

# 工程材料基础

## 实验指导书

席生岐 主编

范群成 主审



西安交通大学出版社

XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

DSX

# 工程材料基础

## 实验指导书

主编 席生岐

参编 顾美转 郝亚明 赵军荣

主审 范群成



西安交通大学出版社

XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

· 西安 ·

## 内容提要

本书是为配合理工类非材料专业学生学习“工程材料基础”课程的课内教学实验所编写的,内容包括两节预备知识,三个实验和主要相关设备的操作规程以及部分钢铁材料的金相图谱。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程材料基础实验指导书/席生岐主编. —西安:西安交通大学出版社,2005.9  
ISBN 7-5605-2116-9

I.工... II.席... III.工程材料-实验-高等学校-教学参考资料 IV.TB3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 114827 号

书 名 工程材料基础实验指导书  
主 编 席生岐  
出版发行 西安交通大学出版社  
地 址 西安市兴庆南路 25 号(邮编:710049)  
电 话 (029)82668357 82667874(发行部)  
(029)82668315 82669096(总编办)  
印 刷 陕西向阳印务有限公司  
字 数 80 千字  
开 本 727mm×960mm 1/16  
印 张 4.5  
版 次 2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷  
印 数 000 1~3 000  
书 号 ISBN 7-5605-2116-9/TB·40  
定 价 6.00 元

---

版权所有 侵权必究

# 前 言

本实验指导书是配合理工类非材料专业学生学习“工程材料基础”课程的课内教学实验所编写的,目的是加强学生动手实践能力,加深理解课堂学习的知识,特别是通过开放性的学生自主综合实验,使非材料专业的工科学生也能深刻理解材料的成分—工艺—组织—性能之间的关系,为学生以后在工作中研究解决工程材料方面的相关问题打下良好的科学基础,从实验的角度配合实现“工程材料基础”课程的教学目标。

从培养理工类非材料专业学生能够合理选材并正确制定零件的加工工艺路线能力的目标出发,以钢铁材料为例,围绕工程材料的成分—工艺—组织—性能之间的关系主线,本实验指导书安排了“金相显微镜的使用与金相样品的制备”(实验1)和“碳钢和铸铁的平衡组织与非平衡组织的观察与分析”(实验2)两个基本实验和一个“综合实验”(实验3)。鉴于非材料专业的学生在材料实验方面缺乏基本知识,在正式实验内容之前安排了“金相分析基础知识”和“材料硬度试验相关知识”两节预备知识。为保证安全正确地完成实验内容,指导书中还节选了部分主要设备的操作规程以及部分钢铁材料的金相图谱,供实验时特别是自主实验时参考。

由于编者水平有限,加之时间要求紧迫,本实验指导书难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

2005年7月

# 目 录

前言	
预备知识 1 金相显微分析基础知识 .....	(1)
预备知识 2 材料硬度试验相关知识 .....	(16)
实验 1 金相显微镜的使用与金相样品的制备 .....	(25)
实验 2 碳钢和铸铁的平衡组织与非平衡组织的观察与分析 .....	(37)
实验 3 综合实验 .....	(49)
附录 1 XJP-6A 金相显微镜数字图像采集系统操作规程 .....	(57)
附录 2 部分材料的金相图谱与金相样品缺陷 .....	(59)
参考文献 .....	(65)

# 预备知识 1

## 金相显微分析基础知识

金相分析在材料研究领域占有十分重要的地位,是研究材料内部组织的主要手段之一。金相显微分析法就是利用金相显微镜来观察为分析而专门制备的金相样品,通过放大几十倍到上千倍来研究材料组织的方法。现代金相显微分析的主要仪器为光学显微镜和电子显微镜两大类。这里仅介绍常用的光学金相显微镜及金相样品制备的一些基础知识。

### 1.1 光学金相显微镜基础知识

#### 1.1.1 金相显微镜的构造

金相显微镜的种类和型式很多,最常见的有台式、立式和卧式三大类。金相显微镜的构造通常由光学系统、照明系统和机械系统三大部分组成,有的显微镜还附带有多种功能及摄影装置。目前,已把显微镜与计算机及相关的分析系统相联接,能更方便、更快捷地进行金相分析研究工作。

