

中等专业学校试用教材

金属工艺学 实验指导书

(工科机械维修类专业用)

黄孟域 编

高等教育出版社

中等专业学校试用教材

金属工艺学 实验指导书

(工科机械维修类专业用)

黄孟域 编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书系根据 1982 年原教育部审定的中等专业学校工科机械类专业通用《金属工艺学教学大纲（试行草案）》编写的，与机械维修类专业用《金属工艺学》教材配套使用。

本书内容有：金属的机械性能（拉伸、硬度、冲击），钢铁火花鉴别，碳钢热处理前后硬度变化分析，铁碳合金相图室温组织观察，碳钢热处理，铸铁、合金钢及有色金属显微组织观察等六个实验。书末附有供实验用表格及实验报告。

本书可作为中等专业学校工科机械维修类专业教学用书，也可供其它机械类或非机械类专业以及职业高中有关专业选用。

本书责任编辑 李肇荣

中等专业学校试用教材

金属工艺学实验指导书

（工科机械维修类专业用）

黄孟城 编

*

高等教育出版社出版

新华书店上海发行所发行

上海中华印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 2.5 字数 52,000

1986 年 2 月第 1 版 1986 年 3 月第 1 次印刷

印数 00,001—13,700

书号 15010·0717 定价 0.50 元

前 言

本书是根据 1982 年原教育部审订的中等专业学校工科机械类专业通用《金属工艺学教学大纲(试行草案)》编写的,与根据该大纲编写的机械维修类《金属工艺学》教材配套使用。

本书着重介绍实验目的、设备及材料、实验方法与步骤。在编写过程中注意了培养学生分析问题和解决问题的能力,引导学生加强对实验结果的分析。为提高学生学习兴趣,在学习热处理理论前增加“碳钢热处理前后硬度变化分析”实验,学完热处理理论后,要求学生能运用已学过的知识,在“碳钢热处理”实验中,拟订热处理工艺规范。另外还增加了维修专业需要的“钢铁火花鉴别”实验。书内一律采用 1984 年底以前颁布的新标准,文字上力求简明扼要,尽量避免与教材不必要的重复。

本书有“*”号的为学生选做的实验,有“†”号者为指导教师选做的演示试验。各校可根据具体情况进行取舍。

本书吸收了铁道部所属各兄弟学校对编写实验指导书的意见,并参阅了大量有关资料。在编写过程中,编者与济南铁路机械学校郭宏孝、曹方中、郭新民等同志进行了反复讨论;济南铁路机械学校宋占才同志及上海铁道学院朱学孚同志对原稿进行详细的审阅;最后由主审兰州铁道学院蒋光道副教授进行了细致的审阅,提出了不少宝贵的意见;又承钢铁研究总院蒋百范高级工程师、曹宏耀高级工程师大力帮助,为本书提供资料。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,有些内容属于尝试性质,加上编写时间匆促,因此书中一定有不少缺点和错误,敬希读者批评指正。

编 者

1985 年 8 月

图 1 万用试验示意图

目 录

前言	
实验一 金属机械性能实验	1
*I. 拉伸实验	1
II. 硬度实验	2
III. 冲击实验	5
* 实验二 钢铁火花鉴别	6
* 实验三 碳钢热处理前后硬度变化分析	7
实验四 铁碳合金相图室温组织观察	9
实验五 碳钢热处理	11
实验六 铸铁、合金钢及有色金属显微组织观察	13
附录一 金相试样的制备	14
附表 1 常用金属材料金相试样的组织特征	15
附录二 布氏硬度试验规范及布氏硬度数值表	16
附表 2 F/D^2 值选择表	16
附表 3 布氏硬度压头直径、 F/D^2 值及试验力	16
附表 4 金属布氏硬度数值表	17
实验报告	
拉伸实验	21
硬度实验	23
冲击实验	25
钢铁火花鉴别	26
碳钢热处理前后硬度变化分析	27
铁碳合金相图室温组织观察	29
碳钢热处理	31
铸铁、合金钢及有色金属显微组织观察	33

