



20CrMnTiH5 齿轮钢产品质量分析

郭 志 元

(山钢股份莱芜分公司 特钢事业部, 山东 莱芜 271105)

摘 要:以检验数据为基础,对 20CrMnTiH5 齿轮钢的化学成分、物理性能和外观质量进行分析并与标准要求对比。结果表明,20CrMnTiH5 钢检验一次合格率 88.66%,检验合格率为 98.3%。复验比例:热顶锻 4%,氧含量 26%,末端淬透性 68%,非金属夹杂物 2%。窄范围控制化学成分、稳定炉次间的化学成分波动、采取适当的压缩比,优化工艺控制、稳定工艺操作、降低氧含量,是提高钢种一次合格率的有效措施。

关键词:齿轮钢;20CrMnTiH5 钢;化学成分;物理性能;外观质量

中图分类号: TG142.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2017)06-0043-03

1 前 言

传统 20CrMnTiH 齿轮钢是国内用于制造各种工程机械、汽车等传动齿轮、齿轮轴材料的钢种。传统齿轮钢品种单一,竞争力不强,为此山钢股份莱芜分公司开发了汽车用 Cr-Mn-Ti 系列保证淬透性齿轮钢 20CrMnTiH5。该钢种在成分均匀性、钢液纯净度、晶粒细密度以及淬透性上都有大幅度提高,由此细化市场,满足客户多样化要求。为考察产品质量及对生产提供进一步指导,本研究对山钢股份莱芜分公司生产的 20CrMnTiH5 钢质量进行检验分析。

2 质量检验

20CrMnTiH5 齿轮钢生产工艺流程:50 t 电炉→

LF 精炼→VD 真空脱气→连铸(电磁搅拌)→轧制→精整→检验→入库。自 2015 年 1—10 月,山钢股份莱芜分公司共统计生产的 20CrMnTiH5 齿轮钢 476 炉,对钢的成分及性能进行检验统计。

2.1 化学成分

20CrMnTiH5 钢的化学成分见表 1,由表 1 可以看出钢的化学成分基本控制在标准要求内,P、S 杂质元素控制较好,Ti 含量控制在合理的水平(经验数值 Ti 含量为 0.07%),既细化了晶粒,又避免 TiN 夹杂含量过多。C、Si、Mn、Cr 是影响淬透性最强烈的元素,其含量控制在较窄的范围内。由于每炉之间的化学成分波动范围控制一般,扩大了淬透值的波动范围,无法满足部分客户对于大批量钢材淬透性一致的要求。

表 1 20CrMnTiH5 钢化学成分 %

项 目	C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S
协议要求	0.20~0.23	0.17~0.37	1.05~1.20	1.15~1.35	0.04~0.10	≤0.030	≤0.035
检测范围	0.20~0.22	0.18~0.25	1.08~1.12	1.20~1.32	0.05~0.08	0.012~0.024	0.004~0.018
平均	0.21	0.23	1.09	1.24	0.067	0.018	0.01

2.2 组织与性能

2.2.1 低倍组织

经酸浸后的低倍试片上不得有肉眼可见的缩口、裂纹、气泡、夹杂、翻皮、白点及有害杂物,协议要求及检验结果见表 2。由表 2 可以看出,不同规格钢的低倍组织均能达到要求且波动范围不大。低倍组织检验一次合格率达到 100%。

2.2.2 非金属夹杂和晶粒度

非金属夹杂破坏了钢的连续性,造成了钢的组织不均匀,严重危害钢材质量,降低钢的使用寿命。

表 2 20CrMnTiH5 钢低倍组织 级

项目	规格/mm	一般疏松	中心疏松	锭型偏析
协议要求	< Φ130	≤2.0	≤2.0	≤2.0
	≥ Φ130	≤3.0	≤3.0	≤3.0
检验	< Φ130	0.5	0.5~1.5	0.5
	≥ Φ130	0.5	0.5~2.5	0.5

钢中的非金属夹杂物应尽量少,20CrMnTiH5 钢协议要求及检验结果见表 3。统计表明,非金属夹杂检验的一次合格率为 99.79%。晶粒大小是齿轮钢的一项重要指标,齿轮钢中细小均匀的奥氏体晶粒,淬火后得到细马氏体组织,可明显改善钢的疲劳性能,同时减少齿轮热处理后的变形量。20CrMnTiH5 钢晶粒度检验的一次合格率为 100%,控制水平较高。

2.2.3 带状组织

带状组织的存在使 20CrMnTiH5 钢组织不均,

收稿日期:2017-07-20

作者简介:郭志元,女,1984 年生,2008 年毕业于内蒙古科技大学材料成型及控制工程专业。现为山钢股份莱芜分公司特钢事业部工程师,从事产品质量管理工作。

表3 20CrMnTiH5 钢非金属夹杂和晶粒度 级

项目	A 细	A 粗	B 细	B 粗	C 细	C 粗	D 细	D 粗	晶粒度
协议要求	3.0	2.5	2.5	2.0	2.0	1.5	2.0	1.5	≥6
20CrMnTiH5	0.5~2.0	0~1.5	0~2.5	0~2.0	0	0~1.5	0~1.0	0~1.5	7~8

