

Doi:10.3969/j.issn.1672-0105.2014.04.015

# 淬火回火工艺对H13钢组织及硬度性能的影响\*

李勇,陈晶芳

(浙江工贸职业技术学院先进材料研发中心, 浙江温州 325003)

**摘要:**通过对不同淬火及回火工艺处理的H13钢进行硬度测试及金相分析,结果显示:H13钢在1020℃~1080℃淬火温度范围内、530℃~650℃回火温度区间内,随淬火温度的升高,钢的淬火硬度有先升高后下降的趋势,H13钢在1050℃左右淬火时其淬火硬度最高。当淬火温度相同时,随回火温度的升高,钢的回火硬度呈现先升高后下降的趋势,在560℃左右回火时其回火硬度达到峰值,此时钢的组织主要由板条状回火马氏体、细小碳化物颗粒加少量的残余奥氏体组成,且随着回火温度的升高,回火马氏体逐步向回火索氏体转化;当回火温度达到620℃~650℃时,钢的硬度开始急剧下降。

**关键词:** H13热作模具钢; 淬火回火; 硬度; 显微组织

中图分类号 TG156

文献标识码: A

文章编号: 1672-0105 (2014) 04-0058-03

## Influences of Quenching and Tempering on Microstructure and Hardness of H13 Steel

LI Yong, Chen Jingfang

(Advanced Materials R&D Center, Zhejiang Industry & Trade Vocational College, Wenzhou, 325003, China)

**Abstract:** The heat treatment process of H13 steel were tested in condition of different quenching and tempering temperatures, then material microstructure and hardness of performance were analyzed in this paper. The results indicated that hardness of H13 steel showed the trend increasing firstly and then decreasing when the tempering temperature raised and the quenching temperature was the same, in the range of 1 020 °C ~ 1 080 °C quenching temperature and 530 °C ~ 650 °C tempering temperature. The highest hardness of H13 steel was obtained when the material was treated by 560 °C tempering temperature. And the microstructure of H13 steel was mainly made up of granular carbides, lath tempered martensites and small amount of residual austenites. In addition, tempered martensites gradually transformed into tempered sorbites when the tempering temperature raised. And the hardness of H13 steel started a precipitous decline in the range of 620 °C ~ 650 °C tempering temperature.

**Key words:** H13 hot die steel; quenching and tempering; hardness; microstructure

H13钢具有较高的热强度和硬度,在中温条件下具有较好的韧性、热疲劳性和一定的耐磨性,在生产中广泛用于铜、铝等合金的热锻模、热挤压模和压铸模等<sup>[1-2]</sup>。资料显示<sup>[3-5]</sup>:H13钢热处理时适当提高淬火温度,在奥氏体晶粒长大不明显的情况下,由于碳化物加速溶解,奥氏体中含碳量和合金元素量的增加,可提高淬火后的硬度,在随后回火过程中析出细小弥散的碳化物,这种组织有利于提高材料的热疲劳性能和回火稳定性,可充分发挥H13钢的潜力。本文经过对H13钢进行多组热处理

工艺试验,通过对常用的中温工作段内钢的硬度性能表现进行检测和分析,希望能对H13钢的用途极限认识、性能改善及热处理工艺优化提供进一步的参考。

### 1 试验材料及方法

试验材料为普通模具钢市场采购的H13钢,其主要化学成分如表1所示。

淬火、回火试验设备为上海中奕电炉有限公司生产的SSX-12-16型高温箱式电阻炉和SX2-4-10

收稿日期: 2014-11-04

基金项目: 温州市首批重点创新团队项目(C20120003)

作者简介: 李勇(1976—),男,河南新县人,硕士,讲师,主要研究方向:新型金属材料、模具材料及其表面处理。

型中温箱式电阻炉。硬度检测设备为莱州华银仪器有限公司生产的HRS-150型数显洛氏硬度计。金相分析设备为德国LEICA公司的DM2500型正置金相显微镜。成分分析设备为德国BRUKER公司的S4型X荧光光谱仪。

表1 H13钢主要化学成分表 (Wt %)