实验一 金属机械性能实验

*I. 拉伸实验

【实验目的】

1. 测定金属的强度指标(屈服强度 σ_s 及抗拉强度 σ_b) 和塑性指标(延伸率 δ 及截面收缩率 ψ)。
2. 加深对碳钢拉伸曲线的理解。
3. 了解万能试验机的主要结构和使用方法。

【实验设备及材料】

1. 万能试验机一台(万能试验机简图见图 1);
2. 低碳钢及铸铁拉伸试样各若干根。

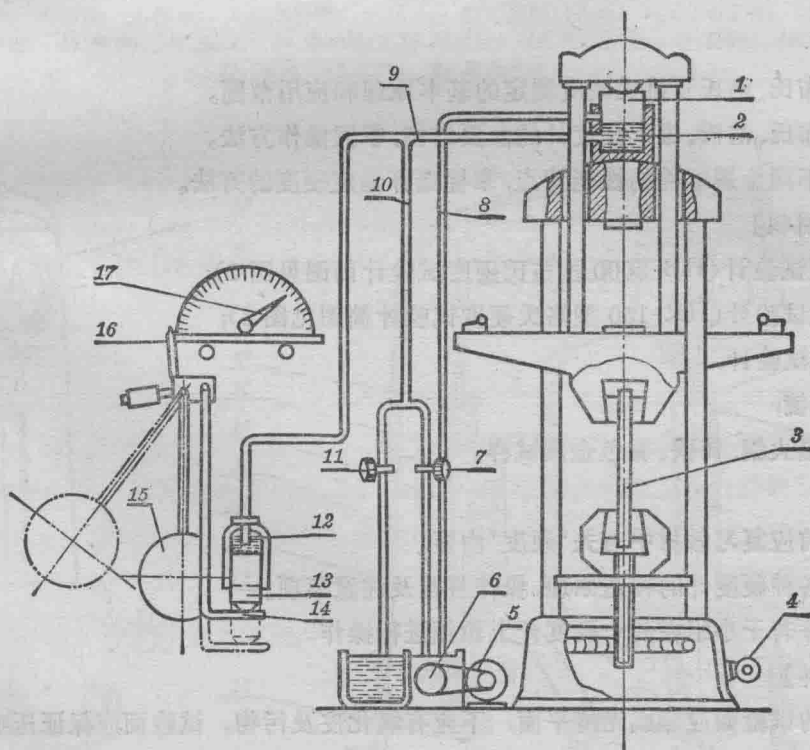


图 1 万能试验机简图

1. 大活塞; 2. 工作油缸; 3. 试样; 4. 下夹头电动机; 5. 油泵电动机; 6. 油泵;
7. 送油阀; 8. 渗油回油管; 9. 测力油管; 10. 送油管; 11. 回油阀; 12. 测力油缸;
13. 测力活塞; 14. 测力拉杆; 15. 摆锤; 16. 推杆; 17. 测力盘指针

【实验组织及步骤】

1. 实验前,应复习教材中关于强度和塑性的内容。
2. 全班分为若干组,每个小组做低碳钢及铸铁拉伸试验各一次。
3. 了解万能试验机的大致结构、试验方法及注意事项。
4. 测量、记录试样原始直径 d_0 和标距尺寸 l_0 ($l_0=10d_0$ 或 $l_0=5d_0$)。
5. 调整校对试验机。夹装试样,检查试样夹装是否正确。测力及绘图机构是否能正常工作。
6. 开动机器后,仔细观察载荷及试样变形情况,当测力盘指针 17 来回摆动或几乎不动时(绘图纸上出现水平或锯齿形线段),此时材料发生“屈服”现象,记下载荷 F_s ; 过屈服阶段,指针继续转动,曲线又开始上升。载荷达到某一数值后,指针开始回转,此时试样产生“缩颈”现象,曲线开始向下,记下此时载荷 F_b ,它是试样断裂前的最大载荷。
7. 试样拉断后,停止机器工作,取下断试样,测量并记下缩颈处最小直径 d_1 及断裂后标距长度 l_1 。
8. 填写实验报告。

II. 硬度实验

【实验目的】

1. 了解布氏、洛氏及维氏硬度测定的基本原理和应用范围。
2. 了解布氏、洛氏、维氏硬度计的主要结构,掌握操作方法。
3. 根据不同金属零件的性能特点,掌握选择测定硬度的方法。

