

# 机械工程材料与热加工工艺实验报告

实验名称：45 号钢的热处理

学 院：机械工程学院

班 级：车辆工程 221

姓 名：郑玮

学 号：220499

指导老师：安玉民

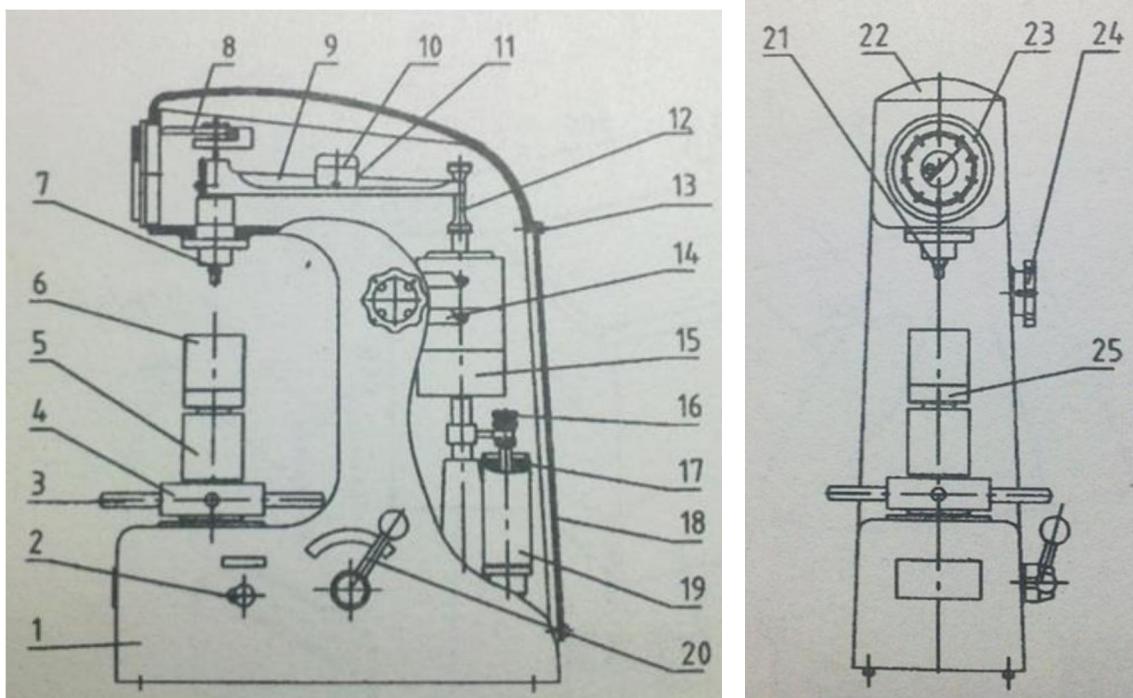
试验日期：2023. 11. 10

## 一、试验目的

1. 了解硬度测定的基本原理及应用范围。
2. 了解洛氏硬度试验机的主要结构及其操作方法。
3. 初步建立碳钢的含碳量与其硬度间的关系。
4. 分析淬火温度的选择对刚性能的影响。
5. 研究冷却条件刚性能的关系。

## 二、实验仪器及材料

1. HR—150A 型洛氏硬度试验机。
2. 试样:  $\Phi 20 \times 10\text{mm}$  45 钢。
3. 加热炉。
4. 磨砂纸
5. 冷却液: 水 ( $20^\circ\text{C}$  左右)。



HR-150A 型洛氏硬度计主要零部件

1. 机身 2. 加荷手柄 3. 升降手把 4. 手轮 5. 丝杠保护套 (内有丝杠) 6. 待测试件
7. 主轴 8. 小杠杆 9. 大杠杆 10. 调整块 11. 定位标记 12. 吊环 13. 螺钉 14. 碱码变换器
15. 碱码 16. 油针 17. 油毡 18. 后盖 19. 缓冲器 20. 卸荷手柄 21. 压头
22. 上盖 23. 指示表 24. 变荷手柄 25. 工作台

