

试验研究

两相区保温时间对冷轧双相钢组织性能的影响

田超¹, 马世成²

(1 东北大学 轧制技术及连轧自动化国家重点实验室, 辽宁 沈阳 110819; 2 莱芜钢铁集团有限公司, 山东 莱芜 271104)

摘要:对Q345冷轧钢板两相区退火进行了研究,通过对不同保温时间试验钢板的金相组织以及拉伸试验结果对比,得出如下结论:保温时间对试验钢微观组织和力学性能有影响,790℃下60~120s退火,可以有效消除冷轧过程中产生的带状组织,并能避免因过长保温造成的组织粗化。

关键词:双相钢;临界退火;保温时间;带状组织;力学性能

中图分类号:TC142.1

文献标识码:A

文章编号:1004-4620(2013)04-0028-03

1 前言

双相钢作为新一代高强钢,是汽车行业应用广泛的一个钢种。由于其具有高强度、低屈强比、高加工硬化指数的特点,在保证强度的前提下,仍具有较好的塑性,适合于形状复杂、成形困难的加工工艺,并且能够降低碰撞过程中的冲击,可提高汽车的安全性^[1-2]。本研究提及的双相钢,是对Q345冷轧板进行适当退火,在不增加成本的前提下得到的低成本微合金化双相钢。

冷轧连续退火生产双相钢,影响其组织性能的主要因素包括:两相区加热温度、两相区保温时间、缓冷速率、淬火速率以及过时效制度。其中,两相区加热温度主要决定铁素体和奥氏体的体积分数。在该温度的保温时间决定了奥氏体的长大程度,对微观组织的影响较大。时间过短会使双相钢中的带状组织明显;而时间过长则组织粗大,并且降低奥氏体的淬透性,恶化力学性能。冷却制度则是需要保证两相区再结晶生成的奥氏体被淬火成为马氏体;而奥氏体的淬透性受两相区保温时间影响。另外,适当的缓冷制度,可以得到对延伸率有积极影响的取向共生铁素体。过时效也是双相钢连续退火过程的重要组成部分,其作用是实时对马氏体进行回火处理,用来降低马氏体的硬度,改善综合力学性能。本研究针对两相区保温时间对双相钢组织性能的影响进行探讨。

2 试验方法

以厚度85mm的中间坯为原料(化学成分见表1),在电阻炉中加热至1200℃,保温2h,按照85mm→68mm→50mm→33mm→22mm→14mm→9mm→6mm→4mm→3mm的轧制规程,在RAL450

热轧试验机上进行轧制。开轧温度约为1150℃,终轧温度约为880℃;空冷至室温;经酸洗后冷轧至1.0mm。将冷轧后的钢板切成500mm×150mm×1.0mm的标准试样,在连续退火模拟试验机CAS II上进行连续退火试验。

表1 试验钢的化学成分(质量分数)%

C	Si	Mn	V	Ti	P	S
0.159	0.314	1.57	0.023	0.024	0.019	0.012

连续退火试验制度如图1所示。将临界区加热温度定为790℃,以20℃/s的加热速率将试样加热至790℃,保温不同的时间,缓冷和淬火速率分别设定为8℃/s和40℃/s,由680℃淬火至280℃后,过时效至240℃,空冷至室温。

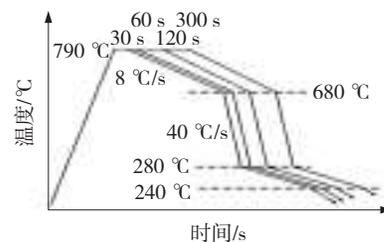


图1 试验工艺制度

在退火后的钢板上切取10mm×8mm规格试样进行微观组织观察。试样经机械抛光后,用4%的硝酸酒精腐蚀,利用Leica DM 2500M光学显微镜观察显微组织。试验钢的力学性能通过拉伸试验进行检测,根据GB/T 228—2002制成标准矩形拉伸试样,在SANS万能材料试验机上进行测定。