【实验设备及材料】

布氏硬度试验计(HB-3000 型布氏硬度试验计简图见图 2);

洛氏硬度试验计(HR-150 型洛氏硬度试验计简图见图 3);

维氏硬度试验计;

读数显微镜;

淬火钢、退火钢、铸铁、有色金属试样。

【实验组织】

1. 试验前应复习教材中有关“硬度”内容。
2. 了解各种硬度计的构造原理,操作规程及注意事项。
3. 全班分若干小组在几个硬度计上轮流进行操作。

【试样技术条件】

1. 试样的试验面应制成光滑平面,不应有氧化皮及污物。试验面应保证压痕直径(或压痕对角线)能精确测量,布氏、洛氏试样表面粗糙度 R_a 值一般不应大于 $0.8\mu\text{m}$, 测维氏硬度时,不应大于 $0.2\mu\text{m}$ 。

2. 在试样制备过程中,应尽量避免由于受热及冷加工对试样表面硬度的影响。

3. 布氏硬度试样厚度至少应为压痕深的 10 倍,维氏硬度试样至少应为压痕对角线平均

布氏硬度计主要零件图，图 2.1 的图例

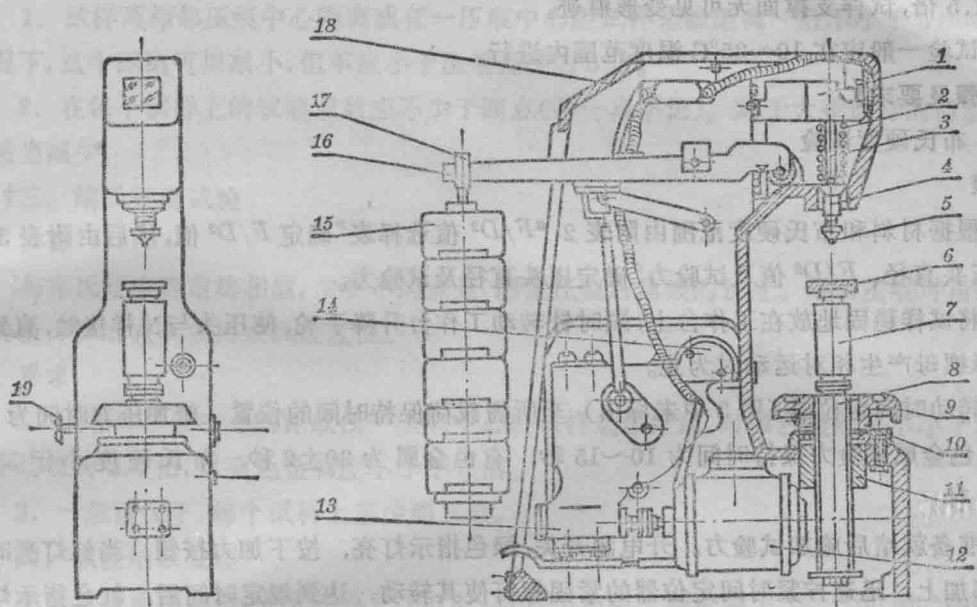


图 2 HB-300 型布氏硬度计简图

1. 小杠杆; 2. 弹簧; 3. 压轴; 4. 主轴衬套; 5. 压头; 6. 可更换工作台; 7. 工作台立柱; 8. 螺栓;
9. 升降手轮; 10. 螺母; 11. 套筒; 12. 电动机; 13. 减速器; 14. 换向开关; 15. 砝码; 16. 大杠杆;
17. 吊环; 18. 机体; 19. 电源开关

