● 材料改性 Material Propertiest ●

DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2021.08.017

回火温度对300M钢组织和性能的影响

王丙旭,崔威威,张 宇,胡子瑞
(浙江理工大学 机械与自动控制学院,浙江 杭州 310018)

摘 要:研究了不同回火温度对300M钢微观组织和力学性能的影响。结果表明,在200~600 ℃回火,300M钢组织由回火马氏体和残余奥氏体组成。随着回火温度的升高,回火马氏体的板条状形貌特征逐渐消失,残余奥氏体含量下降,粒状渗碳体或碳化物析出;硬度、屈服强度和抗拉强度呈下降趋势,伸长率提高。

关键词:300M钢;回火热处理;微观组织;力学性能
中图分类号:TG142.1;TG156 **文献标志码**:A **文章编号**:1000-8365(2021)08-0719-03

Effect of Tempering Temperatures on Microstructure and Mechanical Properties of 300M Steel

WANG Bingxu, CUI Weiwei, ZHANG Yu, HU Zirui
(Faculty of Mechanical Engineering and Automation, Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The effects of different tempering temperatures on microstructure and mechanical properties of 300M steel were studied. The results show that the microstructure of 300M steel is composed of tempered martensite and retained austenite when tempered at 200~600 ℃. With the increase of tempering temperature, the lamellar morphology of tempered martensite gradually disappeared, the content of residual austenite decreased, and granular cementite or carbide precipitated. The hardness, yield strength and tensile strength of 300M steel decreased, and the elongation increased.

Key words: 300M steel; tempering process; microstructure; mechanical properties

300M是美国国际镍公司研制的一种中碳低合金超高强度钢,因其具有良好的韧塑性、抗疲劳性能、抗腐蚀能力和焊接性能,被广泛应用于飞机大梁和起落架等关键零部件[1-3]。目前国内外对300M钢的研究集中于通过添加不同合金元素和表面强化技术改善其组织和服役性能。马少海[4]等人发现Co元素能够提高回火300M钢的强度和硬度,降低冲击韧度。随着Co含量的增加,组织中残余奥氏体含量减少,同时伴有大量渗碳体析出。韩顺[5]等人发现Ni元素的加入能够增加回火300M钢组织中残余奥氏体含量,同时提高冲击韧度和断裂韧性,但是Ni元素对组织中板条状马氏体和碳化物的成分和形貌没有显著影响。刘跃[6]等人发现稀土元素La对300M钢力学性能的影响较小,但是能够提高其高周疲劳性能,组织中夹杂物的尺寸增大,应力集中减小。Guanyi Jing[7]等人使用SLM(selective laser melting 选择性激光熔化)方法强化300M钢表面,发现熔池内部主要为粗大的回火屈氏体,周围存在大量的回火索氏体。陈天运[8]等人对300M钢圆筒零件进行复合喷丸处理,发现复合喷丸后300M钢圆筒零件的疲劳极限明显提升,复合喷丸能够改善300M钢圆筒零件的表面粗糙度并在表面形成残余压应力。徐伟[9]等人对300M钢进行激光表面重熔处理,发现表面重熔区域由马氏体和残余奥氏体组成,形成了内硬外软的Skin-Core结构。表面硬度和强度大幅提升,其中表面显微硬度和扫描速率呈明显正向关系。

热处理工艺是决定300M钢零件服役性能的关键因素之一,但是目前有关不同热处理过程对300M钢组织和性能影响的相关报道仍然极少。王洪利[10]等人研究了退火软化工艺对300M钢组织和硬度的影响规律。结果表明,在Ac_1温度以下进行退火,组织中的马氏体转变为回火索氏体,同时析出颗粒状和球状碳化物。在两相区域内进行退火,组织包括珠光体、先共析铁素体和球状或短棒状碳化物。在Ac_3温度以上回火,组织包括珠光体、先共析铁素体和长薄片状碳化物。此外,退火冷速对300M钢硬度影响显著。本文作者研究了不同回火温度对300M钢组织和性能的影响规律,目的是为300M钢的生产和应用提供参考。

