● 材料改性 Material Propertiest ●
DOI:10.16410/j.issn1000-8365.2019.08.017

淬火后回火温度对 20SiMn2Mo 钢组织和性能的影响

李 晴,程巨强
(西安工业大学 材料与化工学院,陕西 西安 710021)

摘 要:研究了 20SiMn2Mo 钢 920 ℃水淬后不同回火温度对实验材料组织和性能的影响。结果表明,随回火温度的提高,实验材料的强度和硬度呈下降的趋势。200 ℃回火冲击韧度值最高,为最佳回火温度,获得的力学性能为 R_m, 550 MPa、A14%、Z58%、A_{KV}73 J,其组织为回火马氏体和残余奥氏体组织。400 ℃和 550 ℃回火冲击韧度值较低,出现回火脆性,断口特征为沿晶脆性断裂。

关键词:贝氏体钢;淬火;回火;组织
中图分类号: TG156.5; TG113 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-8365(2019)08-0828-03

Effect of Tempering Temperature after Quenching on Microstructure and Properties of 20SiMn2Mo Steel

LI Qing, CHENG Juqiang
(College of Materials Science and chemical Engineering, Xi'an Technological University, Xi'an 710021, China)

Abstract: The influence of tempering temperature on microstructure and properties of 20SiMn2Mo steel after quenching at 920 ℃ was studied. The results show that the strength and hardness of the experimental materials decrease with the increase of tempering temperature. The impact toughness at 200 ℃ is the highest, which is the best tempering temperature. The mechanical properties of R_m, A, Z and A_{KV} are 1, 550 MPa, 14%, 58% and 73 J, respectively, the microstructure of which is tempered martensite and retained austenite. The impact toughness of tempering at 400 ℃ and 550 ℃ is lower. Temper brittleness appeared and the fracture is characterized by intergranular brittle fracture

Key words: bainite steel; quenching; tempering; microstructure

钢中贝氏体组织主要是通过等温淬火或合金化热加工后空冷或热处理空冷形成[1],贝氏体组织除了典型贝氏体组织以外,出现了非典型或无碳化物贝氏体组织,研究表明非典型的无碳化物贝氏体组织具有良好的力学性能[2],为了提高无碳化物贝氏体钢的性能潜力,本文研究了无碳化物贝氏体钢 20SiMn2Mo 淬火后不同回火温度对其组织和性能的影响,以获得淬火后最佳的回火工艺。

1 试验材料与研究方法

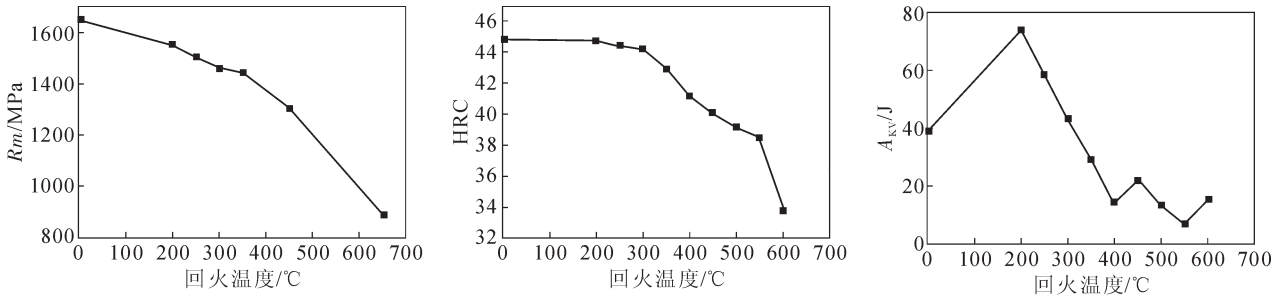
试验材料为新研制的一种贝氏体钢,牌号 20SiMn2Mo。热处理加热温度为 920 ℃,保温 20 min 后水冷,之后进行不同温度回火,回火温度为不回火、200、250、300、350、400、450、500、550、600 ℃回火,保温时间 90 min。实验材料冲击试样取自于直径 50 mm 棒料,加工成带 V 型缺口深度为 2 mm 的冲击试样,拉伸试样加工成直径为 8 mm 标准短试样。用 NIKON-EPIPHOT300 型光学显微镜观察实验材料的金相组织,组织腐蚀液为 4%的硝酸酒精溶液,用 X-600 型 XRD 衍射仪进行不同回火温度物相分析,用 Quanta-400 扫描电子显微镜进行冲击试样断口形貌观察及不同温度回火组织观察。

