

# 20CrMnTiH 齿轮钢窄淬透性带短流程生产工艺

陈德凯, 吕长海, 朱波, 吕国华, 赵丽华  
(莱芜钢铁股份有限公司, 山东 莱芜 271104)

**摘要:**介绍了采用90 t转炉—LF—CC—热轧生产窄淬透性带20CrMnTiH齿轮钢工艺。轧材检验及生产过程中取样分析表明,钢中气体含量(N<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>)<60×10<sup>-6</sup>,淬透性带宽ΔHRC<6.5,夹杂物检验等级及偏析程度均<1.5级,组织晶粒度>7级,各项机械性能均符合GB5612-2004要求。

**关键词:**齿轮钢;20CrMnTiH;短流程;窄淬透性带;机械性能

中图分类号: TG142.41

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2010)03-0024-03

莱钢新建的90 t转炉配合LF炉精炼生产20CrMnTiH齿轮钢,专供六机六流大方坯合金钢连铸机生产,为热轧大中小型车间提供连铸坯。该生产线自投产以来,已生产近60万t合格铸坯,下道工序轧材性能稳定。

## 1 20CrMnTiH 齿轮钢生产工艺

20CrMnTiH 齿轮钢生产工艺为:90 t顶底复合吹炼转炉—钢包脱氧合金化—吹氩—LF精炼—大方坯合金钢连铸(260 mm×300 mm)—热轧圆钢。

### 1.1 转炉工艺

转炉入炉铁水条件要求(S)≤0.03%,终点放钢碳控制在0.08%~0.15%,严格控制转炉下渣,采用刺状挡渣球挡渣,钢包渣层厚度要求控制在70 mm以下。脱氧采用铝锰钛铁,能有效脱除钢水中的

氧,并且对炉渣也有一定的脱氧能力,放钢后期加顶渣石灰渣洗,提高钢包渣的碱度,提高渣的脱硫能力,同时还有利于吸附夹杂,净化钢液<sup>[1]</sup>。

### 1.2 LF精炼工艺

LF精炼工艺参数如下:额定处理量90 t,钢包直径2 500 mm,钢包自由段高度400~500 mm,升温速度3℃/min,精炼周期32 min。精炼过程全程吹氩,精确控制精炼各阶段的氩气流量,进站前期控制氩气在强吹(40~50 L/min),中后期控制氩气在中吹(20 L/min),后期软吹(控制在10 L/min)。控制精炼时间在32 min,以利于成分温度均匀和非金属夹杂物能充分上浮排除。严格按照精炼窄成分(见表1)的要求微调,保证晶粒度在可控的范围内,另外将终点TAI控制在0.020%~0.03%,Ca/Al的比值控制在0.1~0.15以上<sup>[2]</sup>。

表1 20CrMnTiH 齿轮钢化学成分 %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
国标	0.17~0.23	0.17~0.37	0.80~1.15	≤0.035	≤0.035	1.00~1.35	0.040~0.100
转炉初炼	0.14~0.20	0.15~0.25	0.85~0.94	≤0.035	≤0.035	1.02~1.10	
精炼内控	0.18~0.22	0.17~0.35	0.85~0.95	≤0.035	≤0.035	1.05~1.15	0.050~0.075

### 1.3 连铸工艺

连铸采用全程无氧化保护浇注,大包采用密封垫+氩封<sup>[3]</sup>,中包浸入式水口,结晶器保护渣生产,中间包过热度控制在30℃以内,二冷采用弱冷动态配水,比水量控制在0.25 L/min,采用二冷一段电磁搅拌,频率控制在3.5 Hz,电流380 A。连铸采用塞棒控制恒拉速技术,整个生产过程控制在0.75 m/min。

### 1.4 轧制工艺

采用步进式加热炉,预热段温度控制在300℃,加热段温度控制在1 220℃,均热段温度控制在1 250℃(±10℃),开轧温度1 100~1 200℃。要求铸坯轧制过程中温度均匀。