## 三、实验原理

热处理是一种很重要的金属热加工的工艺方法，也是充分发挥金属材料性能潜力的重要手段。热处理的主要目的是改变钢的性能，其中包括使用性能及工艺性能。钢的热处理工艺特点是将钢加热到一定的温度，经一定时间的保温，然后以某种速度冷却下来，通过这样的工艺过程能使钢的性能发生改变。其基本工艺方法可分为退火、淬火及回火等，本次试验要求淬火与回火。

### (一) 钢的淬火

钢的淬火：淬火就是将钢加热到  $Ac_3$ （亚共析钢）或  $Ac_1$ （过共析钢）以上  $30\sim50^{\circ}C$ ，保温后放入各种不同的冷却介质中快速冷却( $V_{冷}>V_{临}$ )，以获得具有高硬度、高耐磨性的马氏体组织。碳钢经淬火后的组织由马氏体及一定数量的残余奥氏体所组成。为了正确地进行钢的淬火，必须考虑下列三个重要因素：淬火加热温度、保温时间和冷却速度。

### 1、淬火温度的选择

正确选定加热温度是保证淬火质量的重要一环。淬火时的具体加热温度主要取决于钢的含碳量，可根据 Fe-Fe<sub>3</sub>C 相图确定（如图 3-1 所示）。对 45#钢的亚共析钢，其加热温度为  $Ac_3+30\sim50^{\circ}C$ ，此实验采用的加热温度为  $830^{\circ}C$ 。若 加热温度不足(低于  $780^{\circ}C$  的  $Ac_3$  温度)，则淬火组织中将出现铁素体而造成强度及硬度的降低；但过高的加热温度（如超过  $Acm$ ）不仅无助于强度、硬度的增加，反而会由于产生过多的残余奥氏体而导致硬度和耐磨性的下降。

### 2、保温时间的确定

淬火加热时间实际上将试样加热到淬火温度所需的时间及在淬火温度停留所需时间的总和。加热时间与钢的成分、工件的形状尺寸、所用的加热介质、加热方法等因素有关，一般按经验公式加以估算。（经验公式：加热温度为  $800^{\circ}C$  的圆柱形工件，保温时间为 1.0 分钟/每毫米）。

### 3、冷却速度的影响

冷却是淬火的关键工序，它直接影响到钢淬火后的组织和性能。冷却时应使冷却速度大于临界冷却速度，以保证获得马氏体组织；在这个前提下又应尽量缓慢冷却，以减少内应力，防止变形和开裂。为保证淬火效果，应选用适当的冷却介质（如水、油等）。此实验的淬火冷却介质选用水。

考虑到实验中加热炉的极限温度，将加热温度定在  $800^{\circ}C$ ，保温 15 分钟后进行水冷。

### (二) 钢的回火

钢经淬火后得到的马氏体组织质硬而脆，并且工件内部存在很大的内应力，如果直接进行磨削加工往往会出现龟裂；一些精密的零件在使用过程中将会引起尺寸变化而失去精度，甚至开裂。因此淬火钢必须进行回火处理。不同的回火工艺可以使钢获得所需的各种不同的组织和性能。