##### 1. 光学系统

该系统的主要构件是物镜和目镜,它们主要起放大作用,并获得清晰的图像。物镜的优劣直接影响成像的质量,而目镜是将物镜放大的像再次放大。

##### 2. 照明系统

该系统主要包括光源和照明器以及其它主要附件。

###### (1)光源的种类

包括白炽灯(钨丝灯)、卤钨灯、碳弧灯、氙灯和水银灯等。常用的是白炽灯和氙灯。一般白炽灯适合作为中、小型显微镜上的光源使用,电压为6~12 V,功率

15~30 W。而氙灯通过瞬间脉冲高压点燃,一般正常工作电压为 18 V,功率为 150 W,适合作为特殊功能的观察和摄影之用。一般大型金相显微镜常同时配有两种照明光源,以适应普通观察和特殊情况的观察与摄影之用。

### (2) 光源的照明方式

主要有临界照明和科勒照明,而散光照明和平行光照明只适用于特殊情况。

①临界照明:光源的像聚焦在样品表面上,虽然可得到很高的亮度,但对光源本身亮度的均匀性要求很高,目前很少使用。

②科勒照明:特点是光源的一次像聚焦在孔径光栏上,视场光栏和光源一次像同时聚焦在样品表面上,提供了一个很均匀的照明场,目前广泛使用。

③散光照明:特点是照明效率低,只在投射型钨丝灯做光源时,才用这种照明方式。

④平行光:照明的效果较差,主要用于暗场照明,各类光源均可用此照明方式。

### (3) 光路形式

按光路设计的形式,显微镜有直立式和倒立式两种。凡样品磨面向上,物镜向下的为直立式;而样品磨面向下,物镜向上的为倒立式。

### (4) 孔径光栏和视场光栏

孔径光栏位于光源附近,用于调节入射光束的粗细,以改变图像的质量。缩小孔径光栏可减少球差和轴外像差,加大衬度,使图像清晰,但会使物镜的分辨率降低。视场光栏位于另一个支架上,调节视场光栏的大小可改变视域的大小。视场光栏愈小,图像衬度愈佳。观察时应将视场光栏调至与目镜视域同样大小。

### (5) 滤色片

用于吸收白光中不需要的部分,只让一定波长的光线通过,以获得优良的图像。滤色片一般有黄色、绿色和蓝色等。

## 3. 机械系统

该系统主要包括载物台、镜筒、调节螺丝和底座。

(1)载物台:用于放置金相样品。

(2)镜筒:用于联结物镜、目镜等部件。

(3)调节螺丝:有粗调和细调螺丝,用于图像的聚焦调节。

(4)底座:起支承镜体的作用。

## 1.1.2 光学显微镜的放大成像原理及参数

### 1. 金相显微镜的成像原理

显微镜的成像放大部分主要由两组透镜组成。靠近观察物体的透镜叫物镜,

而靠近眼睛的透镜叫目镜。通过物镜和目镜的两次放大,就能将物体放大到较高的倍数。图 1 为显微镜的放大光学原理图。物体 AB 置于物镜前,离其焦点略远处,物体的反射光线穿过物镜折射后,得到了一个放大的实像  $A_1B_1$ ,若此像处于目镜的焦距之内,通过目镜观察到的图像是目镜放大的虚像  $A_2B_2$ 。

