

试验研究

温度制度对齿轮钢带状组织的影响

吕霞,毛建强,范黎明,袁淑君,杜国强
(莱芜钢铁集团有限公司 技术中心,山东 莱芜 271104)

摘要:结合20CrMnTiH钢生产过程中实际的温度控制情况,分析了轧制工艺对带状组织的影响。综合考虑组织与性能,不宜采用高的加热温度来控制带状组织;最佳的终轧温度应该在950~1000℃;轧后冷却速度的增加,带状组织级别减小。莱钢通过降低加热温度、控制终轧温度及轧后冷却速度等措施,将20CrMnTiH带状组织控制在2.0级以下。

关键词:齿轮钢;20CrMnTiH;带状组织;终轧温度;冷却速度

中图分类号: TG335.11

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2011)04-0027-03

1 前言

齿轮钢带状组织是内部缺陷之一,对钢材的性能和齿轮的加工具有不利影响。在外力作用下,带状组织中铁素体比珠光体更容易发生塑性变形,导致铁素体和珠光体带之间产生应力集中现象,降低了材料的整体力学性能。莱钢特钢厂年产160万t轧材,其中齿轮钢59万t,作为齿轮钢主要生产企业之一,莱钢特钢厂提出将带状组织控制在2.0级以下的要求。为了提高齿轮钢的产品质量、稳固和扩展齿轮钢方面的优势、满足“特钢做特”的发展要求,同时为新产品的开发做好基础性工作,分析轧制工艺对带状组织的影响,对齿轮钢的生产工艺参数进行持续优化改进,取得了较好的效果。

2 实测轧制温度

莱钢特钢厂大型轧钢车间生产的20CrMnTiH齿轮钢均由特钢第二炼钢厂提供,铸批规格为260mm×300mm;浇铸温度高于液相线温度10~30℃;连铸工作拉速控制在0.57m/min;末端采用电磁搅拌。在浇铸温度等工艺参数相同的条件下,获得了较理想的铸态组织。

表1是跟踪的部分20CrMnTiH齿轮钢生产过程中的温度控制情况。

表1 现场跟踪记录的生产过程温度控制数据 ℃

预热段	加热段1	加热段2	均热段	开轧温度	终轧温度
771	1250	1201	1234	1157	1000

从表1可以看出,开轧温度和终轧温度均控制在合理范围内;从开轧到终轧,温降在150~160℃;终轧温度较低塑性区温度高100℃左右。图1是抽测的终轧温度分布情况。

从图1可以看出,终轧温度集中在950~1030

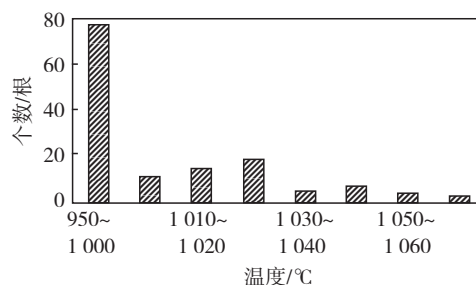


图1 莱钢生产20CrMnTiH钢终轧温度分布情况

℃,占统计总数的80%以上,同时,两次抽测了下冷床温度。由于产品规格不同,在冷床上冷却的速度以及下冷床温度有差异。第1次抽测的规格为φ130mm棒材,其下冷床的平均温度为675.2℃;第2次规格为φ150mm棒材,其下冷床的平均温度为854.5℃。两次抽测的温度差别较大,具体情况还需进一步分析。正常情况下,棒材在冷床上的停留时间为5~7min。

开轧温度、终轧温度以及轧制后冷却速度对产品的表面质量、尺寸精度、淬透性以及带状组织等都有影响。而带状组织的存在使20CrMnTiH齿轮钢的组织不均匀,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,本研究结合现场实际生产情况,分析轧制工艺温度对20CrMnTiH齿轮钢带状组织的影响。

3 轧制工艺对带状组织的影响

20CrMnTiH齿轮钢在凝固过程中产生直径偏析,轧制时的变形使枝晶偏析拉长,并沿着轧制方向产生互相平行的碳与合金元素的贫化带和富化带。热轧工艺的变化对奥氏体、铁素体晶粒及γ-α相变都会产生重要影响,而这些综合影响因素直接会引起带状组织的变化。

3.1 加热制度对带状组织的影响

就带状组织而言,加热温度、加热时间控制不好,会使形成枝晶偏析的元素(如Mn等)、残余碳化

收稿日期:2010-12-14

作者简介:吕霞,女,1979年生,2000年毕业于辽宁科技大学电气自动化专业。现为莱钢技术中心工程师,从事技术管理工作。

物扩散不均匀,达不到理想的奥氏体均匀化,同时也不能减轻原始带状组织。综合表1和图1的数据,可以看出,开轧温度是影响终轧温度的直接因素。因为莱钢特钢厂大型轧钢车间使用的是推钢式加热炉,加之煤气压力不稳定,致使钢坯不可避免地出现黑印。为了减轻黑印对最终产品质量、尺寸精度以及 $\phi 650$ 轧机电机负荷的影响,现场采取较高温度出钢。高的出钢温度虽然有利于元素扩散、降低铸态组织中的元素偏析,从而减轻带状组织,但是由于容易粗化晶粒、降低轧制性能、增加生产成本,同时莱钢特钢无控冷设施,因此不宜通过提高加热温度和延长加热时间来控制带状组织。