3 试验结果及分析

在两相区退火过程中,钢板冷轧后硬化的铁素体和珠光体储存了大量的能量,可以作为铁素体再结晶和奥氏体形核长大的驱动力。冷轧变形产生的大量位错,可以作为退火过程中奥氏体的形核点。奥氏体具备形核的条件后,开始形核和长大,其过程可以分3个阶段:第1阶段是奥氏体在铁素体和压扁的珠光体的相界面上形核,在珠光体所在

收稿日期:2013-03-11

作者简介:田超,男,1989年生,东北大学轧制技术及连轧自动化国家重点实验室材料工程专业2012级硕士研究生。

的位置以扩散方式长大;第2阶段是奥氏体继续长大,长大过程主要受到元素扩散速率的影响,由于C的扩散速率远远大于Mn^[3-4],故在退火过程中,奥氏体的长大几乎完全受C元素分布的影响,在较短保温时间下,钢板中马氏体会产生一定方向性而保留冷轧过程中的带状组织;第3个阶段是奥氏体最终平衡阶段,由于Mn的扩散需要数小时,在连续退火试验及生产中,很难完成这一过程。

3.1 保温时间对微观组织的影响

图2为试样经热轧和冷轧后的显微组织。铁素体呈白色,珠光体呈黑色。热轧组织为多边形铁素体和珠光体,基体无明显的带状组织,如图2a所示;冷轧组织为强化的铁素体、珠光体及铁素体晶粒内