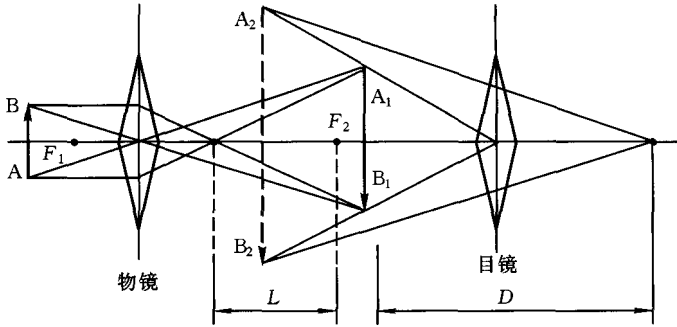


图 1 显微镜放大光学原理图

AB——物体;  $A_1B_1$ ——物镜放大图像;  $A_2B_2$ ——目镜放大图像;  $F_1$ ——物镜的焦距;  $F_2$ ——目镜的焦距;  $L$ ——光学镜筒长度(即物镜后焦点与目镜前焦点之间的距离);  $D$ ——明视距离(人眼的正常明视距离为 250 mm)

## 2. 显微镜的放大倍数

物镜的放大倍数  $M_{物} = A_1B_1 / AB \approx L / F_1$

目镜的放大倍数  $M_{目} = A_2B_2 / A_1B_1 \approx D / F_2$

则显微镜的放大倍数为:

$$M_{总} = M_{物} \times M_{目} = (L / F_1) \times (D / F_2) = (L \times 250) / (F_1 \times F_2)$$

显微镜总的放大倍数等于物镜放大倍数和目镜放大倍数的乘积。一般金相显微镜的放大倍数最高可达 1 600~2 000 倍。

由此可看出,因为光学镜筒长度  $L$  为定值,物镜的放大倍数越大,其焦距越短。在显微镜设计时,目镜的焦点位置与物镜放大所成的实像位置接近,并使目镜所成的最终倒立虚像在距眼睛 250 mm 处成像,这样使所成的图像看得很清楚。

显微镜的主要放大倍数一般通过物镜来保证,物镜的最高放大倍数可达 100 倍,目镜的最高放大倍数可达 25 倍。放大倍数分别标注在物镜和目镜的镜筒上。在用金相显微镜观察组织时,应根据组织的粗细情况,选择适当的放大倍数,以使组织细节部分能观察清楚为准,不要只追求过高的放大倍数,因为放大倍数与透镜的焦距有关,放大倍数越高,焦距越小,会带来许多缺陷。



### 3. 透镜像差

透镜像差就是透镜在成像过程中,由于本身几何光学条件的限制,图像会产生变形及模糊不清的现象。透镜像差有多种,其中对图像影响最大的是球面像差、色像差和像域弯曲 3 种。

显微镜成像系统的主要部件为物镜和目镜,它们都是由多片透镜按设计要求组合而成,而物镜的质量优劣对显微镜的成像质量有很大影响。虽然在显微镜的物镜、目镜及光路系统等设计制造过程中,已将像差减少到很小的范围,但其依然存在。

#### (1) 球面像差

①产生原因:球面像差是由于透镜的表面呈球曲形,来自一点的单色光线,通过透镜折射以后,中心和边缘的光线不能交于一点,靠近中心部分的光线折射角度小,在离透镜较远的位置聚焦,而靠近边缘处的光线偏折角度大,在离透镜较近的位置聚焦,所以形成了沿光轴分布的一系列的像,使图像模糊不清。这种像差称球面像差,如图 2 所示。

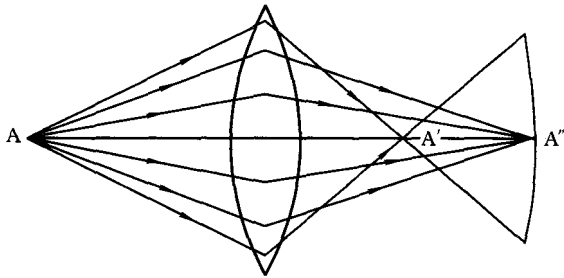


图 2 球面像差示意图

#### ②校正方法:

a. 采用多片透镜组成透镜组,即将凸透镜与凹透镜组合形成复合透镜,产生性质相反的球面像差来减小这种像差。

b. 通过加光阑的办法,缩小透镜的成像范围。因球面像差与光通过透镜的面积大小有关。在金相显微镜中,球面像差可通过改变孔径光阑的大小来减小。孔径光阑越大,通过透镜边缘的光线越多,球面像差越严重。而缩小光阑,限制边缘光线的射入,可减少球面像差。但光阑太小,显微镜的分辨能力降低,也使图像模糊。因此,应将孔径光阑调节到合适的大小。