## 2 产品检验与分析

### 2.1 化学成分

对20CrMnTiH 齿轮钢取样进行化学成分分析,发现C、Si、Mn、Cr、Ti含量均控制在较窄的、稳定的范围内,窄成分合格率都达90%以上。实际检测齿轮钢150炉,各成分波动情况见表2。

### 2.2 低倍组织与洁净度

对连铸大方坯260 mm×300 mm规格进行低倍样检验,结果见图1。对φ28~φ120 mm不同规格20CrMnTiH 齿轮圆钢取低倍样检验分析,结果见图2。低倍样中心疏松0.5级,一般疏松1.0级以下,中心偏析1.0级以下,一般偏析1.0级以下,未发现锭型偏析和一般点状偏析,远远低于GB 5612-2004≤3级的要求。

收稿日期:2009-11-09

作者简介:陈德凯,男,1974年生,2004年毕业于山东大学工业工程专业。现为莱钢品质保证部工程师,从事质量管理工作。

表2 齿轮钢(20CrMnTiH)成分波动情况统计 %

项目	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti
企标	0.17~0.23	0.17~0.37	0.80~1.15	≤0.035	≤0.035	1.00~1.35	0.040~0.100
精炼内控	0.19~0.21	0.17~0.35	0.90~0.94	≤0.035	≤0.035	1.10~1.14	0.065~0.075
实际值	0.18~0.22	0.26~0.33	0.90~1.06	0.009~0.029	0.004~0.020	1.075~1.175	0.048~0.097
平均值	0.20	0.29	0.93	0.016	0.009	1.127	0.068

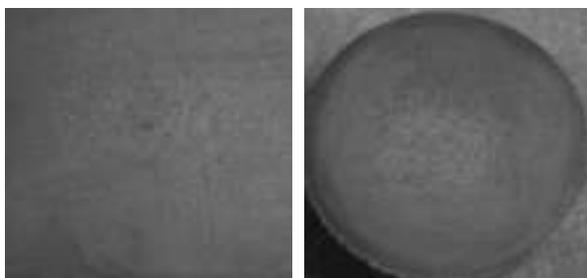


图1 连铸坯低倍组织 图2 轧材低倍组织

### 2.3 晶粒度等级

对20CrMnTiH 齿轮钢取样做金相检验,金相组织见图3,20CrMnTiH 齿轮钢金相组织全部为正常的F+P。统计100炉20CrMnTiH 齿轮钢晶粒度,稳定在7.5~8.5级之间(见图4),高于GB 5612-2004要求的6级以上的标准。



图3 20CrMnTiH 齿轮钢金相组织 ×100

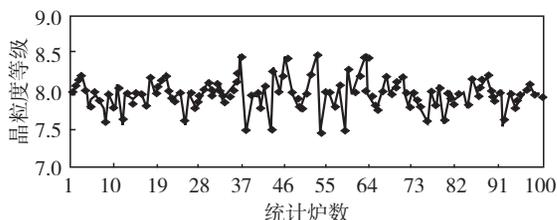


图4 齿轮钢晶粒度波动曲线

### 2.4 钢中气体

对20CrMnTiH 齿轮钢轧成的圆钢取气体样,通过100炉氮氧气体含量统计,钢中氧含量都在 $20 \times 10^{-6}$ 以下,最低达到 $12 \times 10^{-6}$ 。氮含量都在 $55 \times 10^{-6}$ 以下,最低达到 $30 \times 10^{-6}$ ,都稳定在较低的水平(见图5、图6)。通过气体含量的验证,说明整个生产组织过程达到较高的技术水平,连铸的整个浇注作业及转炉的精确冶炼,精炼的成分精确调整都达到了较高的控制标准。

