金属夹杂物检验结果/级

Table 3 Examination results of non metallic inclusions in gear steel 20MnCr5H-1 Φ80 mm rolled products /rating

项目	A		B		C		D	
	细	粗	细	粗	细	粗	细	粗
标准要求	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤2.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤1.0
检验值	≤2.0	≤1.5	≤1.0	≤0.5	≤0	≤0	≤0.5	≤0

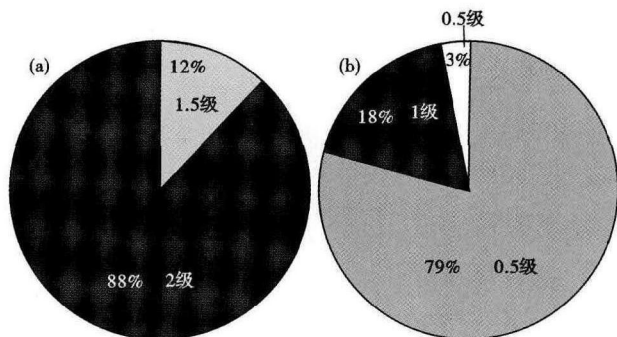


图2 20MnCr5H-1 齿轮钢细(a)和粗(b)A类夹杂物的级别分布

Fig. 2 Distribution of rating units of A-thin series (a) and A-heavy series (b) inclusions in gear steel 20MnCr5H-1

工成齿轮渗碳后得到细马氏体组织,降低脆性,提高弯曲强度,能明显改善齿轮的疲劳性能^[8]。

4 结论

(1) 宝钢特钢采用 40 t 电弧炉-LF-VD-3.7 t 模铸工艺。试制 20MnCr5H-1 钢的氧含量 ≤ 15 × 10⁻⁶,A 细夹杂物 ≤ 2.0 级,钢材纯净度高。

(2) 试制 20MnCr5H-1 钢的晶粒度 8 级,淬透性带宽 4 HRC,满足标准和使用要求。

参考文献

- [1] 杜显彬,周平. 汽车用高性能齿轮钢的研究和开发[J]. 山东冶金,2004,26(4):66-68.
- [2] 闫咏春,杜丽娜. 齿轮钢生产现状及发展[J]. 山西机械,2003,16(增1):70-71.
- [3] 董瀚,惠卫军. 汽车用合金结构钢进展[J]. 汽车工艺与材料,2004,23(6):16-25.
- [4] 项程云. 合金结构钢[M]. 北京:冶金工业出版社,1998:373-374.
- [5] 林伟,李海波,王新华. CaO-Al₂O₃ 渣系对 20CrMoH 齿轮钢中总氧和硫的影响[J]. 特殊钢,2008,29(2):28-30.
- [6] Takada H, Bessho I. Effect of Sulfur Content and Solidification Variables on Morphology and Distribution of Sulfide in Steel Ingots[J]. Transactions Iron and Steel Institution Japan,1978,18(9):564-569.
- [7] Long G F. Controlling the Quenching Distortion of Gears[J]. Heat Treatment of Metals,1994,106(5):39-40.
- [8] Pacheco J L, Krauss G. Microstructure and High Bending Fatigue Strength in Carburized Steel[J]. Heat Treatment of Metals,1989,124(7):77-79.

丁忠(1983-),男,硕士(北京科技大学),工程师,特殊钢品种开发。E-mail:dingzhong@baosteel.com

收稿日期:2014-04-10