

普通高等教育机电类规划教材

金属学与热处理实验

修订版

● 林昭淑 主编



湖南大学出版社

金属学与热处理实验

林昭淑 主编

湖南

71-33

TG 1-23

L61

(3)

普通高等教育机电类规划教材

金属学与热处理实验

(修订版)

林昭淑 主编

湖南大学出版社

内 容 简 介

本书分三部分:第一部分编入金属学与热处理课程的十六个实验,每个实验分别叙述了实验目的、实验原理、实验方法(实验内容、方案、步骤、设备和材料等)、实验报告要求(包括讨论和思考题);第二部分课堂讨论指导;第三部分附录,即有关实验的理论、测试方法、设备使用、表格、金相插图等参考部分。全书以金相显微分析方法为主,突出金属或合金各种典型组织的金相特征(光学金相及电子金相)、形成原因、与金属或合金性能的关系及研究方法。本书是高等院校机械类热加工专业的一本实验课及课堂讨论指导教材,也可供有关科技人员参考。

金属学与热处理实验

(修订版)

Jinshuxue Yu Rechuli Shiyan

林昭淑 主 编

责任编辑 卢 宇

☆

湖南大学出版社出版发行

(长沙岳麓山 邮政编码 410082)

湖南省新华书店经销 望城县湘江印刷厂印装

☆

787×1092 16开 10印张 231千字

1996年9月第3版 1996年9月第1次印刷

印数:1—6 000

ISBN 7—81053—043—7/TG·1

定价 15.00元

(湖南大学版图书凡有印装差错,请向承印厂调换)

前 言

本书是高等院校机械类铸、锻、焊等热加工专业《金属学及热处理》课程的实验课教材。

本书曾于1986年出版,1992年修订再版。为全国40余所高等院校长期使用,被列入国家“八·五”高校机电类教材出版计划。考虑到热加工专业教学改革,课时压缩的情况,为加强实践性环节,培养既有理论水平又掌握现代实验技术的人才,这次修订,编者对原书作了一定删减和补充。

全书内容:

1. 实验技术,包括光学金相技术,如宏观、微观金相试样的制备、显微镜基本原理和使用、显微摄影及暗室技术、硬度计的原理及使用、晶粒大小和渗层深度的测定等。

2. 《金属学及热处理》的基本实验,包括与讲课内容相配合的验证性实验和典型宏观、微观组织观察、热处理操作、热加工组织缺陷的分析等实验指导。

3. 《金属学及热处理》课程课堂讨论指导,包括对课程重点、难点章节的讨论方法、讨论题目和实例等。

全书共编入16个实验,5个课堂讨论。其中基本实验(一、二、三、五、六、七、八、十一、十三)9个,较高要求的实验或综合性实验(四、九、十、十二、十四、十五、十六)7个。每个实验或每次课堂讨论为两小时(实验八、十六为4小时)。各校可根据实验室的设备条件和教学要求自行选择。

书中130多张金相插图,按实验顺序集中编入在附录六中,读者在阅读时注意参考。

本书实验一、二、五、九、附录一由清华大学王昆林、吴运新、安志义编写;附录五由湖南大学邹新运编写;实验三、四、六、七、八、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、附录二、三、四、六、七由湖南大学林昭淑编写;课堂讨论由山东工业大学裴怡初、孔翠荣(概述、讨论五)、裴怡初、董娟(讨论一、四)、陈方生(讨论二、三)编写。全书由湖南大学林昭淑主编。

为本书提供金相照片的有清华大学朱张校、丁连珍、王彩芬、李春立、湖南大学熊哨海、中南工业大学韩德伟、北京工业大学于淑莲、西安交通大学柴惠芬等同志,在这里谨表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处请使用本书的同行和读者批评指正。

编者 1996年.4

目 次

实验	(1)
实验一 金相显微镜的构造及使用	(1)
实验二 金相显微试样的制备	(8)
实验三 宏观分析	(13)
实验四 结晶过程观察及金属铸锭组织	(17)
实验五 典型二元及三元合金显微组织分析	(19)
实验六 铁碳合金平衡组织	(23)
实验七 金属塑性变形与再结晶	(27)
实验八 碳钢的热处理操作、硬度测定及组织观察	(31)
实验九 化学热处理显微组织观察及渗层深度的测定	(39)
实验十 焊接件宏观及显微组织	(43)
实验十一 铸铁的显微组织	(49)
实验十二 热加工常见缺陷的宏观及显微组织	(52)
实验十三 合金钢及有色金属显微组织观察	(59)
实验十四 用热分析法建立二元合金相图	(63)
实验十五 显微摄影与暗室技术	(68)
实验十六 综合性实验	(71)
课堂讨论	(73)
课堂讨论一 金属的晶体结构	(74)
课堂讨论二 Fe-Fe ₃ C 相图	(76)
课堂讨论三 三元合金相图	(78)
课堂讨论四 钢的热处理	(81)
课堂讨论五 机械工件的选材和热处理工艺的选择	(83)
附录	(85)
附录一 金属研究方法概述	(85)
附录二 断口分析	(90)
附录三 钢的晶粒度测定	(98)
附录四 硬度计的使用	(102)
附录五 摄影的基本原理	(108)
附录六 金相插图	(122)
附录七 几种表格	(148)
附表 7-1 常用金相浸蚀剂	(148)
附表 7-2 金属布氏硬度数值表	(149)
附表 7-3 金属维氏硬度数值表	(150)
参考文献	(154)

