

试验研究

T/P92钢 CCT 曲线测试与分析

阙莉莉

(南京市锅炉压力容器检验研究院,江苏 南京 210000)

摘要:利用L78RITA快速热膨胀仪,结合金相和硬度测试,得出了T/P92钢的连续冷却转变曲线。当冷却速度 $< 0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,出现铁素体和马氏体双相组织;冷速 $> 0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,组织为全马氏体;随着冷速由 $0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 增加到 $50 \text{ }^\circ\text{C/s}$,组织从回火马氏体转变为淬火马氏体,显微硬度由 281.1 HV_1 升高至 403.9 HV_1 。T/P92钢具有较好的淬硬性。

关键词:T/P92钢,CCT曲线,组织;显微硬度

中图分类号: TG151.3

文献标识码: A

文章编号: 1004-4620(2017)02-0041-02

1 前言

T/P92钢是在T/P91钢的基础上,通过减少Mo含量至0.5%、增加W含量至1.8%,并利用控轧控冷技术(TMCP)制造的最新一代含Cr 9%的铁素体耐热钢,是新一代超临界/超超临界电站机组受热面管的理想材料^[1-2]。T/P92钢在550、600℃温度下10万h的蠕变断裂强度为199、131 MPa,高于T/P91钢相应的蠕变强度(141、98 MPa)^[3]。冷却速度对T/P92钢相变产生重要影响,在大型铸锻件热处理中,表面和心部往往加热和冷却速度不同,得到的组织因冷速不同而存在差异,进而能影响其力学性能^[4]。因此,本研究探讨了解T/P92钢在连续冷却过程中的相变情况,并以此为依据,分析显微组织对性能的影响,避免T/P92钢在使用过程中过早失效。

2 试验材料与方法

采用真空电弧炉熔炼25 kg T/P92钢。钢锭经扒皮、切冒口、去尾椎后取屑,采用ICP荧光光谱法分析其化学成分,结果见表1。将钢锭锻造成45方的棒料,始锻温度1150℃,终锻温度900℃,锻造过程中采用三墩三拔工艺使得组织均匀。切取80 mm长的方棒进行热处理,采用1050℃正火+750℃回火的热处理工艺获得全马氏体组织。

表1 T/P92钢化学成分(质量分数) %

C	Cr	Mn	W	V	Mo	Nb	Fe
0.12	9.04	0.52	1.92	0.23	0.45	0.06	余

将试验钢加工成 $\Phi 3 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$ 的试样,用丙酮去除试样表面的油污,将准备好的K型热电偶点焊在试样中部,放置在快速相变热膨胀仪(Lensis L78 RITA)的真空腔内进行测试,获得温度—膨胀

收稿日期:2016-08-25

作者简介:阙莉莉,女,1979年生,2003年毕业于南京工业大学计算机应用与技术专业。现为南京市锅炉压力容器检验研究院工程师,从事特种设备检验检测工作。

量关系曲线。曲线上每一转折点的开始点和结束点都是组织转变的开始点和结束点。再将测试后的试样制备成金相试样,在光学金相显微镜(ZEISS AXIOVERT 200 MAT)下,采用负载强度为1 kg的全自动显微硬度计(LECO AMH43)测试试样硬度。

3 试验结果与分析

3.1 不同冷却速度下T/P92钢的显微组织

根据YB/T 5128—1993标准测试钢的连续冷却转变曲线,以热膨胀法为主,结合金相和显微硬度,绘制了T/P92钢的CCT曲线。采用L78RITA快速热膨胀仪,将T/P92钢加热到1020℃、保温15 min进行完全奥氏体化处理,然后分别以0.01、0.02、0.03、0.05、0.1、0.2、0.3、1、2、3、5、10、20、50℃/s的速率冷却至室温,测得一系列热膨胀曲线,并使用金相显微镜和扫描电镜观察不同冷却速度下的热膨胀试样显微组织,见图1。当冷却速度 $< 0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,组织为马氏体+铁素体,且随着冷却速度的减慢,铁素体比例增加,马氏体所占的比例减小。当冷却速度 $> 0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,组织板条结构清晰的马氏体。说明T/P92钢淬硬倾向严重,易于获得全马氏体组织。

3.2 不同冷却速度下T/P92钢的硬度

考虑到样品在较慢冷速下为马氏体+铁素体双相组织,两者硬度相差较大,选用较大载荷(1 kg)以减小数据的波动。不同冷却速度下样品的显微硬度测试结果如表2所示。整体而言,随着冷却速度的增加,其对应组织的显微硬度也有所增加。当冷却速度为 $0.01 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,显微硬度仅为 111 HV_1 ,与铁素体相的硬度相当;当冷却速度为 $0.05 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,显微硬度为 281.1 HV_1 ,与回火马氏体的硬度相当;当冷却速度为 $50 \text{ }^\circ\text{C/s}$ 时,其显微硬度升高至 403.9 HV_1 ,与淬火马氏体的硬度相当。