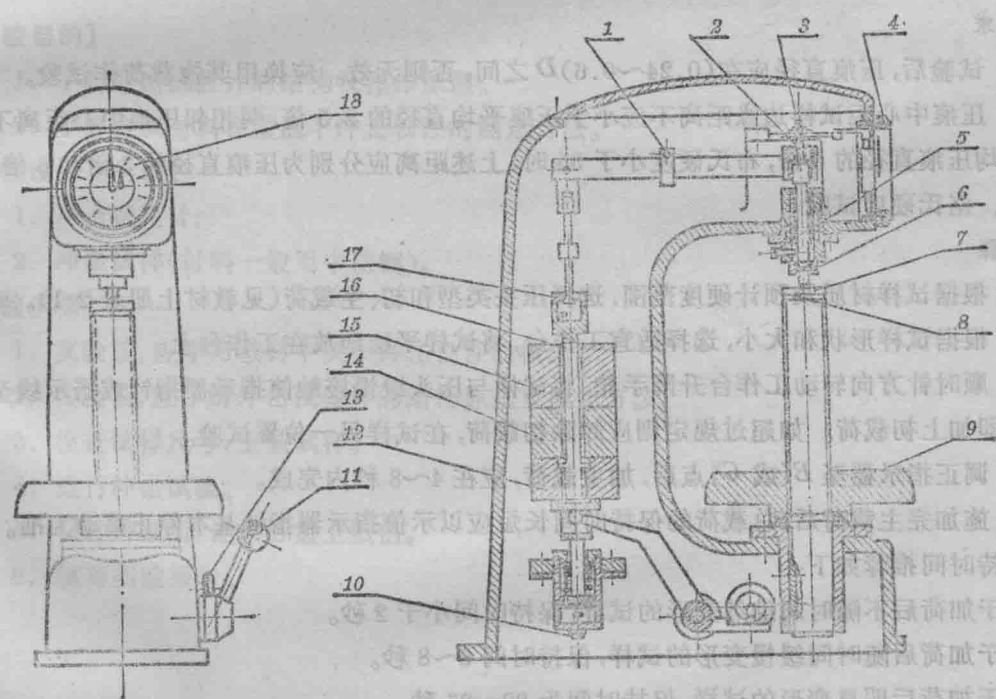


图 3 HR-150 型洛氏硬度计简图

1. 调整块; 2. 顶杆; 3. 调整螺钉; 4. 调整盘; 5. 按钮; 6. 紧固螺母; 7. 试样; 8. 工作台; 9. 手轮;
10. 放油螺钉; 11. 操纵手柄; 12. 砝码座; 13. 油针; 14, 15. 砝码; 16. 杆; 17. 吊套; 18. 指示器

长度的 1.5 倍, 试样支撑面无可见变形痕迹。

4. 试验一般应在 $10\sim 35^{\circ}\text{C}$ 温度范围内进行。

【实验步骤及要求】

一、布氏硬度试验

步骤

1. 根据材料和布氏硬度范围由附表 2 “ F/D^2 值选择表”确定 F/D^2 值, 然后由附表 3 “布氏硬度压头直径、 F/D^2 值及试验力”确定压头直径及试验力。

2. 将试样稳固地放在工作台上, 顺时针转动工作台升降手轮, 使压头与试样接触, 直到手轮与升降螺母产生相对运动时为止。

3. 转动时间定位器(图 3 中未标出)至所需载荷保持时间的位置。施加压力时间为 $2\sim 8$ 秒。黑色金属试验力保持时间为 $10\sim 15$ 秒; 有色金属为 30 ± 2 秒, 布氏硬度小于 35 时为 60 ± 2 秒。

4. 准备就绪后施加试验力。开电源开关, 绿色指示灯亮, 按下加力按钮, 当红灯亮时即载荷全部加上, 迅速拧紧时间定位器的紧固螺钉使其转动, 达到规定时间后, 红色指示灯熄灭。

5. 停止转动后逆时针转动手轮, 取下试样。

6. 用读数显微镜在两个垂直方向测出压痕直径, 取其平均值。

7. 根据压痕平均直径, 由附表 4 “金属布氏硬度数值表”查得布氏硬度值。

要求

1. 试验后, 压痕直径应在 $(0.24\sim 0.6)D$ 之间, 否则无效。应换用其他载荷作试验。

2. 压痕中心距试样边缘距离不应小于压痕平均直径的 2.5 倍, 两相邻压痕中心距离不应小于平均压痕直径的 4 倍, 布氏硬度小于 35 时, 上述距离应分别为压痕直径的 3 倍和 6 倍。