对钢材的塑性、冲击韧性和断面收缩率等性能造成不利影响。因此,通过合理的方式减轻带状组织是非常重要的。在生产过程中,加热制度控制、终轧温度控制和轧后冷却速度控制对于细化晶粒、减轻带状组织有着明显的作用^[1]。协议要求 20CrMnTiH5 钢带状组织 ≤3.0 级,检验结果为 0.5~3.0 级,可知带状组织一次合格率达到 100%。

2.2.4 氧含量

Q/3700 LYS 198—2010 标准规定氧含量 ≤20 × 10⁻⁶。氧含量对于齿轮钢的疲劳寿命有着重要的影响^[2]。检测表明,20CrMnTiH5 钢氧含量为(10.9~22) × 10⁻⁶,平均 15.9 × 10⁻⁶,极差 11.1 × 10⁻⁶。检验值范围较大,一次检验时不合格 14 炉,氧含量一次合格率为 97.06%。

2.2.5 末端淬透性

使用生产钢材加工成的齿轮出现问题最多的是淬透性的不稳定性,达不到要求的硬度或热处理后产生不均匀变形。主要原因在于不同炉次钢的质量波动和同一炉钢的质量不均匀性。20CrMnTiH5 钢淬透性标准要求及检验结果见表 4。标准要求 J9、J15 ΔHRC ≤7,带宽较窄;检验结果 J9 与 J15 淬透值超出标准要求并复验的共有 37 炉。淬透性一次合格率为 92.23%。

表4 20CrMnTiH5 钢淬透性(HRC)

项目	标准要求	检验结果	检验均值
J9	37~43	39~42	40.8
J15	31~38	32~35	33.7

2.3 外观质量

2.3.1 热顶锻

20CrMnTiH5 钢每月的顶锻炉数与一次合格率如图 1 所示。

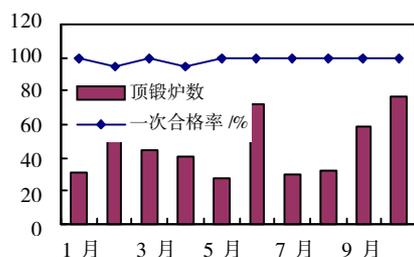


图1 20CrMnTiH5 钢顶锻炉数与合格率

其中,2月与4月各出现一炉轻微顶锻裂纹,总体热顶锻质量较稳定。热顶锻一次合格率为 99.57%,复顶合格率为 100%。

2.3.2 尺寸及外形

山钢股份莱芜分公司企业标准 LQB 012—2011 规定的圆钢尺寸允许偏差及不圆度见表 5,图 2 是直径为 70、90、120、160 mm 的实测尺寸分布,其尺寸允许偏差分别为 ±0.7、±1.0、±1.35、±1.9 mm。可以看出尺寸基本控制在二组精度内,尺寸波动范围大,离散度高,大部分在尺寸上下限浮动,容易造成不圆度超差。为此,加强和优化轧制工艺控制,严格质量检验,20CrMnTiH5 钢的外观质量明显改善。

表5 尺寸允许偏差及不圆度 mm

圆钢公称直径	尺寸允许偏差	不圆度
>50~80	±0.70	≥0.91
>80~110	±1.00	≥1.40
>110~150	±1.35	≥1.89
>150~200	±1.90	≥2.66

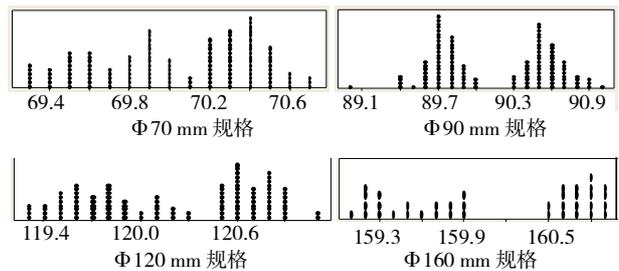


图2 4种规格 20CrMnTiH5 钢实测尺寸分布

3 质量分析

2015 年 1—10 月,共检验入库 20CrMnTiH5 钢 476 炉,检验一次合格率为 88.66%,检验合格率为 98.3%,钢种兑现率 100%。可以看出一次合格率水平不高,复验 54 炉。其中因热顶锻复验为 2 炉(4%),氧含量复验 14 炉(26%),末端淬透性复验 37 炉(68%),非金属夹杂复验 1 炉(2%)。

20CrMnTiH5 一次合格率仅为 88.66%,而在检验不合格项目中末端淬透值和氧含量复验的炉数占到不合格项的 94%。因此提高此钢种的一次合格率,最重要的就是要提高末端淬透性与氧含量的合格率。

3.1 氧含量控制

在工艺控制中采用控制出钢终点碳和预脱氧,加强精炼脱氧和出钢软吹,做好保护浇注等措施,降低钢中氧含量。稳定工艺操作,对 EAF-LF-CC 各工序环节加强控制均能有效控制氧含量^[3]。