部细小的颗粒状渗碳体(黑色)组成的纤维带状组织,如图2b所示。

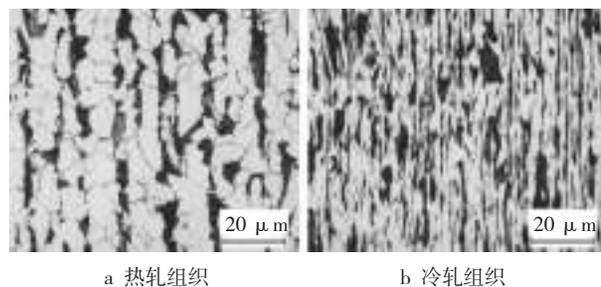


图2 热轧和冷轧后的显微组织

图3为790℃保温不同时间下的显微组织。铁素体呈白色,马氏体呈灰色。可以看出,试验钢热处理后的组织均为多边形铁素体和马氏体。

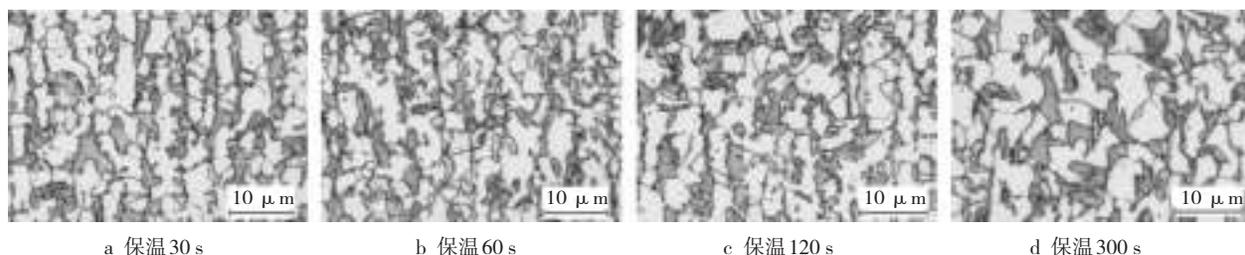


图3 试验钢在790℃不同保温时间下的显微组织

在保温30 s时,铁素体已经完成再结晶,此时奥氏体长大处于第1阶段,具有明显的方向性,故冷却后转变成的马氏体呈带状分布(见图3a)。当保温60 s时,带状组织已不明显,各相分布均匀,奥氏体长大不具有明显的方向性,而是沿再结晶形成的铁素体晶界均匀长大(见图3b)。对比图3c、d可以看出,随着保温时间的延长,带状组织逐渐消除。当保温时间延长至300 s时,带状组织几乎完全消除,但铁素体和马氏体的晶粒尺寸也发生了明显的变化,铁素体的尺寸增加了近1倍(见图3d),马氏体尺寸也有所增大,并且一些马氏体未完全淬透,出现了具有贝氏体形貌特征的组织。其主要原因是在保温过程中,奥氏体过分长大,使提高淬透性的元素如C、Mn在奥氏体中的浓度降低,淬透性下降,淬火过程未能完全转变为马氏体,这对于试验钢的力学性能会产生不利影响。各保温时间下的显微组织中,铁素体和马氏体的体积分数变化不大,这是由于在退火温度一定的条件下,试验钢在两相区内的组织一般不发生改变,即保温时间对各相比例影响不大。

3.2 保温时间对力学性能的影响

表2为试验钢790℃不同保温时间下的力学性能。由于试样拉伸时均未出现屈服平台,故取材料塑性应变0.2%时的强度 $R_{p0.2}$ 为屈服强度。 $R_{p0.2}$ 为308~336 MPa, R_m 为736~755 MPa, A 为21.4%~23.4%,加工硬化指数 n 变化较小,趋于稳定。

表2 790℃不同保温时间下的力学性能参数

保温时间/s	$R_{p0.2}$ /MPa	R_m /MPa	A /%	n	强塑积/MPa%
30	308	736	21.8	0.28	16 044.8
60	317	752	22.4	0.28	16 844.8
120	336	755	22.2	0.28	16 761.0
300	312	743	20.4	0.27	15 157.2

可以看出,随保温时间延长,抗拉强度和屈服强度均先升高后降低,且在前3组试验中,屈服强度与保温时间成正比的关系。主要原因:带状组织存在时,铁素体屈服受到马氏体的阻碍较小,钢板较易屈服;组织完全等轴化时,马氏体作为硬相,在铁素体变形时给予一定的阻碍作用,钢板屈服强度升高;而保温300 s时,晶粒粗化明显,屈服强度降低。

伸长率先增大后减小。双相钢的伸长率会受到带状组织的影响,若马氏体延某方向的排列比较明显,则拉伸过程中,铁素体在马氏体较少的区域容易变形且其晶界处或晶粒内部会较早地出现裂纹而断裂。在带状组织大部分消失的情况下,如保温60 s,伸长率提升较为明显;但随着晶粒尺寸的增大,马氏体和铁素体之间的变形不协调性愈加明显,伸长率开始下降。

在本研究中,较好的力学性能出现在保温时间为60 s和120 s时,且二者差别不大。这是由于60 s的保温时间下钢板晶粒尺寸较小,但仍存在少量带状组织;120 s的保温时间消除了带状组织,但晶粒尺寸较前者稍有增大。将两相区退火时间延长至60 s以上时,带状组织产生逐渐消除的趋势。

4 结 论

4.1 在两相区退火温度一定的情况下,增加保温时间有助于消除钢的带状组织,但对晶粒尺寸会产生较大的影响。保温时间对双相钢中铁素体和马氏体的体积分数影响不大。

4.2 两相区保温时间增加,奥氏体化晶粒和再结晶铁素体晶粒不同程度长大,钢的屈服强度和抗拉强度降低,塑性也有一定程度的恶化。

4.3 790 ℃下60~120 s退火,可以有效消除冷轧过程中产生的带状组织,并能避免因过长保温造成的组织粗化。两相区790 ℃退火过程中保温60 s为

最佳的700 MPa级双相钢试验工艺窗口。

参考文献:

- [1] 马鸣图,吴宝榕.双相钢——物理和力学冶金[M].2版.北京:冶金工业出版社,2009.
- [2] 马鸣图, M.F. Shi.先进的高强度钢及其在汽车工业中的应用[J].钢铁,2004,39(7):68-72.
- [3] (芬)波特(D.A. Porter), (英)伊斯特林(K.E. Easterling), (荷)谢里夫(M.Y. Sherif).金属和合金中的相变(Phase Transformation in Metals and Alloys)[M].陈冷,余永宁,译.3版.北京:高等教育出版社,2011.
- [4] R.O. Rocha, T.M.F. Melo, E.V. Pereloma, D.B. Santos. Microstructural evolution at the initial stages of continuous annealing of cold rolled dual-phase steel[J]. Materials Science and Engineering: A, 2005, 391(1-2): 296-304.