### 2.5 淬透性与机械性能

20CrMnTiH 齿轮钢淬透性检验结果见表3,都满足GB 5612-2004标准要求,淬透性带宽控制在较

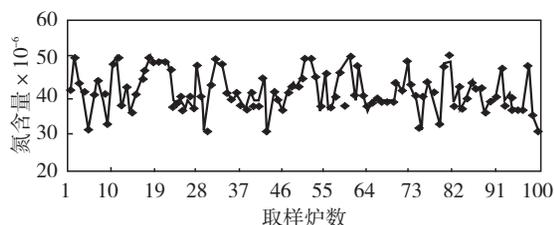


图5 齿轮钢氮含量波动曲线

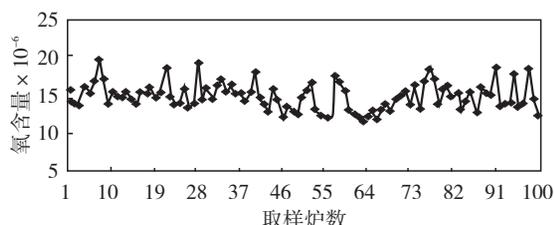


图6 齿轮钢氧含量波动曲线

窄的范围内。齿轮钢的机械性能(见表4)都满足GB 5612-2004要求。

表3 20CrMnTiH 齿轮钢淬透性标准与实际对比

项目	J9/HRC				J15/HRC			
	最大	最小	带宽	平均	最大	最小	带宽	平均
国标	42.0	30.0	12.0	36.0	35	22	13	28.5
实际	38.7	32.5	6.2	35.6	28	22	6	25.0

表4 20CrMnTiH 齿轮钢机械性能标准与实际对比

项目	抗拉强度/MPa	屈服强度/MPa	冲击功/J	延伸率/%	断面收缩率/%
国标	1 080	850	55	10	45
实际	1 120	980	95	18	49

对50炉不同浇次的齿轮钢取样做淬透性检验,基本都稳定在7 HRC以内,波动范围较窄,且全部符合国标要求(见图7)。

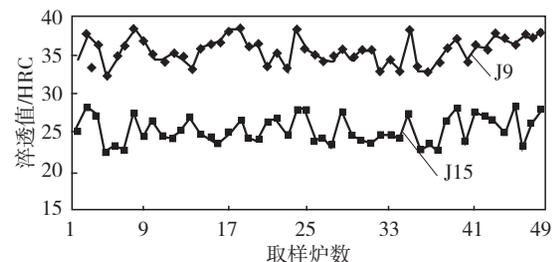


图7 齿轮钢淬透性波动曲线

## 3 结论

采用90 t转炉—LF—CC—热轧短流程工艺生产 $\phi 28 \sim \phi 120$  mm 20CrMnTiH 齿轮钢,轧材检验及生产过程中取样分析表明,钢中气体含量( $N_2+O_2$ ) $< 60 \times 10^{-6}$ ,氮气最低达到 $30 \times 10^{-6}$ ,氧气稳定在 $15 \times$

$10^{-6}$ ,在没有脱气设备的情况下,达到了较高的控制水平。齿轮钢淬透性带宽最低为6 HRC,夹杂物检验等级及偏析均小于1.5级,晶粒度稳定在8级左右,淬透性值和各项机械性能均达到GB 5612-2004标准的要求。在精炼窄成分的控制下,齿轮钢淬透性值J9稳定在HRC 32.5~38.7,J15稳定在HRC 22~28,达到了较高的控制水平。

### Short Route Production Process of 20CrMnTiH Gear Steel with Narrow Hardenability Band

CHEN De-kai, LÜ Chang-hai, ZHU Bo, LÜ Guo-hua, ZHAO Li-hua

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

**Abstract:** This article introduced the production processes of 20CrMnTiH gear steel by 90 t converter-LF-CC-hot rolling short route. The test results for rolled products and sampling analysis in the production course showed that the gas content ( $N_2+O_2$ ) in steel was less than  $60 \times 10^{-6}$ , the width of hardenability band (J9 and J15) was less than 6.5 HRC, the inclusion grade and the segregation degree were less than 1.5 level all, and each mechanical property met the demands of the GB 5612-2004.