3.2 终轧温度的影响

终轧温度对带状组织的影响是复杂的,因为终轧温度对组织的转变和晶粒度等都起着极其重要的作用。这些因素对带状组织起着交互作用。

热塑性变形使奥氏体的自由能和热力学不稳定性因晶格畸变而升高,同时增大奥氏体向该条件下更稳定相分解的趋势。对于亚共析钢,低于 A_3 点以下,析出相是铁素体,热变形的作用会使奥氏体分解的临界点提高,塑性变形对奥氏体固溶行为的作用可与冷却的影响相比。由于奥氏体固溶体过饱和的结果,在温度降至 A_{3s} 与 A_{1s} 之间时,冷却导致奥氏体分解成铁素体,与冷却不同的是变形促使固溶到奥氏体中的原子扩散移动增加,即加速了奥氏体的分解。因此,凡是提高奥氏体晶格畸变的轧制参数,都促使奥氏体向铁素体转变临界点提高,即变形诱导 γ - α 转变。终轧温度无疑对亚共析钢 γ - α 的开始转变温度产生影响。

为了探讨20CrMnTiH合理的终轧温度,首先了解该钢种的最佳塑性区域,从中找出适合20CrMnTiH塑性变形最合理的温度范围。图2为莱钢特钢厂生产的20CrMnTiH钢横向断面收缩率及抗拉强度与温度的关系曲线。

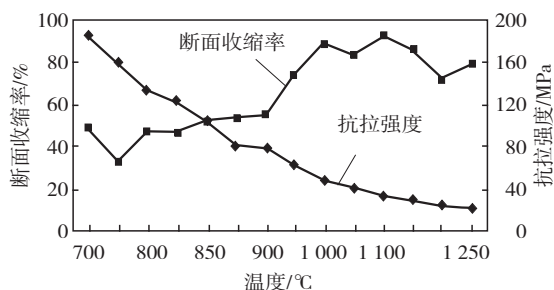


图2 20CrMnTiH钢横向断面收缩率与抗拉强度曲线

根据热塑性曲线可将塑性变形过程分为3个温度区,大致范围为I区(1300~1200℃)—韧脆性转变区;II区(1200~900℃)—奥氏体区,一般为最佳塑性区;III区(900~600℃)—低塑性区,该区内存出

现塑性最低值。从强度曲线上可观察到强度随温度的升高连续下降的趋势。

由图2可见,在1300~875℃,随着温度的降低,20CrMnTiH钢试样的强度上升缓慢;在875℃时,试样的抗拉强度仅为82MPa;温度低于875℃以后,试样的强度迅速上升;当温度降到700℃时,试样的强度达到186MPa。由断面收缩率随温度的变化曲线可知,20CrMnTiH钢在925~1300℃温度范围内,随温度的升高,试样的断面收缩率皆在60%以上波动;在925~1100℃,断面收缩率上升迅速;在925~700℃,断面收缩率下降较平缓。

从试验结果可以看出,20CrMnTiH钢最佳的终轧温度应该在950~1000℃。在保证产品质量,同时又考虑轧机负荷的前提下,合理控制终轧温度。

3.3 冷却速度的影响

冷却速度对带状组织影响的机制主要是对碳的扩散速度的控制。当轧后控制冷却速率大于临界冷却速率时,抑制碳和其他元素的扩散,可降低带状组织等级,如图3所示,随着冷却速度的增加,带状组织级别减小或消除。

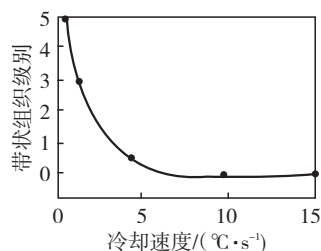


图3 带状组织与冷却速度的关系

消除带状组织的临界冷却速度 V_k 不是一个恒定值,国内外学者对16Mn的 V_k 得出了不同的实验结果:美国J.A.Eckert等人的结论为1~5℃/s^[1];捷克人认为是40~100℃/s^[2];北京科技大学李文卿的实验结果为4.3℃/s^[3];上海大学林大为采用试验条件下的外推法测得不同压下率下的不同临界值^[4]。

现行连轧终轧温度控制在950~1070℃,范围较大,满足不了轧后控冷对终轧温度的要求。所以,只得寻求对轧后控冷温度的控制来弥补终轧温度较高的不足。轧后控冷关键是控制终轧温度、冷却终止温度及平衡温度。控冷工艺使钢材在轧后数秒时间内急冷下来,其冷却速度远大于临界冷却速度,钢材的组织转变是在返红时开始进行的。返红温度高低取决于钢材冷却程度。冷却强度小,钢材很快返红,返红温度高则铁素体粗大;冷却强度大,钢材返红慢,返红温度较低,钢材组织越细小均匀;冷却强度过大,钢材表面温度难以回升,可能造成钢材冷裂,达不到控冷目的。冷却强度的大小取决于冷却水的水压、水量及终止冷却温度。