Effect of Intercritical Annealing Time on the Microstructure and Properties of Cold-rolled Dual-phase Steel

TIAN Chao¹, MA Shicheng²

(1 The State Key Laboratory of Rolling and Automation Northeastern University, Shenyang 110819, China;

2 Laiwu Iron and Steel Group Corporation, Laiwu 271104, China)

Abstract: In this study, the cold-rolled Q345 steel specimens were heat treated in different intercritical annealing time and the microstructure and properties were implemented by means of optical microscope and uniaxial tensile test. Through the comparison of the microstructures as well as the tension tests results of steel plates under different holding time, conclusions were drawn that the banded structure eliminated in the holding time of 60 - 120 s at 790 ℃ and grains had little trend of coarsening.

Key words: dual-phase steel; intercritical annealing; holding time; banded structure; mechanical property

(上接第27页)

- [5] 李建平,蔡晓辉.钢板冷却过程中厚度方向的冷却均匀控制[J].钢铁,2008,43(1):42-43.
- [6] 罗军,李永松,唐继华.热轧钢卷开平钢板浪形的成因及处置[J].柳钢科技,2007(4):12-17.

- [7] 唐运章.南钢层流冷却系统流量标定与板形控制[J].轧钢,2010,27(6):22-24.
- [8] 苏艳萍,杨荃,何安瑞,等.ASP1700热轧层流冷却过程中影响板形变化的热应力求解[J].钢铁,2008,43(5):55-60.
- [9] 李艳静.X80管线钢控冷过程温度场模拟及温度均匀性控制[D].秦皇岛:燕山大学,2010:52-57.

Key Parameter Optimization of Laminar Cooling System of 1 700 mm Hot Tandem Mills in Jinan Steel

SHAN Xiuying, GUO Lianji, GUO Liping, CHANG Dayong

(The Hot Continuous Rolling Plant of Jinan Iron and Steel Group Corporation, Jinan 250101, China)

Abstract: In order to improve the evenness of cooling strip and reduce the accessional residual stress of laminar cooling system of 1 700 mm hot tandem mills of Jinan Steel, mathematical optimization models of up-down water distribution and side spray of the laminar cooling system are built by which the key parameters of up-down water distribution and side spray angle are optimized. The corresponding sealing standard is built and used in the production. The application result indicates that the optimized up-down water distribution and side spray angle improve the evenness of cooling strip toward thickness and width directions and redundant water and various shape problems are reduced clearly.

Key words: hot rolled strip; laminar cooling; water distribution ratio; side spray angle; optimization model

信息园地

单位名称和符号常见错误用法

1) 错将ppm等当作单位使用。ppm、pphm、ppb为英文的缩写,并不是计量单位的符号,也不是数学符号。他们所表示的含义为: ppm, parts per million, 10^{-6} ; pphm, parts per hundred million, 10^{-8} ; ppb, parts per billion, 10^{-9} (美、法等)或 10^{-12} (英、德等)。

因此不能当作单位,如12 ppm应改为 12×10^{-6} 。

2) 用%(m/m)或%(V/V)等错误表示。由于百分是纯数字,所以质量百分或体积百分的说法是无意义的,也不能在百分符号上附加其他信息。可选用量的名称质量分数或体积分数等表示。

如硫酸的质量分数,或 $w(\text{H}_2\text{SO}_4)=5\%$ 。错误用法是硫酸的质量百分数,或 $\text{H}_2\text{SO}_4\%=5\%$ 。(燕明宇)