2 试验结果与分析

2.1 淬火不同温度回火力学性能实验结果及分析

图 1 是 920 ℃加热淬火不同回火温度实验材料的力学性能变化曲线。可以看出,淬火后随着回火温度的升高,实验材料强度及硬度出现下降的趋势(图 1a、图 1b)。冲击值随回火温度的升高,在 200 ℃回火出现峰值,超过 200 ℃回火冲击值出现下降趋势,在 400 ℃及 550 ℃回火冲击值出现低谷。相当于出现回火脆性。硬度和强度出现这种变化的原因与淬火回火过程组织变化有关,淬火后低温回火形成回火马氏体组织,硬度和强度较高,随回火温度提高,

收稿日期:2019-02-01
作者简介:李 晴(1994-),女,陕西兴平人,硕士生.研究方向:钢铁材料热处理工艺的研究、开发与应用工作.
电话:18309220317,E-mail:956282068@qq.com



(a)强度随回火温度变化　(b)硬度随回火温度的变化　(c)冲击韧度值随回火温度变化

图 1　920 ℃加热淬火不同回火温度力学性能变化曲线

Fig.1　Mechanical Properties change Curve of different tempering temperature for quenching at 920 ℃

马氏体基体出现分解，形成碳化物，降低基体中合金元素淬火时形成的过饱和度，基体出现软化，造成强度和硬度下降。冲击韧度值随回火温度变化原因主要为，低碳合金钢淬火后主要生成马氏体组织，具有很高的硬度和强度，韧性较低。200 ℃回火一方面消除淬火过程产生的应力，另一方面马氏体低温回火分解形成细小弥散分布的碳化物有利于提高强韧性。随回火温度的继续升高，马氏体的分解析出碳化物的量逐渐增加，韧性降低。在 400 ℃及 550 ℃回火组织中的马氏体和残余奥氏体发生较多的分解，形成大量的碳化物，且以薄片状在原奥氏体晶界析出，生成脆性相。超过 550 ℃回火，组织形成碳化物粒状化形成索氏体组织，马氏体基体软化，趋近于平衡组织，冲击值上升。

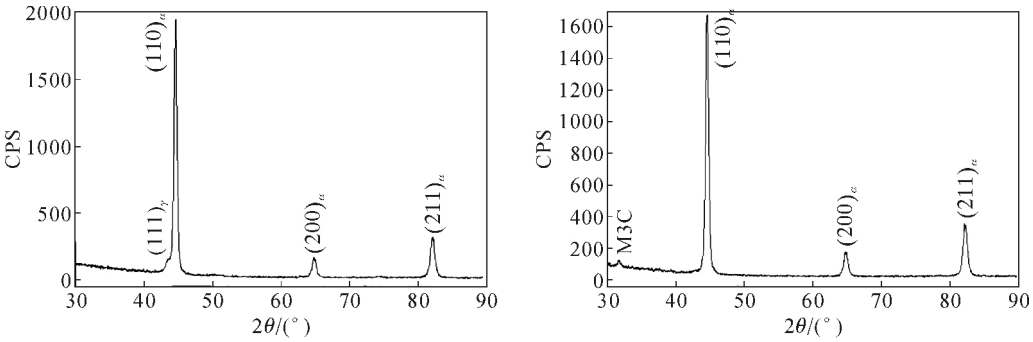
2.2　淬火不同温度回火组织及物相分析

图 2 是 920 ℃水淬不同温度回火 XRD 衍射图谱。水冷后 200 ℃回火实验材料的衍射峰主要有铁素体峰和奥氏体峰（图 2a），因此，淬火后 200 ℃回火组织应该为回火马氏体和少量残余奥氏体组织。水冷 550 ℃回火试样的 XRD 衍射峰主要为铁素体和碳化物峰，说明高温回火组织主要由铁素体和碳化物组成，因此回火组织应该为索氏体组织。