由图2分析知,20CrMnTiH钢的Ⅲ脆性区为925~700℃。钢材在进精轧到上冷床这一冷却过程中应避免这一温度区域,从而避免裂纹的产生。对于含碳量0.20%的亚共析结构钢来说,约从750~900℃开始析出铁素体。因此,钢的终轧温度应高于925℃,轧后要尽快避开925~700℃的温度区域。终轧温度越接近临界温度,晶粒越细小,一般要求终轧温度尽可能接近奥氏体开始转变温度。

4 结 语

加热制度控制不好,就不能消除或减轻原始带状组织,也会直接影响终轧温度;终轧温度控制不合理,就不能细化奥氏体晶粒,铁素体晶粒随之增大,从而不能加大其与富锰带间距之间的差别,达不到减轻带状组织的目的;同时,轧后冷却速度控制不好,就不能抑制碳在原始带状组织基础上的长

距离扩散,不能消除或减轻铁素体和珠光体的带状组织,也不能控制魏氏组织缺陷。

莱钢特钢厂大型轧钢车间根据现场实际情况,通过降低加热温度、控制终轧温度及轧后冷却速度等措施,将20CrMnTiH钢带状组织控制在2.0级以下,提高了齿轮钢的产品质量。

参考文献:

- [1] Eckert J.A. Howell P.R. Banding and the nature of large, irregular pearlite nodules in a hot-rolled lowalloy plate steel[J]. Journal of Materials Science, 1993, 28(16): 4 412-4 419.
- [2] Anon. Effect of Pearlite Banding on Mechanical Properties of Hot-rolled Steel Plates [J]. ISIJ International, 1991, 31(12): 1 445-1 446.
- [3] 李文卿.控制轧制和控制冷却对16Mn钢板带状组织的影响[J].物理测试,1990(4):23-26.
- [4] 林大为.消除钢铁16Mn钢板带状组织的临界冷却速度的测定与计算[J].钢铁,2000,35(7):40-43.

Influence of Temperature System on the Zone Structure of Gear Steel

LÜ Xia, MAO Jian-qiang, FAN Li-ming, YUAN Shu-jun, DU Guo-qiang

(The Technology Center of Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: Combining with practical control temperatures in the production course of 20CrMnTiH steel, this article analyzed the influences of rolling process on the zone structure. Integrating the microstructure and the properties, it was inadvisable to control the zone structure by high heating temperature. The best finishing temperature should be between 950℃ and 1 000℃. With the increase of cooling speed after rolling, the zone structure grade decreased. Through reducing the heating temperature and controlling the finishing temperature and the cooling speed after rolling, Laiwu Steel controlled the zone structure of the 20CrMnTiH steel to No. 2.0 grade below.

Key words: gear steel; 20CrMnTiH; zone structure; finishing temperature; cooling speed

信息园地

几种主要参考文献的著录格式

1 专著(普通图书、学位论文、技术报告、会议文集、汇编、多卷书、丛书):

[序号] 主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志(电子文献必备,其他文献任选)].其他责任者(任选).版本项(第1版不标注).出版地:出版者,出版年:引文页码[引用日期(联机文献必备,其他电子文献任选)].获取和访问路径(联机文献必备).

2 专著中的析出文献(从整本专著中析出的具有独立篇名的文献,包括论文汇编、会议文集等):

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志].析出其他责任者//专著主要责任者.专著题名.出版地:出版者,出版年:析出文献的页码[引用日期].获取和访问路径.

3 连续出版物(有卷期号或年月顺序号,计划无限连续出版发行的出版物,如期刊、报纸等):

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标志].刊名:其他刊名信息,年,卷(期):页码[引用日期].获取和访问路径.

[序号] 析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型

标志].报纸名:其他题名信息,年-月-日(版次)[引用日期].获取和访问路径.

4 专利文献:

[序号] 专利申请者或所有者.专利题名:专利国别,专利号[文献类型标志].公告日期或公开日期[引用日期].获取和访问路径.

5 电子文献(电子书刊、数据库、电子公告等):

[序号] 主要责任者.题名:其他题名信息[文献类型标志/文献载体标志].出版地:出版者,出版年(更新或修改日期)[引用日期].获取和访问路径.

文献类型标志:普通图书M,会议录C,汇编G,报纸N,期刊J,学位论文D,报告R,标准S,专利P,数据库DB,计算机程序CP,电子公告EB.会议录包括座谈会、研讨会、学术年会等会议的文集;汇编包括多著者或个人著者的论文集,也可标注为M。电子文献载体类型标志如下:磁带MT,磁盘DK,光盘CD,联机网络OL。

注意责任者的著录方法:3人以下的作者应全部著录,3人以上可只著录前3人,后加“等”;外文用“et al”。

[摘自《文后参考文献著录规则》(GB/T 7714—2005)]