二、洛氏硬度试验

步骤

1. 根据试样材质及预计硬度范围, 选择压头类型和初、主载荷(见教材上册表 2-1)。

2. 根据试样形状和大小, 选择适宜工作台, 将试样平稳地放在工作台上。

3. 顺时针方向转动工作台升降手轮, 将试样与压头缓慢接触使指示器指针或指示线至规定标志即加上初载荷。如超过规定则应卸除初载荷, 在试样另一位置试验。

4. 调正指示器至 B(或 C)点后, 加主载荷, 应在 $4\sim 8$ 秒内完成。

5. 施加完主载荷后, 总载荷的保持时间长短应以示值指示器指针基本停止移动为准。总载荷保持时间推荐如下:

对于加荷后不随时间继续变形的试样, 保持时间小于 2 秒。

对于加荷后随时间缓慢变形的试样, 保持时间 $6\sim 8$ 秒。

对于加荷后明显变形的试样, 保持时间为 $20\sim 25$ 秒。

6. 卸除主载荷(在 2 秒内完成)后, 从相应的标尺刻度上读出硬度值。

要求

1. 试样两相邻压痕中心距离或任一压痕中心距试样边缘距离一般不小于 3 mm, 在特殊情况下, 这个距离可以减小, 但不应小于压痕直径的 3 倍。

2. 在每个试样上的试验点数应不少于四点(第一点不记)。对于大批试样的检验, 点数可以适当减少。

十三、维氏硬度试验

步骤

与布氏硬度测定法相似, 主要不同点是: 测量压痕对角线的长度。用两压痕对角线长度的平均值计算或查表求得维氏硬度值。

要求

1. 两相邻压痕中心间距或任一压痕中心距试样边缘距离, 对黑色金属应不小于压痕对角线平均值的 2.5 倍, 对有色金属应不小于 5 倍。

2. 一般情况下, 每个试样上至少测三点。

四、试验结果处理

布氏及维氏硬度值, 大于或等于 100 时, 修约至整数; 硬度值为 10~100 时, 修约至一位小数; 硬度值小于 10 时, 修约至二位小数。

洛氏硬度值应精确至 0.5 个洛氏单位。

III. 冲击实验

【实验目的】

1. 了解冲击试验计的结构及操作原理。
2. 了解金属材料在常温下冲击韧性的测定方法。

【实验设备及材料】

1. 冲击试验计;
2. 冲击试样(材料一般用中碳钢)。

【实验步骤】

1. 实验前, 应学习教材中关于冲击韧性的概念。
2. 实验前, 应了解冲击试验计的结构原理及操作方法。
3. 检查试样尺寸, 安装试样。
4. 进行冲击试验。
5. 试样冲断后, 记录标盘上数值。
6. 填写实验报告。

*实验二 钢铁火花鉴别

【实验目的】

1. 了解钢铁材料的火花鉴别方法。
2. 鉴别常用钢铁材料(低碳钢、中碳钢、高碳钢、铸铁及高速钢)的火花特征。

【实验设备及材料】

砂轮机;

已知牌号(低碳钢、中碳钢、高碳钢、铸铁及高速钢)的试样。

【实验组织及步骤】

1. 实验前根据设备条件分为若干小组。
2. 操作时应特别注意安全。不允许站在砂轮正面;所用压力不应过大,以免打伤或刺伤眼睛。
3. 仔细观察指导教师操作示范,从中比较火花特征,直至能初步识别不同材料的火花特征。
4. 各组每人按次序轮流进行操作,并互相进行考核,直至能分清上述材料。
5. 填写实验报告。

*实验三 碳钢热处理前后硬度变化分析

【实验目的】

初步了解金属材料的化学成分、热处理过程中的加热温度和冷却速度,对金属材料热处理后机械性能的影响。了解热处理工艺的基本过程及热处理生产的重要意义,为以后讲解热处理理论打好基础。

【实验设备及材料】

1. 箱式电炉及测定温度仪表;
2. 冷却液槽(水、油);
3. 洛氏硬度计(或布氏硬度计);
4. ($\phi 12 \sim 15$) $\times 10$ mm 圆柱形试样:
低碳钢(B2 或 A2)试样 6 块;
中碳钢(40 或 45)试样 6 块;
高碳钢(T10 或 T12)试样 6 块。
5. 实验用工具材料:夹钳、钢字头、砂布等。