C	Si	Mn	Cr	Mo	V	P	S
0.39	0.85	0.42	4.80	1.10	0.80	≤0.03	≤0.03

具体试验过程如下: 淬火预热分两段预热, 在650℃与850℃下各预热30 min后, 升温至淬火温度, 保温5 min~7 min后油淬, 分别完成1020℃、1050℃、1080℃的淬火试验; 试样尺寸为55 mm\*10 mm\*10 mm的条型试样。回火采用二次回火工艺, 每次回火时间为1 h, 分别完成530℃、560℃、590℃、620℃、650℃下5种不同温度的回火试验, 空冷。每个试验工艺取3个试样检测硬度, 取其平均值作为硬度测试结果; 金相分析时采用4%的硝酸酒精溶液对试样进行腐蚀。

## 2 试验结果与分析

根据试样的硬度检测数据, H13钢淬火硬度随淬火温度的变化折线图如图1所示; 经回火处理后钢的回火硬度随回火温度的变化曲线图如图2所示。

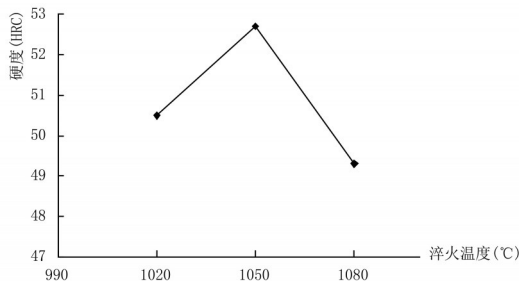


图1 淬火硬度随淬火温度变化折线图

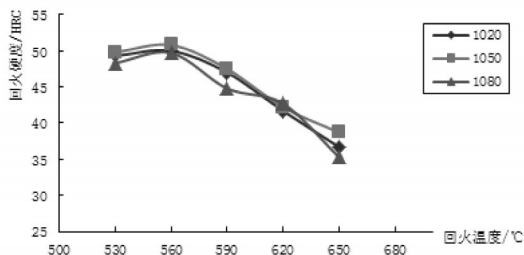


图2 回火硬度随回火温度变化曲线图

从图1可以看出: H13钢在试验的1020℃~1080℃的淬火温度范围内, 随淬火温度的升高, 钢的淬火硬度有先上升后下降的趋势。H13钢在1050℃左右淬火时其淬火硬度最高, 约为53HRC。

从图2可以看出: H13钢在1020℃~1080℃淬火、530℃~650℃回火温度区间内, 当淬火温度相同时, 随回火温度的升高, 钢的回火硬度均呈现出先升高后下降的趋势, 且都在560℃左右回火时钢的回火硬度达到峰值; H13钢在1050℃左右淬火、560℃左右回火时, 钢的回火硬度性能表现最好, 约为51HRC; 随后随回火温度的升高, 钢的硬度下降, 当H13钢在650℃左右回火时, 其回火硬度均不超过39HRC, 显示出H13钢在650℃以上工作时, 其硬度性能会显著下降。

图3至图8分别为H13钢在不同淬火、不同回火温度下的金相组织图。从图中可以看出, 当回火温度相同时, 随淬火温度的升高, H13钢的晶粒尺寸在增大, 图4中H13钢在1080℃淬火时的晶粒尺寸明显较图3中1020℃淬火的晶粒尺寸粗大。

当淬火温度相同时, 随回火温度的升高, H13钢的组织出现了明显的变化。560℃回火时钢的组织仍显现出板条状回火马氏体特征, 主要由板条状回火马氏体、细小碳化物颗粒加少量的残余奥氏体组成, 钢的硬度仍然较高; 到650℃回火时, 钢的回火组织则主要由回火索氏体加残余奥氏体组成, 其晶内亚结构的畸变程度明显减弱, 因此钢的硬度较低; 可以看出, 随回火温度的升高, H13钢的马氏体组织亚结构的位错畸变特征衰减程度明显加大<sup>[6]</sup>, 主要回火组织更是由马氏体向索氏体转变; 从图7可以看出, H13钢在620℃回火时, 其晶内的畸变表征已不太显著, 钢的硬度就已显示出即将急剧下降的趋势和特征。

## 3 结论

(1) H13钢在试验的1020℃~1080℃的淬火温度范围内, 随淬火温度的升高, 钢的淬火硬度有先升高后下降的趋势; H13钢在1050℃左右淬火时其淬火硬度最高, 约为53HRC。