图 3 是实验材料在 920 ℃淬火不同温度回火的组织。可以看出 920 ℃水冷不回火的组织形貌为板条状(图 3a)，为低碳马氏体组织，扫描电镜显微镜下观察水冷的组织，除了马氏体外还存在少量的奥氏体组织，奥氏体组织分布在马氏体板条之间（图 3b）。920 ℃淬火 200 ℃回火后的金相组织（图 3c），结合图 2 的 XRD 物相分析，淬火后 200 ℃回火的组织为回火马氏体和少量的残余奥氏体，回火马氏体组织呈板条状，扫描电镜观察组织可以看到回火马氏体分解不明显，部分基体上存在较小的分解产物（图 3d）。淬火后 300 ℃回火的组织也为板条状回火马氏体和少量的残余奥氏体，可以看出回火马氏体基体分解的细小的颗粒增多（图 3e）。图（3f)是 920 ℃淬火 400 ℃回火的金相组织，组织呈细板条状，扫描电镜下观察，马氏体基体上出现较多的细小颗粒的分解产物（图 3g）。随回火温度进一步提高，500 ℃回火组织中的马氏体分解更为明显，分解产物集聚长大，550 ℃回火马氏体组织分解形成短片状铁素体组织（图 3j），有索氏体化倾向，但分解产物大部分还保留板条马氏体的位相。

2.3　冲击试样扫描(SEM)断口分析

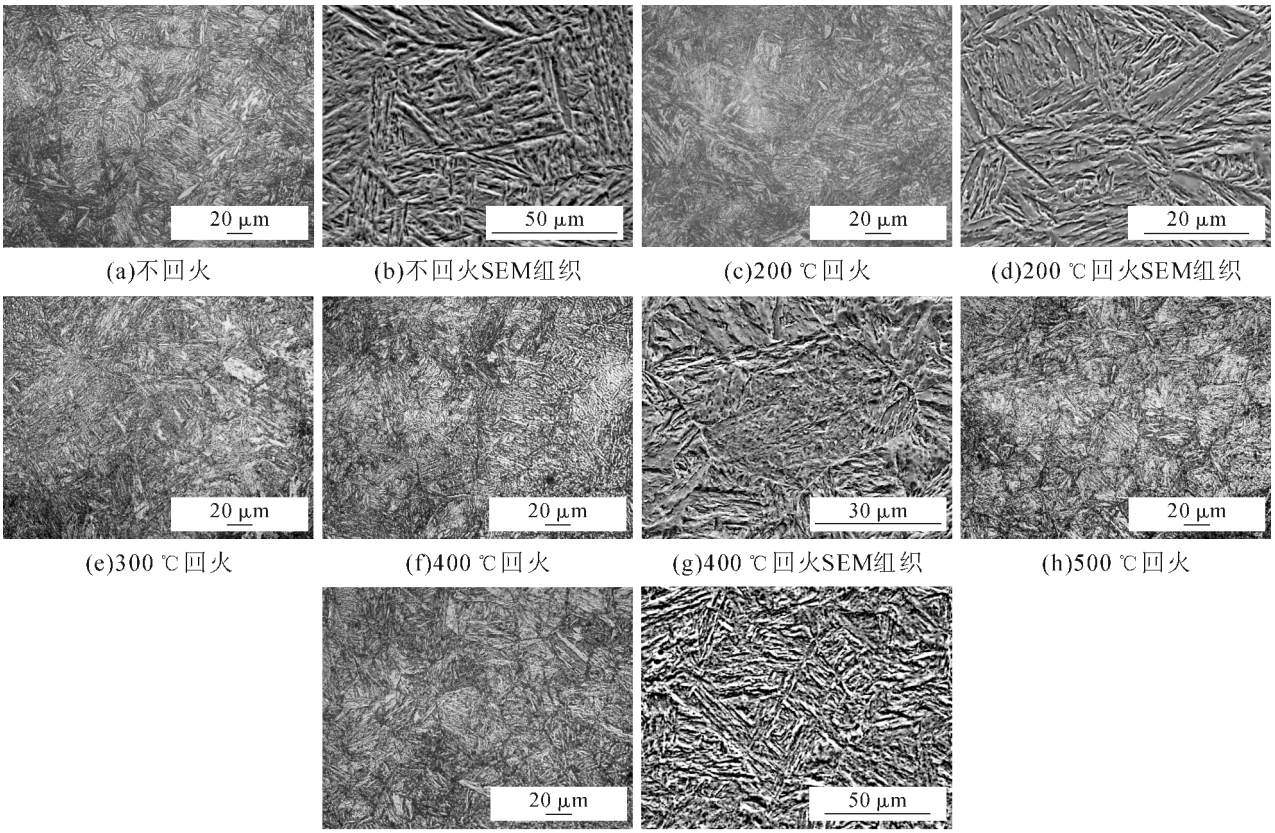
图 4 是 920 ℃水淬不同温度回火冲击断口放射区 SEM 形貌。可以看出，水淬后 200 ℃回火实验材料冲击试样断口存在大量的韧窝和塑性变形的撕裂棱，为典型的韧性断裂，具有较高的冲击值。图 4(b)是 400 ℃回火冲击断口 SEM 形貌，图 4(c)是 550 ℃