#### (2) 色像差

①产生原因:色像差的产生是由于白光是由多种不同波长的单色光组成,当白光通过透镜时,波长愈短的光,其折射率愈大,其焦点愈近。而波长愈长,折射率愈

小,其焦点愈远,这样一来使不同波长的光线形成的像不能在同一点聚焦,使图像模糊所引起的像差,即色像差,如图 3 所示。

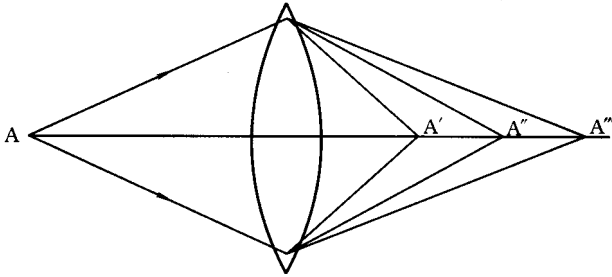


图 3 色像差示意图

②校正方法:可采用单色光源或加滤色片或使用复合透镜组来减小色像差。

### (3)像域弯曲

①产生原因:垂直于光轴的平面,通过透镜所形成的像,不是平面而是凹形的弯曲像面,称像域弯曲,见图 4 所示。

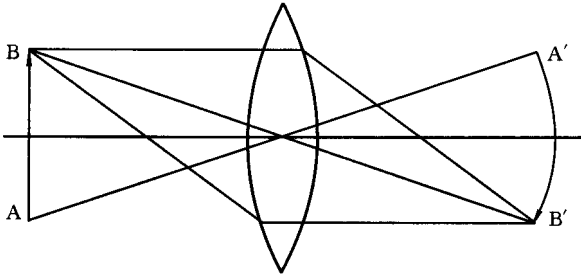


图 4 像域弯曲示意图

②校正办法:像域弯曲的产生,是由于各种像差综合作用的结果。一般的物镜或多或少地存在着像域弯曲,只有校正极佳的物镜才能达到趋于平坦的像域。

## 4. 物镜的数值孔径

物镜的数值孔径用  $NA$  表示(即 Numerical Aperture),表示物镜的聚光能力。数值孔径大的物镜,聚光能力强,即能吸收更多的光线,使图像更加清晰,物镜的数值孔径  $NA$  可用公式表示为

$$NA = n \cdot \sin\varphi$$

式中: $n$ ——物镜与样品间介质的折射率;