实 验

实验一 金相显微镜的构造及使用

一、实验目的

- (1)了解金相显微镜的光学原理和构造；
- (2)初步掌握金相显微镜的使用方法。

二、实验概述

金相显微镜是进行金属显微分析的主要工具。将专门制备的金属试样放在金相显微镜下进行放大和观察,可以研究金属组织与其成分和性能之间的关系;确定各种金属经不同加工及热处理后的显微组织;鉴别金属材料质量的优劣,如各种非金属夹杂物在组织中的数量及分布情况,以及金属晶粒度大小等。因此,利用金相显微镜来观察金属的内部组织与缺陷是金属材料研究中的一种基本实验技术。

简单地讲,金相显微镜是利用光线的反射将不透明物件放大后进行观察的。下面分别介绍金相显微镜的基本原理和使用方法。

三、金相显微镜的原理及使用

1. 金相显微镜的光学放大原理

金相显微镜是依靠光学系统实现放大作用的,其基本原理如图 1-1 所示。光学系统主要包括物镜、目镜及一些辅助光学零件。对着被观察物体 AB 的一组透镜叫物镜 O_1 ;对着眼睛的一组透镜叫目镜 O_2 。现代显微镜的物镜和目镜都是由复杂的透镜系统所组成,放大倍数可提高到 1600~2000 倍。

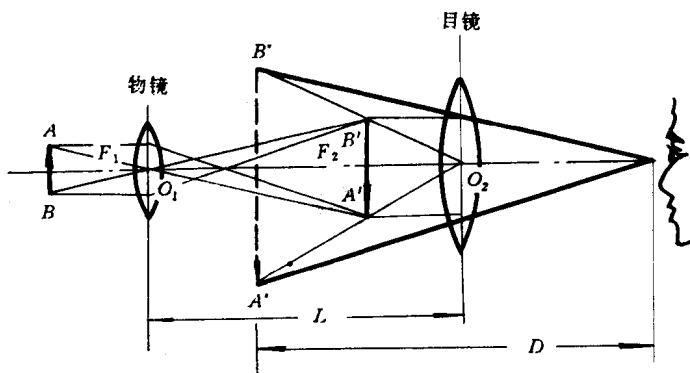


图 1-1 金相显微镜的光学放大原理示意图

当被观察物体 AB 置于物镜前焦点略远处时,物体的反射光线穿过物镜经折射后,得到一个放大的倒立实象 $A'B'$ (称为中间象)。若 $A'B'$ 处于目镜焦距之内,则通过目镜观察到的物象是经目镜再次放大的虚象 $A''B''$ 。由于正常人眼观察物体时最适宜的距离是 250mm (称为明视距离),因此在显微镜设计上,应让虚象 $A''B''$ 正好落在距人眼 250mm 处,以使观察到的物体影象最清晰。

2. 金相显微镜的主要性能

(1) 放大倍数 显微镜的放大倍数为物镜放大倍数 $M_{\text{物}}$ 和目镜放大倍数 $M_{\text{目}}$ 的乘积,即:

$$M = M_{\text{物}} \times M_{\text{目}} = \frac{L}{f_{\text{物}}} \cdot \frac{D}{f_{\text{目}}}$$

式中, $f_{\text{物}}$ —物镜的焦距; $f_{\text{目}}$ —目镜的焦距; L —显微镜的光学镜筒长度; D —明视距离 (250mm)。 $f_{\text{物}}$, $f_{\text{目}}$ 越短或 L 越长,则显微镜的放大倍数越高。有的小型显微镜的放大倍数需再乘一个镜筒系数,因为它的镜筒长度比一般显微镜短些。

显微镜的主要放大倍数一般是通过物镜来保证。物镜的最高放大倍数可达 100 倍,目镜的放大倍数可达 25 倍。在物镜和目镜的镜筒上,均标注有放大倍数。放大倍数常用符号“ $\times$ ”表示,如 100 $\times$, 200 $\times$ 等。

(2) 鉴别率 金相显微镜的鉴别率是指它能清晰地分辨试样上两点间最小距离 d 的能力。 d 值越小,鉴别率越高。根据光学衍射原理,试样上的某一点通过物镜成象后,我们看到的并不是一个真正的点象,而是具有一定尺寸的白色圆斑,四周围绕着许多衍射环。当试样上两个相邻点的距离极近时,成象后由于部分重叠而不能分清为两个点。只有当试样上两点距离达到某一 d 值时,才能将两点分辨清楚。