3.2 压缩比对末端淬透值的改善作用

20CrMnTiH5 的成品规格从 Φ65~Φ160 mm。来料均为断面 260 mm × 300 mm 的连铸坯。根据压

缩比公式($U=F_0/F_n$, F_0 为铸坯断面积, F_n 为成品断面积),可以计算出不同成品规格的压缩比,根据检验数据可以得到末端淬透性与压缩比的关系,见图3。

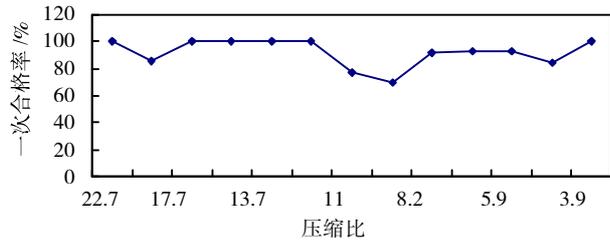


图3 20CrMnTiH5 钢压缩比与一次合格率关系

由图3可以看出,压缩比为3.9~11的情况下出现复验的炉数较多,而在压缩比为12.3~22.7的情况下一次合格率基本稳定。适当的压缩比可以将坯料内部的组织压实,焊合孔洞、裂纹,均匀偏析成分,使钢材性能一致^[4],从而改善齿轮钢的淬透性。在压缩比3.9~6.9范围内复验炉数最多,达到了29炉,在压缩比8.2~13.7范围内复验炉数6炉,在压缩比15.5~22.7范围内复验炉数最少,只有2炉。因此采取适当的压缩比对于末端淬透性的改善有一定的作用。

4 结论

4.1 山钢股份莱芜分公司特钢事业部共统计生产

的20CrMnTiH5 齿轮钢476炉,一次合格率88.66%,检验合格率98.32%,钢种兑现率100%。总复验炉数为54炉,一次合格率水平不高。

4.2 检验不合格项目中末端淬透性值(68%)和氧含量(26%)复验的炉数占到不合格项的94%,要提高该钢种的一次合格率,最重要的就是提高其末端淬透性值与氧含量的合格率。

4.3 窄范围控制化学成分,稳定每炉之间化学成分的波动,采取适当的压缩比将坯料内部的组织压实,焊合孔洞、裂纹,均匀偏析成分,使钢材性能一致,从而改善齿轮钢的淬透性,提高末端淬透性值的一次合格率;优化工艺控制,稳定工艺操作,降低氧含量,提高氧含量的一次合格率。控制好此两项是大幅度提高钢种一次合格率的有效措施。

参考文献:

- [1] 吕林,毛建强,袁淑君,等.温度制度对齿轮钢带状组织控制的研究[J].莱钢科技,2010(6):50-52.
- [2] 胡联舫,李怀明.汽车用齿轮钢的现状与发展[J].冶金标准化与质量,1996(6):11-12.
- [3] 马佐仓,范夕荣,翟正龙,等.优化 EAF—LF—CC 工艺降低钢中氧含量[J].莱钢科技,2006(6):22-26.
- [4] 陈林,郭瑞华,包喜荣.轧钢生产问答[M].北京:化学工业出版社,2008:98.

Quality Analysis of 20CrMnTiH5 Gear Steel Products

GUO Zhiyuan

(The Special Steel Business Department of Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271105, China)

Abstract: On the basis of test data, the chemical composition, physical performance and appearance quality of the 20CrMnTiH5 gear steel is analyzed and compared with standard requirements. The results show that the qualified rate of 20CrMnTiH5 steel tested is 88.66%, inspection percent of pass is 98.3%. The re-test ratio: hot top forging is 4%, oxygen content is 26%, end hardenability is 68%, non-metallic inclusion is 2%. The narrow control of chemical composition, the stable fluctuation of the chemical composition between heats, the appropriate rolling ratio, the optimization of process control, the stable operation and reduction of the oxygen content are the effective improving measures for the qualified rate of steel.

Key words: gear steel; 20CrMnTiH5 steel; chemical composition; physical property; appearance quality

(上接第42页)

Analysis of Influence Factors on DWTT Evaluation for Pipeline Steel

LIU Yunfeng, WANG Jing

(Laiwu Branch of Shandong Iron and Steel Co., Ltd., Laiwu 271104, China)

Abstract: In this paper, the impact energy, hammering speed, centering device and abnormal fracture are analyzed and discussed. They are the factors affecting the performance of the DWTT tear pipeline steel. The results show that hammer with excessive energy doesn't really reflect material fracture performance, the higher hammer speed will make materials brittleness increasing and easy anomalies fracture, and the devices have to be constantly checked and adjusted. The abnormal fracture is evaluated as an effective specimen, and the brittle part in the measurement area is calculated according to the actual shear area. For the delamination fracture, only the brittle fracture surface with a certain angle to the cross section is calculated.

Key words: pipeline steel; tear resistance; evaluate; impact energy; hammering speed; abnormal fracture

加强学术交流 构建信息平台