$\varphi$ ——通过物镜边缘的光线与物镜轴线所成角度,即孔径半角。

可见,数值孔径的大小与物镜和样品间介质的折射率  $n$  的大小有关,以及孔径角的大小有关,见图 5 所示。

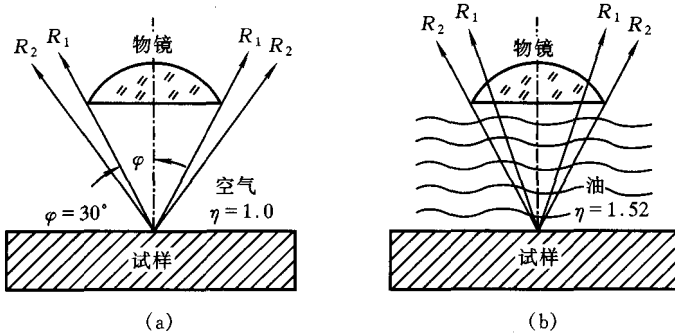


图 5 不同介质对物镜聚光能力的比较  
(a) 干物镜; (b) 油物镜

若物镜的孔径半角为  $30^\circ$ ,当物镜与物体之间的介质为空气时,光线在空气中的折射率为  $n=1$ ,则数值孔径为

$$NA = n \cdot \sin\varphi = 1 \times \sin 30^\circ = 0.5$$

若物镜与物体之间的介质为松柏油时,介质的折射率  $n=1.52$ ,则其数值孔径为

$$NA = n \cdot \sin\varphi = 1.52 \times \sin 30^\circ = 0.76$$

物镜在设计和使用中,指定以空气为介质的称干系物镜或干物镜,以油为介质的称为油浸系物镜或油物镜。干物镜的  $n=1$ , $\sin\varphi$  值总小于 1,故数值孔径  $NA$  小于 1;油物镜因  $n=1.5$  以上,故数值孔径  $NA$  可大于 1。物镜的数值孔径的大小,标志着物镜分辨率的高低,即决定了显微镜分辨率的高低。

### 5. 显微镜的鉴别能力(分辨率)

显微镜的鉴别能力是指显微镜对样品上最细微部分能够清晰分辨而获得图像的能力。如图 6 所示。它主要取决于物镜的数值孔径  $NA$  值大小,是显微镜的一个重要特性。通常用可辨别的样品上的两点间的最小距离  $d$  来表示, $d$  值越小,表

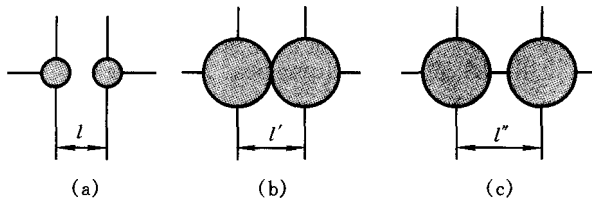


图 6 显微镜分辨率高低示意图

(a) 样品上两点之间距离;(b) 低分辨率;(c) 高分辨率

示显微镜的鉴别能力越高。

显微镜的鉴别能力可用下式表示：

$$d = \lambda / 2NA$$

式中： $\lambda$ ——入射光的波长；

$NA$ ——物镜的数值孔径。

可见分辨率与入射光的波长成正比， $\lambda$  越短， $d$  值越小，分辨率越高；其与数值孔径成反比，数值孔径  $NA$  越大， $d$  值越小，表明显微镜的鉴别能力越高。

## 6. 有效放大倍数

用显微镜能否看清组织细节，不但与物镜的分辨率有关，且与人眼的实际分辨率有关。若物镜分辨率很高，形成清晰的实像，而配用的目镜倍数过低，也使观察者难于看清，这称之为放大不足。但若选用的目镜倍数过高，即总放大倍数越大，也并非看得越清晰。实践表明，超出一定的范围，放得越大越模糊，这称之为虚伪放大。显微镜的有效放大倍数取决于物镜的数值孔径。有效放大倍数是指物镜分辨清晰的  $d$  距离，同样也被人眼分辨清晰所必须的放大倍数，用  $M_g$  表示：

$$M_g = d_1 / d = 2 d_1 \cdot NA / \lambda$$

式中： $d_1$ ——人眼的分辨率；

$d$ ——物镜的分辨率。

在明视距离 250 mm 处正常人眼的分辨率为 0.15 mm ~ 0.30 mm，若取绿光  $\lambda = 5500 \times 10^{-7}$  mm，则：

$$M_{g,\min} = (2 \times 0.15 \times NA) / (5500 \times 10^{-7}) \approx 550NA$$

$$M_{g,\max} = (2 \times 0.30 \times NA) / (5500 \times 10^{-7}) \approx 1000NA$$

这说明在  $550NA \sim 1000NA$  范围内的放大倍数均称有效放大倍数。但随着光学零件的设计完善与照明方式的不断改进，以上范围并非严格限制。有效放大倍数的范围，对物镜和目镜的正确选择十分重要。例如物镜的放大倍数是 25，数值孔径为  $NA = 0.4$ ，即有效放大倍数应为 200 ~ 400 倍范围内，应选用 8 倍或 16 倍的目镜才合适。

### 1.1.3 物镜与目镜的种类及标志

#### 1. 物镜的种类

物镜是成像的重要部分，而物镜的优劣取决于其本身像差的校正程度，所以物镜通常是按照像差的校正程度来分类，一般分为消色差及平面消色差物镜、复消色差及平面复消色差物镜、半复消色差物镜、消像散物镜等。因为对图像质量影响很大的像是球面像差、色像差和像域弯曲，前二者对图像中央部分的清晰度有很大