【实验组织及步骤】

1. 实验前,熟悉画在黑板上的本实验报告所列表格以及表格中的各项意义。
2. 将试样进行编号。编号采用二位数表示。首位 1、2、3 依次表示 B2、45 及 T10(或 T12)三种不同材料;尾数 1、2 均表示加热至 650°C ,尾数 3、4 均表示加热至 750°C ,尾数 5、6 均表示加热至 840°C 。尾数 1、3、5 均表示采用水冷,尾数 2、4、6 均表示空冷。热处理前后硬度均应换算成 HBS(或 HBW),以便比较。
3. 全班分三个小组,每组给试样 6 块,各小组根据所给试样,进行火花鉴别,确认所给材料无误。
4. 按所给任务用钢字头打规定的编号。
5. 将各试样进行硬度测定,并换算成布氏硬度,由各组指定专人,将硬度值填写在黑板上表格内“热处理前硬度”栏内。
6. 按编号分别将试样放入规定温度的电炉中加热,并按规定时间保温,然后按编号进行冷却。
7. 将热处理后的试样清除氧化皮后进行硬度测定,换成布氏硬度,按号填在黑板上表格“热处理后硬度”栏内。
8. 所有参加实验者,将黑板上的全部数据抄录在本人的实验报告中。

9. 将抄录的实验前后全部硬度数据,进行小组讨论分析:硬度变化与冷却速度、加热温度及材料化学成分(即含碳量)间的关系(保温时间亦系热处理过程中重要因素之一,本实验未涉及)。

10. 填写实验报告。

【实验目的】

【实验器材】

1. 了解热处理的基本原理及方法。
2. 了解热处理对金属材料性能的影响,并能根据材料性能要求,选择合适的热处理工艺。

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验原理】

【实验步骤】

1. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

2.

3. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

4. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

5. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

【实验结果】

1. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

2.

3. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

4. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

【实验结论】

1. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

2.

3. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

【实验讨论】

1. 将试样加热至奥氏体化温度,保温一定时间,然后冷却。

实验四 铁碳合金相图室温组织观察

【实验目的】

1. 鉴别铁碳合金相图中在常温下的显微组织。
2. 分析成分(含碳量)对铁碳合金显微组织的影响, 从而加深理解成分、组织与性能之间的相互关系。
3. 了解金相试样的制备过程及金相显微镜的使用方法。

【实验设备及材料】

金相显微镜(XJB-1 型金相显微镜结构简图见图 4);

金相标准试样;

†制备金相样品(取样、磨制、抛光及腐蚀)所需的设备及材料。

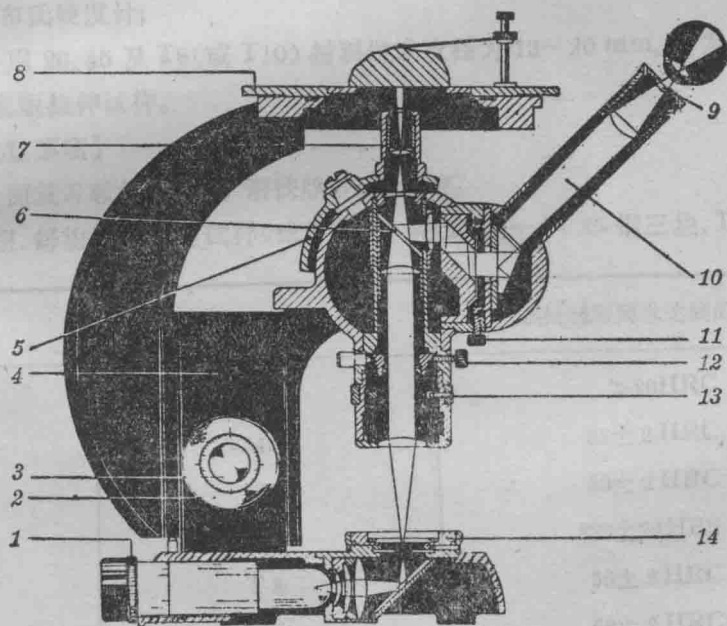


图 4 XJB-1 型金相显微镜结构简图

1. 偏心圈; 2. 粗调焦距手轮; 3. 微调焦距手轮; 4. 传动箱; 5. 转换器; 6. 半反光镜; 7. 物镜;
8. 载物台; 9. 目镜; 10. 目镜管; 11. 固定螺钉; 12. 调节螺钉; 13. 视场光阑圈; 14. 孔径光阑