显微镜的鉴别率取决于使用光线的波长 (λ) 和物镜的数值孔径 (A),而与目镜无关,其 d 值可由下式计算:

$$d = \frac{\lambda}{2A}$$

在一般显微镜中,光源的波长可通过加滤色片来改变。例如,蓝光的波长 ($\lambda = 0.44\mu$) 比黄绿光

($\lambda=0.55\mu$)短,所以鉴别率较黄绿光高 25%。当光源的波长一定时,可通过改变物镜的数值孔径 A 来调节显微镜的鉴别率。

(3)物镜的数值孔径 物镜的数值孔径表示物镜的聚光能力,如图 1-2 所示。数值孔径大的物镜聚光能力强,能吸收更多的光线,使物象更清晰。数值孔径 A 可由下式计算:

$$A=n \cdot \sin\varphi$$

式中, n —物镜与试样之间介质的折射率; φ —物镜孔径角的一半,即通过物镜边缘的光线与物镜轴线所成夹角。

n 越大或 φ 越大,则 A 越大,物镜的鉴别率就越高。由于 φ 总是小于 90° 的,所以在空气介质($n=1$)中使用时, A 一定小于 1,这类物镜称干系物镜。若在物镜与试样之间充满松柏油介质($n \approx 1.52$),则 A 值最高可达 1.4,这就是显微镜在高倍观察时用的油浸系物镜(简称油镜头)。每个物镜都有一个额定 A 值,与放大倍数一起标刻在物镜镜头上。

(4)放大倍数、数值孔径、鉴别率之间的关系 显微镜的同一放大倍数可由不同倍数的物镜和目镜组合起来实现,但存在着如何合理选用物镜和目镜的问题。这是因为:

人眼在 250mm 处的鉴别率为 0.15~0.30mm,要使命物镜可分辨的最近两点的距离 d 能为人眼所分辨,则必须将 d 放大到 0.15~0.30mm,即:

$$d \times M = 0.15 \sim 0.30(\text{mm})$$

$$\text{而} \quad d = \frac{\lambda}{2A}$$

$$\text{则} \quad M = \frac{1}{\lambda} (0.3 \sim 0.6) A$$

在常用光线的波长范围内,上式可进一步简化为:

$$M \approx 500A \sim 1000A$$

所以,显微镜的放大倍数 M 与物镜的数值孔径之间存在一定关系,其范围称有效放大倍数范围。在选用物镜时,必须使显微镜的放大倍数在该物镜数值孔径的 500 倍至 1000 倍之间。若 $M < 500A$,则未能充分发挥物镜的鉴别率。若 $M > 1000A$,则由于物镜鉴别率不足而形成“虚伪放大”,细微部分仍分辨不清。

(5)透镜成象的质量 单片透镜在成象过程中,由于几何条件的限制及其它因素的影响,常使影象变得模糊不清或发生变形现象,这种缺陷称为象差。由于物镜起主要放大作用,所以显微镜成象的质量主要取决于物镜,应首先对物镜象差进行校正。普通透镜成象的主要缺陷有球面象差和色象差两种。

①球面象差。如图 1-3 所示,当来自 A 点的单色光(即某一特定波长的光线)通过透镜后,由于透镜表面呈球曲面,折射光线不能交于一点,从而使放大后的影象变得模糊不清。

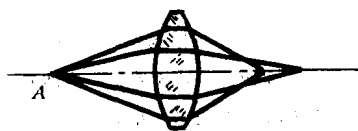


图 1-3 球面象差示意图

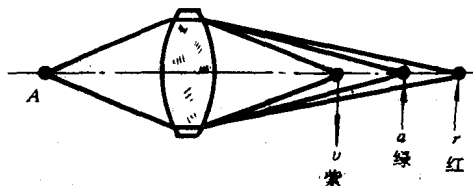


图 1-4 色象差示意图

为降低球面象差,常采用由多片透镜组成的透镜组,即:将凸透镜和凹透镜组合在一起(称为复合透镜)。由于这两种透镜的球面象差性质相反,因此可以相互抵消。除此之外,在使用显微镜时,也可采取调节孔径光栏的方法,适当控制入射光束粗细,让极细一束光通过透镜中心部位,这样可将球面象差降至最低限度。

②色象差。如图 1-4 所示,当来自 A 点的白色光通过透镜后,由于组成白色光的七种单色光的波长不同,其折射率也不同,使折射光线不能交于一点。紫光折射最强,红光折射最弱,结果使成像模糊不清。

为消除色象差,一方面可用消色差物镜和复消色差物镜进行校正。消色差物镜常与普通目镜配合,用于低倍和中倍观察;复消色差物镜与补偿目镜配合,用于高倍观察。另一方面可通过加滤色片得到单色光。常用的滤色片有蓝色、绿色和黄色等。

3. 金相显微镜的构造和使用

(1)金相显微镜的构造 金相显微镜的种类和型式很多,但最常见的型式有台式、立式和卧式三大类。其构造通常均由光学系统、照明系统和机械系统三大部分组成,有的显微镜还附带照像装置和暗场照明系统等。现以国产 XJB-1 型金相显微镜为例进行说明。

XJB-1 型金相显微镜的光学系统如图 1-5 所示。由灯泡 1 发生一束光线,经聚光透镜组 2 的会聚和反光镜 8 的反射,聚集在孔径光栏 9 上,然后经过聚光镜 3,再度将光线聚集在物镜的后焦面上,最后光线通过物镜,使试样表面得到充分均匀的照明。从试样反射回来的光线复经物镜组 6、辅助透镜 5、半反射镜 4、辅助透镜 11 以及棱镜 12 和棱镜 13,形成一个倒立放大实象。该物象再经场透镜 14 和目镜 15 的放大,即得到所观察试样表面的放大图像。