影响,而像域弯曲对图像的边缘部分有很大影响。除此之外,还有按物体与物镜间介质分类的,有介质为空气的干系物镜和介质为油的油系物镜。按放大倍数分类的低、中、高倍物镜和特殊用途的专用显微镜上的物镜如高温反射物镜、紫外线物镜等。

按像差分类的常用的几种物镜如下。

#### (1) 消色差及平面消色差物镜

消色差物镜对像差的校正仅为黄、绿两个波区,使用时宜以黄绿光作为照明光源,或在入射光路中插入黄绿色滤色片,以使像差大为减少,图像更为清晰。而平面消色差物镜还对像域弯曲进行了校正,使图像平直,边缘与中心能同时清晰成像,适用于金相显微摄影。

#### (2) 复消色差及平面复消色差物镜

复消色差物镜色差的校正包括可见光的全部范围,但部分放大率色差仍然存在。而平面复消色差物镜还进一步做了像域弯曲的校正。

#### (3) 半复消色差物镜

像差校正介于消色差和复消色差物镜之间,其它光学性质与复消色差物镜接近。但价格低廉,常用来代替复消色差物镜。

## 2. 物镜的标志

物镜的标志一般包括如下几项:

(1) 物镜类别。国产物镜,用物镜类别的汉语拼音字头标注,如平面消色差物镜标以“PC”(平场)。西欧各国物镜多标有物镜类别的英文名称或字头,如平面消色差物镜标以“Planachromatic 或 Pl”,消色差物镜标以“Achromatic”,复消色差物镜标以“Apochromatic”。

(2) 物镜的放大倍数和数值孔径。标在镜筒中央位置,并以斜线分开,如“ $10\times/0.30$ ”,“ $45\times/0.63$ ”,斜线前如“ $10\times$ ”,“ $45\times$ ”为放大倍数,其后为物镜的数值孔径如“ $0.30$ ”,“ $0.63$ ”。

(3) 适用的机械镜筒长度。如“ $170$ ”,“ $190$ ”,“ $\infty/0$ ”,表示机械镜筒长度(即物镜座面到目镜筒顶面的距离)为 $170,190$ ,无限长。“ $0$ ”表示无盖波片。

(4) 油浸物镜标有特别标注,刻以“HI”,“oil”,国产物镜标有“油”或“Y”。

物镜的标志如图 7 所示。

## 3. 目镜的类型

目镜的作用是将物镜放大的像再次放大,在观察时于明视距离处形成一个放大的虚像,而在显微摄影时,通过投影目镜在承影屏上形成一个放大的实像。

目镜按像差校正及适用范围分类如下:

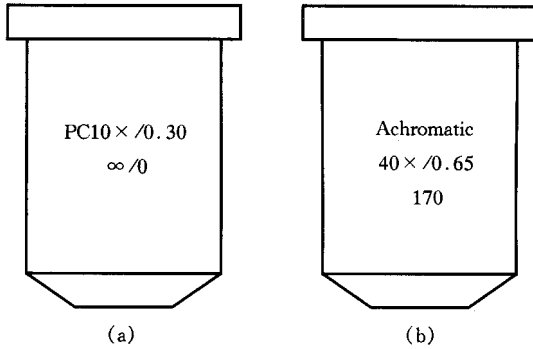


图 7 物镜的性能标志

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| (a) 国产物镜   | (b) Zeiss 公司物镜  |
| PC——平场     | Achromatic——消色差 |
| 10×——放大倍数  | 40×——放大倍数       |
| 0.30——数值孔径 | 0.65——数值孔径      |
| ∞——机械镜筒长度  | 170——机械镜筒长度     |
| 0——无盖玻片    |                 |

(1) 负型目镜(如福根目镜)。由两片单一的平凸透镜在中间夹一光栏组成,接近眼睛的透镜称目透镜,起放大作用,另一个称场透镜,使图像亮度均匀,未对像差加以校正,只适用于与低中倍消色差物镜配合使用。