【实验组织及步骤】

1. 实验前复习铁碳合金相图几种基本组织组成物的特点。
2. 了解金相试样的制备过程及金相显微镜的主要结构、使用方法及注意事项(如严禁用手帕或一般纸擦镜头或试样等)。

3. 根据设备条件,分二人或数人一组,每组显微镜一台,标准试样一套,图谱一本。
4. 了解显微镜的操作过程。
5. 按观察要求,选择物镜和目镜,并装在显微镜上。
6. 将试样磨面对着物镜放在载物台上。
7. 接通电源。
8. 用双手慢旋粗调焦距手轮,使试样缓慢靠近物镜,同时在目镜上观察,视场由暗到亮,调至看到组织。然后再旋动微调焦距手轮,直至看到最清晰图象为止。调节动作要缓慢,勿使试样与物镜相碰。
9. 观察一般组织时,由低倍数到高倍数,并移动载物台,对试样各部进行观察。
10. 分析比较试样内部组织。
11. 填写实验报告。

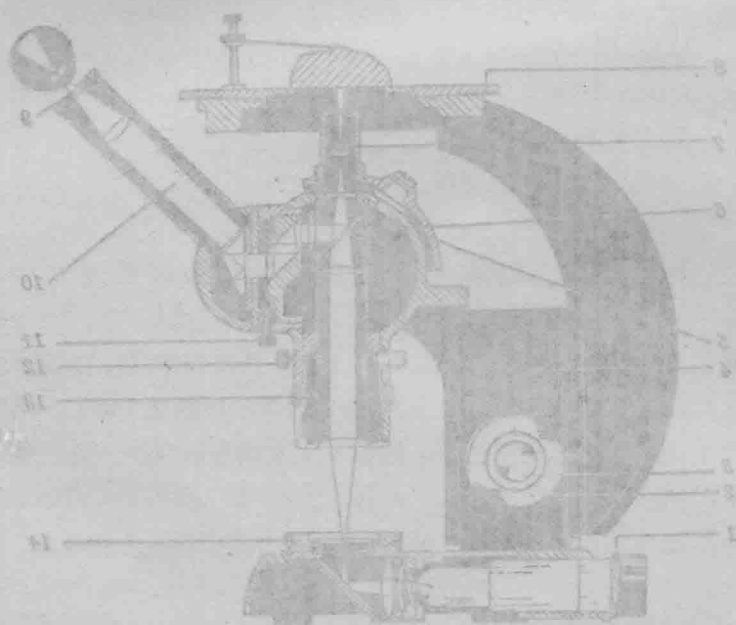


图 1-1 双目显微镜结构示意图

1. 目镜 2. 目镜筒 3. 目镜座 4. 目镜圈 5. 目镜圈盖 6. 目镜圈垫圈 7. 目镜圈垫圈盖 8. 目镜圈垫圈盖盖 9. 目镜圈垫圈盖盖盖 10. 目镜圈垫圈盖盖盖盖 11. 目镜圈垫圈盖盖盖盖盖 12. 目镜圈垫圈盖盖盖盖盖盖 13. 目镜圈垫圈盖盖盖盖盖盖盖 14. 目镜圈垫圈盖盖盖盖盖盖盖盖

【操作要点】

1. 操作要点

2. 操作要点

实验五 碳钢热处理

【实验目的】

1. 根据试样(或简单零件)要求拟订热处理规范。
2. 进一步加深对铁碳合金相图及“C”曲线的理解和应用,加深对钢的成分—热处理—组织—性能关系的认识。
3. 熟悉淬火及回火等热处理工艺。
4. 提高火花鉴别及使用硬度计的能力。

【实验设备及材料】

1. 箱式电炉及控温仪表;
2. 淬火用水槽及油槽;
3. 洛氏硬度计,布氏硬度计;
4. 实验用试样:用 20、45 及 T8(或 T10) 材料做成直径为 12~20 mm,高为 15~25 mm 的圆柱体试样,或制成短拉伸试样。