XJB-1 型金相显微镜的外形结构如图 1-6 所示。各部件的功能及使用简要介绍如下:

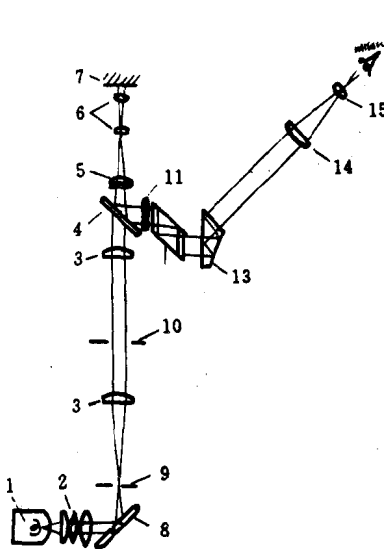


图 1-5 XJB-1 型金相显微镜的光学系统

1—灯泡;2—聚光透镜组;3—聚光镜组;4—半反射镜;5—辅助透镜;6—物镜组;7—试样;8—反光镜;9—孔径光栏;10—视场光栏;11—辅助透镜;12—棱镜;13—棱镜;14—场镜;15—接目镜

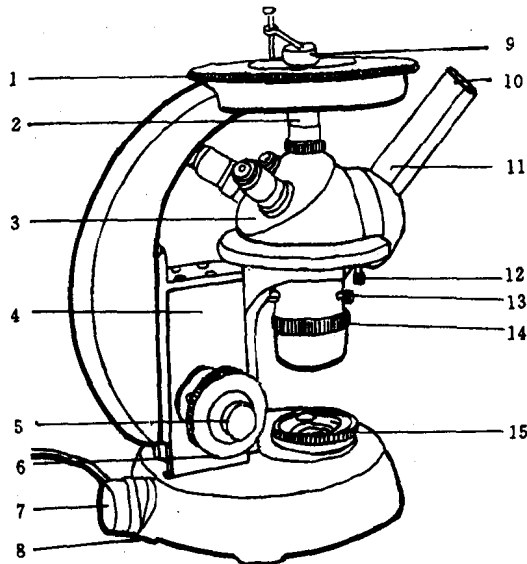


图 1-6 XJB-1 型金相显微镜外形结构图

1—载物台;2—物镜;3—转换器;4—传动箱;5—微动调焦手轮;6—粗动调焦手轮;7—电源;8—偏心圈;9—样品;10—目镜;11—目镜管;12—固定螺钉;13—调节螺钉;14—视场光栏;15—孔径光栏

照明系统 在底座内装有一个低压(6V~8V,15W)灯泡作为光源,灯泡前安装有聚光镜、反光镜和孔径光栏15。视场光栏14和另一聚光镜则安在支架上。通过以上一系列透镜及物镜本身的作用,试样表面获得了充分均匀的照明。

显微镜调焦装置 在显微镜体的两侧有粗调和微动调焦手轮,两者在同一部位。转动粗调手轮6,可以通过内部齿轮带动支撑载物台的弯臂作上下运动。在粗调手轮的一侧有制动装置,用以固定调焦正确后载物台的位置。微调手轮5传动内部齿轮,使其沿着滑轨缓慢移动。在右侧手轮上刻有分度格,每小格表示物镜座上下微动0.002mm。与刻度盘同侧的齿轮箱上刻有两条白线,用以指示微动升降的极限位置,微调时不可超出这一范围,否则会损坏机件。

载物台(样品台) 用于放置金相试样。载物台和下面托盘之间有导架,移动结构采用粘性油膜联结。用手推动,可引导载物台在水平面上作一定范围的移动,以改变试样的观察部位。

孔径光栏和视场光栏 孔径光栏装在照明反射镜座上面,刻有0~5分刻线,它们表示孔径大小的毫米数。调整孔径光栏能控制入射光束的粗细,以降低球面象差。视场光栏装在物镜支架下面,可以旋转滚花套圈来调节视场范围,使目镜中所见视场照亮而无阴影。在套圈上方有两个调节螺钉,用来调整光栏中心。

物镜转换器 转换器呈球面形,上面有三个螺孔,可安装不同放大倍数的物镜。旋动物镜转换器可使物镜镜头进入光路,并定位在光轴上。

目镜筒 目镜筒呈45°倾斜安装在附有棱镜的半球形座上。目镜可转向90°呈水平状态,以配合照相装置进行金相显微摄影。

图1-7所示为XJP-3A型双目金相显微镜的结构图。其基本结构与XJB-1型金相显微镜相似,但配有双筒目镜管,可同时安装两个目镜,用双眼观察,从而减轻了眼睛疲乏。另外,其载物台的水平移动是靠纵动手轮和横动手轮来实现的,定位更加准确。