(2) 正型目镜(如雷斯登目镜)。与上述不同的是光栏在场透镜外面,它有良好的像域弯曲校正,球面像差也较小,但色差比较严重,同倍数下比负型目镜观察视场小。

(3) 补偿型目镜。是一种特制目镜,结构较复杂,用以补偿校正残余色差,宜与复消色差物镜配合使用,以获得清晰的图像。

(4) 摄影目镜。专用于金相摄影,不能用于观察,球面像差及像域弯曲均有良好的校正。

(5) 测微目镜。用于组织的测量,内装有目镜测微器,与不同放大倍数的物镜配合使用时,测微器的格值不同。

#### 4. 目镜的标志

通常一般目镜上只标有放大倍数,如“7×”,“10×”,“12.5×”等,补偿型目镜上还有一个“K”字,广视域目镜上还标有视场大小,见图 8 所示。

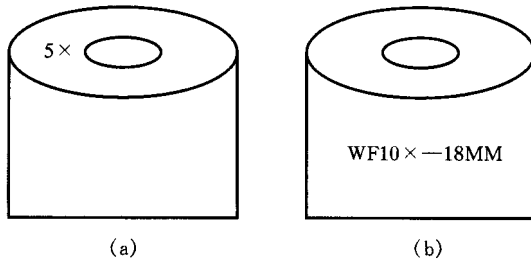


图 8 目镜的标志

(a)普通目镜

(b)广视域目镜

5×——放大倍数为 5 倍

WF——广视域

10×——放大倍数为 10 倍

18MM——视场大小为 18 mm

## 1.2 金相样品的制备方法概述

在用金相显微镜来检验和分析材料的显微组织时,需将所分析的材料制备成一定尺寸的试样,并经磨制、抛光与腐蚀工序,才能进行材料的组织观察和研究工作。

金相样品的制备过程一般包括如下步骤:取样、镶嵌、粗磨、细磨、抛光和腐蚀。分别叙述如下。

### 1.2.1 取样与镶嵌

#### 1. 取样

(1)选取原则。应根据研究目的选取有代表性的部位和磨面,例如,在研究铸件组织时,由于偏析现象的存在,必须从表层到中心,同时取样观察,而对于轧制及锻造材料则应同时截取横向和纵向试样,以便分析表层的缺陷和非金属夹杂物的分布情况,对于一般的热处理零件,可取任一截面。

(2)取样尺寸。截取的试样尺寸,通常直径为 12 mm~15 mm,高度和边长为 12 mm~15 mm 的圆柱形和方形,原则以便于手握为宜。

(3)截取方法。视材料性质而定,软的可用手锯或锯床切割,硬而脆的可用锤击,极硬的可用砂轮片或电脉冲切割。无论采取哪种方法,都不能使样品的温度过于升高而使组织变化。