3.3 T/P92钢CCT曲线

利用快速相变热膨胀仪自带的Evaluation软件

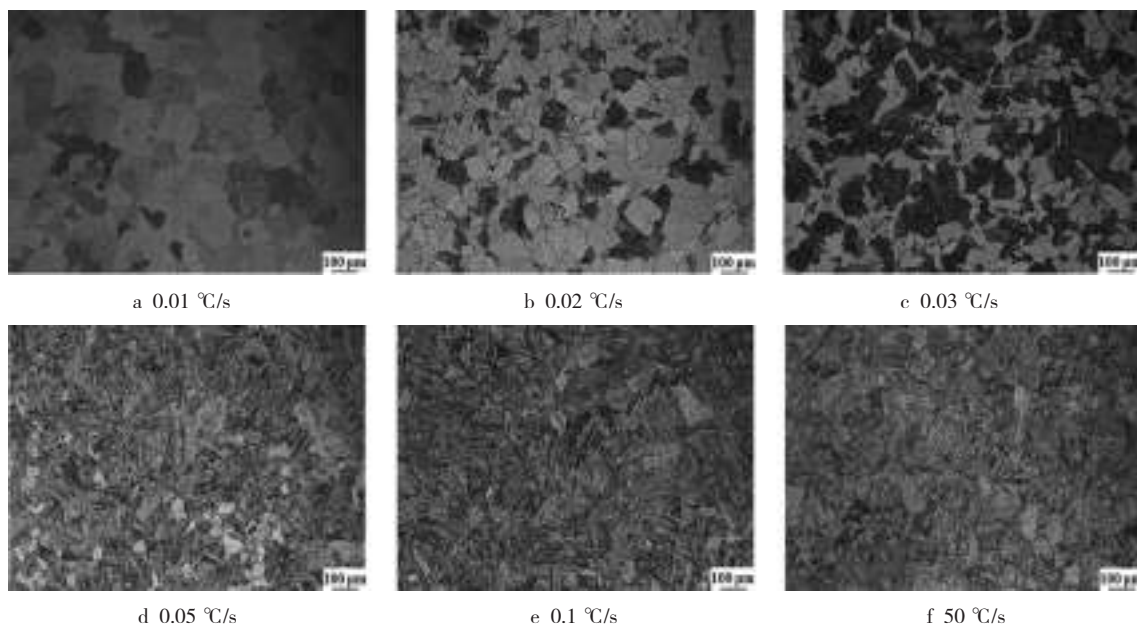


图1 不同冷却速率下T/P92钢典型金相组织

表2 不同冷却速度下T/P92钢的显微硬度

冷速/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{s}^{-1}$)	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.3	1	2	3	5	10	20	50
硬度(HV ₁)	111	169.2	207.8	281.1	371.9	383.7	371.8	374.6	376.8	386.7	391.2	390.8	395.4	403.9

导出不同冷速下的热膨胀曲线,采用切线法确定不同冷却速度冷却过程中发生相变的起止温度,结合金相分析以及显微硬度,利用Origin9.0软件绘制出了如图3所示的T/P92钢的CCT曲线。T/P92钢的 A_{c1} 点在 820°C , A_{c3} 点在 920°C , M_s 点在 450°C , M_f 点在 270°C 。从CCT曲线可以看出,正火冷速 $< 0.05^{\circ}\text{C/s}$ 时,组织由铁素体和马氏体组成,当冷速 $> 0.05^{\circ}\text{C/s}$ 时,组织则全部为马氏体。由此可见,在较宽的冷却速度范围内,从奥氏体冷却到室温,T/P92钢都会从奥氏体转变为马氏体。因此,T/P92钢具有较好的淬硬倾向。

4 结论

使用L78RITA快速热膨胀仪,结合金相和硬度,得出了T/P92钢的连续冷却转变曲线。T/P92钢冷速 $< 0.05^{\circ}\text{C/s}$ 时,出现铁素体和马氏体双相组织,在较宽冷速范围内时都能得到全马氏体组织,随着

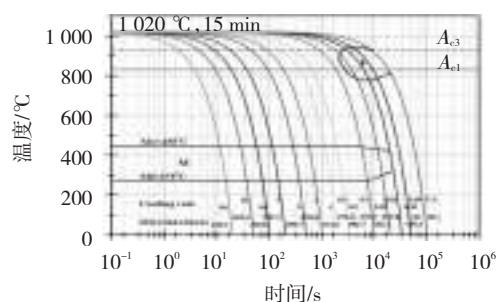


图2 试验测定的T/P92钢CCT曲线

冷速的增加,组织从回火马氏体向淬火马氏体转变,其硬度相应增加。T/P92钢具有较好的淬硬性。

参考文献:

- [1] 吴军. T92 钢管焊接接头组织和性能研究[D]. 济南: 山东大学, 2008.
- [2] 束国刚. 超临界锅炉用T/P91钢的组织性能与工程应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 2006.
- [3] 段宝玉, 刘宗昌, 任慧平, 等. 对P92钢C-曲线的评价[J]. 兵器材料科学与工程, 2015(5): 93-96.
- [4] 崔中圻. 金属学与热处理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

Measurement and Analysis on the CCT Diagram of T/P92 Steel

QUE Lili

(Nanjing Boiler and Pressure Vessel Inspection Institute, Nanjing 210000, China)

Abstract: The CCT diagram of T/P92 steel was measured using the phase transformation thermal dilatometer. Results showed that the microstructure was the martensite and ferrite structures when the cooling rate was lower than 0.05°C/s . When the cooling rate was higher than 0.05°C/s , the microstructure was the whole martensite. The whole martensite can be obtained in a wide cooling rate range. The martensite transforms from the tempered martensite to the quenching martensite with the cooling rates increase from 0.05°C/s to 50°C/s , also the microhardness increases from 281.1 HV_1 to 403.9 HV_1 . Based on this, the T/P92 steel has good hardenability.

Key words: T/P92 steel; CCT diagram; microstructure; microhardness