(2)金相显微镜的使用方法
及注意事项 金相显微镜是一种精密光学仪器,在使用时要求细心和谨慎,严格按照使用规程进行操作。

①金相显微镜的使用规程

(a)将显微镜的光源插头接在低压(6~8V)变压器上,接通电源。

(b)根据放大倍数,选用所需的物镜和目镜,分别安装在物镜座上 and 目镜筒内。旋动物镜转换器,使物镜进入光路并定位(可感觉到定位器定位)。

(c)将试样放在样品台中心,使观察面朝下并用弹簧片压住。

(d)转动粗调手轮先使镜筒上升,同时用眼观察,使物镜尽可能接近试样表面(但不得与之相

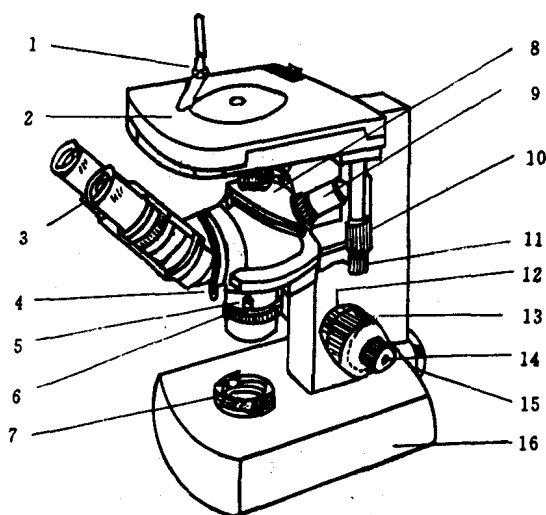


图1-7 XJP-3A型双目金相显微镜的结构图

1—试样压片组;2—载物台;3—双目目镜组;4—固定螺钉;5—调节螺钉;
6—视场光栏;7—孔径光栏;8—转换器;9—物镜;10—纵动手轮;11—横
动手轮;12—松紧调节手轮;13—粗调调焦手轮;14—微动调焦手轮;15—
灯座;16—底座

碰),然后反向转动粗调手轮,使镜筒渐渐下降以调节焦距。当视场亮度增强时,再改用微调手轮调节,直到物象最清晰为止。

(e)适当调节孔径光栏和视场光栏,以获得最佳质量的物象。

(f)如果使用油浸系物镜,可在物镜的前透镜上滴一些松柏油,也可以将松柏油直接滴在试样上。油镜头用后,应立即用棉花沾取二甲苯溶液擦净,再用擦镜纸擦干。

②注意事项

(a)操作应细心,不能有粗暴和剧烈动作。严禁自行拆卸显微镜部件。

(b)显微镜的镜头和试样表面不能用手直接触摸。若镜头中落入灰尘,可用镜头纸或软毛刷轻轻擦试。

(c)显微镜的照明灯泡必须接在 6~8V 变压器上,切勿直接插入 220V 电源,以免烧毁灯泡。

(d)旋转粗调和微调手轮时,动作要慢,碰到故障应立即报告,不能强行用力转动,以免损坏机件。

③测微目镜的校正 在进行脱碳层深度检验、晶粒度评级及夹杂物定量分析等工作时,需要用测微目镜对组成物的尺寸进行测量。测微目镜是在普通目镜光栏上(即初象焦面上)装一个按 0.1mm 或 0.5mm 等分度的测微玻璃片。使用前,应用物镜测微尺对其进行校正。物镜测微尺是刻有按 0.01mm 分度的玻璃尺,尺的刻度全长 1mm,具体校正方法如下:

将物镜测微尺作为被观察物体置于样品台上,刻度面朝物镜。用测微目镜观察,并调节其旋钮,使物镜测微尺的若干刻度 n 与测微目镜上若干刻度 m 对齐,如图 1-8 所示。由于已知物镜测微尺每小格为 0.01mm,所以测微目镜中每小格所量度的实际长度为:

$$\alpha = \frac{n}{m} \times 0.01(\text{mm})$$

在图 1-8 中,物镜测微尺上的 10 格(相当于 $0.01\text{mm} \times 10 = 0.1\text{mm}$)与测微目镜的 50 格对齐,所以测微目镜内每小格所量度的实际长度为:

$$\alpha = \frac{10}{50} \times 0.01 = 0.002(\text{mm})$$

若用测微目镜测量的组织组成物长度为 N 格,则它的实际长度为 $N \times \alpha(\text{mm})$ 。应注意,校正后进行实际测量时,必须仍用校正时的物镜;若改用别的物镜,又需重新校正。

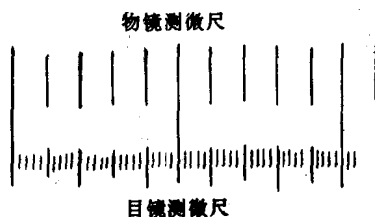


图 1-8 测微目镜刻度校正

四、实验方法指导

(1)首先弄懂显微镜最基本的光学原理。

(2)明确显微镜的构造和使用方法,学习利用机械系统来调整焦距,利用照明系统来调节和控制光线等。

(3)每人实际操作金相显微镜,观察金相样品,测量晶粒大小,并画下显微组织示意图(注明放大倍数)。

五、实验报告要求

- (1)实验目的。
- (2)简述金相显微镜的基本原理和主要结构。
- (3)扼要记述金相显微镜的使用方法和注意事项。
- (4)画出所观察到的显微组织示意图。