【实验组织、步骤及注意事项】

1. 实验前,应全面复习教材中有关“钢铁热处理”内容。
2. 全班分成几组,每组领取下述试样(或零件)6块(20 钢一块,45 钢三块,T8 钢二块)。

试样编号	材料牌号	热处理后要求达到的硬度
1	20	>20HRC
2	45	35±2 HRC
3	45	30±2 HRC
4	45	220±20 HBS
5	T 8	58±2 HRC
6	T 8	60±2 HRC

3. 用火花鉴别法鉴别所发材料是否与规定材料相符并测定其原始硬度。
4. 根据上表对材料经热处理后的硬度要求,拟定试样或零件的热处理规范,并绘出包括加热温度、保温时间及冷却方法的工艺曲线。经小组讨论后确定正式操作步骤。
5. 将试样放入加热炉中加热到指定温度。
6. 经一定保温时间后,进行淬火(如系双液淬火时,应先练习控制水中停留时间的操作)。

7. 试样清除氧化皮后,测定硬度。
8. 根据回火要求进行回火处理。
9. 回火后,清除氧化皮,测定硬度。
10. 观察热处理后的金相显微组织(可用事先准备好的金相样品进行观察)。
11. 交指导教师验收成品。
12. 填写实验报告。

1. 实验目的: 通过实验, 掌握热处理工艺参数的选择, 了解热处理对材料性能的影响。

2. 实验原理: 热处理是将金属材料加热到一定温度, 保温一定时间, 然后冷却到室温的过程。通过控制加热温度、保温时间和冷却速度, 可以改变材料的内部组织, 从而获得所需的性能。

3. 实验设备: 电炉、金相显微镜、硬度计、试样等。

4. 实验步骤: 1. 将试样加热到指定温度; 2. 保温规定时间; 3. 冷却到室温; 4. 清除氧化皮; 5. 测定硬度; 6. 观察金相组织。

5. 实验结果: 记录硬度值和金相组织照片。

6. 实验结论: 根据实验结果, 分析热处理工艺对材料性能的影响。

【材料性能要求】

1. 硬度: 根据材料牌号, 硬度应达到规定值。
2. 组织: 组织应均匀, 无缺陷。
3. 尺寸: 尺寸应符合设计要求。
4. 表面: 表面应光滑, 无氧化皮。
5. 性能: 性能应符合国家标准。
6. 检验: 检验应符合规定。
7. 记录: 记录应符合规定。
8. 报告: 报告应符合规定。
9. 结论: 结论应符合规定。
10. 总结: 总结应符合规定。
11. 评价: 评价应符合规定。
12. 改进: 改进应符合规定。

1. 实验目的: 通过实验, 掌握热处理工艺参数的选择, 了解热处理对材料性能的影响。

2. 实验原理: 热处理是将金属材料加热到一定温度, 保温一定时间, 然后冷却到室温的过程。通过控制加热温度、保温时间和冷却速度, 可以改变材料的内部组织, 从而获得所需的性能。

材料牌号	硬度	组织
20HRC	20	1
30±2HRC	30	2
40±2HRC	40	3
50±2HRC	50	4
60±2HRC	60	5
70±2HRC	70	6

1. 实验目的: 通过实验, 掌握热处理工艺参数的选择, 了解热处理对材料性能的影响。

2. 实验原理: 热处理是将金属材料加热到一定温度, 保温一定时间, 然后冷却到室温的过程。通过控制加热温度、保温时间和冷却速度, 可以改变材料的内部组织, 从而获得所需的性能。

3. 实验设备: 电炉、金相显微镜、硬度计、试样等。

4. 实验步骤: 1. 将试样加热到指定温度; 2. 保温规定时间; 3. 冷却到室温; 4. 清除氧化皮; 5. 测定硬度; 6. 观察金相组织。

5. 实验结果: 记录硬度值和金相组织照片。

6. 实验结论: 根据实验结果, 分析热处理工艺对材料性能的影响。

7. 总结: 总结应符合规定。

8. 评价: 评价应符合规定。

9. 改进: 改进应符合规定。

10. 结论: 结论应符合规定。