收稿日期:2021-05-08
基金项目:"机械工程"浙江省重点建设高校优势特色学科重大重点成果培育计划项目(11130231742010)
作者简介:王丙旭(1992—),吉林长春人,博士,副教授.研究方向:颗粒增强钢铁材料、合金组织调控及强韧化、耐磨钢铁材料、热处理、ADI等方面的研究.Email:bingxuwang@zstu.edu.cn

1　试验材料与方法

实验原材料为正火和高温退火后的300M钢棒材，原始组织为粒状珠光体，如图1。主要化学成分如表1。

使用线切割制备标准拉伸试验棒。热处理方案如图2所示，淬火和回火热处理中，首先在920 ℃下对300M钢试样进行奥氏体化处理，保温1 h，油冷处理后进行回火，回火温度分别为200、300、400、500、550、600 ℃，保温1h，然后空冷至室温。使用Instron5697多功能材料试验机和HRSS-150硬度计测试300M钢的拉伸性能和洛氏硬度。使用4XC倒置金相显微镜观察300M钢的热处理组织。

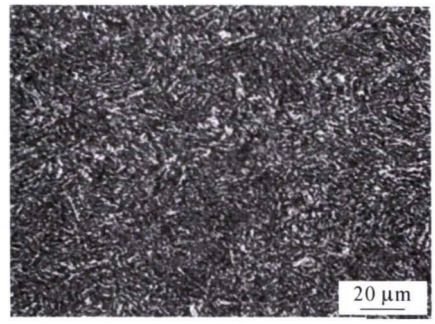


图1 300M钢原始组织

Fig. 1 Original microstructure of 300M steel

表1 300M钢化学成分　w(%)

Tab. 1 Chemical composition of 300M steel

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Fe
0.43	1.65	0.78	0.035	0.04	1.80	0.82	0.40	0.05	余量