实验二 金相显微试样的制备

一、实验目的

- (1)学习金相试样的制备过程；
- (2)了解金相显微组织的显示方法。

二、实验概述

在生产与科研中,经常需要利用金相显微镜对金属材料的显微组织进行检验和分析。由于金相显微镜是借助试样表面对光线的反射来呈现显微组织状态的,所以首先要把样品观察面制成光滑平面,而后通过浸蚀使其不同组织显示出微观的凹凸不平,从而在显微镜下观察到亮暗不同的显微组织特征。为了得到合格的金相显微试样,避免因出现假象而导致错误的判断,需要掌握正确的制样方法。

三、金相试样的制备方法

金相显微试样的制备过程包括取样、镶嵌、磨制、抛光、浸蚀等工序。现简要叙述如下:

1. 取样

显微试样的选取应根据研究目的,取其具有代表性的部位。例如:在研究零件的失效原因时,应在失效的部位取样,并在完好部位取样,以便比较和分析;在研究铸件组织时,由于存在偏析现象,应从表面层到中心等典型区域分别取样,以利于全面观察;对轧制和锻造材料,应同时截取横向(垂直于轧向)和纵向(平行于轧向)试样,以分析比较表层缺陷及非金属夹杂物的分布情况;在研究一般热处理零件时,由于其金相组织均匀,可在任一截面取样,但对于表面热处理零件,则应注意观察其横截面组织情况。

试样截取方法视材料的性质不同而异,但均应保证不使被观察面的组织发生变化。对软金属,可用手锯或锯床切割;对硬而脆的材料(如白口铸铁),可用锤击方法;对极硬材料(如淬火钢),则可采用砂轮切片机或电火花线切割机;在大工件上取样,可用氧气切割,等等。

截取的试样大小以便于握持、易于磨制为准,一般为直径 ϕ (12~15)mm、高度(或边长)12~15mm的圆柱体或正方体,如图 2-1 所示。

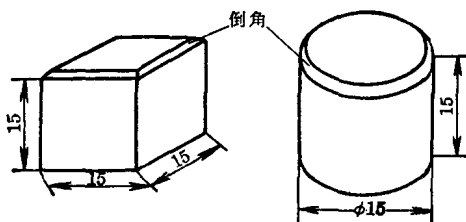


图 2-1 金相试样的尺寸

2. 镶嵌

如果试样大小合适,便于用手握持磨制,则无需镶嵌。对于尺寸过于细小的金属丝、片、管

或不规则形状物,以及有特殊要求(例如需观察表层组织)的试样,必须先将其镶嵌起来再磨制。

镶样方法很多,如低熔点合金镶嵌、电木粉或塑料镶嵌和机械夹持等,如图 2-2 所示。目前多用电木粉镶嵌。使用该方法时,应注意镶样机的温度和压力对试样组织的影响,例如:可能引起马氏体回火或软金属塑性变形,这时可改用夹持法代之。

3. 磨制

磨制是为了得到平整的磨面,为抛光作准备。一般磨制过程分为粗磨和细磨。

(1)粗磨 粗磨一般在砂轮机上进行。对很软的材料,可用锉刀锉平。砂轮粗磨应利用砂轮的侧面,并使试样沿砂轮径向作往复缓慢移动,施加压力要适度、均匀。在磨制过程中要不断用水冷却试样,以防由于温度升高造成试样内部组织变化。最后,将试样倒角,以免细磨及抛光时划破砂纸或抛光布。但对需要观察表层组织的试样,不能倒角。

(2)细磨 粗磨后的试样表面仍有较深的磨痕(如图 2-3 所示),需进行细磨。细磨有手工磨光机械磨光两种方法。手工磨光是用手握持试样,在金相砂纸上单方向推移磨制,拉回时提起试样,使之脱离砂纸。我国金相砂纸按粗细分为 01 号、02 号、03 号、04 号、05 号等几种。细磨时,依次从 01 号磨至 05 号;每换细一级砂纸时,应先将试样清洗干净,以免把粗砂粒带到下一级砂纸上去,再将试样的磨制方向调转 90° ,即磨制方向与上一道磨痕方向垂直,以便观察上一道磨痕是否全部消除。

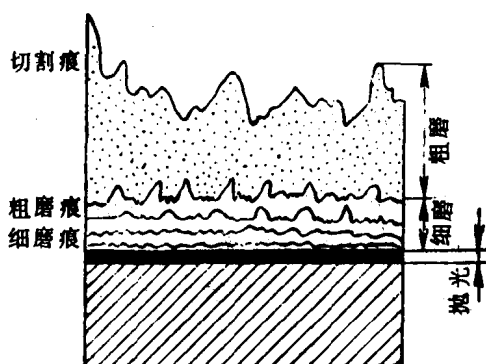


图 2-3 试样表面磨痕变化示意图

为加快磨制速度,减轻劳动强度,可采用在转盘上贴有水砂纸的预磨机进行机械磨光。水砂纸按粗细有 200 号、300 号、400 号……900 号等。磨制时由 200 号逐次磨到 900 号砂纸,同时不断加水冷却。每换一道砂纸,须将试样用水冲洗干净,并将磨制方向调换 90° 。