低温回火：回火温度  $150\sim250^{\circ}C$ ；回火后的组织为回火马氏体+残余奥氏体+碳化物；性能特点是硬度高，内应力减少。

中温回火：回火温度  $350\sim500^{\circ}C$ ；回火后的组织为回火屈氏体；性能特点是硬度适中，有高的弹性。

高温回火：回火温度  $500\sim650^{\circ}C$ ；回火后的组织为回火索氏体；性能特点是具有良好塑性、韧性和一定强度相配合的综合性能。

对碳钢来说，回火工艺的选择主要考虑回火温度和保温时间这两个因素。

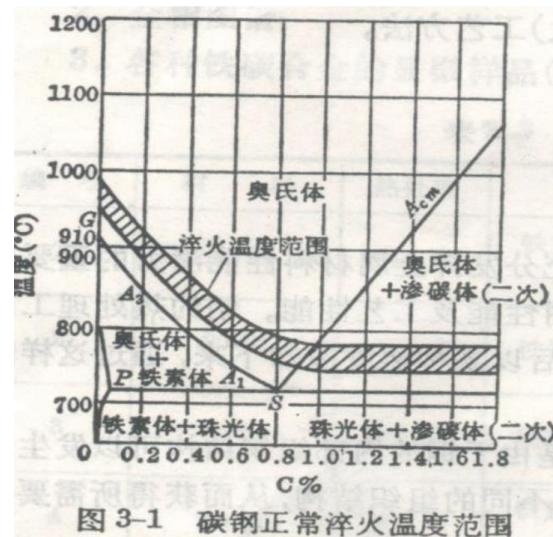


图 3-1 碳钢正常淬火温度范围

实验所用试样较小，故回火保温时间可为 30 分钟，回火温度选择低温回火温度，即：150~250°C。低温回火后在空气中冷却。

回火冷却方式：碳钢回火时，一般采用在空气中冷却。

#### 四、 实验内容与步骤：

##### 1、 对 45 钢进行淬火

(1) 在进行淬火前先测量实验试样的硬度九次，并将后六次测量的数据计入表格中。

(2) 将试样放入加热炉中，打开加热炉。使其温度上升到 800 °C 开始计时。保温 15 分钟。

(3) 15 分钟后，取出试样对其进行水冷。

(4) 待试样完全冷却，用磨砂纸将其表面磨平整光滑。

(5) 再次测量试样的硬度一共五次。并计入表格中。

##### 2、 对 45 钢淬火后进行低温回火

(1) 将回火炉的温度设定在 200 °C。

(2) 待温度升到 200 °C 时，将试样放入加热炉中，并开始计时。保温 30 分钟

(3) 30 分钟后，取出试样放在指定位置进行空冷。

(4) 待试样完全冷却，用磨砂纸将其表面磨平整光滑。

(5) 再次测量试样的硬度一共五次。并计入表格中

#### 五、 实验数据记录

##### 1、 淬火前的硬度

测量次数	1	2	3	4	5
硬度 (HRC)	8.5	13	9.5	11	12
平均值	10.8				
方差	2.66				

注：本组的实验试样初始硬度较其他组的大

分析：测量时，由于选择的测量点不同和人为操作因素，每次测量的数据存在误差。试样中心和边沿的硬度明显不同，测量时尽量选择中心处测量。