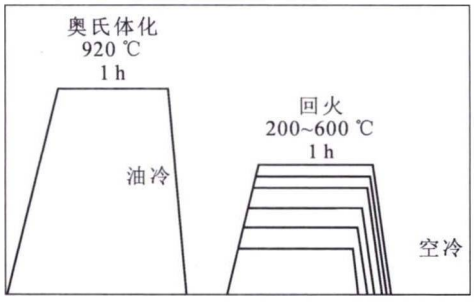


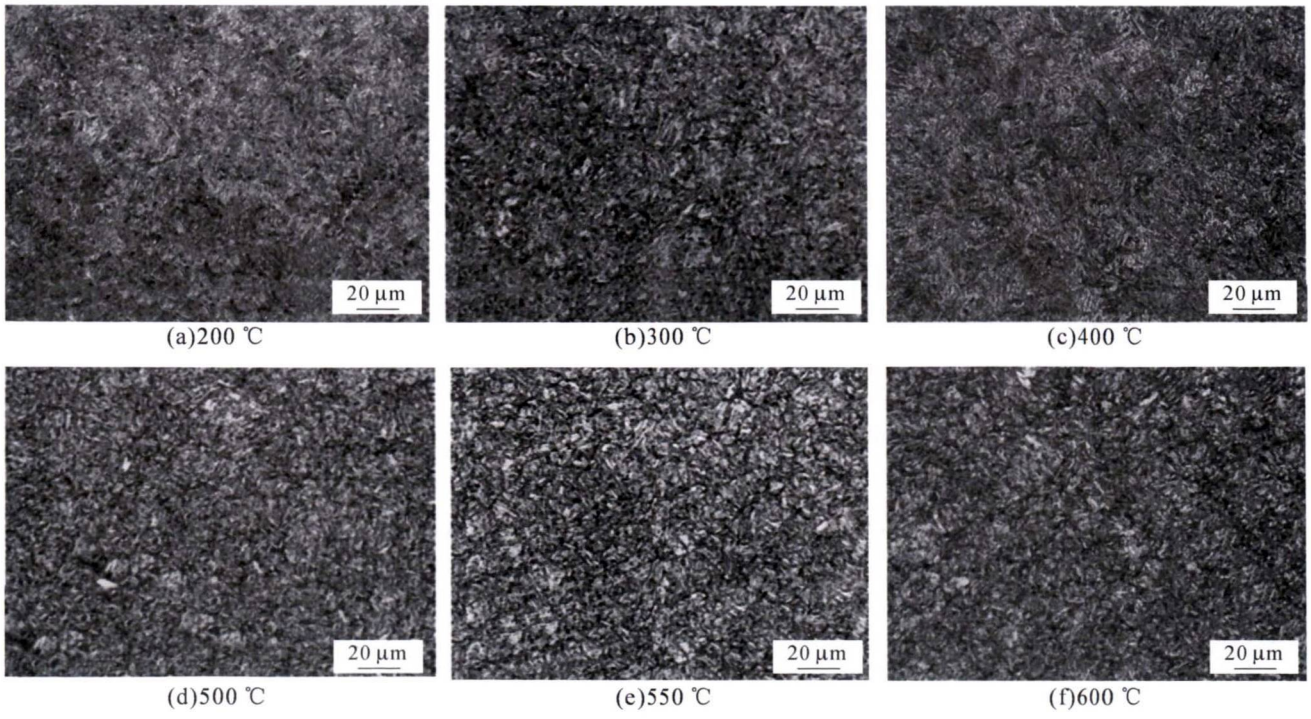
图2 淬火和回火热处理

Fig. 2 Quenching and tempering heat treatment

2　试验结果及讨论

2.1　微观组织

从拉伸试样上直接切取尺寸为10 mm×10 mm×10 mm的金相试样。经400～2 000目砂纸打磨、金刚石抛光膏抛光以及4%硝酸酒精腐蚀后，观察300M钢的热处理组织，如图3。回火300M钢的微观组织主要为回火马氏体和残余奥氏体。随着回火温度的升高，残余奥氏体含量逐渐减少，同时渗碳体或碳化物析出。当回火温度低于400 ℃时，回火马氏体仍保留原本淬火后板条状马氏体的基本形貌。



(a)200 ℃　(b)300 ℃　(c)400 ℃

(d)500 ℃　(e)550 ℃　(f)600 ℃

图3 不同回火温度下300M钢微观组织

Fig. 3 Microstructure of 300M steels under various tempering temperatures

2.2 力学性能

300M钢的力学性能如图4。随回火温度的升高,300M钢的硬度、屈服强度和抗拉强度逐渐下降,伸长率逐渐上升。当回火温度为200、300、400、500、550、600 ℃,硬度分别为50.4、48.7、44.7、42.1、40.5、37.4 HRC;屈服强度分别为1 777.2、1 732.5、1 657.5、1 490.2、1 397.9、1 222.4 MPa;抗拉强度分别为2 115.6、2 045.3、1 877.7、1 672.5、1 515.4、1 315.8 MPa;伸长率分别为10.5%、11.8%、13.6%、14.2%、15.3%、17.5%。