4. 抛光

抛光的目的是去除细磨后留下的细微磨痕,使磨面呈光亮镜面。抛光常用方法有:机械抛光、电解抛光和化学抛光等。

(1)机械抛光 机械抛光在抛光机上进行,可分为粗抛和精抛两个步骤。由电动机带动的水平抛光盘转速一般为 300~500 转/分。粗抛时,转速高一些;精抛或抛软材料时,转速要低些。抛光盘上铺以不同材料的抛光布。粗抛时常用帆布或粗呢,精抛时常用绒布、细呢或丝绸等。

抛光时需向抛光盘上不断滴注抛光液,以产生磨削和润滑作用。抛光液通常采用 Al_2O_3 ,

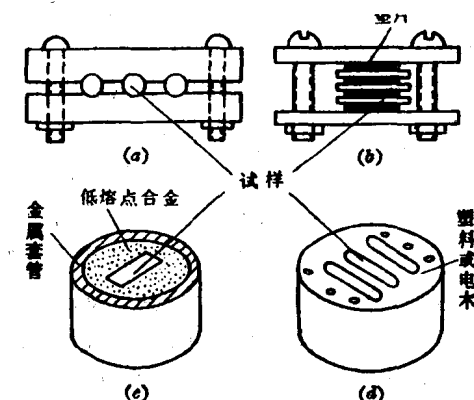


图 2-2 金相试样的镶嵌方法

(a),(b)机械镶嵌,(c)低熔点合金镶嵌,(d)塑料镶嵌

MgO 或 Cr_2O_3 等细抛光粉(粒度约为 $0.3\sim 1\mu\text{m}$)在水中的悬浮液(每升水中加入 Al_2O_3 5~10g)。白色 Al_2O_3 又称刚玉,可用于粗抛和精抛;白色 MgO 硬度较低,适用于铝、镁及其合金等软材料的最后精抛; Cr_2O_3 为绿色,具有很高硬度,适用于淬火合金钢。对硬质合金等极硬材料或需保留夹杂物的材料,可在抛光盘上涂以由极细钻石粉制成的膏状抛光剂。

抛光试样的磨面应均匀、平正地压在旋转的抛光盘上,并沿盘的半径方向从中心到边缘作往复移动。压力不宜过大,抛光时间也不宜过长,一般约 3~5 分钟。当磨痕全部消除而呈现镜面时,停止抛光。将试样用水冲洗干净,然后进行浸蚀。若只需观察夹杂物或石墨形态,则可将试样吹干或擦干,直接放到显微镜下观察。

(2) 电解抛光 电解抛光可避免机械抛光时表面层金属的变形或流动,从而能真实地显示金相组织。该法尤其适用于有色金属及其它硬度低、塑性大的金属,但不适于偏析严重的金属、铸件及作夹杂物检验的金相试样。电解抛光的简单装置如图 2-4 所示。

电解抛光时,把磨光的试样浸入电解液中,接通试样(阳极)与阴极之间的电源(直流电源)。阴极可采用不锈钢板或铅板,并与试样抛光面保持一定距离(约 300mm)。当电流密度足够大时,试样磨面即产生选择性溶解,靠近阳极的电解液在试样表面形成一层厚度不均的薄膜。由于薄膜本身具有较大电阻,并与其厚度成正比,如果试样表面高低不平,则突出部分的薄膜要比凹陷部分的薄膜薄些,因此突出部分电流密度较大,溶解较快,试样最后形成平整光滑表面。

钢铁材料常用的电解液成分为:过氯酸(70%)50ml,含 3% 乙醚酒精 800ml,水 150ml。其它电解液成分可在有关手册上查阅。

电解抛光时的参考技术参数为:电流密度 $3\sim 60\text{A}/\text{cm}^2$,电压 $30\sim 50\text{V}$,使用温度 $20\sim 30^\circ\text{C}$,抛光时间 $30\sim 60\text{S}$ 。

(3) 化学抛光 化学抛光是靠化学溶剂对不均匀表面产生选择性溶解来获得光亮的抛光面。该法不需要专用抛光设备,操作简便,缺点是夹杂物易被蚀掉,且抛光面平整度较差,只能用于低倍常规检验。抛光时将试样浸在抛光液中,或用棉花沾取抛光液,来回擦洗试样磨面。由于化学抛光兼有化学浸蚀作用,能显示金相组织,所以抛光后可直接在显微镜下观察。

普通钢铁材料可采用下面的抛光液配方:草酸 6g,蒸馏水 100ml,过氧化氢 100ml,氢氟酸 2ml。

5. 浸蚀

除观察试样中某些非金属夹杂物或铸铁中的石墨等情况外,经抛光后(化学抛光除外)的试样磨面,必须用浸蚀剂进行“浸蚀”,以清楚地显示其显微组织。最常用的浸蚀方法是化学浸蚀法,其作用机理如图 2-5 所示。