#### 2. 镶嵌

当试样的尺寸太小或形状不规则时,如细小的金属丝、片、小块状或要进行边

缘观察时,可将其镶嵌或夹持,如图 9 所示。

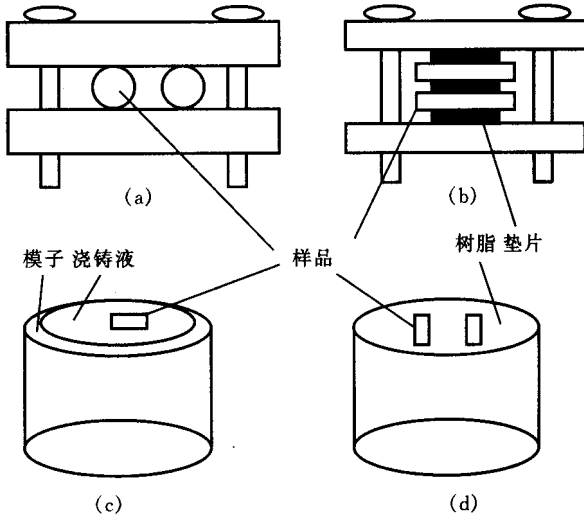


图 9 金相样品的镶嵌方法

(a)、(b)机械夹持;(c)冷镶嵌;(d)热镶嵌

(1)热镶嵌。用热凝树脂(如胶木粉等),在镶嵌机上进行。适用于在低温及不大的压力下组织不产生变化的材料。

(2)冷镶嵌。用树脂加固化剂(如环氧树脂和胺类固化剂等)进行,不需要设备,在模子里浇铸镶嵌。适用于不能加热及加压的材料。

(3)机械夹持。通常用螺丝将样品与钢板固定,样品之间可用金属垫片隔开,也适用于不能加热的材料。

## 1.2.2 磨制

### 1. 粗磨

取好样后,为了获得一个平整的表面,同时去掉取样时有组织变化的部分,在不影响观察的前提下,可将棱角磨平,并将观察面磨平。一定要将切割时的变形层磨掉。

一般的钢铁材料常在砂轮机上磨制,压力不要过大,同时用水冷却,操作时要当心,防止手指等损伤。而较软的材料可用挫刀磨平。砂轮的选择,磨料粒度为 40、46、54、60 等号,数值越大越细,材料为白刚玉、棕刚玉、绿碳化硅、黑碳化硅等,代号分别为 GB、GZ、GC、TH 或 WA、A、TL、C,尺寸一般为外径×厚度×孔径= 250mm×25mm×32mm。表面平整后,将样品及手用水冲洗干净。



## 2. 细磨

细磨的目的是消除粗磨存在的磨痕,获得更为平整光滑的磨面。细磨是在一套粒度不同的金相砂纸上由粗到细依次进行磨制,砂纸号数一般为 120、280、01、03、05,或 120、280、02、04、06 号,粒度由粗到细,对于一般的材料(如碳钢样品)磨制方式为:

(1)手工磨制。将砂纸铺在玻璃板上,一手按住砂纸,一手拿样品在砂纸上单向推磨,用力要均匀,使整个磨面都磨到,更换砂纸时,要把手、样品、玻璃板等清理干净,并与上道磨痕方向垂直磨制,磨到前道磨痕完全消失时才能更换砂纸,见图 10 所示。也可用水砂纸进行手工湿磨,即在序号为 240、300、600、1 000 的水砂纸上边冲水边磨制。

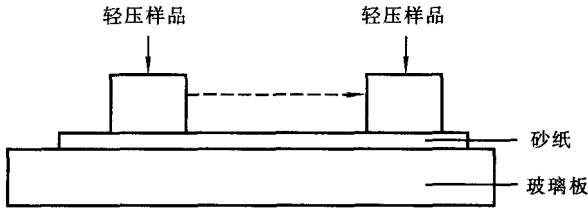


图 10 砂纸上磨制方法示意图

(2)机械磨制。在预磨机上铺上水砂纸进行磨制,与手工湿磨方法相同。

### 1.2.3 抛光

抛光的目的是消除细磨留下的磨痕,获得光亮无痕的镜面。方法有机械抛光、电解抛光、化学抛光和复合抛光等,最常用的是机械抛光。

#### 1. 机械抛光

机械抛光是在专用的抛光机上进行抛光,靠极细的抛光粉和磨面间产生的相对磨削和滚压作用来消除磨痕的,分为粗抛光和细抛光两种。如图 11 所示。

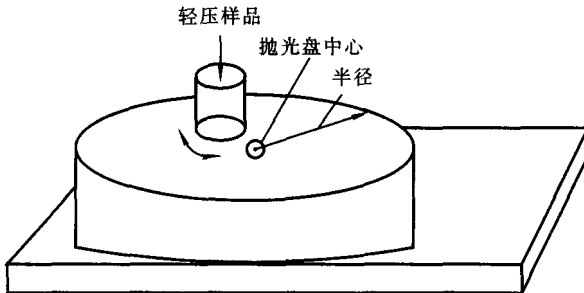


图 11 样品在抛光盘中心与边缘之间抛光示意图