**Key words:** gear steel; 20CrMnTiH; short route; narrow hardenability band; mechanical property

(上接第20页)温度 $<160$  °C的条件下:生产1.57 MPa(表压)、320 °C蒸汽22.5 t/h;0.35 MPa(表压)饱和蒸汽4.0 t/h。锅炉型号:Q240/375-22.5(4.0)-1.57(0.35)/320(147.7)。设计的余热锅炉为双压、立式烟道、室外型强制循环余热锅炉,模块化结构。其他如除盐水系统、循环冷却水系统均需要新建。

#### 3.4 技术经济指标

根据烧结生产的实际情况,作业天数为330 d/a,作业率90.4%,则机组年运行时数可按7 200 h计算,发电量约28 800 MW·h/a,供电量约24 192 MW·h/a。

#### 4 系统运行分析及改进建议

本项目年发电效益在1 400万元以上,同时由于采用烧结机烟气余热回收,不需用消耗燃料等一次能源,因此不仅没有新的烟尘、 $CO_2$ 、 $SO_2$ 等污染物排放增加,而且由于采用锅炉排烟闭式回送的工艺,使排入大气中的烟尘进一步减少。相当于减少火力发电厂的 $CO_2$ 排放量21 000 t/a, $SO_2$ 排放量减少90 t/a,相当年节约标准煤7 000 t。

系统运行后可能存在的问题:1)烧结机生产稳

#### 参考文献:

- [1] 张鉴.炉外精炼的理论与实践[M].北京:冶金工业出版社,1999.
- [2] 许中波.钙处理钢水中非金属夹杂物的形态[J].北京科技大学学报,1995(2):125-129.
- [3] 史襄兴.实用连铸冶金技术[M].北京:冶金工业出版社,1998:47-85.

定性差,设备故障率高及非计划性检修造成机组运行起伏性较大。2)烧结原、燃料变化及烧结终点温度控制对烟气温度影响较大,烟气温度、流量变低,起伏性大,达不到设计额定发电量。

应对措施:1)提高烧结系统生产稳定性,提高入炉原料的均匀性,增强设备运行的稳定性。2)改进烟气回收输送系统,提高烟气流场分布均匀性,流动通畅性。同时,适当提高烟气的循环率,可显著提高烟气温度。3)适当提高料层厚度,可提高烟气温度。减小烟气温度波动。4)强化设备维护,使设备性能不断完善,降低非计划检修时间,提高作业率。5)改善环冷机台车的密封性,降低漏风率,可提高烟气温度。

#### 参考文献:

- [1] 张凤起,金岩,王凤荣,等.我国钢铁工业余热资源及利用状况[J].钢铁,1990,25(4):61-64,40.
- [2] 王正明,申朝晖,胡进考.余热制冷技术[J].冶金能源,1996,15(4):49-52.
- [3] 曹家枫,张鸿祥,沈皓.钢铁厂余热利用的一种有效方法[J].冶金动力,1997(1):1-4.

### Design Scheme of Power Generation System by the Waste Gas Heat from 180 m<sup>2</sup> Sinter Ring Cold Machine in Taishan Steel

LÜ Zi-xiang, WANG Fei, FANG Hong-jie

(The Engineering Design Institute of Shandong Taishan Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271100, China)

**Abstract:** In order to make the best of the waste gas heat from sinter ring cold machine, Taishan Steel intends to construct a set of stream power generation system by the waste gas heat from sinter ring cold machine. The design scheme used hot air circulation mode. By confirming the flue gas design parameters, the flue gas flow and steam-water flow, the construction scheme is as follows: one BN 4.5-1.57/0.35+QF-6 2/6.3 kV steam-additional condensing turbo-unit and one double pressure-self deoxygenation waste heat boiler which can produce 22.5 t/h, 1.57 MPa and 320 °C superheated steam. Analysis showed that the generated energy should be 28 800 MW·h/a.

**Key words:** sinter ring cold machine; waste gas heat power generation; design scheme; feasibility analysis