##### 2、 淬火后的硬度

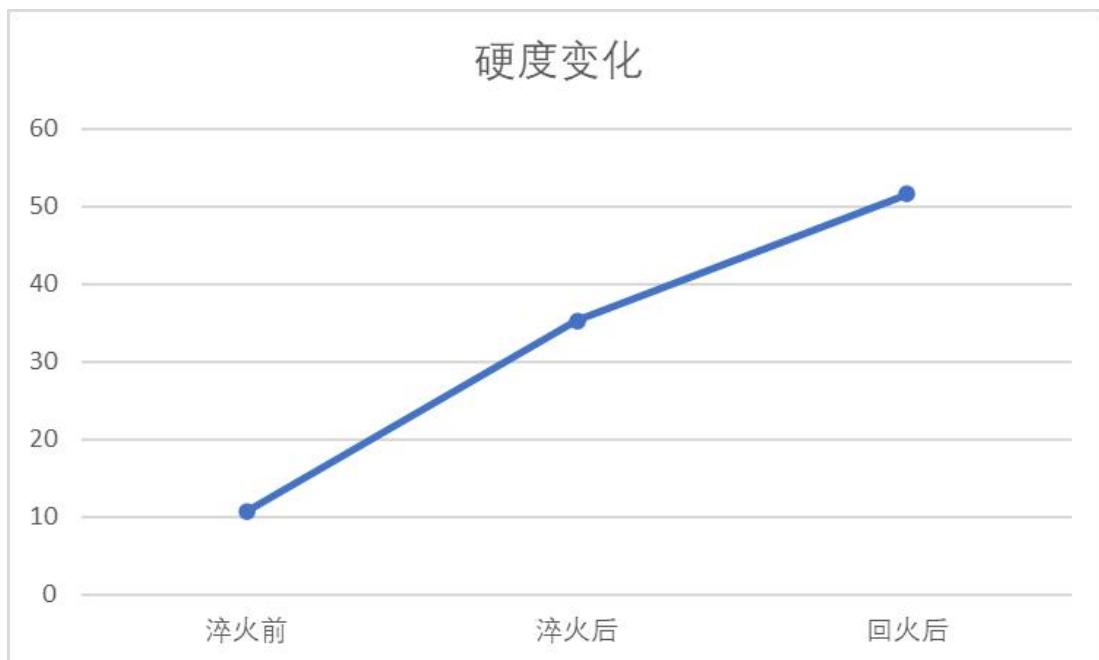
测量次数	1	2	3
硬度 (HRC)	31	35	40
平均值	35.33		
方差	13.56		

分析：与淬火前相比，淬火后的硬度明显增大。说明适当的淬火可以增大材料的硬度。

##### 3、 回火后的硬度

测量次数	1	2	3
硬度 (HRC)	51	52	52
平均值	51.67		
方差	0.22		

分析：与淬火前相比，回火后钢的硬度明显大于钢的原始硬度。



## 六、分析与讨论

试验中，钢淬火加热后，必须迅速在水中冷却。这是因为谁的冷却速度快，防止奥氏体转变为珠光体而得不到需要的马氏体组织。通过淬火，钢的硬度得到了明显的提高。

淬火钢在回火过程中发生了一系列的组织变化，这必然会引起机械性能发生相应的变化。淬火钢的回火，实质上是一个软化过程，性能变化的总趋势是，随着回火温度的升高，硬度、强度降低，而塑性、韧性提高。

## 七、实验感想

虽然在实验过程中只进行了有限的操作，但是也学到了很多。尽量减少工件在炉内的加热升温时间，防止过度氧化。装炉量根据工件的尺寸大小，电阻炉炉板大小而定。针对不同形状工件，有合理的装炉方式。装炉量过大时，应适当延长保温时间，大约延长  $1/5$ 。工件的尺寸在设计尺寸的基础上增加 5mm 左右。工件硬度检测，每炉随即抽取适量进行检测，若发现有不合格工件。则全炉均要进行检测。并将不合格工件重新进行热处理。因 45 钢淬透性低，且水淬容易有软点，故尽量采取冷却速度大的 10% 盐水溶液。工件入水后应该是淬透，而不是冷透。如果工件在盐水中冷透，可能会出现开裂现象。当水中的工件停止抖动时，即可出水空冷。工件入水后，应按照工件的几何形状，做规则运动。冷却介质也应尽量保持流动。回火保温时间应视工件尺寸大小而定，但总体应大于 1 小时以上。

总之，通过 45 号钢的热处理实验，我对钢的性能有了更深入的了解。钢的热处理是将固态钢材采用适当的方式进行加热、保温和冷却以获得所需组织结构与性能的工艺。热处理不仅可用于强化钢材，提高机械零件的使用性能，而且还可以用于改善钢材的工艺性能。其共同点是：只改变内部组织结构，不改变表面形状与尺寸。热处理的目的是改变钢的内部组织结构，以改善钢的性能，通过适当的热处理可以显著提高钢的机械性能，延长机器零件的使用寿命。