纯金属或单相金属的浸蚀是一个化学溶解过程。晶界处由于原子排列混乱,且能量较高,所以易受浸蚀而呈现凹沟。各个晶粒由于原子排列位向不同,受浸蚀程度也不同。因此,在垂

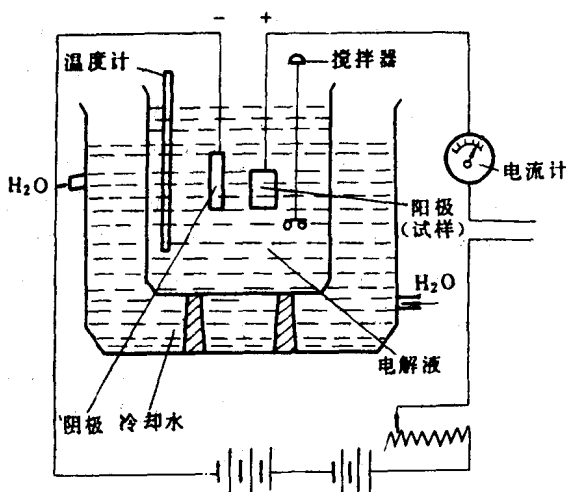


图 2-4 电解抛光装置示意图

直光线照射下,各部位反射进入物镜的光线不同,从而显示出晶界及明暗不同的晶粒。两相或两相以上合金的浸蚀则是一个电化学腐蚀过程。由于各组成相的成分不同,其电极电位亦不同,当表面覆盖一层具有电解液作用的浸蚀剂时,两相之间就形成了许多“微电池”。具有负电位的一相成为阳极,被迅速溶解而凹下;具有正电位的另一相为阴极,保持原来的光滑平面。试样表面的这种微观凹凸不平对光线的反射程度不同,在显微镜下就能观察到各种不同的组织及组成相。

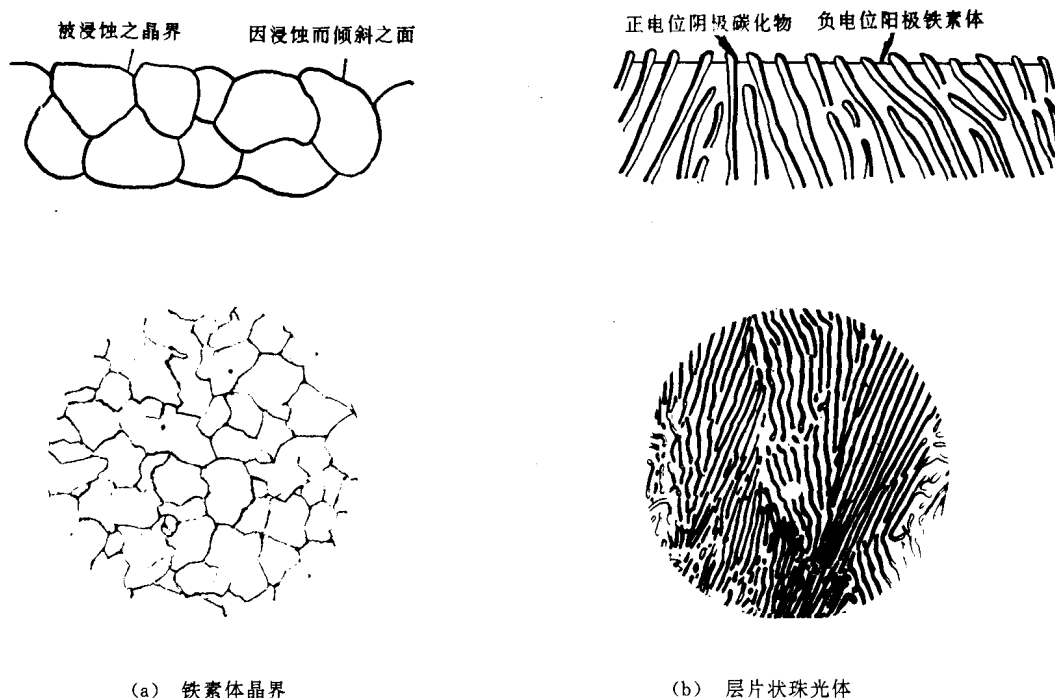


图 2-5 单相和双相组织显示图

浸蚀时可将试样磨面浸入浸蚀剂中,也可用棉花沾取浸蚀剂擦试表面。浸蚀的深浅可根据组织特点和观察时的放大倍数来确定,一般浸蚀到试样磨面稍发暗时即可。如果浸蚀过重,应重新抛光,再行浸蚀。浸蚀后立即用清水冲洗,必要时再用酒精清洗。最后用吸水纸吸干,或用吹风机吹干。

对不同的材料,需选用不同的浸蚀剂。各种金属材料的常用浸蚀剂可参考附表 7-1。

四、实验方法指导

1. 实验所用设备及材料

(1)金相显微镜;(2)砂轮机;(3)预磨机;(4)抛光机;(5)吹风机;(6)工业纯铁试样;(7)不同型号的水砂纸;(8)抛光液;(9)酒精;(10)4%硝酸酒精浸蚀剂;(11)棉花;(12)竹夹子。

2. 实验内容及步骤

每位同学领取一块试样,按照上述制样过程操作,注意掌握每一步骤的要点。

- (1)用砂轮打磨,获得平整磨面。
- (2)用预磨机从粗到细磨光。
- (3)用抛光机抛光,获得光亮镜面。

(4)用浸蚀剂浸蚀试样磨面,而后用显微镜观察组织。

五、实验报告要点

- (1)实验目的。
- (2)简述金相组织分析原理及金相显微试样的制备过程。
- (3)绘制浸蚀后试样显微组织。
- (4)总结实验中存在的问题。