(2) H13钢在试验的1020℃~1080℃淬火、530℃~650℃回火温度范围内, 当淬火温度相同时, 随回火温度的升高, 钢的回火硬度呈现出先升

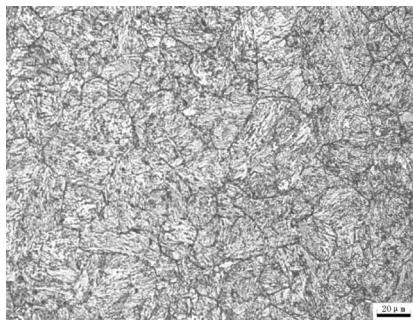


图3 1020 °C淬火+620 °C回火

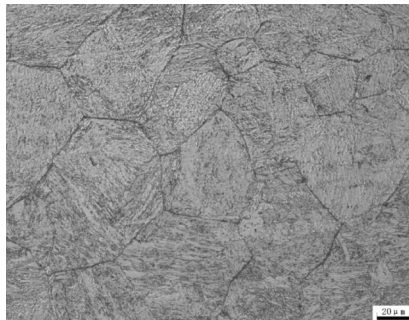


图4 1080 °C淬火+620 °C回火

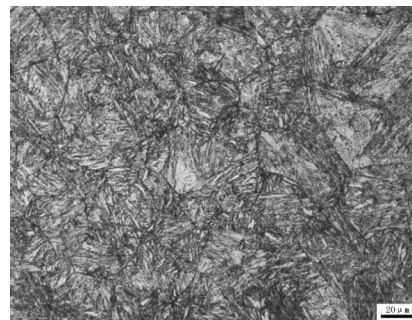


图5 1050 °C淬火+560 °C回火

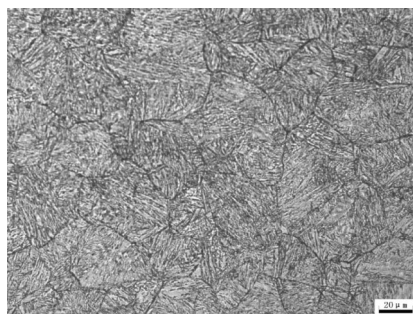


图6 1050 °C淬火+590 °C回火

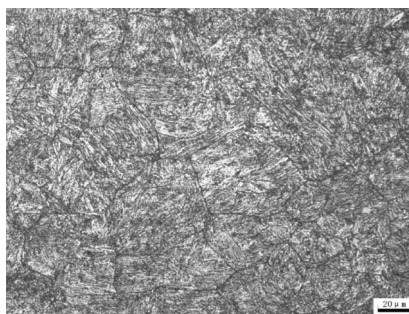


图7 1050 °C淬火+620 °C回火

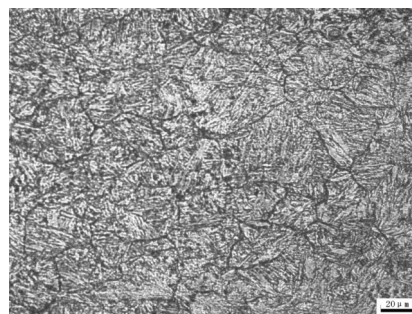


图8 1050 °C淬火+650 °C回火

高后下降的趋势，在 560 °C 左右回火时其回火硬度达到峰值，此时钢的组织主要由板条状回火马氏体、细小碳化物颗粒加少量的残余奥氏体组成，随着回火温度的升高，其主要组织由回火马氏体向回火索氏体转变；当回火温度达到 620 °C ~ 650 °C

时，钢的硬度开始急剧下降，超过 650 °C 后，钢的硬度已低于 39 HRC，已难以满足绝大多数热作模具钢的工作要求，因此，建议 H13 钢的模具不要在超过 650 °C 的工况下进行工作。

#### 参考文献：

- [1] 王明,马党参,周健,等.H13钢压铸模具裂纹分析[J].热加工工艺,2013,42(21):62-65.
- [2] 李勇,左秀荣,陈蕴博,等.国内外热作模具钢的研究进展[J].特殊钢,2010,31(3):20-23.
- [3] 刘宗昌,杜志伟,朱文方,等.H13钢的回火二次硬化[J].兵器材料科学与工程,2001,24(3):11-13.
- [4] 林高用,郑小燕.热处理工艺对H13钢组织与性能的影响.热加工工艺,2007,36(4):46-48.
- [5] 朱心昆,赵应富.淬火温度对H13钢性能的影响[J].金属热处理,1994(8):28-30.
- [6] 石淑琴.热处理原理与工艺[M].北京:机械工业出版社,2011.

(责任编辑:翁茂荣)