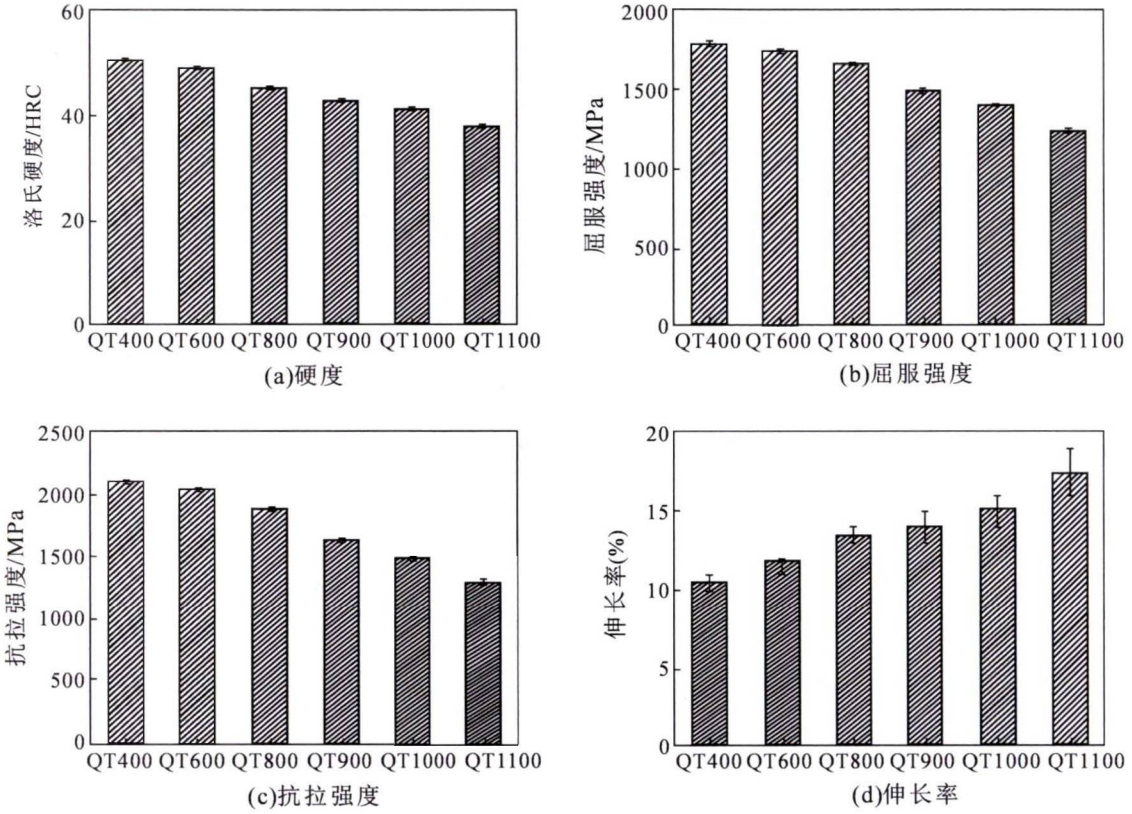


图4 不同回火温度下300M钢力学性能

Fig. 4 Mechanical properties of 300M steels under various tempering temperatures

3 结论

(1)随着回火温度的升高,300M钢组织中回火马氏体的板条状形貌特征逐渐消失,残余奥氏体含量下降,粒状渗碳体和碳化物析出。

(2)随着回火温度的升高,300M钢的硬度、屈服强度和抗拉强度逐渐下降,伸长率逐渐上升。

参考文献:

[1] 章伟钢,韩顺,厉勇,等. 大型客机用300M钢疲劳破坏行为[J]. 钢铁,2017,52(10):83-88.

[2] 申琪,张昌明,王永鑫. 飞机起落架用难加工材料钻削性能试验研究[J]. 机械设计与制造,2020(2):60-64.

[3] 赵晋斌,赵起越,陈林恒,等. 不同表面处理方式对300M钢在青岛海洋大气环境下腐蚀行为的影响[J]. 2019,39(6):504-510.

[4] 马少海,厉勇,王春旭,等. Co元素对300M钢组织和性能的影响[J]. 金属热处理,2015,40(7):120-124.

[5] 韩顺,王春旭,裴剑,等. 提高Ni含量对300M钢组织和性能的影响[J]. 材料热处理技术,2012,41(20):75-78.

[6] 刘跃,韩顺,厉勇,等. 稀土元素La对300M钢疲劳性能的影响[J]. 金属热处理,2021,46(2):14-19.

[7] JING G Y,HUANG W P,YANG H H,et al. Microstructure evolution and mechanical properties of 300M steel produced by low and high selective laser melting[J]. Journal of Materials Science and Technology,2002,48(13):44-56.

[8] 陈天运,盛伟. 复合喷丸对300M钢圆筒零件疲劳性能的影响[J]. 金属热处理,2019,44(7):183-185.

[9] 徐伟,王晓光,门正兴. 激光表面重熔300M超高强度钢的组织及腐蚀行为[J]. 激光与光电子学进展,2020,57(1):144-150.

[10] 王洪利,吴铖川,杜思敏,等. 退火软化对高强度钢300M组织及硬度的影响[J]. 金属热处理,2021,46(3):100-103.