(a)水冷200 ℃回火不回火　(b)水冷550 ℃回火

图 2　920 ℃水冷不同温度回火 XRD 衍射图谱

Fig.2　XRD diffraction patterns of tempering at different temperatures at 920 ℃



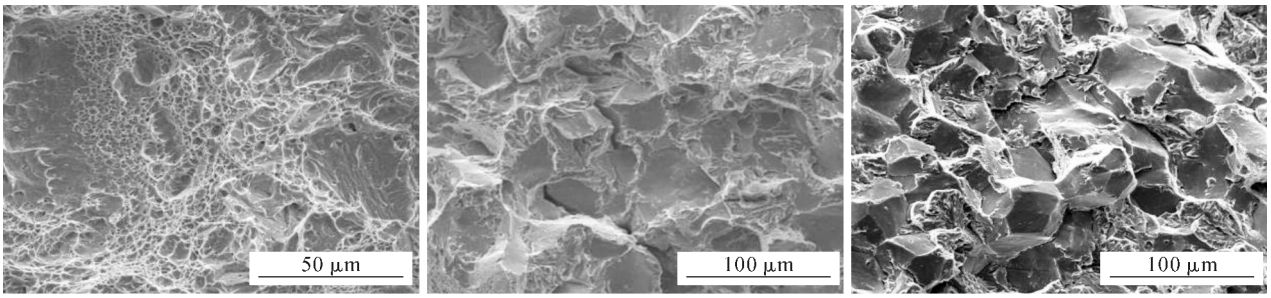
(a)不回火 (b)不回火SEM组织 (c)200 ℃回火 (d)200 ℃回火SEM组织

(e)300 ℃回火 (f)400 ℃回火 (g)400 ℃回火SEM组织 (h)500 ℃回火

(i)550 ℃回火 (j)550 ℃回火SEM组织

图 3 920 ℃淬火不同温度回火组织

Fig.3 Tempering microstructure at different temperatures after quenching at 920 ℃



(a)200 ℃回火 (b)400 ℃回火 (c)550 ℃回火

图 4 920 ℃水冷不同温度回火冲击试样断口 SEM 形貌

Fig.4 Fracture SEM morphology of different tempering specimens at 920 ℃ water cooling

回火冲击断口 SEM 形貌。可以看出，二者断口特征主要为沿晶断裂和少量的解理断裂，韧窝形貌较少，是典型脆性断裂，冲击值较低。

3 结论

（1）实验材料 920 ℃水冷不同温度回火，200 ℃回火实验材料具有最高的强韧性配合，为最佳回火温度，获得的力学性能为 R_m：1 550 MPa、A：14%、Z：58%、A_{KV}：73 J，其金相组织为回火马氏体和残余奥氏体组织。400 ℃和 550 ℃回火冲击出现马氏体回火脆性，冲击值较低。

（2）920 ℃加热水冷 200 ℃回火，冲击值较高的回火试样断口形貌主要为韧窝特征，为韧性断裂，400 ℃及其 550 ℃回火冲击值较低的断口断裂特征为沿晶断裂，为脆性断裂。

参考文献：

[1] 周鹿宾.贝氏体钢研究开发与应用[J]. 特殊钢，1993，14(6)：5-10.

[2] 康沫狂. 钢中贝氏体钢形貌学探讨 [J]. 兵器材料科学与工程，1991(10)：1-7.

[3] 程巨强，康沫狂. 新型准贝氏体钢及工程应用[J]. 西安工业学院学报，2000，20(1):43-48.

[4] 杨东方，曲敬信，邵荷生. 奥氏体-贝氏体钢的显微组织和力学性能[J]. 中国矿业大学学报，1993，22(3)：47-52.